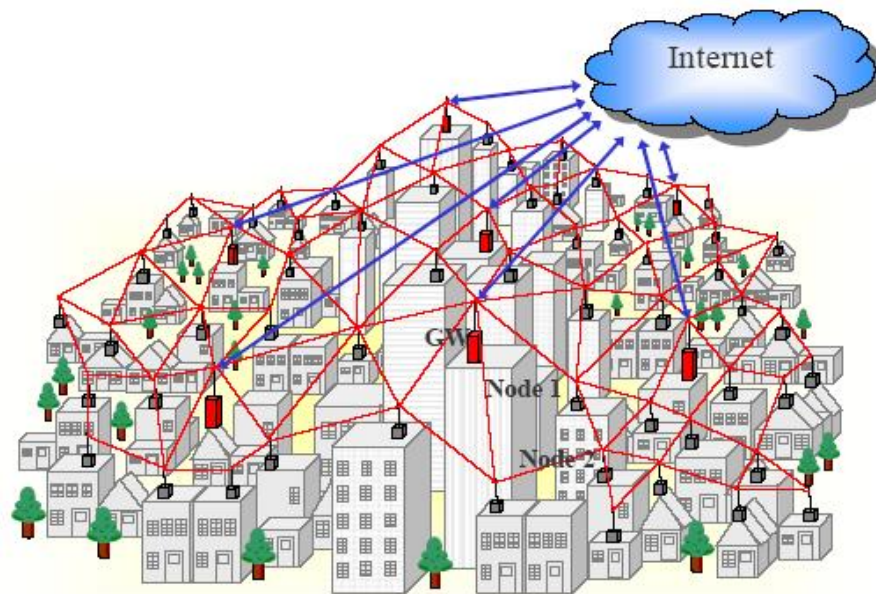


# Fachstudie

## Hardwareplattformen und Systemsoftware für drahtlose vermaschte Kommunikationsnetze



**Bearbeiter:** Alex Egorenkov, Sergey Telejnikov, Valeri Schneider

**Betreuer:** Dipl.-Inf. Frank Dürr

**Prüfer:** Prof. Dr. Kurt Rothermel

**Zeitraum:** November 2007 - Januar 2008

## Abstract

†Absatz wie im Dokument!

TODO

Mesh-Netze (engl. Wireless Mesh Network, WMN) sind drahtlose Ad-Hoc-Netze bestehend aus stationären Mesh-Routern, die einen Routing-Backbone bilden, und mobilen oder stationären Mesh-Clients. Die Mesh-Clients kommunizieren über den Backbone mit anderen Mesh-Clients oder erlangen über den Backbone Zugang zum Internet. Mesh-Netze können dabei auch größere Bereiche, beispielsweise ganze Städte abdecken (entsprechende Stadtnetze werden aktuell z.B. durch Google installiert).

Ein entsprechendes Mesh-Netz muss für die Forschungszwecke für den Sonderforschungsbereich (SFB) Nexus an der Universität Stuttgart eingerichtet werden.

Diese Fachstudie befasst sich mit der Ausarbeitung einer Empfehlung für die Beschaffung entsprechender Geräte (*Hardwareplattformen und Systemsoftware*) für den Aufbau eines WMN.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>4</b>
1.1	Grundlagen von Mesh-Netzen	4
1.1.1	Hintergrund	4
1.1.2	Ad-Hoc	4
1.1.3	Mesh-Netz	5
1.1.4	IEEE 802.11a/b/g	5
1.1.5	Ad-Hoc Routing-Protokolle	6
1.1.5.1	OLSR	6
1.1.5.2	B.A.T.M.A.N.	6
1.2	Existierende Lösungen und Projekte	7
<b>2</b>	<b>Aufgabenstellung</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Anforderungen</b>	<b>8</b>
3.1	Anforderungen an Hardware	9
3.2	Anforderungen an Software	9
3.3	Zusätzliche Anforderungen	9
<b>4</b>	<b>Hardware-Lösungen für den Aufbau eines Mesh-Netzwerkes</b>	<b>11</b>
4.1	PCs + WLAN-Karten	11
4.1.1	PCI-WLAN-Karten	12
4.1.1.1	Linksys WMP55AG	13
4.1.1.2	Netgear WAG311	15
4.1.1.3	D-Link DWL-A520	17
4.1.1.4	Gigabyte GN-WPEAG	19
4.1.1.5	Andere PCI-WLAN-Karten	20
4.1.2	Mini-PCI WLAN-Karten	21
4.1.2.1	Wistron CM9 Atheros AR5213A	22
4.1.2.2	Intel PRO/Wireless 3945	24
4.1.2.3	Intel PRO/Wireless 2915	26
4.1.2.4	Intel Wireless WiFi Link 4965AGN	28
4.1.3	PCMCIA WLAN-Karten	30
4.1.3.1	Proxim Orinoco Gold 8480-WD	31
4.1.3.2	Netgear WAG511	33
4.1.3.3	SMC 2536W-AG	35
4.1.3.4	Linksys WPC55AG	37
4.1.3.5	Andere PCMCIA-WLAN-Karten	38
4.2	WLAN-Router	40
4.2.1	SoHo-Router	40
4.2.1.1	Linksys WRT54G v1.0	41
4.2.1.2	Linksys WRT55AG	43
4.2.1.3	Asus WL500G/GP	45

4.2.1.4	Andere WLAN-Router	46
4.2.2	Professionelle Router	47
4.2.3	Access Points	48
4.3	PDA's und Handys	49
<b>5</b>	<b>Systemsoftware für Mesh-Netzwerk</b>	<b>50</b>
5.1	Linux MadWiFi-Treiber	50
5.2	OpenWRT	51
5.3	Mesh-Routing Software	51
5.3.1	olsr.org OLSR daemon	51
5.3.2	Open-Mesh B.A.T.M.A.N. daemon	52
<b>6</b>	<b>Tests</b>	<b>53</b>
6.1	Erster Test	53
6.1.1	Hardware	53
6.1.2	Software	54
6.1.2.1	Madwifi	54
6.1.2.2	OLSR Daemon	56
6.1.3	Ergebnisse	56
6.1.3.1	Topologie	57
6.1.3.2	Http Info	57
6.2	Zweiter Test	58
<b>7</b>	<b>Fazit</b>	<b>59</b>
7.1	Übersicht	59
7.2	Aufwandschätzung und Bewertung	60
7.3	Empfehlung für eine geeignete WMN	60

## Abbildungsverzeichnis

1	Linksys WMP55AG	13
2	Netgear WAG311	15
3	D-Link DWL-A520	17
4	Gigabyte GN-WPEAG	19
5	Wistron CM9 Atheros AR5213A	22
6	Intel PRO/Wireless 3945	24
7	Intel PRO/Wireless 2915	26
8	Intel Wireless WiFi Link 4965AGN	28
9	Proxim Orinoco Gold 8480-WD	31
10	Netgear WAG511	33
11	SMC 2536W-AG	35
12	Linksys WPC55AG	37
13	Linksys WRT54G v1.0	41

14	Linksys WRT55AG . . . . .	43
15	Asus WL500G/GP . . . . .	45
16	Topologie . . . . .	53
17	Topologie Graph . . . . .	57
18	Http Info . . . . .	58
19	Übersicht und Bewertung von Hardware . . . . .	59
20	Übersicht und Bewertung von Software . . . . .	60

# 1 Einleitung

In diesem Abschnitt werden einige wichtige Begriffe, die im Laufe des Dokuments auftauchen werden, kurz erläutert.

## 1.1 Grundlagen von Mesh-Netzen

### 1.1.1 Hintergrund

Ein drahtloses vermaschtes Netz (engl. Wireless Mesh Network, WMN) besteht aus einer Menge von Knoten, die über drahtlose Kommunikationstechniken wie beispielsweise IEEE 802.11 (LINK) Nachrichten austauschen. Die Vermaschung der Knoten ermöglicht dabei nicht nur den Austausch von Nachrichten zwischen unmittelbar benachbarten Knoten, sondern auch die Vermittlung von Nachrichten an entfernte Knoten über mehrere Knoten hinweg. Die Vermittlungsfunktionalität wird dabei oft von dedizierten Vermittlungsknoten (engl. Mesh Router) bereitgestellt, die somit eine drahtlose Kommunikationsinfrastruktur für die Klienten (engl. Mesh Client) bilden. Durch den Einsatz vergleichsweise kostengünstiger Hardwarekomponenten und die Vermaschung der Knoten ermöglichen WMNs die kostengünstige Vernetzung auch größerer Gebiete. Entsprechende Netze werden beispielsweise von Community-Projekten wie das Freifunk-Projekt (LINK) oder Firmen wie Google (LINK) bereits heute in der Praxis für den Aufbau größerer Netze eingesetzt, um beispielsweise kostengünstige Internetzugänge für Stadtteile oder ganze Städte zu realisieren.

WMNs sind auch für den Sonderforschungsbereich (SFB) Nexus an der Universität Stuttgart <http://www.nexus.uni-stuttgart.de> von großem Interesse. Im Zentrum der Forschungen des SFB stehen Umgebungsmodelle für mobile kontextbezogene Systeme. Umgebungsmodelle sind digitale Abbilder der physischen Welt, die von kontextbezogenen Systemen genutzt werden, um sich selbständig an die physische Umgebung des Benutzers anzupassen. Ein einfaches Beispiel sind ortsbezogene Anwendungen, die beispielsweise aufgrund der aktuellen geographischen Position eines Geräts automatisch Informationen über nahe Restaurants, Sehenswürdigkeiten, usw. selektieren können. Zur Kommunikation, insbesondere mit mobilen Geräten, werden dabei hybride Systeme betrachtet, in denen sowohl eine infrastrukturbasierte Kommunikation als auch die direkte Ad-hoc-Kommunikation zwischen mobilen Endsystemen möglich ist. Hierbei spielen WMNs als eine spezielle Ausprägung eines hybriden Kommunikationssystems eine wesentliche Rolle.

### 1.1.2 Ad-Hoc

Ein Ad-hoc-Netz bezeichnet in der Informationstechnologie eine drahtlose Netzwerktopologie zwischen zwei oder mehr Endgeräten, die ohne feste Infrastruktur auskommt.

(TODO) Mehr Text.. Bilder: Adhoc, Infrastruktur!

### 1.1.3 Mesh-Netz

(TODO) Mesh-Netze sind Ad-hoc Netze

In einem vermaschten Netz (Mesh-Netz) ist jeder Netzwerkknoten mit einem oder mehreren anderen verbunden. Die Informationen werden von Knoten zu Knoten weitergereicht, bis sie das Ziel erreichen. Vermaschte Netze sind im Regelfall selbstheilend und dadurch sehr zuverlässig: Wenn ein Knoten oder eine Verbindung blockiert ist oder ausfällt, kann sich das Netz darum herum neu stricken. Die Daten werden umgeleitet und das Netzwerk ist nach wie vor betriebsfähig.

(TODO) Einarbeitung in grundlegende WMN-Technologien???

### 1.1.4 IEEE 802.11a/b/g

**IEEE 802.11** (auch: Wireless LAN, WLAN, WiFi) bezeichnet eine IEEE-Norm für drahtlose Netzwerkkommunikation. Herausgeber ist das Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).

**802.11a** spezifiziert eine weitere Variante der physikalischen Schicht, die im 5-GHz-Band arbeitet und Übertragungsraten bis zu 54 MBit/s ermöglicht.

#### Vorteile

- weniger genutztes Frequenzband, dadurch häufig störungsfreier Betrieb möglich
- in Deutschland 19 (bei BNetzA-Zulassung) nicht überlappende Kanäle
- höhere Reichweite, da mit 802.11h bis zu 1000 mW Sendeleistung möglich

#### Nachteile

- stärkere Regulierungen in Europa: auf den meisten Kanälen DFS nötig
- auf einigen Kanälen kein Betrieb im Freien erlaubt
- falls kein TPC benutzt wird, muss die Sendeleistung reduziert werden
- Ad-hoc-Modus wird von den meisten Geräten nicht unterstützt
- geringere Verbreitung, daher wenig verfügbare Geräte auf dem Markt und hohe Kosten

**802.11b** ist ebenfalls eine alternative Spezifikation der physikalischen Schicht, die mit dem bisher genutzten 2,4-GHz-Band auskommt und Übertragungsraten bis zu 11 MBit/s ermöglicht.

### Vorteile

- gebührenfreies freigegebenes ISM-Frequenzband
- hohe Verbreitung und daher geringe Gerätekosten

### Nachteile

- Frequenz muss mit anderen Geräten/Funktechniken geteilt werden (Bluetooth, Mikrowellenherde, etc.)
- störungsfreier Betrieb von nur maximal 3 Netzwerken am selben Ort möglich, da effektiv nur 3 brauchbare (kaum überlappende) Kanäle zur Verfügung stehen (in Deutschland: 1, 7, 13)

## 1.1.5 Ad-Hoc Routing-Protokolle

(TODO) Text .. was ist was.. Weiter werden OLSR und .. vorgestellt..

**1.1.5.1 OLSR** Optimized Link State Routing, kurz OLSR, ist ein Routingprotokoll für mobile Ad-hoc-Netze, das eine an die Anforderungen eines mobilen drahtlosen LANs angepasste Version des Link State Routing darstellt. Es wurde von der IETF mit dem RFC 3626 standardisiert. Bei diesem verteilten flexiblen Routingverfahren ist allen Routern die vollständige Netztopologie bekannt, sodass sie von Fall zu Fall den kürzesten Weg zum Ziel festlegen können. Als proaktives Routingprotokoll hält es die dafür benötigten Informationen jederzeit bereit. Ein in Mesh-Netzwerken bekannter Vertreter von LSR ist OLSR von [olsr.org](http://olsr.org). Inzwischen existieren für OLSR spezielle Erweiterungen. Mit der ETX-Erweiterung wird dem Umstand Rechnung getragen, dass Links asymmetrisch sein können. Mit dem Fisheye-Algorithmus ist OLSR auch für größere Netzwerke brauchbar geworden, da Routen zu weiter entfernten Knoten weniger häufig neu berechnet werden. Der entscheidende Nachteil ist aber der trotz Fisheye-Algorithmus noch recht hohe Rechenaufwand von OLSRD, sobald die Anzahl an Knoten ein gewisses Maß übersteigt.

**1.1.5.2 B.A.T.M.A.N.** Ausgehend von den Erfahrungen mit Freifunk-OLSR begannen die Entwickler aus der Freifunk-Community im März 2006 in Berlin damit, ein neues Routingprotokoll für drahtlose Meshnetzwerke zu entwickeln. Alle bisher bekannten Routingalgorithmen versuchen Routen entweder zu berechnen (proaktive Verfahren) oder



sie dann zu suchen, wenn sie gebraucht werden (reaktive Verfahren). Das neue Protokoll B.A.T.M.A.N. (BETTER APPROACH TO MOBILE ADHOC NETWORKING) berechnet oder sucht im Gegensatz zu diesen Protokollen keine Routen, es erfasst lediglich, ob Routen zu anderen Knoten existieren und überwacht ihre Qualität. Dabei interessiert es sich nicht dafür, wie eine Route verläuft, sondern ermittelt lediglich, über welchen direkten Nachbarn ein bestimmter Netzknoten am besten zu erreichen ist, und trägt diese Information proaktiv in die Routingtabelle ein.

## 1.2 Existierende Lösungen und Projekte

(TODO) Einbisschen Text zu jedem Projekt (googeln)

- FreiFunk <http://freifunk.net/wiki/Meshing>
- OpenNet <http://wiki.opennet-initiative.de/index.php/Hauptseite>
- <http://www-i4.informatik.rwth-aachen.de/mcg/projects/umic-mesh/>
- <http://umic-mesh.net/>
- (TODO) Google..

## 2 Aufgabenstellung

Für Forschungszwecke soll innerhalb des SFB Nexus (<http://www.nexus.uni-stuttgart.de>) ein WMN installiert werden.

Dieses WMN dient

- einerseits Nexus-Anwendungen, insbesondere Anwendungen auf mobilen Geräten, als *Kommunikationsmedium*.
- andererseits auch als *Testbed* zur Erforschung verschiedener Erweiterungen von WMNs.

Dieses WMN soll beispielsweise der Untersuchung neuartige kontextbezogener Kommunikationsmechanismen, der Erforschung von Publish/Subscribe-Diensten für WMNs oder der Verwaltung von Umgebungsmodellen innerhalb eines hybriden Systems wie es ein WMN darstellt, dienen.

Ziel dieser Fachstudie ist die Ausarbeitung einer Empfehlung für die Beschaffung entsprechender Geräte (*Hardwareplattformen und Systemsoftware*) für den Aufbau eines WMN.

Das Vorgehen umfasst im einzelnen:

- Einarbeitung in grundlegende WMN-Technologien
- Analyse der Anforderungen des Nexus-Projektes an ein WMN
- Erstellung einer Übersicht über aktuelle verfügbare Hardwareplattformen und Systemsoftware für WMN
- Bewertung der analysierten Systeme hinsichtlich der ermittelten Anforderungen
- Ausarbeitung einer Empfehlung für eine geeignete WMN hinsichtlich Hardwareplattform und Systemsoftware

## 3 Anforderungen

(TODO) korrigieren, vielleicht ganze Sätze machen!

Nach der Einarbeitung in WMN-Technologien und Analyse der Anforderungen des Nexus-Projektes wurde folgendes festgehalten:

### **3.1 Anforderungen an Hardware**

- IEEE 802.11a kompatibel (5Ghz Frequenzen)
- Ad-hoc Modus (auch bei 5Ghz Frequenzen)
- Treiber für Linux (und Windows)
- Open-Source Firmware (nur für Router)
- Zusätzlich zu Wireless Mesh Network auch weitere (Netzwerk-)Schnittstelle zur Verwaltung vorsehen
- Nach Möglichkeit keine selber gebastelten Lösungen
- Schön wäre, die angestrebte Standardisierung von Mesh-Netzen zu unterstützen (MESH STANDARD 11n Draft als Vorteil)
- 2 Mini PCI-Slots (nur für Router) - Funk auf verschiedenen Frequenzbandern (Performanceverbesserung)

### **3.2 Anforderungen an Software**

- Betriebssystem ist nicht festgelegt, soll Ergebnis der Fachstudie sein
- Freiheit bei Routingprotokollen (Austauschbarkeit)
- Software soll Konfigurierung und Instrumentierung von WMN ermöglichen
- Topologie verändern bzw. erfassen
- Visualisierung von Anfragen und Topologie

### **3.3 Zusätzliche Anforderungen**

- Abdeckung des Gebäudes Universitätsstraße 38
- Verbindung mit Informatik-Netz nur über Gateway mit strikter Filterung (nur eine Richtung (UNI->Mesh) für die Verwaltung)
- Separates Gateway notwendig? Vermutlich sinnvoll.
- AUFWANDSCHATZUNG (wie viele Knoten usw. )
- Budget max. 25.000 Euro (evtl. mehr in Zukunft)
- 4-5 Mesh-Knoten pro Quadrat
- Speicherkapazität wichtig (nur bei Router)

- FOCUS: PC + Wlan-Karten, da mehr Flexibilität
- PC + 2 Wlan-Karten vorteilhaft
- PDAs (bzw. andere kleine Clients) mit 802.11a

## 4 Hardware-Lösungen für den Aufbau eines Mesh-Netzwerkes

Es gibt verschiedene Möglichkeiten ein Meshnetzwerk aufzubauen. Im Weiteren werden einige davon im Detail beschrieben. Die Vorteile und Nachteile von einzelnen Möglichkeiten werden ebenfalls erläutert.

### 4.1 PCs + WLAN-Karten

(TODO) korrigieren, vielleicht vorteile und Nachteile erweitern..

Die einfachste Möglichkeit wäre die herkömmlichen PCs mit WLAN-Karten zu einem Mesh-Router einzurichten. Man nimmt dabei einfach die WLAN-Karten (PCI, Mini-PCI oder PCMCIA) und baut diese in PCs oder in Laptops ein.

Generelles Problem dabei ist: *Ad-Hoc Modus bei Karten im 5Ghz Bereich ist von unausgereift bis nicht vorhanden.* (LINK) nachteile 5Ghz

Hersteller haben gespart an der Entwicklung, da Ad-Hoc Modus einigermaßen kompliziert ist, und alle meist nur Infrastrukturmodus benutzt haben. Fehler liegen in Firmware von Chipsatz und im Treiber.

Es gibt einen MadWiFi-Treiber, der für eine Vielzahl von Chipsätzen entwickelt wurde und mit dem sollte es einigermaßen funktionieren, sobald dieser noch zusätzlich gepatcht ist, und Firmware der Karte Ad-Hoc zulässt. Generell wegen der geringen Verbreitung von 802.11a in Europa, sind nur wenige Karten erhältlich. Z.B konnten Karten mit Atheros Chipsatz, z.B AR5004X, uns weiterhelfen.

#### Vorteile:

- Sehr Flexibel (Hardware kann noch nützlich sein)
- Installation ist relativ einfach
- Software Unterstützung ist vorhanden
- Mehrere WLAN und Ethernet Interfaces möglich

#### Nachteile:

- Groß und stationär
- Stromversorgung
- Schlechte Sende- und Empfangqualität, da sich die Antenne im elektromagnetischen Stromnebel des PCs befindet

#### 4.1.1 PCI-WLAN-Karten

(TODO) mehr Text?

PCI-WLAN-Karten werden in einen freien PCI-Steckplatz des Mainboards gesteckt. Ein Vorteil von PCI-WLAN-Karten ist die bessere Stabilität im Betrieb. Weiterhin besitzen die meisten PCI-WLAN-Karten die Möglichkeit die mitgelieferte Antenne gegen eine andere zu tauschen. Zu beachten ist, dass die Antenne üblicherweise direkt hinten an der Karte angebracht ist und somit in unmittelbarer Nähe zum PC-Gehäuse ist. Dies kann jedoch negative Auswirkungen auf die Reichweite oder den Datendurchsatz haben. Deshalb kann es für eine bessere Verbindung notwendig sein, die Antenne mit einem Koaxialkabel vom Rechnergehäuse zu entfernen.

##### **Vorteile:**

- Bessere Stabilität im Betrieb
- Meistens abschraubbare Antenne
- Verschwinden im Gehäuse, Platz wird nicht verschwendet

##### **Nachteile:**

- Oft recht schlechte Empfangs/Sendeleistung, weil die kleine Antenne ja direkt hinten am Rechner rauskommt (Lösung: zusätzliche Antenne)

#### 4.1.1.1 Linksys WMP55AG



Abbildung 1: Linksys WMP55AG

##### **Chipsatz:**

- Atheros AR5213A

##### **IEEE Standards:**

- 802.11a/b/g

##### **Betriebsart:**

- Ad-Hoc
- Infrastruktur

##### **Sicherheit:**

- WEP (40-, 104-, 128-bit)
- WPA
- LEAP

##### **Treiber:**

- Sehr gute Linux-Unterstützung, MadWifi-Treiber funktioniert mit dieser WLAN PCI-Karte ohne Probleme. Windows-Treiber werden von Linksys bereitgestellt.

##### **Preis:**

- ca. 90 Euro

**Installation:**

- Lasst sich leicht sowohl unter Windows als auch unter Linux (MadWifi-Treiber) installieren.

<http://madwifi.org/wiki/UserDocs/FirstTimeHowTo>

**Links:**

- <http://madwifi.org/wiki/Compatibility/Linksys>
- <http://forums.fedoraforum.org/showthread.php?t=91165>
- [http://www.pcworld.com/product/specs/prtprdid,704176/wireless\\_ag\\_54mbps\\_pci\\_adptr\\_80211a80211b80211g\\_compatible.html](http://www.pcworld.com/product/specs/prtprdid,704176/wireless_ag_54mbps_pci_adptr_80211a80211b80211g_compatible.html)
- [http://www.linksys.com/servlet/Satellite?c=L\\_CASupport\\_C2&childpagename=US%2FLayout&cid=1169671168007&pagename=Linksys%2FCommon%2FVisitorWrapper&lid=6800768007N09](http://www.linksys.com/servlet/Satellite?c=L_CASupport_C2&childpagename=US%2FLayout&cid=1169671168007&pagename=Linksys%2FCommon%2FVisitorWrapper&lid=6800768007N09)



#### 4.1.1.2 Netgear WAG311



Abbildung 2: Netgear WAG311

**Chipsatz:**

- Atheros AR5212

**IEEE Standards:**

- 802.11a/b/g

**Betriebsart:**

- Ad-Hoc
- Infrastruktur

**Sicherheit:**

- WEP (40-, 104-, 128-bit)
- WPA, WPA-PSK
- PPTP, P2TP, IPSec VPN pass-through

**Treiber:**

- Sehr gute Linux-Unterstützung, MadWifi-Treiber funktioniert mit dieser WLAN PCI-Karte ohne Probleme.

**Preis:**

- ca. 50-60 Euro

**Installation:**

- <http://madwifi.org/wiki/UserDocs/FirstTimeHowTo>  
[http://www.packetpro.com/~peterson/linux-netgear\\_wg311t\\_pci.html](http://www.packetpro.com/~peterson/linux-netgear_wg311t_pci.html)

**Weitere Informationen:**

- Externe Antenne, die mit der WLAN-PCI-Karte durch langes Kabel verbunden ist. Das Kabel lässt sich nicht von der PCI-Karte trennen.

**Links:**

- <http://www.netgear.com/Products/Adapters/AGDualBandWirelessAdapters/WAG311.aspx>
- <http://madwifi.org/wiki/Compatibility/Netgear>
- <http://www.linuxquestions.org/questions/mandriva-30/using-netgear-wag311-via-ma>
- [http://www.packetpro.com/~peterson/linux-netgear\\_wg311t\\_pci.html](http://www.packetpro.com/~peterson/linux-netgear_wg311t_pci.html)
- [http://www.netgear.com/upload/product/wag311/enus\\_ds\\_wag311.pdf](http://www.netgear.com/upload/product/wag311/enus_ds_wag311.pdf)

#### 4.1.1.3 D-Link DWL-A520



Abbildung 3: D-Link DWL-A520

**Chipsatz:**

- Atheros AR5210

**IEEE Standards:**

- 802.11a

**Betriebsart:**

- Ad-Hoc
- Infrastruktur

**Sicherheit:**

- WEP (40-, 104-, 128-bit)

**Treiber:**

- Von D-Link werden nur Treiber für Windows bereitgestellt. Sehr gute Linux-Unterstützung, MadWifi-Treiber funktioniert mit dieser WLAN PCI-Karte ohne Probleme.

**Preis:**

- ca. 70-80 Euro

**Installation:**

- <http://madwifi.org/wiki/UserDocs/FirstTimeHowTo>

**Weitere Informationen:**

- Antenne ist nicht abschraubbar.

**Links:**

- <http://support.dlink.com/products/print.asp?productid=DWL-A520>
- <http://madwifi.org/wiki/Compatibility/D-Link>

#### 4.1.1.4 Gigabyte GN-WPEAG

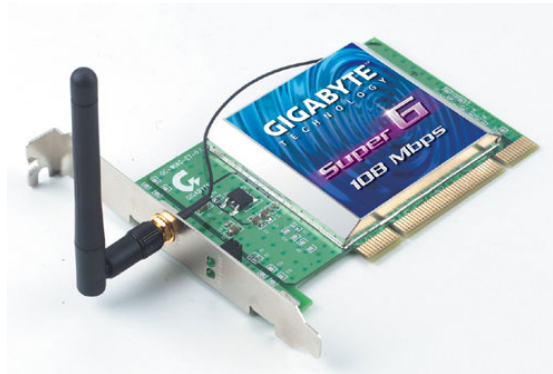


Abbildung 4: Gigabyte GN-WPEAG

**Chipsatz:**

- Atheros AR5212

**IEEE Standards:**

- 802.11a/b/g

**Betriebsart:**

- Ad-Hoc
- Infrastruktur

**Sicherheit:**

- WEP (40-, 104-, 128-bit)
- WPA
- WPA2

**Treiber:**

- Von Gigabyte werden nur Treiber für Windows bereitgestellt.  
[http://www.gigabyte.com.tw/Support/Communication/Driver\\_Model.aspx?ProductID=952](http://www.gigabyte.com.tw/Support/Communication/Driver_Model.aspx?ProductID=952)  
Sehr gute Linux-Unterstützung, MadWifi-Treiber funktioniert mit dieser WLAN PCI-Karte ohne Probleme.  
<http://madwifi.org/wiki/UserDocs/FirstTimeHowTo>

**Preis:**

- ca. 70-80 Euro

**Installation:**

- <http://madwifi.org/wiki/UserDocs/FirstTimeHowTo>

**Weitere Informationen:**

- Abschraubbare Antenne mit reversed SMA. Eigentlich ist das eine Mini-PCI-Karte mit PCI-Adapter.

**Links:**

- [http://www.gigabyte.com.tw/Products/Communication/Products\\_Spec.aspx?ProductID=952](http://www.gigabyte.com.tw/Products/Communication/Products_Spec.aspx?ProductID=952)
- [http://www.gigabyte.com.tw/Support/Communication/Driver\\_Model.aspx?ProductID=952](http://www.gigabyte.com.tw/Support/Communication/Driver_Model.aspx?ProductID=952)
- <http://madwifi.org/wiki/Compatibility/Gigabyte>

**4.1.1.5 Andere PCI-WLAN-Karten**

- Intel PRO/Wireless 5000  
Chipsatz Intel, 802.11a WLAN PCI-Karte, unterstützt Ad-Hoc- und Infrastruktur-Modus, Treiber von Intel nur für Windows vorhanden, für Linux werden keine Treiber entwickelt, kostet ca. 200 Euro  
<http://support.intel.com/support/wireless/wlan/pro5000/pciadapter>  
[ftp://download.intel.com/support/wireless/wlan/pro5000/PR05000\\_INF0.pdf](ftp://download.intel.com/support/wireless/wlan/pro5000/PR05000_INF0.pdf)
- D-Link DWL-AG530  
Chipsatz Atheros AR5212 oder AR5213, 802.11a/b/g WLAN-Karte, MadWifi-Treiber Unterstützung, Externe abschraubbare Antenne, kostet ca 80 Euro  
<http://www.dlink.com/products/?pid=306>  
<http://madwifi.org/wiki/Compatibility/D-Link>
- D-Link DWL-G550  
Chipsatz Atheros AR5212, 802.11a/b/g WLAN-Karte, MadWifi-Treiber Unterstützung, Externe abschraubbare Antenne, kostet ca 60 Euro  
<http://www.dlink.com/products/?pid=414>  
<http://madwifi.org/wiki/Compatibility/D-Link>

#### **4.1.2 Mini-PCI WLAN-Karten**

Mini-PCI ist eine vor allem für die Nutzung in Notebooks und Laptops miniaturisierte Version des PCI Steckplatzes, wie er in allen Desktop PCs vorkommt. PCI steht dabei für Peripheral Component Interconnect. Die Abmessungen einer Mini-PCI Card betragen 6,0 x 4,6 x 0,5 cm.

Mini-PCI WLAN-Karten sind ursprünglich für Laptops gedacht, sind aber mit entsprechenden Adaptoren (PCI-zu-MiniPCI) und externen Antennen auch im normalen PCs zu verwenden. Als Vorteil ist dabei die Flexibilität zu nehmen. Als Nachteil - die Zusätzliche Kosten und Installationen. Meist sind Mini-PCI Cards für Wireless LAN bereits vom Hersteller eingebaut. Der Vorteil der Ausführung als standardisiertes Modul liegt darin, daß eine Mini-PCI Card in aller Regel einfach gegen eine andere Card - auch eines anderen Herstellers - ausgetauscht werden kann. Im Falle der WLAN Mini-PCI Module kann z.B. problemlos vom langsameren 802.11b Standard auf ein schnelleres WLAN Modul nach 802.11g gewechselt werden.

##### **Vorteile:**

- Können mit Hilfe eines Adapters zu einer PCI-WLAN-Karte umgebaut werden
- Können leicht ausgetauscht werden

##### **Nachteile:**

- Meistens kostenintensiv
- Installationen

#### 4.1.2.1 Wistron CM9 Atheros AR5213A



Abbildung 5: Wistron CM9 Atheros AR5213A

##### Chipsatz:

- Atheros AR5213A

##### IEEE Standards:

- 802.11a/b/g

##### Betriebsart:

- Ad-Hoc
- Infrastruktur

##### Sicherheit:

- WEP (40-, 104-, 128-bit)
- WPA
- WPA2

##### Treiber:

- Hervorragende Unterstützung von MadWifi-Treiber, auch Ad-Hoc-Modus.  
<http://madwifi.org/>

##### Preis:

- ca. 40 Euro

##### Installation:

- <http://madwifi.org/wiki/UserDocs/FirstTimeHowTo>



**Links:**

- <http://www.alix-board.de/produkte/wistroncm9.html>
- <http://www.pcengines.ch/cm9.htm>
- <http://forum.openwrt.org/viewtopic.php?pid=10213>
- <http://madwifi.org/>
- <http://madwifi.org/ticket/1209>

#### 4.1.2.2 Intel PRO/Wireless 3945



Abbildung 6: Intel PRO/Wireless 3945

**Chipsatz:**

- Intel

**IEEE Standards:**

- 802.11a/b/g

**Betriebsart:**

- Ad-Hoc
- Infrastruktur

**Sicherheit:**

- WEP (40-, 104-bit)
- WPA
- WPA2

**Treiber:**

- Es werden von Intel Treiber sowohl für Windows als auch für Linux bereitgestellt.

[http://downloadcenter.intel.com/Product\\_Filter.aspx?ProductID=2259](http://downloadcenter.intel.com/Product_Filter.aspx?ProductID=2259)

Von Intel wurde ein Projekt für die Unterstützung von Intel PRO/Wireless 3945 erstellt.

<http://ipw3945.sourceforge.net>

Der ipw3945-Treiber funktioniert auch im Ad-Hoc-Modus, aber nicht sehr stabil, es kommt oft zu Verbindungsabbrüchen.

**Preis:**

- ca. 20-30 Euro

**Installation:**

- Im Gegensatz zu den „klassischen“ Intel Wireless-Chipsätzen 2100- und 2200BG-Chipsätzen ist der Treiber für den 3945ABG noch nicht im Kernel verfügbar. Um auch damit kabellos ins Internet zu gehen, sind ein paar Handgriffe notwendig.

<http://ipw3945.sourceforge.net/README.ipw3945>

<http://ipw3945.sourceforge.net/INSTALL>

**Links:**

- [http://www.intel.com/network/connectivity/products/wireless/prowireless\\_mobile.htm](http://www.intel.com/network/connectivity/products/wireless/prowireless_mobile.htm)
- [http://downloadcenter.intel.com/Product\\_Filter.aspx?ProductID=2259](http://downloadcenter.intel.com/Product_Filter.aspx?ProductID=2259)
- <http://ipw3945.sourceforge.net/>
- <http://ipw3945.sourceforge.net/README.ipw3945>
- <http://ipw3945.sourceforge.net/INSTALL>

#### 4.1.2.3 Intel PRO/Wireless 2915



Abbildung 7: Intel PRO/Wireless 2915

##### **Chipsatz:**

- Intel

##### **IEEE Standards:**

- 802.11a/b/g

##### **Betriebsart:**

- Ad-Hoc
- Infrastruktur

##### **Sicherheit:**

- WEP (40-, 104-bit)
- WPA
- WPA2

##### **Treiber:**

- Es werden von Intel Treiber sowohl für Windows als auch für Linux bereitgestellt.

[http://downloadcenter.intel.com/Product\\_Filter.aspx?ProductID=1847](http://downloadcenter.intel.com/Product_Filter.aspx?ProductID=1847)

Von Intel wurde ein Projekt für die Unterstützung von Intel PRO/Wireless 2915 erstellt.

<http://ipw2200.sourceforge.net>

Der ipw2200-Treiber funktioniert auch im Ad-Hoc-Modus, aber nicht sehr stabil, es kommt oft zu Verbindungsabbrüchen. Der ipw2200-Treiber ist im Kernel 2.6 enthalten, kann aber auch separat als Modul kompiliert werden. Der im Kernel enthaltene Treiber unterstützt den Monitor-Modus nicht.

**Preis:**

- ca. 30 Euro

**Installation:**

- <http://ipw2200.sourceforge.net/README.ipw2200>  
<http://ipw2200.sourceforge.net/INSTALL>

**Links:**

- <http://support.intel.com/support/wireless/wlan/pro2915abg>
- [http://download.intel.com/support/wireless/wlan/pro2915abg/sb/303330002us\\_channel.pdf](http://download.intel.com/support/wireless/wlan/pro2915abg/sb/303330002us_channel.pdf)
- <http://ipw2200.sourceforge.net/>
- <http://www.intel.com/cd/personal/computing/emea/deu/234998.htm>
- [http://downloadcenter.intel.com/Product\\_Filter.aspx?ProductID=1847](http://downloadcenter.intel.com/Product_Filter.aspx?ProductID=1847)

#### 4.1.2.4 Intel Wireless WiFi Link 4965AGN



Abbildung 8: Intel Wireless WiFi Link 4965AGN

**Chipsatz:**

- Intel

**IEEE Standards:**

- 802.11a/b/g/n(draft)

**Betriebsart:**

- Ad-Hoc
- Infrastruktur

**Sicherheit:**

- WEP (40-, 104-bit)
- WPA
- WPA2

**Treiber:**

- <http://www.intellinuxwireless.org/>

**Preis:**

- ca. 30 Euro

**Installation:**

- <http://www.intellinuxwireless.org/>

**Links:**

- [http://www.intel.com/network/connectivity/products/wireless/wireless\\_n/overview.htm](http://www.intel.com/network/connectivity/products/wireless/wireless_n/overview.htm)
- <http://www.intellinuxwireless.org/>
- <http://www.wifi-info.de/intel-kuendigt-11n-chipsatz-fuer-centrino-notebooks-an/01/2007/>
- [http://downloadcenter.intel.com/filter\\_results.aspx?strTypes=all&ProductID=2753&OSFullName=Linux\\*&lang=eng&strOSs=39&submit=Go%21](http://downloadcenter.intel.com/filter_results.aspx?strTypes=all&ProductID=2753&OSFullName=Linux*&lang=eng&strOSs=39&submit=Go%21)

### **4.1.3 PCMCIA WLAN-Karten**

Diese WLAN-Karten sind für Notebooks gedacht. Heutzutage ist es jedoch üblich, dass die Notebooks schon ein integriertes WLAN-Modul (Mini-PCI) eingebaut haben. Damit ist die Notwendigkeit dieser Module nur noch für Notebooks älterer Generationen notwendig. Die meisten Module haben keinen Anschluss für eine externe Antenne.

#### **Vorteile:**

- Leichte Installation
- Austauschbarkeit

#### **Nachteile:**

- Veraltet
- Keinen Anschluss für eine externe Antenne



#### 4.1.3.1 Proxim Orinoco Gold 8480-WD



Abbildung 9: Proxim Orinoco Gold 8480-WD

**Chipsatz:**

- Atheros AR5212

**IEEE Standards:**

- 802.11a/b/g

**Betriebsart:**

- Ad-Hoc
- Infrastruktur

**Sicherheit:**

- WEP (40-, 104-bit)
- WPA
- WPA2

**Treiber:**

- Unter Linux hervorragende Unterstützung von MadWifi-Treiber, auch Ad-Hoc-Modus.  
<http://madwifi.org/>

**Preis:**

- ca. 80 Euro

**Installation:**

- <http://madwifi.org/wiki/UserDocs/FirstTimeHowTo>

**Links:**

- <http://www.proxim.com/products/wifi/client/abgcard/index.html>
- <http://madwifi.org/wiki/Compatibility/Proxim>

#### 4.1.3.2 Netgear WAG511



Abbildung 10: Netgear WAG511

**Chipsatz:**

- Atheros AR5001X+

**IEEE Standards:**

- 802.11a/b/g

**Betriebsart:**

- Ad-Hoc
- Infrastruktur

**Sicherheit:**

- WEP (40-, 104-, 128-bit)
- WPA
- WPA2
- PTP, P2TP, IPSec, VPN pass-through

**Treiber:**

- Von Netgear werden nur Windows Treiber angeboten.  
<http://www.netgear.de/de/Support/download.html?func=Detail&id=10676>  
Unter Linux hervorragende Unterstützung von MadWifi-Treiber, auch Ad-Hoc-Modus.  
<http://madwifi.org/>

**Preis:**

- ca. 50-60 Euro

**Installation:**

- [http://www.lrz-muenchen.de/services/netz/mobil/funklan-installation/installation/windowsxp\\_wg511/flan-instwpx.html](http://www.lrz-muenchen.de/services/netz/mobil/funklan-installation/installation/windowsxp_wg511/flan-instwpx.html)  
<http://madwifi.org/wiki/UserDocs/FirstTimeHowTo>

**Links:**

- <http://www.netgear.com/Products/Adapters/AGDualBandWirelessAdapters/WAG511.aspx>
- <http://www.netgear.de/de/Support/download.html?func=Detail&id=10676>
- <http://www.netgear.de/Produkte/Wireless/DualBand/WAG511/index.html>
- <http://madwifi.org/wiki/Compatibility/Netgear>

#### 4.1.3.3 SMC 2536W-AG



Abbildung 11: SMC 2536W-AG

##### Chipsatz:

- Atheros AR5001

##### IEEE Standards:

- 802.11a/b/g

##### Betriebsart:

- Ad-Hoc
- Infrastruktur

##### Sicherheit:

- WEP (40-, 104-, 128-bit)
- WPA
- WPA2

##### Treiber:

- Von SMC werden nur Treiber für Windows angeboten.  
[http://www.smc.com/index.cfm?event=downloads.searchResultsDetail&localeCode=EN\\_USA&productCategory=9&partNumber=2916&modelNumber=348&knowsPartNumber=false&userPartNumber=&docId=3103](http://www.smc.com/index.cfm?event=downloads.searchResultsDetail&localeCode=EN_USA&productCategory=9&partNumber=2916&modelNumber=348&knowsPartNumber=false&userPartNumber=&docId=3103)  
 Unter Linux hervorragende Unterstützung von MadWifi-Treiber, auch Ad-Hoc-Modus.  
<http://madwifi.org/>

##### Preis:

- ca. 80 Euro

##### Installation:

- <http://madwifi.org/wiki/UserDocs/FirstTimeHowTo>

**Links:**

- <http://www.smc.com/index.cfm?event=viewProduct&cid=9&scid=49&localeCode=EN%5FUSA&pid=348>
- [http://www.smc.com/files/AC/2536Wag\\_Ds\\_ww.pdf](http://www.smc.com/files/AC/2536Wag_Ds_ww.pdf)
- <http://madwifi.org/wiki/Compatibility/SMC>
- <http://forums.fedoraforum.org/archive/index.php/t-101517.html>

#### 4.1.3.4 Linksys WPC55AG



Abbildung 12: Linksys WPC55AG

**Chipsatz:**

- Atheros AR5212 oder AR5006X

**IEEE Standards:**

- 802.11a/b/g

**Betriebsart:**

- Ad-Hoc
- Infrastruktur

**Sicherheit:**

- WEP (40-, 104-, 128-bit)
- WPA
- WPA2

**Treiber:**

- Von Linksys werden nur Treiber für Windows bereitgestellt.  
[http://www.linksys.com/servlet/Satellite?c=L\\_Product\\_C2&childpagename=US%2FLayout&cid=1115416827328&pagename=Linksys%2FCommon%2FVisitorWrapper](http://www.linksys.com/servlet/Satellite?c=L_Product_C2&childpagename=US%2FLayout&cid=1115416827328&pagename=Linksys%2FCommon%2FVisitorWrapper)  
Auch hier kann man Treiber für Windows finden:  
<http://www.phoenixnetworks.net/atheros.php>  
Unter Linux hervorragende Unterstützung von MadWifi-Treiber, auch Ad-Hoc-Modus.  
<http://madwifi.org/>

**Preis:**

- ca. 50-60 Euro

**Installation:**

- <http://madwifi.org/wiki/UserDocs/FirstTimeHowTo>

**Links:**

- [http://www.linksys.com/servlet/Satellite?c=L\\_Product\\_C2&childpagename=US%2FLayout&cid=1115416827328&pagename=Linksys%2FCommon%2FVisitorWrapper](http://www.linksys.com/servlet/Satellite?c=L_Product_C2&childpagename=US%2FLayout&cid=1115416827328&pagename=Linksys%2FCommon%2FVisitorWrapper)
- <http://www.phoenixnetworks.net/atheros.php>
- <http://madwifi.org/>
- <http://madwifi.org/wiki/Compatibility/Linksys>
- [http://reviews.cnet.com/adapters-nics/linksys-wpc55ag-dual-band/4505-3380\\_7-21128291.html](http://reviews.cnet.com/adapters-nics/linksys-wpc55ag-dual-band/4505-3380_7-21128291.html)
- <http://www.google.de/search?q=Linksys+WPC55AG>
- <http://lists.funkfeuer.at/pipermail/discuss/2006-September/001592.html>
- <http://www.uk-surplus.com/manuals/brochures/linksyswpc55duser.pdf>

**4.1.3.5 Andere PCMCIA-WLAN-Karten**

- Intel PRO/Wireless 5000  
Chipsatz Intel, 802.11a WLAN PCMCIA-Karte, unterstützt Ad-Hoc- und Infrastruktur-Modus, Treiber von Intel nur für Windows vorhanden, für Linux werden keine Treiber entwickelt, kostet ca. 150 Euro  
<http://www.intel.com/support/wireless/wlan/pro5000/lancardbus>
- Netgear WAB501 Chipsatz Atheros AR5211, 802.11a/b WLAN-Karte, MadWifi-Treiber Unterstützung  
<http://kbserver.netgear.com/products/WAB501.asp>  
<http://madwifi.org/wiki/Compatibility/Netgear>
- Netgear WG511U  
Chipsatz Atheros AR5004X, 802.11a/g WLAN-Karte, MadWifi-Treiber Unterstützung  
<http://www.netgear.com/Products/Adapters/AGDualBandWirelessAdapters/WG511U.aspx>  
<http://madwifi.org/wiki/Compatibility/Netgear>



- Proxim Orinoco Silver 8481-WD  
Chipsatz Atheros AR5001X+, 802.11a/b/g WLAN-Karte, MadWifi-Treiber Unterstützung, kostet ca 80-90 Euro  
<http://www.proxim.com/products/wifi/client/abgcard/index.html>  
<http://madwifi.org/wiki/Compatibility/Proxim>
- Cisco Aironet CB21AG  
Chipsatz Atheros 5212, 802.11a/b/g WLAN-Karte, Madwifi-Treiber Unterstützung, kostet ca 100 Euro  
<http://madwifi.org/wiki/Compatibility/Cisco>

## 4.2 WLAN-Router

(TODO) korrigieren + mer Tesxt!

In diesem Abschnitt werden so genannte *stand-alone* Lösunden für eine WMN vorgestellt.

### 4.2.1 SoHo-Router

Man kann herkömmliche WLAN-Router für Heimanwender (SoHO-Router - small or home office) kaufen, die sich mit alternativer Firmware (spezielle Linux-Software mit OLSR-daemon) zu einem Mesh-Router umrüsten lassen. Ein WLAN-Router ist die Kombination eines normalen Routers (Kabelrouter) mit einem Accesspoint. Es gibt solche mit eingebauten Modem und andere mit einem Anschluss (WAN-Port) dafür (für Modems mit LAN-Anschluss). Ein Nachteil ist, dass es viele Modelle gibt, die eine fix verbaute Antenne haben, die nicht gewechselt werden kann.

(TODO) Weitere Vorteile und eventuell Nachteile..

#### Vorteile:

- Klein und handlich
- Mobil und flexibel
- Relativ günstig
- Gute Reichweite
- Wenig Stromverbrauch

#### Nachteile:

- Meistens fix verbaute Antenne
- Eingeschränkte Software Unterstützung
- Durch das Öffnen von Geräten und das Einspielen von fremder Firmware erlischt die Garantie des Herstellers

#### 4.2.1.1 Linksys WRT54G v1.0



Abbildung 13: Linksys WRT54G v1.0

**IEEE Standards:**

- 802.11b/g
- 802.11a/b/g (wenn man die mitgelieferte Mini-PCI WLAN-Karte durch z.B. Atheros 802.11a/b/g WLAN-Karte austauscht)

**Betriebsart:**

- Ad-Hoc
- Infrastruktur

**Firmware:**

- Es gibt mehrere fremde frei verfügbare Firmware für dieses Gerät. Alle unten aufgeführten Firmware sind Open-Source Projekte:

OpenWRT

<http://wiki.openwrt.org/OpenWrtDocs/Hardware/Linksys/WRT54G>

DD-WRT

[http://www.dd-wrt.com/wiki/index.php/Linksys\\_WRT54G/GL/GS/GX](http://www.dd-wrt.com/wiki/index.php/Linksys_WRT54G/GL/GS/GX)

**Preis:**

- ca. 40-50 Euro

**Installation:**

- Die mitgelieferte Mini-PCI WLAN-Karte durch z.B. Atheros 802.11a Mini-PCI austauschen und oben erwähnte frei verfügbare Firmware installieren (siehe oben Firmware).

**Weitere Informationen:**

- Ein Mini-PCI Slot ist für eine WLAN-Karte vorhanden.

**Links:**

- <http://wiki.openwrt.org/OpenWrtDocs/Hardware/Linksys/WRT54G>
- [http://www.dd-wrt.com/wiki/index.php/Linksys\\_WRT54G/GL/GS/GX](http://www.dd-wrt.com/wiki/index.php/Linksys_WRT54G/GL/GS/GX)
- <http://forum.opennet-initiative.de/thread.php?threadid=505&sid=56c53647db6353a4>
- <http://www.linksysinfo.org/forums/showthread.php?t=47124>

#### 4.2.1.2 Linksys WRT55AG



Abbildung 14: Linksys WRT55AG

**IEEE Standards:**

- 802.11a/b/g

**Betriebsart:**

- Ad-Hoc
- Infrastruktur

**Firmware:**

- Open-Source Firmware befindet sich noch in Entwicklung:  
Modifizierte Version von OpenWRT Kamikaze  
<http://legacy.not404.com/cgi-bin/trac.fcgi/wiki/OpenWRT/Atheros/Linksys/WRT55AGv2#KamikazeKernelonWRT55AGv2>  
OpenWRT  
<http://wiki.openwrt.org/OpenWrtDocs/Hardware/Linksys/WRT55AG>

**Preis:**

- ca. 70-80 Euro

**Weitere Informationen:**

- 2 Slots sind für Mini-PCI WLAN-Karten vorhanden.

**Links:**

- <http://wiki.openwrt.org/OpenWrtDocs/Hardware/Linksys/WRT55AG>
- [http://www.tomsnetworking.de/content/tests/j2003a/test\\_linksys\\_wrt55ag/index.html](http://www.tomsnetworking.de/content/tests/j2003a/test_linksys_wrt55ag/index.html)
- [http://reviews.cnet.com/routers/linksys-wrt55ag-wireless-a/4505-3319\\_7-21131921.html](http://reviews.cnet.com/routers/linksys-wrt55ag-wireless-a/4505-3319_7-21131921.html)
- <http://legacy.not404.com/cgi-bin/trac.fcgi/wiki/OpenWRT/Atheros/Linksys/WRT55AGv2>

#### 4.2.1.3 Asus WL500G/GP



Abbildung 15: Asus WL500G/GP

##### IEEE Standards:

- 802.11b/g
- 802.11a/b/g (wenn man die mitgelieferte Mini-PCI WLAN-Karte durch z.B. Atheros 802.11a/b/g WLAN-Karte austauscht)

##### Betriebsart:

- Ad-Hoc
- Infrastruktur

##### Firmware:

- Es sind mehrere fremde frei verfügbare Firmware für dieses Gerät. Alle unten aufgeführten Firmware sind Open-Source Projekte:
  - OpenWRT
    - <http://wiki.openwrt.org/OpenWrtDocs/Hardware/Asus/WL500G>
    - <http://wiki.openwrt.org/OpenWrtDocs/Hardware/Asus/WL500GP>
  - FreeWRT
    - <http://www.freewrt.org/trac/wiki/Documentation/Hardware/AsusWL500G>
    - <http://www.freewrt.org/trac/wiki/Documentation/Hardware/AsusWL500GP>
  - Olegs custom firmware
    - <http://oleg.wl500g.info>

##### Preis:

- ca. 70-80 Euro

##### Installation:

- Die mitgelieferte Mini-PCI WLAN-Karte durch z.B. Atheros 802.11a Mini-PCI austauschen und oben erwähnte frei verfügbare Firmware installieren (siehe oben Firmware).

[http://wiki.opennet-initiative.de/index.php/Mini-PCI\\_Umbau](http://wiki.opennet-initiative.de/index.php/Mini-PCI_Umbau)

#### Weitere Informationen:

- Ein Mini-PCI Slot ist für eine WLAN-Karte vorhanden.

#### Links:

- <http://wiki.opennet-initiative.de/index.php/AP9>
- <http://wiki.openwrt.org/OpenWrtDocs/Hardware/Asus/WL500G>
- <http://wiki.openwrt.org/OpenWrtDocs/Hardware/Asus/WL500GP>
- <http://www.freewrt.org/trac/wiki/Documentation/Hardware/AsusWL500G>
- <http://www.freewrt.org/trac/wiki/Documentation/Hardware/AsusWL500GP>
- <http://wl500g.dyndns.org/>
- <http://oleg.wl500g.info/>
- <http://au.asus.com/products.aspx?l1=12&l2=43>
- [http://www.freifunk-bno.de/component/option,com\\_smf/Itemid,88/topic,910.msg10357/](http://www.freifunk-bno.de/component/option,com_smf/Itemid,88/topic,910.msg10357/)
- [http://www.cyber-wulf.de/a\\_wl500g.html](http://www.cyber-wulf.de/a_wl500g.html)
- <http://wiki.openwrt.org/OpenWrtDocs/Hardware/Asus/WL500G>
- <http://forum.opennet-initiative.de/print.php?threadid=505&page=6&sid=460903353d70c65fad4960105ab76cdd>
- <http://forum.openwrt.org/viewtopic.php?pid=41756>
- <http://www.familie-prokop.de/asus-wl500gp/index.html>

#### 4.2.1.4 Andere WLAN-Router

- Netgear HR314  
802.11a WLAN-Router, unterstützt Ad-Hoc- und Infrastruktur-Modus, keine Open-Source Firmware vorhanden, kostet ca. 30 Euro  
<http://www.wi-fiplanet.com/reviews/article.php/1559091>



#### 4.2.2 Professionelle Router

In diesem Abschnitt werden so Professionelle Mesh-Router betrachtet. Die Begriffe, die dafür oft als Synonyme verwendet werden, sind dabei:

- Routerboards
- Stand-alone Mesh-Router
- Minicomputers
- Single-Board-Computers (SBC)
- Access Points (AP)

Im Projekt (<http://umic-mesh.net>) wurden professionelle Router eingesetzt, das sind spezielle Router-Boards mit Steckplätzen für MiniPCI WLAN-karten. Boards kosten etwa 100-200 Euro, dazu muss man allerdings noch passende WLAN-Karten kaufen + Antennen + Kabel + Netzteil + Gehäuse, also keine billige Lösung.

Man könnte aber nur diese Karten kaufen + Adapter PCI-MiniPCI und in Rechner einbauen (Das wäre dann die platzsparende Version von *PCs + WLAN-Karte*). WLAN-Karten z.B Wistron Neweb CM9 Atheros 802.11a/b/g Mini-PCI, hier (<http://www.pcengines.ch/cm9.htm>), und Boards sind hier (<http://www.pcengines.ch/wrap.htm>, <http://www.pcengines.ch/alix.htm>).

Es gibt noch diese kleine Mesh-Router, wie von Meraki. Die haben wohl ihre eigene Firmware drin und eigene Routingprotokolle oder eigene Implementierungen davon besser gesagt. Hier ein Paar, die 802.11a unterstützen, sind aber outdoor, haben also große Reichweiten. Ob es sinnvoll ist, sie im Gebäude einzusetzen:

- Aphelion 3300AG Outdoor Wireless Access Point - 802.11a/b/g
- Aphelion 600AG/605AG Intelligenter sequentieller Wireless Access Point für den Außenbereich mit den Standards 802.11a/b/g ([http://www.abcddata.de/abcdataneu/WLAN\\_MESH\\_Aphelion.php](http://www.abcddata.de/abcdataneu/WLAN_MESH_Aphelion.php))
- PLANET MAP-2100 - indoor - sind aber zum Teil sehr teuer (1200 Euro)

#### Vorteile:

- Outdoor (in unserem Fall irrelevant)
- Große Reichweiten

**Nachteile:**

- Sehr teuer
- Close source

**Links:**

- <http://wiki.opennet-initiative.de/index.php/WRAP>
- [http://www.abcddata.de/abcdataneu/WLAN\\_MESH\\_Aphelion.php](http://www.abcddata.de/abcdataneu/WLAN_MESH_Aphelion.php)
- [http://www.aerial.net/shop/product\\_info.php?cPath=33&products\\_id=351](http://www.aerial.net/shop/product_info.php?cPath=33&products_id=351)
- <http://forum.openwrt.org/viewtopic.php?id=9655>

**4.2.3 Access Points**

Ein WLAN-Accesspoint ist der Verbindungspunkt eines kabelbasierten Netzwerkes zu einem WLAN. Der Accesspoint ist Basisstation für alle WLAN-Clients, zu der sie eine drahtlose Verbindung aufbauen. Sendet ein WLAN-Client Daten, die für einen Empfänger im kabelbasierten Netzwerkteil bestimmt sind, so *reicht* der Accesspoint diese Daten über das Kabelnetz an den Empfänger weiter. Weiterhin kann ein Accesspoint auch mehrere WLAN-Clients untereinander verbinden. Somit ist der Accesspoint quasi ein kabelloser Switch.

Dieser hat (je nach Ausstattung) einige der folgenden Optionen:

- Ein oder mehrer integrierte WLAN-Module
- Einen integrierten DHCP-Server
- Umfangreiche Sicherheits- und Verschlüsselungsmöglichkeiten (WEP, WPA und WPA2 dienen der Verschlüsselung der zu ubetragenden Daten ; MAC-Filter und SSID Optionen ; Einstellungen bezüglich dem Remotezugriff)
- Verschiedene Arbeitsmodi (Accesspoint (AP), Bridge (Point-to-Point oder Point-to-Multipoint), Repeater, MESSID)

(TODO) Hier sind ein paar kandidaten: ..

Intel PRO/Wireless 5000

- <http://support.intel.com/support/wireless/wlan/pro5000/accesspoint>

- <http://www.pcmag.com/article2/0,1759,5524,00.asp>

Linksys WAP55AG

- [http://www.tomsnetworking.de/content/aktuelles/news\\_beitrag/news/851/6/index.html](http://www.tomsnetworking.de/content/aktuelles/news_beitrag/news/851/6/index.html)

NETGEAR WAB102

- <http://kbserver.netgear.com/products/WAB102.asp>
- [http://reviews.cnet.com/wireless-access-points/netgear-wab102-802-11a/4505-3265\\_7-20708150.html](http://reviews.cnet.com/wireless-access-points/netgear-wab102-802-11a/4505-3265_7-20708150.html)
- <http://archive.cert.uni-stuttgart.de/bugtraq/2003/12/msg00159.html>

### 4.3 PDAs und Handys

(TODO) einbischen Text zu jedem Punkt.. (aus Links)

**Links:**

- [http://www.tecchannel.de/kommunikation/handy\\_pda/402279/](http://www.tecchannel.de/kommunikation/handy_pda/402279/)
- <http://www.golem.de/0701/49894.html>
- [http://www.computerbase.de/news/hardware/organizer\\_pdas/2005/november/asus\\_mypal\\_a636\\_pda\\_gps\\_wlan/](http://www.computerbase.de/news/hardware/organizer_pdas/2005/november/asus_mypal_a636_pda_gps_wlan/)
- <http://www.worldofppc.com/HWTests/oqo02.htm>
- [http://www.dooyoo.de/handy-mit-vertrag/\\_ieee-802-11a/](http://www.dooyoo.de/handy-mit-vertrag/_ieee-802-11a/)

## 5 Systemsoftware für Mesh-Netzwerk

### 5.1 Linux MadWiFi-Treiber

Linux MadWifi-Treiber ist Linux Kernel Treiber für WLAN-Karten mit Atheros Chipsatz. Linux MadWifi-Treiber ist heutzutage einer der fortgeschrittensten Linux Treiber für WLAN-Karten. Der Treiber ist stabil und hat eine große Benutzergemeinschaft. Der MadWifi-Treiber selbst ist Open-Source, verwendet aber eine proprietäre Softwareschicht Hardware Abstraction Layer (HAL), die nur in binärer Form vorhanden ist.

Das Hardware Abstraction Layer (HAL) wird vom MadWifi-Treiber gebraucht, um die Atheros-Chips ansprechen zu können. Dafür wurde bisher ein Closed-Source-Modul verwendet. Dies hat unter anderem damit zu tun, dass die Atheros-Chipsätze prinzipiell auf Frequenzen funken könnten, für die sie nicht zugelassen sind - beispielsweise weil diese vom Militär zur Kommunikation verwendet werden.

Durch das proprietäre Modul war der Madwifi-Treiber bisher jedoch von einer Aufnahme in den Linux-Kernel ausgeschlossen. Die Entwickler hatten außerdem das Problem, dass sie Fehler unter Umständen nicht beheben konnten, da sie nicht nachvollziehen konnten, wie der HAL-Baustein arbeitet.

MadWifi selbst wird daher ab sofort nicht weiterentwickelt. Stattdessen setzen die Programmierer auf OpenHAL, eine Linux-Portierung des HAL-Modules des in OpenBSD verfügbaren freien Atheros-Treibers. In der Vergangenheit wurde vom Software Freedom Law Center (SFLC) bestätigt, dass die durch Reverse Engineering entstandene Software keine Copyrights verletzt. Solche Behauptungen hatten die Entwicklung lange ausgebremst.

Der neue Treiber „Ath5k“ wird MadWifi nun ersetzen und soll nicht nur die freie Komponente OpenHAL einsetzen, sondern auch mit dem neuen Linux-WLAN-System Mac80211 zusammenarbeiten, so dass der Treiber in den offiziellen Linux-Kernel gelangen kann. MadWifi soll jedoch weiter mit Fehlerkorrekturen und HAL-Updates versorgt werden.

#### Links:

- <http://madwifi.org/>
- <http://madwifi.org/wiki/About/ar5k>
- <http://madwifi.org/wiki/About/OpenHAL>
- <http://madwifi.org/wiki/UserDocs/GettingMadwifi>
- <http://madwifi.org/wiki/Compatibility>
- <http://www.intellinuxwireless.org/?p=mac80211>

## 5.2 OpenWRT

OpenWRT ist eine GNU/Linux-Distribution für WLAN-Router. Anstatt einer statischen Firmware setzt OpenWRT auf ein voll beschreibbares Dateisystem sowie einen Paketmanager. OpenWRT läuft unter anderem auf Geräten der Firmen Linksys, ALLNET, ASUS, Belkin, Buffalo, Microsoft und Siemens.

### Vorteile:

- Flexibilität
- Erweiterbarkeit
- Individualisierbarkeit
- Sicherheit
- Gewohnte Linux-Flexibilität und Funktionsumfang!

### Nachteile:

- Standardmäßig sind nur die nötigsten Unix-Tools vorhanden

### Links:

- <http://openwrt.org/>
- <http://toh.openwrt.org/>

## 5.3 Mesh-Routing Software

### 5.3.1 olsr.org OLSR daemon

Der olsr.org OLSR daemon ist eine Implementierung des Optimized Link State Routing Protokolls. OLSR ist ein Routing-Protokoll für mobile Ad-Hoc Netzwerke. Der Protokoll ist pro-aktiv, tabellengesteuert und nutzt die Technik Multipoint Relaying (MPR) zum Fluten von Nachrichten. olsrd implementiert ausserdem auch eine populäre Erweiterung Link Quality Extension. Zur Zeit ist die Implementierung von olsrd verfügbar für GNU/Linux, Windows, OS X, FreeBSD, OpenBSD and NetBSD. olsrd ist eine gut strukturierte und kodierte Implementierung, die leicht zu warten, zu erweitern und auf andere Plattformen zu portieren sein soll. Die Implementierung ist konform zu RFC3626 in Bezug auf die Kernfunktionalität und die zusätzlichen Funktionen. olsrd unterstützt das Konzept von

ladbaren Plug-Ins. Mit diesen Plug-Ins kann man benutzerdefinierte Pakete mit Hilfe des OLSR MPR Flutens versenden und behandeln oder irgendeine andere zusätzliche Funktionalität bereitstellen.

Links:

- <http://www.olsr.org/>
- <http://ietf.org/rfc/rfc3626.txt>
- [http://wiki.freifunk.net/OLSR\\_mit\\_Windows](http://wiki.freifunk.net/OLSR_mit_Windows)
- [http://wireless.subsignal.org/index.php?title=Laptop\\_mit\\_OLSR](http://wireless.subsignal.org/index.php?title=Laptop_mit_OLSR)
- <http://wiki.opennet-initiative.de/index.php/OLSR>

### 5.3.2 Open-Mesh B.A.T.M.A.N. daemon

Der B.A.T.M.A.N.-Daemon steht bislang für Linux, FreeBSD und Macintosh OS-X zur Verfügung. Die Entwicklungsarbeit konzentriert sich jedoch in erster Linie auf Linux, weshalb es vorkommen kann, dass erweiterte Funktionen unter anderen Betriebssystemen erst mit einer gewissen Verzögerung zur Verfügung stehen.

Linux-Installationspakete des B.A.T.M.A.N.-Daemon batmand gibt es für Debian, OpenZaurus und OpenWRT. Zum Kompilieren aus dem Quelltext genügt ein einfaches make und make install im Sourcecodeverzeichnis. Als einzige Abhängigkeit wird die Bibliothek libpthread vorausgesetzt, die auf einem Linux-System, üblicherweise bereits installiert sein sollte.

Um über ein B.A.T.M.A.N.-Mesh ins Internet gehen zu können, muss außerdem unter Linux das Kernelmodul tun installiert sein. Es ist im Standardkernel der Linuxdistributionen enthalten und wird beim ersten Start des B.A.T.M.A.N.-Daemons automatisch geladen. Wer einen selbstkompilierten Kernel einsetzt, findet es zum Beispiel in xconfig in der Abteilung Network Device Support unter der Bezeichnung Universal TUN/TAP device driver support.

Links:

- <https://www.open-mesh.net/batman>
- <https://www.open-mesh.net/Members/adagio/batman-install-howto-stichworte>
- [http://open-mesh.net/batman/doc/batmand\\_howto.pdf](http://open-mesh.net/batman/doc/batmand_howto.pdf)
- [https://www.opensourcepress.de/fileadmin/osp/pdf/mesh\\_leseprobe.pdf](https://www.opensourcepress.de/fileadmin/osp/pdf/mesh_leseprobe.pdf)

## 6 Tests

(TODO) Vervollständigen

Die Tests, die während der Fachstudie in Nexus-Labor mit der Test-Hardware durchgeführt wurden, sind in diesen Abschnitt detailliert beschrieben.

### 6.1 Erster Test

#### 6.1.1 Hardware

Zuerst wurde folgende Hardware für den Tests im Nexus-Labor eingerichtet:

- Zwei PCs mit *Wistron CM9 Atheros AR5213A* Wlan Karten
- Ein Laptop mit Intel mini-PCI Wlan Karte

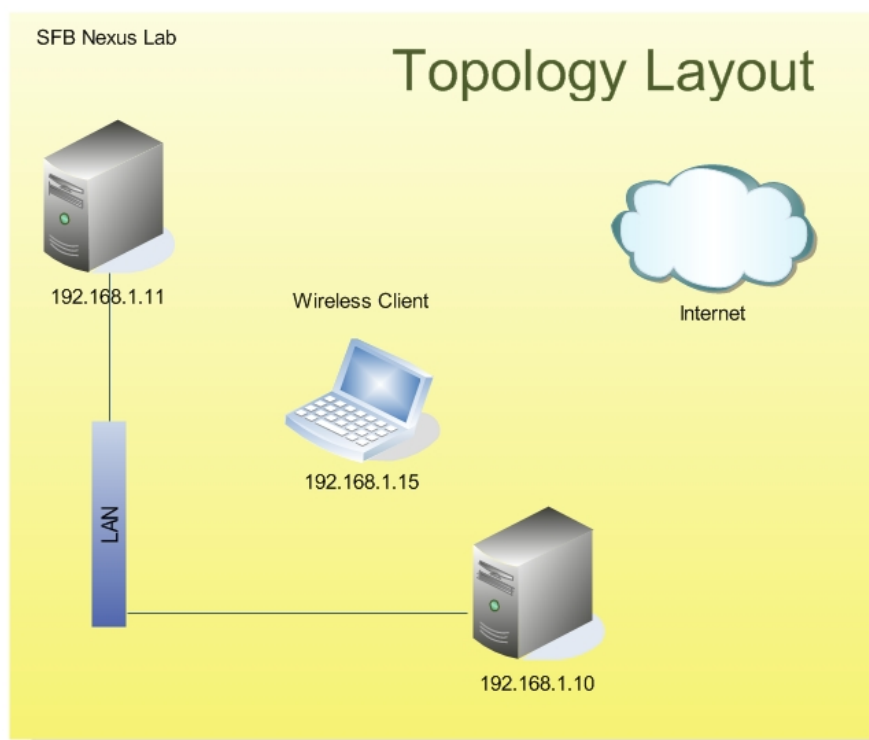


Abbildung 16: Topologie

### 6.1.2 Software

Dann wurde Betriebssystem Linux (Fedora 2.6.18) auf den Rechnern installiert.

**6.1.2.1 Madwifi** Danach wurden die Linux-Treiber Madwifi installiert: (*Treiber sind nur für Fedora 2.6.18 kernel!*)

Die einzelnen Schritte dabei waren:

#### 1. Treiber installieren

```
# svn checkout http://svn.madwifi.org/madwifi/trunk madwifi
# cd madwifi
# make
# make install
```

#### 2a. Treiber laden manuell

```
# modprobe ath_pci
```

#### 2b. Treiber laden automatisch

```
# mkdir /etc/modules.autoload.d/
# echo ath_pci >> /etc/modules.autoload.d/kernel-2.6
```

#### 3a. Network-Config manuel

```
# iwlist ath1 frequency
      Channel 01 : 2.412 GHz
      Channel 02 : 2.417 GHz
      Channel 03 : 2.422 GHz
      Channel 04 : 2.427 GHz
      Channel 05 : 2.432 GHz
      Channel 06 : 2.437 GHz
      Channel 07 : 2.442 GHz
      Channel 08 : 2.447 GHz
      Channel 09 : 2.452 GHz
      Channel 10 : 2.457 GHz
      Channel 11 : 2.462 GHz
      Channel 36 : 5.18 GHz
      Channel 40 : 5.2 GHz
```



```
Channel 42 : 5.21 GHz
Channel 44 : 5.22 GHz
Channel 48 : 5.24 GHz
Channel 50 : 5.25 GHz
Channel 52 : 5.26 GHz
Channel 56 : 5.28 GHz
Channel 58 : 5.29 GHz
Channel 60 : 5.3 GHz
Channel 64 : 5.32 GHz
Channel 149 : 5.745 GHz
Channel 152 : 5.76 GHz
Channel 153 : 5.765 GHz
Channel 157 : 5.785 GHz
Channel 160 : 5.8 GHz
Channel 161 : 5.805 GHz
Channel 165 : 5.825 GHz
Current Channel=0
```

```
# ifconfig ath1 inet 192.168.0.1/24
# iwconfig ath1 essid mesh
# iwconfig ath1 mode ad-hoc
# iwconfig ath1 channel 36
# iwconfig ath1 enc n1e2x3u4s5
```

### **3b. Network-Config automatisch Datei erstellen:**

```
# mkdir /etc/sysconfig/network-scripts/ifcfg-ath1
```

und editieren..

```
# Silicon Integrated Systems [SiS] SiS900 PCI Fast Ethernet
DEVICE=ath1
ONBOOT=yes

BOOTPROTO=static
IPADDR=192.168.2.1x
NETMASK=255.255.255.0

ESSID=mesh
MODE=ad-hoc
CHANNEL=36 # 5.18 GHz
KEY=s:Onexus0suxen0
# 108-Bit WEP 13 zeichen
```

**6.1.2.2 OLSR Daemon** Nach der Installation von Madwifi wurde olsrd Daemon installiert und konfiguriert:

### 1. olsrd installieren

```
# cvs -d:pserver:anonymous@olsrd.cvs.sourceforge.net:/cvsroot/olsrd login
# cvs -z3 -d:pserver:anonymous@olsrd.cvs.sourceforge.net:/cvsroot/olsrd co olsrd-current
# cd olsrd-current
# make
# make install
```

### 2. Plug-ins für olsrd installieren

```
# cd lib/"plugin-name"
# make
# make install
# chcon -t textrel_shlib_t /usr/lib/olsrd_httpinfo.so.0.1 (!)
```

### 3. olsrd konfigurieren

- Datei /etc/olsrd.conf erstellen und editieren!!! (TODO) (LINK) Anhang (sieh file)
- TCP Port 8080 für Httpinfo und 8081 für Dot UDP 698 für Eingehende Pakete erlauben.
- Datei /etc/sysconfig/iptables editieren:

```
-A RH-Firewall-1-INPUT -p tcp --dport 8080 -m state --state NEW -j ACCEPT
-A RH-Firewall-1-INPUT -p tcp --dport 8081 -m state --state NEW -j ACCEPT
-A RH-Firewall-1-INPUT -i ath1 -p udp --sport 698 -j ACCEPT
```

### 4. olsrd starten

```
# olsrd
```

### 6.1.3 Ergebnisse

(TODO) korrigieren

**6.1.3.1 Topologie** Mittels *olsrd-Plugin dot*, wurde folgende Topologie-Abbildung erstellt. (TODO) Beschreiben..

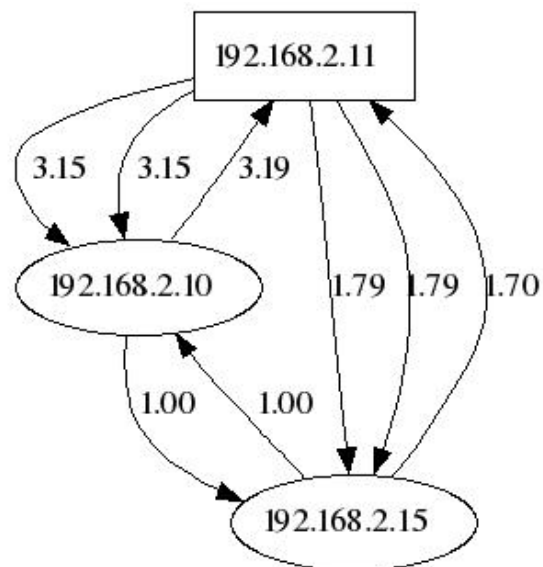


Abbildung 17: Topologie Graph

**6.1.3.2 Http Info** Mittels *olsrd-Plugin Http Info*, wurde folgende Routing-Übersicht-Abbildung erstellt. (TODO) Beschreiben..



## olsr.org OLSR daemon

[Configuration](#)
[Routes](#)
[Links/Topology](#)
[All](#)
[About](#)

Version: olsr.org - 0.5.5pre (built on 2007-10-29 14:42:12 on pcvs63.informatik.uni-stuttgart.de)  
 OS: GNU/Linux  
 System time: Mon, 19 Nov 2007 17:08:40  
 Olsrd uptime: 20 day(s) 22 hours 04 minutes 43 seconds  
 HTTP stats(ok/dyn/error/illegal): 748/0/0/0  
 Click [here](#) to generate a configuration file for this node.

Variables			
Main address: <b>192.168.2.11</b>	IP version: 4	Debug level: 0	FIB Metrics: flat
Pollrate: 0.05	TC redundancy: 2	MPR coverage: 7	
Fisheye: Enabled	TOS: 0x0010	RtTable: 0x00fe/254	Willingness: 7
LQ extension: Enabled	LQ level: 2	LQ winsize: 100	

Interfaces		
<b>ath1</b>		
IP: 192.168.2.11	MASK: 255.255.255.0	BCAST: 192.168.2.255
MTU: 1472	WLAN: Yes	STATUS: UP

Olsrd is configured to run even if no interfaces are available

Plugins	
Name	Parameters
olsrd_dot_draw.so.0.3	KEY, VALUE
olsrd_httpinfo.so.0.1	KEY, VALUE

Announced HNA entries					
OLSR Routes in Kernel					
Destination	Gateway	Metric	ETX	Interface	
<a href="#">192.168.2.10</a>	<a href="#">192.168.2.15</a>	2	2.449	ath1	
<a href="#">192.168.2.15</a>	<a href="#">192.168.2.15</a>	1	1.449	ath1	

Links							
Local IP	Remote IP	Hysteresis	LinkQuality	lost	total	NLQ	ETX
<a href="#">192.168.2.11</a>	<a href="#">192.168.2.15</a>	0.00	0.6832	100	1.00	1.47	
<a href="#">192.168.2.11</a>	<a href="#">192.168.2.10</a>	0.00	0.5149	100	0.57	3.45	

Neighbors						
IP Address	SYM	MPR	MPRS	Willingness	2 Hop Neighbors	
<a href="#">192.168.2.10</a>	YES	YES	YES	7	IP ADDRESS	(1)
<a href="#">192.168.2.15</a>	YES	YES	YES	3	IP ADDRESS	(1)

Topology Entries				
Destination IP	Last Hop IP	LQ	ILQ	ETX
<a href="#">192.168.2.11</a>	<a href="#">192.168.2.10</a>		0.51	0.57
<a href="#">192.168.2.15</a>	<a href="#">192.168.2.10</a>		1.00	0.99
<a href="#">192.168.2.10</a>	<a href="#">192.168.2.11</a>		0.51	0.57
<a href="#">192.168.2.15</a>	<a href="#">192.168.2.11</a>		0.69	1.00
<a href="#">192.168.2.10</a>	<a href="#">192.168.2.15</a>		1.00	1.00
<a href="#">192.168.2.11</a>	<a href="#">192.168.2.15</a>		0.69	1.00

Abbildung 18: Http Info

## 6.2 Zweiter Test

(TODO) .. 2 laptops, windows, ..

## 7 Fazit

(TODO) TEXT

### 7.1 Übersicht

Dieser Abschnitt stellt ein Übersicht über aktuelle verfügbare Hardwareplattformen und Systemsoftware für WMN dar.

	IEEE 802.11a	Ad-Hoc Modus	Treiber (Linux/Windows)	Open-Source Firmware	LAN-Anschluss	Sicherheit	Installation	Konfiguration	Mini-PCI Slot	IEEE 802.11n
Linksys WMP55AG	++	+	++	-	++	++	+	+	-	-
Netgear WAG311	++	+	++	-	++	++	+	+	-	-
D-Link DWL-A520	+	+	++	-	++	+	+	+	-	-
Gigabyte GN-WPEAG	++	+	++	-	++	+++	+	+	-	-
Intel PRO/Wireless 5000	+	+	+	-	++	+	+	+	-	-
D-Link DWL-AG530	++	+	++	-	++	+++	+	+	-	-
D-Link DWL-G550	++	+	++	-	++	+++	+	+	-	-
Wistron CM9 Atheros AR5213A	++	+	++	-	++	+++	+	+	-	-
Intel PRO/Wireless 3945	++	+	++	-	++	+++	+	+	-	-
Intel PRO/Wireless 2915	++	+	++	-	++	+++	+	+	-	-
Intel Wireless WiFi Link 4965AGN	+++	+	++	-	++	+++	+	+	-	+
Linksys WRT54G v1.0	++	+	-	++	+	+++	-	+	+	-
Linksys WRT55AG	++	+	-	+	+	+	-	+	++	-
Asus WL500G/GP	++	+	-	+++	+	+++	-	+	+	-
Netgear HR314	+	-	-	-	+	+	-	+	-	-

Abbildung 19: Übersicht und Bewertung von Hardware

	Betriebssysteme	Installation	Konfiguration	Visualisierung
OLSRD	+++	+	+	++
B.A.T.M.A.N.	+	+	+	-

Abbildung 20: Übersicht und Bewertung von Software

## 7.2 Aufwandschätzung und Bewertung

(TODO) Bewertung der analysierten Systeme hinsichtlich der ermittelten Anforderungen..

## 7.3 Empfehlung für eine geeignete WMN

(TODO) Ausarbeitung einer Empfehlung für eine geeignete WMN hinsichtlich Hardware-plattform und Systemsoftware

olsrd config file: