



# Industrial Wireless LAN. Industrielle Erweiterungen und aktuelle Standards

SIMATIC NET White Paper V.1.1 Nov. 2009

Answers for industry.

**SIEMENS**

## Zielsetzung

Dieses White Paper gibt einen Überblick zu neuen Technologien rund um Wireless LAN nach IEEE 802.11, welche Auswirkungen auf den industriellen Einsatz haben werden. Es wird darauf hingewiesen, dass bereits seit längerer Zeit verabschiedete und veröffentlichte Standards in diesem Dokument nicht beschrieben werden.

Weitere Information zum Thema Industrial Wireless LAN bei SIMATIC NET:

- Grundlagen und Aufbau eines Industrial Wireless LAN:  
<http://support.automation.siemens.com/WW/view/de/22681042>

Stand der Informationen im vorliegenden White Paper: November 2009

Herausgeber  
SIEMENS AG  
Industry Sector  
Industry Automation Division  
Sensors and Communication  
Geschäftszweig: Industrielle Kommunikation SIMATIC NET  
Gleiwitzer Str. 555  
90475 Nürnberg, Deutschland

Weitere Unterstützung:

Bei weiteren Fragen wenden Sie sich bitte an Ihren Siemens-Ansprechpartner in den für Sie zuständigen Vertretungen und Geschäftsstellen.

Sie finden SIMATIC NET auch im Internet unter

<http://www.siemens.com/simatic-net>

Einführung.....	4
Neue Wireless LAN Standards .....	5
IEEE 802.11n (hohe Datenraten) .....	5
IEEE 802.11s (vermaschte Wireless LAN Netze).....	8
Glossar.....	12

## **Einführung**

Wireless LAN nach IEEE 802.11 bietet eine gute Basis zum Einsatz in drahtlosen Anwendungen für Industrie und Automatisierung. Seien es fahrerlose Transportsysteme, Fahrtreppen, Lagerlogistik, Warentransport, Elektrohängebahnen, Gebäudemanagement oder Serviceapplikationen. Der Einsatz kommt in Frage wenn eine Verkabelung sehr aufwändig ist oder große Flexibilität gefordert ist. Umgebungen, die einen hohen Verschmutzungsgrad aufweisen sind dabei kein Problem. Mit Wireless LAN kann der Aufwand zur Wartung deutlich reduziert werden. Ein offener Standard wie Wireless LAN bietet viele Vorteile. Die Anwendungen ziehen Nutzen aus dem breiten Angebot an Chipsätzen und Endgeräten, aber auch Entwicklungstools.

## Neue Wireless LAN Standards

Für folgende Standards ist die Definition entweder noch nicht, oder erst vor Kurzem abgeschlossen worden.

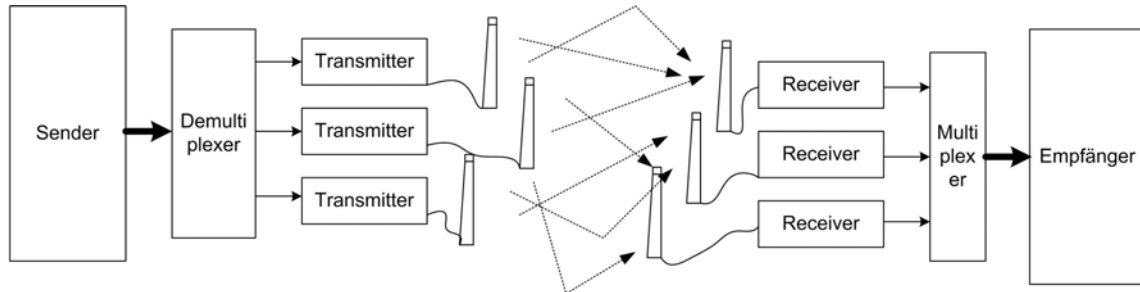
### ***IEEE 802.11n (hohe Datenraten)***

#### **Ausgangssituation: Antennen Diversity**

WLAN Funksysteme, die heute nach den Standards IEEE 802.11abg arbeiten sind normalerweise mit Antennen Diversity ausgestattet. Bei Geräten mit externen Antennen ist das schnell zu erkennen, weil 2 Antennen am Gerät angebracht sind. Mit dieser Technologie werden die negativen Auswirkungen der Mehrwegausbreitung der Funkwelle deutlich reduziert. Die Mehrwegausbreitung ist eine typische Eigenschaft von Funkwellen im Gigahertz-Band (Mikrowelle), wo Funkwellen über unterschiedliche Wege den Empfänger erreichen und sowohl unterschiedliche Entfernungen durchlaufen, aber auch ihre Phasenlage und Polarisierung verändern. Der WLAN-Empfänger muss sehr hochwertig sein, weil er das Gemenge aus unterschiedlichen Wellenfronten wieder trennen muss, um die ursprüngliche Information zu dekodieren. Unterstützung erhält der Empfänger durch einen Umschalter über den er sich eine der beiden Antennen aussuchen kann. Hat er sich für eine entschieden, so empfängt er darüber das folgende Datenpaket (Frame) und sendet auch über diese Antenne seine Antwort. Beim nächsten Paket muss er sich erneut entscheiden. Wichtig ist, dass in diesen Systemen der Funkchipsatz genau einen Sendepfad und genau einen Empfangspfad hat. Beide sind über einen Umschalter mit den beiden Antennen verbunden. Wenn sich das System beim Empfang für eine Antenne entschieden hat, sind sowohl der Sendepfad, als auch die andere Antenne „außer Betrieb“. Beim anschließenden Senden sind der Empfangspfad und eine Antenne deaktiviert. Dieser Mechanismus gilt sowohl für Access Point als auch Teilnehmer (Client). Diese Verfahren wird „Switched Antenna Diversity“ genannt.

#### **Aus Diversity wird MIMO**

Bei IEEE 802.11abg Systemen ist zu einem Zeitpunkt genau ein Empfangs- oder Sendepfad aktiv. IEEE 802.11n bietet hier mit MIMO eine deutliche Verbesserung. MIMO heißt Multiple In Multiple Out und bedeutet den Empfang oder das Senden über mehrere unabhängige Sende- und Empfangszüge (spatial streams, Teilströme). Mit dieser Aufteilung erreicht man höhere Datenraten, aber auch eine robustere Signalübertragung. Die räumliche Aufteilung der Teilströme wird auch als Raum-Multiplexing (spatial multiplexing) bezeichnet. Diese Technologie ist mit einem größeren Aufwand bei der Rechenleistung für die Signalverarbeitung verbunden. Des Weiteren erfordert sie durch die Vielzahl an Sende- und Empfangszügen mehr Platz (und damit Kosten) auf dem Chipsatz und erhöhten Aufwand bei der Antennentechnologie. Dieser negativen Eigenschaft wird aber durch eine bessere Integration der verschiedenen Bausteine eines Chipsatzes in möglichst wenige Einzelkomponenten entgegengewirkt.



**Bild 1: Erhöhung der Datenrate mittels Ausnutzung der Mehrwegeausbreitung (spatial multiplexing)**

Spatial Multiplexing steht für ein Verfahren das den Nachteil der (bei IEEE 802.11abg unerwünschten) Mehrwegeausbreitung der Funkwellen in einen Vorteil umwandelt. Durch die Aufteilung des Datenstromes in mehrere Teilströme ist es möglich die Daten auf mehrere Sender und mehrere (räumlich getrennte) Antennen zu verteilen. Durch die räumliche Trennung nehmen die gesendeten Signale jeweils andere Wege, reflektieren sich an unterschiedlichen Punkten im Raum und kommen somit zu verschiedenen Zeitpunkten am Empfänger an. Für eine optimale Ausnutzung der Technologie benötigt man mindestens dieselbe Anzahl an Antennen und Empfangsmodulen und kann die ursprünglichen Datenströme mittels Signalverarbeitung wieder herausfiltern. Die übertragbare Datenrate erhöht sich beinahe linear mit der Anzahl verwendeter Datenströme und Antennen.

Besitzt ein preiswerter Client nur 2 Antennen und 2 spatial streams, so muss sich z.B. ein Access Point mit 3 Antennen und 3 streams darauf einstellen und darf über seinen dritten stream und seine dritte Antenne das Signal nur redundant aussenden.

Ein Teilnehmer in einem IEEE 802.11n Funknetz wird demnach beschrieben durch die Anzahl an Antennen zum Senden und die Anzahl an Antennen zum Empfang. Zusätzlich sollte die Anzahl an spatial streams genannt werden. So bezeichnet ein System 3x3 mit 2 streams ein WLAN Gerät mit 3 Sende- und 3 Empfangsantennen (in dieser Reihenfolge), das aber nur durch 2 streams im Funkchipsatz unterstützt ist (z.B. weil der Funkchipsatz preislich optimiert ist).

## Modulation mit HT-OFDM

Zur Modulation im Physical Layer (PHY) wird grundsätzlich das aus IEEE 802.11a und g bekannte Orthogonal Frequency Division Multiplex (OFDM) verwendet. Allerdings erfolgen einige Optimierungen. So wird das verwendete Frequenzspektrum optimaler in die Unterträger eines 20 MHz-Kanals eingeteilt. Mit weiteren Optimierungen kann der Durchsatz gegenüber dem aus IEEE 802.11a und g bekannten OFDM um ca. 30% gesteigert werden. Eine wirkliche Verbesserung der Übertragungsrate kommt aber durch eine Kanalbündelung von zwei 20 MHz-Kanälen zu einem 40 MHz-Kanal. Erst dann ist eine Steigerung der Bruttodatenrate auf bis zu 150 Mbit/s möglich (statt der bei IEEE 802.11a und g bekannten 54 Mbit/s), für einen stream. Allerdings ist zu beachten, dass im 2,4 GHz-Band lediglich 3 solcher überlappungsfreier 20 MHz-Kanäle zur Verfügung stehen. Im 5 GHz-Band stehen 11 bis 19 (abhängig vom Land) solcher Kanäle bereit. In jedem Fall kann gesagt werden, dass mit IEEE 802.11n eine deutlich verbesserte Ausnutzung des verwendeten Frequenzspektrums erfolgt, wodurch auch die hohen Datenraten erzielt werden.

Zur Beschreibung der Leistungsfähigkeit eines WLAN Gerätes nach IEEE 802.11n ist es wichtig, genau dessen Spezifikation zu prüfen, da viele dieser Optimierungen in der IEEE

optional sind. Des Weiteren muss genau untersucht werden, welche Nettodatenraten tatsächlich erzielt werden können, da sowohl Chipsatz als auch die Implementierung des Softwareprotokoll viele Möglichkeiten zur Optimierung bieten.

### **Verbesserungen im MAC Layer**

Auch im MAC Layer erfolgen Verbesserungen, welche bei IEEE 802.11a und g bekannte Schwachstellen optimieren und so für einen hohen Nettodurchsatz sorgen. So können die Abstände zwischen Datenpaketen (Interframe space) bei großen Telegrammen weiter verkürzt werden. Des Weiteren können einzelne Datenpakete (Frames) dichter gruppiert werden, um so überzählige Information (Overhead) einzusparen und den Nettodatendurchsatz zu verbessern.

Da es mit MIMO mehrere Empfangs- und Sendeströme geben kann, ist der Energieverbrauch ein wichtiges Thema. Ist ein Teilnehmer nicht aktiv, so kann er bei IEEE 802.11n alle Empfangseinheiten, bis auf eine, abschalten. Diese hört den Datenverkehr im Funknetz mit und weckt bei Bedarf die anderen Empfänger.

### **Abwärtskompatibilität**

Im Legacy Mode von IEEE 802.11n erfolgt die Datenübertragung genauso wie aus IEEE 802.11abg bekannt. Vorteile werden nur erreicht durch MIMO, wo mehrere Sende- und Empfangseinheiten zum selben Zeitpunkt arbeiten. Hier lassen sich höhere Reichweiten bzw. ein robusterer Datenverkehr erreichen, bei gleicher Datenrate.

Im Mixed Mode werden die ersten Daten eines Paketes, die Präambel, mit dem bekannten Protokoll nach IEEE 802.11ag übertragen. Die tatsächlichen Nutzdaten folgen dann wie in der Präambel vereinbart, sehr schnell mit IEEE 802.11n oder wie bisher nach IEEE 802.11abg. In diesem Modus kann also ein IEEE 802.11n Funknetz betrieben werden, in dem sich ältere IEEE 802.11ag Teilnehmer befinden.

Schließlich gibt es den optionalen Green Field Mode, der einen reinen IEEE 802.11n Betrieb beschreibt und so bestmöglich die Vorteile von IEEE 802.11n ausnutzt.

### **Standardisierung**

Der Standard IEEE 802.11n ist mittlerweile (2009) endgültig verabschiedet. Allerdings liegt seit 2007 eine Version „Draft 2.0“ vor, die bereits in vielen Geräten implementiert ist. Diese Version kam auf Druck des Marktes nach höheren Datenraten zustande und wurde von der Wi-Fi getrieben. Vorteil von Draft 2.0 ist die Tatsache, dass die Wi-Fi auf dieser Basis die Interoperabilitätstests für den gemischten Betrieb von Geräten unterschiedlicher Anbieter definiert hat und bereits zertifiziert. Damit hat sich dieser Draft weit verbreitet und ist der „heimliche Standard“. Es ist zu erwarten, dass Geräte in Zukunft sowohl den endgültigen Standard, aber auch Draft 2.0 unterstützen werden.

Hinweis: Diese Vorgehensweise haben IEEE und Wi-Fi bereits mehrfach in der Vergangenheit praktiziert, z.B. bei Security mit IEEE 802.11i / WPA oder Multimedia mit IEEE 802.11e / WMM.

## **Anwendungen und Vorteile in Home, Enterprise und Industrie**

Die bekannten Verfahren nach IEEE 802.11abg bieten (Brutto-) Datenraten von 54 Mbit/s, was einer maximalen (Netto-) Datenrate von ca. 27 Mbit/s entspricht. Eine WLAN Funkverbindung mit dieser Performance stellt aber einen Flaschenhals in einem heute üblichen Fast Ethernet Datennetz dar. Solch ein drahtgebundenes Netz geht von Datenraten bis zu 100 Mbit/s aus (bzw. sogar von 1000 Mbit/s). Somit sind die höheren Datenraten von IEEE 802.11n mehr als erwünscht. So stellt Video in Heimnetzen eine wichtige Anwendung dar, wo solche Verbesserungen einen merklichen Fortschritt bringen.

In professionellen Anwendungen im Enterprise Bereich ist die Anbindung von möglichst vielen Teilnehmern auf engem Raum (z.B. Konferenzzonen) an das Firmen-Intranet mit den resultierenden hohen Datenraten wichtig.

Im industriellen Einsatz steht eine hohe Betriebssicherheit im Vordergrund. Hier bietet MIMO eine stabilere Funkverbindung (bei gleicher Datenrate). Die sonst störende Eigenschaft der Mehrwegausbreitung begünstigt sogar die Datenübertragung, weil der ursprüngliche Datenstrom in mehrere Streams aufgeteilt und parallel übertragen wird. Des Weiteren ist in industriellen Anwendungen eine Zunahme der Datenmengen zu beobachten. So finden sich vielfach Videodaten in Kommunikationsnetzen, weil z.B. Live-Bilder von Prozessen und Betriebsabläufen in einer Leitwarte beobachtet werden müssen. Um einen kontinuierlichen Datenstrom sicherzustellen, darf eine minimale Datenrate nicht unterschritten werden. Schließlich wird WLAN häufig in Punkt-zu-Punkt Anwendungen zur Anbindung eines abgesetzten Produktionsstandortes eingesetzt. Dort stellt diese Verbindung den Flaschenhals des Systems dar und deshalb ist ein möglichst hoher Nettodurchsatz sehr wichtig.

## ***IEEE 802.11s (vermaschte Wireless LAN Netze)***

Der Begriff eines meshed networks bedeutet wörtlich eine Vermaschung. Der Grundgedanke eines vermaschten Netzes geht von redundanten Pfaden zum Übermitteln der Daten von einem Teilnehmer zum Nächsten aus. Ist einer der Pfade gestört, findet das Netz selbständig einen Neuen. Außerdem ist es oft das erklärte Ziel ohne viel Aufwand zusätzliche Teilnehmer in ein meshed network aufzunehmen. Das Netz sollte sich idealerweise selbst verwalten. In Verbindung mit Wireless LAN Netzen ist der Gedanke eines meshed networks mittlerweile zu einer Realität geworden, wobei bisher realisierte meshed MANs ausschließlich auf proprietäre Entwicklungen setzen.

### **Ausprägungen heute**

Es gibt viele Arten von meshed networks. So bezeichnen manche Anbieter die Verwendung eines Wireless Distribution Systems (WDS) zusammen mit dem Rapid Spanning Tree Protokoll (RSTP) zur Umsetzung eines Wireless Backbones als meshed network. Dabei gibt es Ausprägungen mit nur einem oder auch mehreren Übergängen in andere kabelgebundene Netze oder das Internet. Andere Anbieter wiederum verstehen unter einem reinen meshed network, dass gänzlich auf den Einsatz einer Backbone Infrastruktur verzichtet wird. Die Daten werden hier über mehrere Teilnehmer hinweg ohne zwischengeschaltete Router zu einem Empfänger gesendet. Die Clients agieren gleichzeitig als Router für andere Clients.

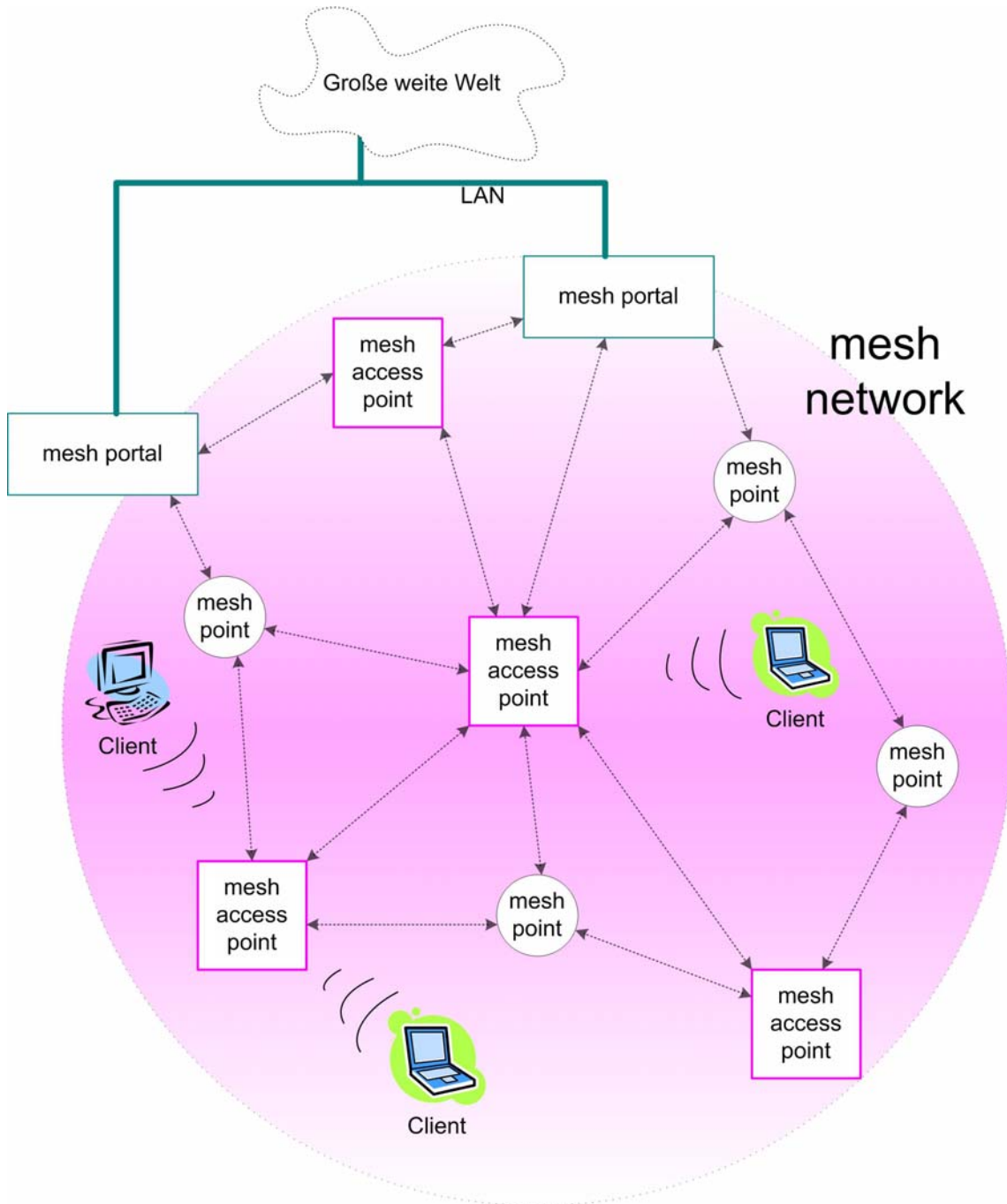
## **Wireless meshed in der Automatisierung**

In der Automatisierung bietet meshed networking die Bildung von redundanten Datenwegen um Ausfälle einzelner Verbindungen (Maschen) vollautomatisch zu kompensieren. Der Einsatz von Wireless LAN Technologie in Zusammenarbeit mit meshed networking bietet sogar den Einsatz in Umgebungen an, wo Kabeltrassen nur schwer anzubringen sind, oder unwirtschaftlich wären. Ein weiteres Einsatzszenario wären ad hoc Wireless LAN Netze die ausgestattet mit meshed networking Technologie ohne großen administrativen Aufwand in kurzer Zeit aufgebaut werden können, z.B. für Messen, Volksfeste oder für militärische Anwendungen im Feld.

## **Standardisierung**

Eine Arbeitsgruppe der IEEE hat sich zum Ziel gesetzt, bis zum Frühjahr 2011 einen herstellerunabhängigen Standard für wireless meshed networks zu etablieren: IEEE 802.11s. Ziele dieses Standards sind die einfache Erweiterbarkeit bis hin zu großen verteilten Wireless LAN Netzen, Flexibilität in Produktionshallen und ähnlichen sich schnell verändernden Umgebungen, der schnelle Aufbau von Netzen zur Krisenbewältigung z.B. bei Katastrophen und die Bildung hochredundanter Netze die beim Militär oder in sicherheitsrelevanten Umgebungen eingesetzt werden.

Der zukünftige Standard sieht zum Aufbau von vermaschten Wireless LAN Strukturen derzeit drei grundsätzliche Infrastrukturelemente vor. Mesh points bilden und erweitern einen wireless Backbone, mesh access points besitzen dieselbe Funktion, bieten zusätzlich aber die Möglichkeit mittels eines zweiten Funkmoduls Clients anzubinden. Mesh portals arbeiten als Backbone Provider und stellen zusätzlich als Bridge den Übergang zu anderen Netzarten bereit. In Bild 2 wird anschaulich gezeigt wie die Komponenten angeordnet sein könnten.



**Bild 2: Aufbau eines mesh networks**

Der Standard IEEE 802.11s beschreibt die Fähigkeiten eines mesh points.

Er soll die Fähigkeit besitzen seine Nachbarn zu erkennen, selbsttätig die richtige Route mittels eines path selection Protokolls herausfinden. Das Routing soll dabei sehr hardwarenah das bedeutet geschwindigkeitsoptimiert funktionieren.

Datensicherheit wird auf Basis von IEEE 802.11i aufgebaut, wobei im Gegensatz zu normalen Wireless LAN Umgebungen eine Erweiterung nötig ist, um gesicherte Verbindungen mit Clients über mehrere Hops zu realisieren.

Natürlich müssen auch die mesh points gesicherte Verbindungen untereinander aufbauen wozu entsprechende Mechanismen für gegenseitige Authentifizierung eingebaut sein müssen. Um ein Roaming von Clients von einem mesh access point zum Nächsten zu ermöglichen muss eine schnelle Reauthentifizierung möglich sein (seamless roaming) um zeitkritische Applikationen oder sicherheitsrelevante Sessions nicht zu stören.

Ein weiterer Punkt ist das Management im vermaschten Netz um Überlastung zu vermeiden. Für Management Pakete (z.B. Flusskontrolle) ist eine Erweiterung von IEEE 802.11e vorgesehen. Da die mesh points für die Vermaschung sehr nah nebeneinander stehen, ergibt sich zwangsläufig auch eine stärkere gegenseitige Beeinflussung durch Überlappung der Funkbereiche und gegenseitige Interferenzen. Daher muss (am besten durch Techniken wie Beam Forming) darauf geachtet werden, dass gleiche Funkkanäle „frühestens“ erst wieder in der übernächsten Funkzelle verwendet werden um bei direkt benachbarten Zellen keine Überschneidung im Funkkanal zu haben. Auch besteht vermehrt die Gefahr von Kollisionen.

## Glossar

2G	Digitale Mobilfunknetze der zweiten Generation, z.B. GSM
3G	Digitale Mobilfunknetze der dritten Generation, z.B. UMTS Vereinzelt ist auch der Begriff 2.5G anzutreffen. In diesem Fall sind die Erweiterungen von GSM gemeint (EDGE, GPRS)
IEC 61508	Norm zur funktionalen Sicherheit (neu)
EN 954-1	Norm zur funktionalen Sicherheit (alt)
Access Point	Mit Access Points werden WLAN Funknetze aufgebaut. Zusätzlich binden sie das drahtgebundene Datennetz an.
ACK	Acknowledge Signal im Handshake Protokoll zur Vermeidung des Hidden Node Problems
ACL	Access Control List Liste mit MAC Adressen, die zum Zugriff auf das Funknetz berechtigt sind
Ad-hoc-Netz	Funknetz zwischen einzelnen Geräten (Point-to-point)
AES	Advanced Encryption Standard Neuer Standard zur Kryptographie von Daten in WLANs
Antennen Diversity	Verfahren, bei dem ein Funkempfänger mit zwei Antennen ausgerüstet wird und aus zwei empfangenen Signalen das bessere auswählen kann
Antennengewinn	Durch geeignete Bauform erzielte Verbesserung (passiv!) der Antenne im Vergleich zu einem isotropen Strahler
ATM	Asynchronous Transfer Mode Drahtgebundenes Netz, das besonders im Backbone für grosse Entfernungen mit hohen Datenraten eingesetzt wird
Authentication	Zugangskontrolle in Kommunikationsnetzen (Wer bin ich?) zur Steigerung der Datensicherheit (Security)
Authorisation	Verteilung von Berechtigungen in Kommunikationsnetzen (Was darf ich?) zur Steigerung der Datensicherheit (Security)
BG	Berufsgenossenschaft
BHG	Bedienhandgerät
BPSK	Binary phase shift keying

	Modulationsverfahren bei WLAN
BQTF	Bluetooth Qualification Test Facility Einrichtung zur Überwachung der Interoperabilität der Produkte verschiedener Anbieter
BSS	Basic Service Set WLAN Funknetz mit Zugriff auf die Infrastruktur über einen einzigen Zugangspunkt (Access Point)
CCK	Complementary code keying Modulationsverfahren bei WLAN
CDMA	Code Division Multiplex Code gesteuertes Zugriffsverfahren
CF	Compact Flash
CFP	Contention free period Zeitraum, in dem der Zugriff durch den Access Point verwaltet ist (zur Unterstützung von zeitkritischen Diensten)
CP	Contention Period Zeitraum, in dem der Zugriff nach CSMA/CA geregelt wird (zur Unterstützung von zeitkritischen Diensten)
CP	Communication Processor
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance, Zugriffsverfahren eines drahtlosen IEEE 802.11-Funknetzes
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection, Zugriffsverfahren eines drahtgebunden Ethernet-Netzes
CTS	Clear to send Signal im Handshake Protokoll zur Vermeidung des Hidden Node Problems
DDE	Dynamic Data Exchange Dynamischer Datenaustausch
DCF	Discrete coordinated function Normales Zugriffsverfahren bei 802.11 im Gegensatz zu PCF
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications, Europäischer Standard für Sprach- und Datenkommunikation
DFS	Dynamic Frequency Selection Dynamische Frequenzwahl im 5 GHz-Band
DFÜ	Datenfernübertragung
Diversity	Funkempfänger mit zwei Antennen zur Auswahl des besten Signales

Downstream	Kommunikation vom Access Point zum Teilnehmer (Client)
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum, Spreizbandübertragungsverfahren (IEEE 802.11b)
EDGE	Enhanced Data Rates for Global Systems for Mobile Communications Evolution Weiterentwicklung von GSM mit Datenraten bis zu 384 kbit/s für Video und Wireless Internet Anwendungen
EHB	Einschienen-Hängebahn
EIRP	Equivalent isotropic radiated power Die Sendeleistung die man einem isotropen Strahler zuführen müsste, damit dieser effektiv die gleiche Leistung abstrahlt, wie eine andere Antenne in einer bestimmten Richtung. Ein isotroper Strahler ist eine theoretische Antenne, die in alle Richtungen gleichmäßig (isotrop) abstrahlt und als unendlich klein angenommen wird.
ESM	Electrical Switch Module
ESS	Extended Service Set Funknetz, bestehend aus mehreren überlappenden Basic Service Sets (BSS)
ETSI	European Telecommunication Standard Institute Europäische Standardisierungsorganisation.
Ex	Abkürzung für explosionsgeschützt
Fall back	Schrittweise Reduzierung der Datenrate bei schlechten Empfangsbedingungen zum Erhalt der Verbindung
FDMA	Frequency Division Multiplex Access Frequenz gesteuertes Zugriffsverfahren
FEC	Forward Error Correction Ergänzung der Nutzdaten mit redundanten Bits für eine hohe Unempfindlichkeit des Signals gegen Störungen
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum Frequenzsprung-Spreizbandübertragungsverfahren, das bei 802.11b und Bluetooth verwendet wird.
FTEG	Gesetz über Funkanlagen und Telekommunikationsanlagen in Deutschland
FTS	Fahrerloses Transport-System
GFSK	Gaussian Phase Shift Keying Modulationsverfahren bei 802.11

GPRS	General Packet Radio Service Erweiterung von GSM zur paketorientierten Datenkommunikation bis max. 170 kbit/s.
GSM	Global System for Mobile Communications Digitaler Telefondienste, basierend auf Frequenzen im Bereich 900 MHz, 1800 MHz und 1900 MHz
GSM-R	GSM für den Zugverkehr bei hohen Geschwindigkeiten
Hand-over	Mechanismus zur Übergabe eines Teilnehmers von einer Funkzelle zur nächsten. Der Begriff wird häufig im selben Zusammenhang wie <i>Roaming</i> verwendet.
Handshake	Quittungsverfahren, um eine Verbindung zwischen kommunikationsbereiten Stationen aufzubauen.
Hidden node problem	Zwei Teilnehmer sind in einer Funkzelle so angeordnet, dass sie außerhalb ihrer eigenen Reichweite liegen. Beim gleichzeitigen Zugriff auf das Medium entstehen Kollisionen
HIPERLAN	High Performance Radio LAN Funknetz im 5 GHz-Band
Home RF	Standard zur drahtlosen Kommunikation zwischen PCs und Consumer-Geräten im Heimbereich.
HSCSD	High Speed Circuit Switched Data GSM Funknetz für höhere Datenraten
HT-OFDM	High throughput OFDM, optimierte Variante von OFDM für erhöhten Datendurchsatz, wird bei 802.11n verwendet
IBSS	Independent Basic Service Set Ad-hoc-Netz zum spontanen und einfachen Aufbau von Funkverbindungen ohne Funkinfrastruktur
IE	Industrial Ethernet
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IEEE 802.11	Standard für Funknetze im 2,4 GHz-Band mit Übertragungsraten bis 2 Mbit/s.
IEEE 802.11a	Standard für Funknetze im 5 GHz-Band mit Übertragungsraten bis 54 Mbit/s.
IEEE 802.11b	Standard für Funknetze im 2,4 GHz-Band mit Übertragungsraten bis 11 Mbit/s
IEEE 802.11e	Standard für Funknetze im 2,4 und 5 GHz-Band, regelt die Echtzeitanforderungen für Sprach- und Videoanwendungen

IEEE 802.11g	Standard für Funknetze im 2,4 GHz-Band mit Übertragungsraten bis 54 Mbit/s
IEEE 802.11h	Standard für Funknetze im 5 GHz-Band mit Übertragungsraten bis 54 Mbit/s. Standard für den europäischen Kontinent; Bedingung DFS/TPC
IEEE 802.11i	Sicherheitsstandard, das den veralteten Standard WEP ablöst; Es beinhaltet u.a. das Verschlüsselungsverfahren AES
IEEE 802.11n	Standard für Funknetze im 2,4 und 5 GHz-Band mit Übertragungsraten bis 600 Mbit/s
IEEE 802.3af	Standard, der das Power-over-Ethernet (PoE) definiert
IP	Internet Protocol Sammlung von ProgrammROUTINEN, auf die das TCP-Protokoll zugreift
IP 20	Geräteschutzklasse
IP 65	Geräteschutzklasse
IPsec	Internet Protocol Security Offener Standard zur Erhöhung der Datensicherheit in IP-Netzen
IrDA	Infrared Data Association Datenkommunikation mit Infrarot im Kurzstreckenbereich
IS	Intrinsically Safe (Explosionsschutz)
ISM-Band	Industrial, Scientific and Medical-Band Frequenzband zur lizenzfreien Nutzung
ISO	International Organization for Standardization
Kerberos	Sicherheitssystem zur Verschlüsselung sensibler Daten
LWL	Lichtwellenleiter Übertragungsmedium für optische Netze.
MAC	Media Access Control, protokollebene oberhalb des PHY, der den Zugang zum Datenübertragungskanal beschreibt
Mehrwegausbreitung	Reflektionen einer Funkwelle an unterschiedlichen Gegenständen des Raums. Dadurch kommt die Funkwelle mit unterschiedlicher Intensität und Laufzeit am Empfänger an
MIC	Message Integrity Protocol Verfahren zur Erhöhung der Vertrauenswürdigkeit der Daten bei WLAN

MIMO	Multiple In Multiple Out, Empfang und senden mit mehreren Antennen über mehrere unabhängige Signalpfade
Mini PCI	Spezielle Bauform von WLAN Funkkarten zur direkten Integration in Produkte
MSS	Mobile Satellite Service Satellitenfunk innerhalb von UMTS
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplex Modulationsverfahren bei 802.11a und g
OFDM/CCK	Orthogonal Frequency Division Multiplex/complimentary code keying Modulationsverfahren bei 802.11a
PAN	Personal Area Network Netz für Geräte in geringer räumlicher Entfernung.
PC Card	Bauform und Einsatz siehe PCMCIA. Im Gegensatz zu PCMCIA wird statt eines 16-Bit Interfaces ein 32-Bit Interface eingesetzt, damit im Falle von WLAN auch hohe Datenraten bis zu 54 Mbit/s übertragen werden können
PCF	Point coordinated function Zugriffsverfahren zur Unterstützung von zeitkritischen Diensten bei WLAN
PCMCIA	Standard für PC-Steckkarten (Kreditkartengröße). PCMCIA-Karten (Personal Computer Memory Card International Association) werden für Ein-/Ausgabe (z.B. Modem) bzw. Speichererweiterungen, aber auch als Schnittstelle für WLAN, besonders in Laptops genutzt
PDA	Personal Digital Assisatant Mobiles Endgerät
PHY	Physical Layer, unterster Layer des Übertragungsprotokolles, der die physikalischen Regeln beschreibt
Piconetz	Netzstruktur bei Bluetooth, in der bis zu 8 Teilnehmer organisiert sind
QAM	Quadrature amplitude modulation
QPSK	Quadrature phase shift keying
QoS	Quality of Service Sammelbegriff für verschiedene Güten von Diensten
R&TTE	Radio and Telecommunications Terminal Equipment Directive Anweisung der EU für Telekommunikations Endgeräte

RADIUS	Remote Authentication Dial - In User Service für sichere Kommunikationsnetze
RCM	Radio Client Module (Ethernet Adapter, Ethernet Client)
RegTP	Regulierungsbehörde für die Telekommunikation in Deutschland
RLM	Radio Link Module (Access Point)
Roaming	Freie Bewegung von Wireless LAN Teilnehmern auch über die Grenzen der Funkzelle eines Access Points hinaus. Der Teilnehmer kann ohne merkliche Unterbrechung von einer Funkzelle in die nächste wechseln (siehe auch hand-over)
RSTP	Rapid Spanning Tree Protokoll, Protokoll zur selbständigen Auffindung einer neuen Route im Netz
RT	Real Time (Echt-Zeit)
RTS	Request to send Signal beim Handshake Protokoll zur Vermeidung des Hidden Node Problems
Scatternetz	Netzstruktur bei Bluetooth, in der mehrere Piconetze organisiert sind
SIG	Special Interest Group Nutzerorganisation für Bluetooth
SNMP	Simple Network Management Protocol, Standardisiertes Protokoll zum Transport von Netzwerkmanagement Informationen
SSID	Service Set Identifier Address Name des Funknetzes bei WLAN
TDMA	Time Division Multiplex Access Zeitschlitz gesteuertes Zugriffsverfahren
TKIP	Temporal Key Integrity Protocol Verfahren zum zyklischen Wechsel der Schlüssel bei WLAN
TPC	Transmission Power Control Automatische Regelung der Sendeleistung im 5 GHz-Band
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System Mobilfunk zur mobilen Sprach-, Audio-, Bild-, Video- und Datenkommunikation
UNII	Unlicensed National Information Infrastructure Name des 5 GHz-Bandes in der amerikanischen Literatur

Upstream	Kommunikation vom Teilnehmer (Client) zum Access Point
URAN	UMTS Radio Access Network Funknetz von UMTS
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network Ergestützter Teil des UMTS Funknetzes
WCDMA	Wideband CDMA Modulationsverfahren für hohe Datenraten
WDS	Wireless Distribution System Richtfunkstrecken zur Kopplung der Zugangspunkte für ein Extended Service Set (ESS)
Web Pad	Tragbares Gerät in DIN-A4-Größe mit Touchscreen zur Internetnutzung
WECA	Wireless Ethernet Compatibility Alliance Vereinigung Wireless LAN Produkthersteller, die durch Test eine Kompatibilität ihrer Produkte gewährleisten.
WEP	Wired Equivalent Privacy Verschlüsselungsverfahren bei WLAN (veraltet)
Wi-Fi Siegel	Wireless Fidelity Siegel der WECA, um kompatible und getestete Produkte zu kennzeichnen.
Wired LAN	Drahtgebundenes Netz
Wireless LAN	Drahtloses Netz
WLAN	Wireless LAN (hier: IEEE 802.11)
WLANA	The Wireless LAN Association Firmenkonsortium von Wireless LAN Anbietern zur Verbreitung der Wireless LAN Technik.
WMM	Wi-Fi Multimedia, regelt die Interoperabilität von IEEE 802.11e
WPA	Wireless Protected Access  Ein von der WECA vorläufiges Sicherheitsverfahren, das die bestehenden Sicherheitslücken von WEP schließt. Dabei wird das Verschlüsselungsverfahren AES verwendet. Es wird von IEEE 802.11i abgelöst.