

Dirk Meyer

Wireless LAN - Die kabellose Zukunft

WLANS im Überblick und deren Einsatz an Universitäten

Diplomarbeit

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de/> abrufbar.

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

Copyright © 2002 Diplomica Verlag GmbH
ISBN: 9783832472290

Dirk Meyer

Wireless LAN - Die kabellose Zukunft

WLANS im Überblick und deren Einsatz an Universitäten

Dirk Meyer

Wireless LAN

Die kabellose Zukunft

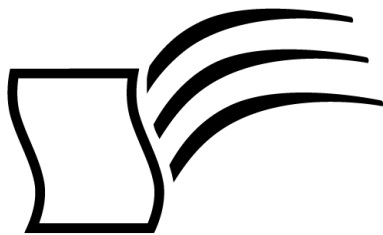
WLANS im Überblick und deren Einsatz an Universitäten

Diplomarbeit

Universität Passau

Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, Prof. Dr. Peter Kleinschmidt

Abgabe Dezember 2002



Diplom.de

Diplomica GmbH ———
Hermannstal 119k ———
22119 Hamburg ———

Fon: 040 / 655 99 20 ———
Fax: 040 / 655 99 222 ———

agentur@diplom.de ———
www.diplom.de ———

ID 7229

Meyer, Dirk: Wireless LAN - Die kabellose Zukunft - WLANS im Überblick und deren Einsatz an Universitäten

Hamburg: Diplomica GmbH, 2003

Zugl.: Universität Passau, Universität, Diplomarbeit, 2002

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Die Informationen in diesem Werk wurden mit Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden, und die Diplomarbeiten Agentur, die Autoren oder Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für evtl. verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

Diplomica GmbH

<http://www.diplom.de>, Hamburg 2003

Printed in Germany

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abkürzungsverzeichnis	VI
Abbildungsverzeichnis	XIII
Tabellenverzeichnis	XV
1 Einführung.....	1
2 Grundlagen der WLAN-Technologie	4
2.1 Was ist Wireless LAN?	4
2.2 Einsatzgebiete	5
2.2.1 Produktionswesen.....	5
2.2.2 Lagerwesen und Logistik	6
2.2.3 Einzelhandel	6
2.2.4 Krankenhäuser.....	6
2.2.5 Hotels.....	7
2.2.6 Bildungswesen.....	7
2.3 Anwendungsszenarien	8
2.3.1 SoHo-LANs	8
2.3.2 Büro-LANs	9
2.3.3 Hot Spots	10
2.4 Gerätetypen.....	11
2.4.1 Netzwerkadapter.....	11
2.4.2 Access Points	14
2.4.3 Externe Antennen	15
2.5 Betriebsarten	17
2.5.1 Ad-hoc-Modus.....	18

2.5.2 Infrastruktur-Modus.....	19
2.5.3 Bridge-Modus.....	20
3 Standards.....	22
3.1 Organisationen und Gremien	22
3.1.1 Aufsichtsbehörden für Telekommunikation	23
3.1.2 Standardisierungsgremien	23
3.1.3 Interessenvereinigungen.....	24
3.2 Übertragungsmedium	26
3.3 Grundsätzliche Übertragungstechniken.....	28
3.3.1 Infrarot-Technologie.....	28
3.3.2 Frequenzspreizverfahren	30
3.3.2.1 Frequenzsprung-Spread-Spectrum-Verfahren	32
3.3.2.2 Direct-Sequence-Spread-Spectrum-Verfahren.....	33
3.3.3 Orthogonal-Frequenzmultiplex-Verfahren	35
3.4 IEEE 802.11 Standard.....	36
3.4.1 Systemarchitektur	37
3.4.2 Protokollarchitektur	38
3.4.3 Bitübertragungsschicht	40
3.4.3.1 Frequency-Hopping-Spread-Spectrum-Technologie	41
3.4.3.2 Direct-Sequence-Spread-Spectrum-Technologie.....	42
3.4.4 Medienzugriffssteuerung.....	44
3.4.4.1 Distribution Coordination Function	45
3.4.4.2 RTS-CTS-Mechanismus	46
3.4.4.3 Point Coordination Function	48
3.4.5 Weitere Dienste	49
3.5 Erweiterungen des IEEE 802.11 Standards	51
3.5.1 IEEE 802.11 b.....	52
3.5.2 IEEE 802.11 a.....	52
3.5.3 IEEE 802.11 g.....	53
3.5.4 Weitere IEEE 802.11 Standards	54
3.6 Weitere Funkstandards	55
3.6.1 Bluetooth.....	55
3.6.2 HiperLAN/1 und 2	57

3.6.3 HomeRF	59
3.6.4 DECT	60
4 Sicherheit	62
4.1 Sicherheitsziele	62
4.2 Sicherheitsrisiken	63
4.2.1 Angriffe	63
4.2.2 Werkzeuge für Angriffe	66
4.3 Sicherheitsmechanismen	67
4.3.1 Wired Equivalent Protocol.....	67
4.3.2 Authentifizierung	69
4.3.3 Netzwerkname	70
4.3.4 Filterung der MAC-Adressen	70
4.4 Sicherheitsprobleme.....	71
4.4.1 Schwachstellen im WEP-Protokoll	71
4.4.2 Schwachstellen im RC4-Algorithmus	73
4.4.3 Fehlendes Schlüsselmanagement.....	74
4.4.4 MAC-Adressen manipulierbar	75
4.4.5 Sicherheitskritische Grundeinstellung	75
4.5 Sicherheitsmaßnahmen.....	75
4.5.1 Konfiguration und Administration der WLAN-Komponenten	75
4.5.2 Über den Standard hinausgehende Maßnahmen	77
4.5.3 Organisatorische Maßnahmen.....	79
4.6 Fazit.....	80
5 Sonstige Aspekte	82
5.1 Störungen von WLANs	82
5.1.1 Störeinflüsse von identischen Systemen	83
5.1.2 Störeinflüsse von konkurrierenden Systemen.....	83
5.1.3 Störeinflüsse von Störsendern	86
5.1.4 Störeinflüsse von anderen Funknetzen.....	87
5.2 Elektromagnetische Verträglichkeit von WLANs	88
5.2.1 Hochfrequente Wellen und ihre biologischen Wirkungen.....	89
5.2.2 Grenzwerte und Regularien	90

5.2.3 Konkrete Messungen und Schlussfolgerungen.....	93
5.3 Rechtsgrundlagen bei WLAN-Anwendungen	96
5.3.1 Technische Zulassung von WLAN-Systemen	97
5.3.2 Betrieb von WLAN-Systemen	97
5.3.3 Einschränkungen in der Nutzung von WLAN-Systemen.....	99
 6 Einsatz von WLANs an Universitäten	100
6.1 Technische Infrastruktur an Universitäten	100
6.2 Auf-/Ausbau einer drahtlosen Netzinfrastruktur an Universitäten ...	103
6.3 WLAN-Projekte an Universitäten.....	104
6.3.1 Erweiterung der Netzinfrastruktur	104
6.3.2 Einsatz in der Lehre	105
6.3.3 Anwendung in der Forschung	106
6.4 Notebook-Hochschule	107
6.4.1 Begriffsdefinition und Ziele der Notebook-Hochschule	107
6.4.2 Abgrenzung zur virtuellen Hochschule.....	108
6.4.3 Irrtümliche Annahmen zur Notebook-Hochschule.....	109
6.4.4 Vorteile der Notebook-Hochschule	111
6.5 Akzeptanz des Notebookeinsatzes in der Hochschullehre	112
6.6 Schlussfolgerungen aus dem WLAN-Einsatz an Universitäten	113
 7 Aspekte für den Aufbau und Betrieb von WLANs an Universitäten.....	115
7.1 Planung	115
7.1.1 Datendurchsatz und Funkreichweite.....	116
7.1.2 Kanalaufteilung	117
7.1.3 Dämpfungen, Reflexionen und Störungen	119
7.1.4 Antennencharakteristik	121
7.1.5 Simulationsprogramme	122
7.2 Produktauswahl	123
7.2.1 Auswahl von Access Points	123
7.2.2 Auswahl von Netzwerkadaptern.....	126
7.2.3 Auswahl von externen Antennen	126
7.3 Installation	127
7.3.1 Funktechnische Vermessung.....	127

7.3.2 Installation von Access Points und Antennen	129
7.3.3 Installation von Funk-Brücken.....	130
7.4 Betrieb und Nutzung.....	132
7.4.1 Test und Netzwerk-Analyse	132
7.4.2 Administration und Management	133
7.4.3 Support der Nutzer.....	134
 8 Ausblick in die kabellose Zukunft.....	 135
 Anhang A	 i
 Anhang B	 ii
 Anhang C	 v
 Anhang D	 xviii
 Literaturverzeichnis	 XVI

Abkürzungsverzeichnis

° C	Grad Celsius
A	Ampere
Abb.	Abbildung
Abs.	Absatz
ACL	Asynchronous Connectionless Link
ACL	Access Control List
AES	Advanced Encryption Standard
AP	Access Point
Aufl.	Auflage
B	Magnetische Feldstärke
BAPT	Bundesamt für Post und Telekommunikation
BGBI	Bundesgesetzblatt
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzgesetz
Bit	Binary Digit
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMPT	Bundesministerium für Post und Telekommunikation
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reak- torsicherheit
BSIG	Bluetooth Special Interest Group
BSS	Basic Service Set
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CA	Collision Avoidance
CA	Cordless Access
CCK	Complementary Code Keying
CD	Compact Disc
CE	Communauté Européenne
CEPT	Conference for Posts and Telecommunications
CFP	Contention Free Period
cm	Centimeter

CP	Contention Period
CRC	Cyclic Redundancy Check
CSMA	Carrier Sense Multiple Access
CTS	Clear to Send
dB	Dezibel
DCF	Distribution Coordination Function
DECT	Digital Enhanced Cordless Telephone
DFS	Dynamic Frequency Selection
d.h.	das heißt
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DM	Deutsche Mark
DMZ	de-militarisierte Zone
DNA	Deoxyribonucleic acid
dP/df	Leistungsflussdichte
DPRS	DECT Packet Radio Service
DRM	Dynamic Resource Management
DS	Distribution System
DSL	Digital Subscriber Line
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum
E	Elektrische Feldstärke
EAP	Extensible Authentication Protocol
EG	Europäische Gemeinschaft
EIRP	mittlere äquivalente isotrope Strahlungsleistung
E-Mail	Electronic Mail
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
EMVG	Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Geräten
EMVU	Elektromagnetische Verträglichkeit zur Umwelt
ERC/DEC	European Radiocommunications Committee Decision
ESS	Extended Service Set
ESSID	Extended Service Set Identifier
etc.	et cetera
ETS	European Telecommunication Standard
ETSI	European Telecommunications Standards Institute

EU	Europäische Union
evtl.	eventuell
f	Frequenz
f.	folgende
FCC	Federal Communications Commission
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum
FreqZutV	Frequenzzuteilungsverordnung
FTEG	Gesetz über Funkanlagen und Telekommunikations- endeinrichtungen
FTP	File Transfer Protocol
g	Gramm
GFSK	Gaussian Frequency Shift Keying
ggf.	gegebenenfalls
GHz	Gigahertz
GMD	Forschungszentrum Informationstechnik GmbH
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Globale System of Mobile Communication
GWB	Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen
H2GF	HiperLAN/2 Global Forum
HF	High Frequency
HiperLAN	High Performance Radio Local Area Network
HomeRF	Home Radio Frequency
HR	High Rate
HSCSD	High Speed Circuit Switched Devices
http	Hypertext Transfer Protocol
Hz	Herz
IAPP	Inter Access Point Protocol
IBSS	Independent Basic Service Set
ICNIRP	Internationale Kommission zum Schutz vor nichtioni- sierter Strahlung
ICV	Integrity Check Value
i.d.R.	in der Regel
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers

IMT	International Mobil Communications
IR	Infrarot
IrDA	Infrared Data Association
IP	Internet Protocol
IPSec	IP Security Protocol
ISA	Industry Standard Architecture
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISM	Industrial Science Medical
IT	Informationstechnologie/Informationstechnik
IV	Initialisierungsvektor
KBit/s	Kilo-Bits pro Sekunde
Kg	Kilogramm
LAN	Local Area Network
LC	Liquid Crystal
LEAP	Lightweigth Extensible Authentication Protocol
LED	Light Emitting Diode
LLC	Logical Link Control
m	Meter
m ²	Quadratmeter
MAC	Medium Access Control
MBit/s	Mega-Bits pro Sekunde
MC	Multi Carrier
MHz	Megahertz
MIB	Management Information Base
MIC	Message Integrity Check
Mio.	Millionen
MMC	Multimedia Consortium
ms	Millisekunden
mW	Milliwatt
NAV	Net Allocation Vector
nm	Nanometer
NMB	Neue Medien in der Bildung
Nr.	Nummer
OEM	Original Equipment Manufacturer

OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
o.g.	oben genannten
o.J.	ohne Jahr
OSA	Open System Authentication
OSI	Open System Interconnection
PAN	Personal Area Network
PC	Personal Computer
PC	Point Coordinator
PCF	Point Coordination Function
PCI	Peripheral Component Interconnect
PCMCIA	Personal Computer Memory Card International Association
PDA	Personal Digital Assistant
PHY	Physical
PLCP	Physical Layer Convergence Protocol
PMD	Physical Medium Dependent
PN	Pseudo Noise
QoS	Quality of Service
RADIUS	Remote Authentication Dial-In User Service
Reg TP	Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post
RF	Radio Frequency
RTS	Request to Send
S	Leistungsflussdichte
S	Station
S.	Seite
SAP	Service Access Point
SAR	Spezifische Absorptionsrate
SCO	Synchronous Connection-Oriented Link
SKA	Shared Key Authentication
SoHo	Small Offices and Home Offices
SSID	Service Set Identifier
SSK	Strahlenschutzkommission
SWAP	Shared Wireless Access Protocol
Tab.	Tabelle

TCP	Transmission Control Protocol
TDD	Time Division Duplex
TDMA	Time Division Multiple Access
TKG	Telekommunikationsgesetz
TKIP	Temporal Key Integrity Protocol
TKV	Telekommunikations-Kundenschutzverordnung
TPC	Transmit Power Control
TSF	Time Synchronozation Function
TZI	Technologie-Zentrum Informatik
u.a.	unter anderem
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UNII	Unlicensed National Information Infrastructure
URL	Uniform Resource Locator
US	United States
USA	United States of America
USB	Universal Serial Bus
UV	Ultraviolett
V	Volt
Vfg.	Verfügung
Vgl.	Vergleiche
VLAN	Virtuelles LAN
VPN	Virtual Private Network
W	Watt
WDS	Wireless Distribution System
WECA	Wireless Ethernet Compatibility Alliance
WEP	Wired Equivalent Protocol
WG	Working Group
WHO	Weltgesundheitsorganisation
Wi-Fi	Wireless Fidelity
WLAN	Wireless Local Area Network
WLANA	Wireless LAN Association
WPAN	Wireless Personal Area Network
WWAN	Wide Area Network
www	World Wide Web

XOR	exklusives Oder
Z	Naturkonstante
z.B.	zum Beispiel
Ziff.	Ziffer
z.T.	zum Teil
ZV	Zulassungsvorschrift

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: SoHo-LAN	9
Abb. 2: Büro-LAN.....	10
Abb. 3: PC-Card für Notebooks	12
Abb. 4: PCI- und PC-Card-Adapter.....	12
Abb. 5: USB-Adapter	13
Abb. 6: WLAN-Module für Handhelds	14
Abb. 7: Access Points	15
Abb. 8: Clientadapter- und Zugangspunktantennen.....	16
Abb. 9: Rundstrahlende Bridgeantenne für den Außenbereich.....	16
Abb. 10: Gerichtete Bridgeantennen für den Außenbereich	17
Abb. 11: Ad-hoc-Netzwerk	18
Abb. 12: Infrastruktur-Netzwerk	19
Abb. 13: Funk-Brücke	20
Abb. 14: WLAN-Frequenzbänder im elektromagnetischen Spektrum.....	26
Abb. 15: Frequenzen für WLANs im 5 GHz-Band.....	28
Abb. 16: Frequenzspreizverfahren – Spreizen und Entspreizen	31
Abb. 17: Zwei FHSS-Systeme in einem Empfangsbereich	33
Abb. 18: Spreizung des Signals beim DSSS-Verfahren.....	34
Abb. 19: Signalspreizung durch PN-Code senderseitig	35
Abb. 20: IEEE 802-Standards im OSI-Referenzmodell.....	37
Abb. 21: Detaillierte IEEE 802.11 Protokollarchitektur	39
Abb. 22: Zuordnung der PHY-Ebenen zu den IEEE 802.11 Standards	41
Abb. 23: Überschneidungsfreie DSSS-Kanäle.....	44
Abb. 24: Hidden-Station-Problem	47
Abb. 25: Bedeutung der Warchalk-Zeichen	65
Abb. 26: WEP-Verschlüsselung.....	68
Abb. 27: WEP-Authentifizierung.....	69
Abb. 28: Mögliche Reichweiten in Büroumgebung.....	117
Abb. 29: Anordnung sich überlappender Kanäle.....	118
Abb. 30: Richtcharakteristik einer Yagi-Antenne.....	122

Abb. 31: Funkvermessung einer Etage	128
Abb. 32: Fresnel-Zone bei einer Funk-Brücke	131
Abb. 33: Kombination der Funk-Technologien	137