



**HIRSCHMANN**

A **BELDEN** BRAND

# White Paper

**WLAN im 5 GHz-Band  
WLAN Access Point**

Die Nennung von geschützten Warenzeichen in diesem Handbuch 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.

© 2010 Hirschmann Automation and Control GmbH

Handbücher sowie Software sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte bleiben vorbehalten. Das Kopieren, Vervielfältigen, Übersetzen, Umsetzen in irgendein elektronisches Medium oder maschinell lesbare Form im Ganzen oder in Teilen ist nicht gestattet. Eine Ausnahme gilt für die Anfertigungen einer Sicherungskopie der Software für den eigenen Gebrauch zu Sicherungszwecken. Bei Geräten mit eingebetteter Software gilt die Endnutzer-Lizenzvereinbarung auf der mitgelieferten CD.

Die beschriebenen Leistungsmerkmale sind nur dann verbindlich, wenn sie bei Vertragsschluss ausdrücklich vereinbart wurden. Diese Druckschrift wurde von Hirschmann Automation and Control GmbH nach bestem Wissen erstellt. Hirschmann behält sich das Recht vor, den Inhalt dieser Druckschrift ohne Ankündigung zu ändern. Hirschmann gibt keine Garantie oder Gewährleistung hinsichtlich der Richtigkeit oder Genauigkeit der Angaben in dieser Druckschrift.

Hirschmann haftet in keinem Fall für irgendwelche Schäden, die in irgendeinem Zusammenhang mit der Nutzung der Netzkomponenten oder ihrer Betriebssoftware entstehen. Im Übrigen verweisen wir auf die im Lizenzvertrag genannten Nutzungsbedingungen.

Die jeweils neueste Version dieses Handbuches finden Sie im Internet auf den Hirschmann-Produktseiten ([www.hirschmann-ac.de](http://www.hirschmann-ac.de)).

Printed in Germany  
Hirschmann Automation and Control GmbH  
Stuttgarter Str. 45-51  
72654 Neckartenzlingen  
Deutschland  
Tel.: +49 1805 141538

# 1 WLAN im 5 GHz-Band

Die historische Entwicklung der Wireless-LAN-Technologie ist eng gekoppelt an die verschiedenen Standards und Normen, die im Laufe der Jahre von verschiedenen Organisationen eingeführt wurden.

Die beiden wichtigsten Organisationen sind das Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) und das European Telecommunications Standards Institute (ETSI).

## ■ IEEE-Standards

Das IEEE verabschiedete 1997 die erste Version des Standards 802.11 für drahtlose Netze. Die ursprüngliche Fassung nutzte zur Übertragung das lizenzfreie ISM-Band (Industrial, Scientific, Medical: 2.4 bis 2.483 GHz) und ermöglichte dabei Übertragungsraten von maximal 2 MBit/s (brutto). In den folgenden Jahren wurde der 802.11-Standard mit verschiedenen Erweiterungen ergänzt.

Zu den ersten Erweiterungen gehörte 1999 die Einführung des 5 GHz-Bandes, in dem eine Bruttodatenrate von 54 MBit/s erreicht werden konnte. Der mit 802.11a bezeichnete Standard hatte jedoch in Deutschland zunächst keine Bedeutung, da die Verwendung dieses Frequenzbandes aufgrund der Überschneidung mit militärischen Funknetzen und Radaranwendungen für den privaten Bereich nicht erlaubt war.

Ebenfalls 1999 wurde als Erweiterung im 2,4 GHz-Band der Standard 802.11b verabschiedet. Mit der Bruttodatenrate von 11 MBit/s konnten damit in den drahtlosen Netzen erstmals wirklich brauchbare Geschwindigkeiten für den produktiven Einsatz erzielt werden – Im Vergleich zu den zu dieser Zeit weit verbreiteten 10-MBit-Ethernet-Netzen. Da das verwendete Frequenzband in vielen Ländern ohne Lizenz auch im Privatbereich verwendet werden konnte, setzte sich 802.11b-Technik schnell auf breiter Front durch. Geräte nach dem 802.11b-Standard können von der WiFi-Alliance zertifiziert werden, womit die Interoperabilität zu den Produkten anderer Hersteller signalisiert wird. Aufgrund der großen Verbreitung der WiFi-Produkte wurde das WiFi-Siegel selbst oft fälschlicherweise als Standard betrachtet.

Im November 2002 wurde das 5 GHz-Band in Deutschland für die private Nutzung freigegeben und machte den Weg frei für deutlich schnellere WLAN-Verbindungen nach dem schon länger verfügbaren 802.11a-Standard. Der breitere Einsatz von 5 GHz-WLANs wurde dabei jedoch durch den ausschließlichen Einsatz in geschlossenen Räumen und die Übertragung mit relativ geringen Sendeleistungen beschränkt.

Kurz später verabschiedete die IEEE im Jahr 2003 den neuen Standard 802.11g, der zwar noch das ISM-Frequenzband nutzt, aber mit dem gleichen Modulationsverfahren wie bei 802.11a (OFDM) eine Bruttodatenrate von 54 MBit/s erreicht. Durch die gemeinsame Basis des verwendeten 2,4 GHz-Frequenzbandes ist der 802.11g-Standard

abwärtskompatibel zu Geräten nach der bis dahin weit verbreiteten 802.11b-Fassung. Diese Kompatibilität und die konkurrenzfähige Übertragungsleistung verhalf dem 802.11g-Standard zu großem Erfolg.

Mit der Erweiterung 802.11h wurde im September 2003 die private Nutzung des 5 GHz-Bandes schließlich auch außerhalb geschlossener Räume ermöglicht. Dabei wurden zum Schutz der militärischen Anwendungen im 5 GHz-Band die Verfahren DFS und TPC vorgeschrieben. Allerdings können bei Nutzung von DFS und TPC mit maximal 1000 mW deutliche höhere Sendeleistungen als in allen anderen bis dahin gültigen Standards erzielen.

Als nächste Stufe der 802.11-Hierarchie steht derzeit die Variante 802.11n in den Startlöchern. Diese Fassung wird möglicherweise im Jahr 2006 verabschiedet und verspricht Bruttodatenraten von bis zu 540 MBit/s über sehr große Reichweiten. Zum Schutz der bisherigen Investitionen sollen die 802.11n-Geräte kompatibel zu den bisher verwendeten 802.11a/b/g-Komponenten sein.

### ■ **ETSI-Standards**

Die ETSI verabschiedete schon 1996 den ersten Standard zur Regelung von Datenfernübertragungen unter dem Namen Hiperlan (High Performance Radio Local Area Networks). Die erste Fassung (Hiperlan Typ1) war für den Einsatz im Frequenzbereich von 5,15 bis 5,30 GHz mit einer Übertragungsrate von 20 MBit/s vorgesehen. Da sich in der Industrie keine Hersteller für Produkte nach diesem Standard fanden, blieb Hiperlan zunächst ohne praktische Bedeutung.

Mit der im Jahre 2000 vorgestellten neuen Fassung des Hiperlan Typ 2 stellt die ETSI eine WLAN-Lösung vor, die wie IEEE 802.11a im 5 GHz-Band arbeitet und eine Bruttodatenrate von ebenfalls 54 MBit/s anbietet. Die Überlagerung der verwendeten Frequenzen und das ebenfalls wie bei 802.11a verwendete OFDM-Modulationsverfahren machen jedoch eine Anpassung der Standards zwischen IEEE und ETSI notwendig, um Störungen der Systeme untereinander zu vermeiden.

### ■ **Europäische Harmonisierung**

Um die Nutzung des 5 GHz-Bandes in Europa zu vereinheitlichen, hat die Europäische Kommission am 11.07.2005 den Standard ETSI 301 893 erlassen. Die Mitgliedsländer der EU sind verpflichtet, diese bis zum 31.10.2005 umzusetzen.

Anstelle der in den 802.11a/h-Standards beschriebenen drei Unterbändern (5150 - 5350 MHz, 5470 - 5725 MHz und 5725 - 5875 MHz für UK) regelt die Norm ETSI 301 893 die drei folgenden Bereiche mit unterschiedlichen Vorschriften:

- 5150 MHz - 5250 MHz
- 5250 MHz - 5350 MHz
- 5470 MHz - 5725 MHz

Der Kern der Richtlinie sind Vorkehrungen zur Vermeidung von Störungen mit anderen Systemen, die das gleiche Frequenzband verwenden. Hierunter fallen z.B. Radaranlagen, die als „Primäranwendungen“ gelten. Die „Sekundäranwendungen“ wie WLAN müssen die Frequenz wechseln, sobald ein Konflikt festgestellt wird.

### ■ **Dynamic Frequency Selection – DFS**

Zur Priorisierung der Primäranwendungen wird das Verfahren der dynamischen Frequenzwahl (DFS) vorgeschrieben. DFS geht zunächst davon aus, dass kein Kanal im entsprechenden Frequenzband verfügbar ist. Das WLAN-Gerät wählt beim Start zufällig einen Kanal aus und führt einen sogenannten Channel availability Check (CAC) durch. Dabei wird vor dem Senden auf einem Kanal für 60 Sekunden (Channel Observation Time, COT) geprüft, ob ein anderes Gerät auf diesem Kanal bereits arbeitet und der Kanal somit belegt ist. Ist das der Fall, so wird ein weiterer Kanal mit CAC geprüft. Andernfalls kann das WLAN-Gerät den Sendebetrieb aufnehmen.

Auch während des Betriebes wird überprüft, ob eine Primäranwendung wie z.B. ein Radargerät diesen Kanal benutzt. Dabei wird ausgenutzt, dass Radare häufig nach dem Rotationsverfahren arbeiten, bei dem ein eng gebündelter Richtfunkstrahl durch eine rotierende Antenne ausgestrahlt wird. Durch die Rotation der Antenne nimmt ein entfernter Empfänger das Radar-Signal als einen kurzen Impuls (Radar-Peak) wahr. Empfängt ein Gerät einen solchen Radar-Peak, so stellt es zunächst den Sendebetrieb ein und überwacht den Kanal auf weitere Impulse. Treten während der COT weitere Radar Peaks auf, wird automatisch ein neuer Kanal gewählt.

Vorgeschrieben ist, dass eine solche Überprüfung alle 24 Stunden stattfinden muss. Daher ist eine Unterbrechung der Datenübertragung für 60 Sekunden unvermeidlich.

DFS ist für die Frequenzbereiche von 5250 MHz - 5350 MHz und von 5470 MHz - 5725 MHz fest vorgeschrieben. Für den Frequenzbereich von 5150 MHz - 5250 MHz ist es optional einsetzbar.

### ■ **Transmission Power Control – TPC**

Für eine Verminderung der funktechnischen Störungen soll eine dynamische Anpassung der Sendeleistung sorgen.

Die dynamische Anpassung der Sendeleistung erleichtert die gemeinsame Nutzung der Frequenzbänder 5250-5350 MHz und 5470 - 5725 MHz mit Sattelitendiensten. TPC soll eine durchschnittliche Abschwächung der Sendeleistung gegenüber der max. zulässigen Sendeleistung von mindestens 3 dB bewirken. Dazu ermittelt TPC die minimal notwendige Sendeleistung, um die Verbindung zum Partner (z.B. einem Access Point) aufrecht zu erhalten. Verzichtet man innerhalb dieser Frequenzbänder auf TPC, so verringert sich die höchstzulässige mittlere EIRP und die entsprechende maximale EIRP-Dichte um 3 dB. Im Frequenzbereich von 5150-5350 MHz gilt diese Einschränkung nicht. Im Betrieb ohne DFS und TPC sind nur maximal 30 mW EIRP erlaubt. Unter Verwendung von DFS und TPC sind maximal 1000 mW EIRP als Sendeleistung erlaubt (zum Vergleich: 100 mW bei 802.11 b/g, 2,4 GHz, DFS und TPC sind hier nicht möglich). Die höhere maximale Sendeleistung gleicht nicht nur die höhere Dämpfung der Luft für die 5 GHz-Funkwellen aus, sondern ermöglicht sogar deutlich größere Reichweiten als im 2,4 GHz-Bereich möglich sind.

---

# 1.1 Vorteile im 5 GHz-Bereich

Bei der Betrachtung der verschiedenen Standards in der 802.11-Gruppe drängt sich die Frage auf, warum der 802.11a-Standard trotz identischer Brutto-Datenraten wie bei 802.11g und mangelnder Kompatibilität zu älteren Geräten durch die 802.11h-Erweiterung weiter aufgewertet wird.

Die Frage der Kompatibilität hat durch das Angebot von Dual-Band-Komponenten mittlerweile an Bedeutung verloren. Diese Geräte funken wahlweise nach dem a/b/g-Standard und passen sich so ideal den Möglichkeiten in der Umgebung an. Da der Kompatibilitätsmodus zwischen den Standards im 2,4 GHz-Band durch stark reduzierte Übertragungsraten erkauft werden muss, hat die b/g-Kompatibilität im professionellen Einsatz nur untergeordnete Bedeutung.

Die großen Vorteile erzielt der 802.11a/h-Standard eindeutig durch das verwendete Frequenzband:

- Freie Kanäle: Im 2,4 GHz-Band stehen nur 13 Kanäle zur Verfügung, die sich gegenseitig massiv überlappen. Aufgrund dieser Überschneidungen können maximal 3 Kanäle unabhängig voneinander parallel eingesetzt werden.
- Geringe Störanfälligkeit: Durch die langjährige Freigabe des ISM-Bandes haben sich zahlreiche Funkanwendungen im 2,4 GHz-Band etabliert. WLANs nach dem 802.11b/g-Standard konkurrieren daher oft mit Störungen dieser Anwendungen.  
Die noch relativ „junge“ Freigabe für die private Nutzung räumt der WLAN-Nutzung des 5 GHz-Bandes im Gegensatz dazu eine sehr exponierte Position in diesem Frequenzbereich ein. Neben den militärischen Anwendungen, von denen 802.11a/h durch spezielle Mechanismen abgegrenzt ist, treten kaum andere Störstrahlungen auf.
- Höhere Leistungen: Im 5 GHz-Band sind deutlich höhere Sendeleistungen erlaubt als im 2,4 GHz-Band. Damit eignen sich WLANs im 5 GHz-Band deutlich besser für Outdoor-Anwendungen und Richtfunkstrecken (Punkt-zu-Punkt) als drahtlose Verbindungen im 2,4 GHz-Band.

## 1.2 Protokolle

### 1.2.1 ETSI-Vorgaben

- Radarerkenung: neue Pattern
- Ergebnisse Tests Bundeswehr
- Wettbewerb: Erfüllung der EN nicht gleich volle Leistung!
- Kollision mit IEEE

## 1.3 Frequenzen

### 1.3.1 ETSI-Harmonisierung ab 01.11.2005

- <http://www.heise.de/newsticker/result.xhtml?url=/newsticker/meldung/61715&words=5%20GHz%20WLAN>
- erlaubte Abstrahlleistungen in Europa

### 1.3.2 Unterschiede zu USA und Asien

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

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

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

## 1.4 Funkkanäle

### 1.4.1 2,4 GHz-Band

Im nutzbaren Frequenzraum von 2400 bis 2483 MHz stehen in der EU bis zu 13 DSSS-Kanäle zur Verfügung, in der restlichen Welt nur die ersten 11 davon. Da sich die auf den Kanälen genutzten Frequenzbereiche teilweise überlagern, können maximal drei Kanäle nebeneinander betrieben werden, deren Frequenzen sich nicht gegenseitig stören.

### 1.4.2 5 GHz-Band

Im nutzbaren Frequenzraum von 5,13 bis 5,805 GHz stehen bis zu 19 Kanäle in Europa zur Verfügung, unterteilt in Frequenzbereiche, für die unterschiedliche Nutzungsbedingungen gelten können:

- 5150 - 5250 MHz (Kanäle 36, 40, 44 und 48)
- 5250 - 5350 MHz (Kanäle 52, 56, 60 und 64)
- 5470 - 5725 MHz (Kanäle 100, 104, 108, 112, 116, 120, 124, 128, 132, 136 und 140)
- Band 3: 5725 - 5875 MHz (Kanäle 147, 151, 155, 167)

**Hinweis:** Bitte beachten Sie, dass die Frequenzbereiche und Funkkanäle aus Band 3 ausschließlich für die Verwendung in Großbritannien vorgesehen sind!

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

| Kanal | Frequenz  | ETSI (EU) | FCC (US) | Japan |
|-------|-----------|-----------|----------|-------|
| 36    | 5,180 GHz | ja        | ja       | ja    |
| 40    | 5,200 GHz | ja        | ja       | ja    |
| 44    | 5,220 GHz | ja        | ja       | ja    |
| 48    | 5,240 GHz | ja        | ja       | ja    |
| 52    | 5,260 GHz | ja        | ja       | nein  |
| 56    | 5,280 GHz | ja        | ja       | nein  |
| 60    | 5,300 GHz | ja        | ja       | nein  |
| 64    | 5,320 GHz | ja        | ja       | nein  |
| 100   | 5,500 GHz | ja        | nein     | nein  |
| 104   | 5,520 GHz | ja        | nein     | nein  |
| 108   | 5,540 GHz | ja        | nein     | nein  |
| 112   | 5,560 GHz | ja        | nein     | nein  |
| 116   | 5,580 GHz | ja        | nein     | nein  |
| 120   | 5,600 GHz | ja        | nein     | nein  |
| 124   | 5,620 GHz | ja        | nein     | nein  |
| 128   | 5,640 GHz | ja        | nein     | nein  |
| 132   | 5,660 GHz | ja        | nein     | nein  |
| 136   | 5,680 GHz | ja        | nein     | nein  |
| 140   | 5,700 GHz | ja        | nein     | nein  |
| 147   | 5,735 GHz | nein      | ja       | nein  |
| 151   | 5,755 GHz | nein      | ja       | nein  |
| 155   | 5,775 GHz | nein      | ja       | nein  |
| 167   | 5,835 GHz | nein      | ja       | nein  |

Tab. 1: Regionale Zulassung der Funkkanäle

### 1.4.3 Frequenzbereiche für Indoor- und Outdoor-Verwendung

Der Einsatz der in der ETSI 301 893 beschriebenen Verfahren zur Reduzierung der gegenseitigen Störungen im 5 GHz-Band (TPC und DFS) sind nicht für alle Einsatzbereiche vorgeschrieben. Die folgende Tabelle gibt Aufschluss über die zulässige Verwendung und die zugehörigen Sendeleistungen innerhalb der EU:

| Frequenz (GHz) | Sendeleistung (mW/dBm) | Verwendung     | DFS | TPC |
|----------------|------------------------|----------------|-----|-----|
| 5,15-5,25      | 30/13                  | Indoor         |     |     |
| 5,15-5,25      | 60/14                  | Indoor         |     | OK  |
| 5,15-5,25      | 200/23                 | Indoor         | OK  | OK  |
| 5,25-5,35      | 200/23                 | Indoor         | OK  | OK  |
| 5,470-5,725    | 1000/30                | Indoor/Outdoor | OK  | OK  |

Tab. 2: Zulässige Sendeleistungen in der EU

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

## A Weitere Unterstützung

### ■ Technische Fragen und Schulungsangebote

Bei technischen Fragen wenden Sie sich bitte an den Hirschmann Vertragspartner in Ihrer Nähe oder direkt an Hirschmann. Die Adressen unserer Vertragspartner finden Sie im Internet unter [www.hirschmann-ac.com](http://www.hirschmann-ac.com).

Darüber hinaus steht Ihnen unsere [Hotline](#) zur Verfügung:

- ▶ Tel. +49 (0)1805 14-1538
- ▶ Fax +49 (0)7127 14-1551

Antworten zu häufig gestellten Fragen finden Sie in den Internetseiten von Hirschmann ([www.hirschmann-ac.com](http://www.hirschmann-ac.com)) am Ende der Produktseiten in der Rubrik FAQ.

Das aktuelle Schulungsangebot zu Technologie und Produkten finden Sie unter <http://www.hicomcenter.com>.

### ■ Hirschmann Competence Center

Langfristig garantieren hervorragende Produkte allein keine erfolgreiche Kundenbeziehung. Erst der umfassende Service macht weltweit den Unterschied. In dieser globalen Konkurrenz hat das Hirschmann Competence Center mit dem kompletten Spektrum innovativer Dienstleistungen vor den Wettbewerbern gleich dreifach die Nase vorn:

- ▶ Das Consulting umfasst die gesamte technische Beratung von der Systembewertung über die Netzplanung bis hin zur Projektierung.
- ▶ Das Training bietet Grundlagenvermittlung, Produkteinweisung und Anwenderschulung mit Zertifizierung.
- ▶ Der Support reicht von der Inbetriebnahme über den Bereitschafts-service bis zu den Wartungskonzepten.

Mit dem Hirschmann Competence Center entscheiden Sie sich in jedem Fall gegen jeden Kompromiss. Das kundenindividuelle Angebot lässt Ihnen die Wahl, welche Servicekomponenten Sie in Anspruch nehmen. Internet:

<http://www.hicomcenter.com>.



**HIRSCHMANN**

---

A **BELDEN** BRAND