



# IEEE 802.11ac / Gigabit-WLAN

IEEE 802.11ac ist ein Standard für ein WLAN mit Übertragungsgeschwindigkeiten im Gigabit-Bereich. 802.11ac wird auch als 5G Wifi bezeichnet. IEEE 802.11ac wurde im November 2013 als Standard verabschiedet. Es handelt sich um den fünften WLAN-Standard nach 802.11, 802.11b, 802.11g/11a und 802.11n.

Ein Entwurf des Standards definiert eine maximale Datenrate von 6.933 MBit/s. Während die Geschwindigkeit des Vorgängerstandards IEEE 802.11n bei maximal 600 MBit/s liegt, soll die Beschleunigung bei IEEE 802.11ac durch die Optimierung des Übertragungsprotokolls, verbesserte WLAN-Techniken und die konsequente Nutzung des Frequenzspektrums bei 5 GHz erfolgen. So sollen Datenraten von 300, 450, 867 und 1.333 MBit/s oder mehr möglich sein.

## Aktuelle WLAN-Standards im Vergleich

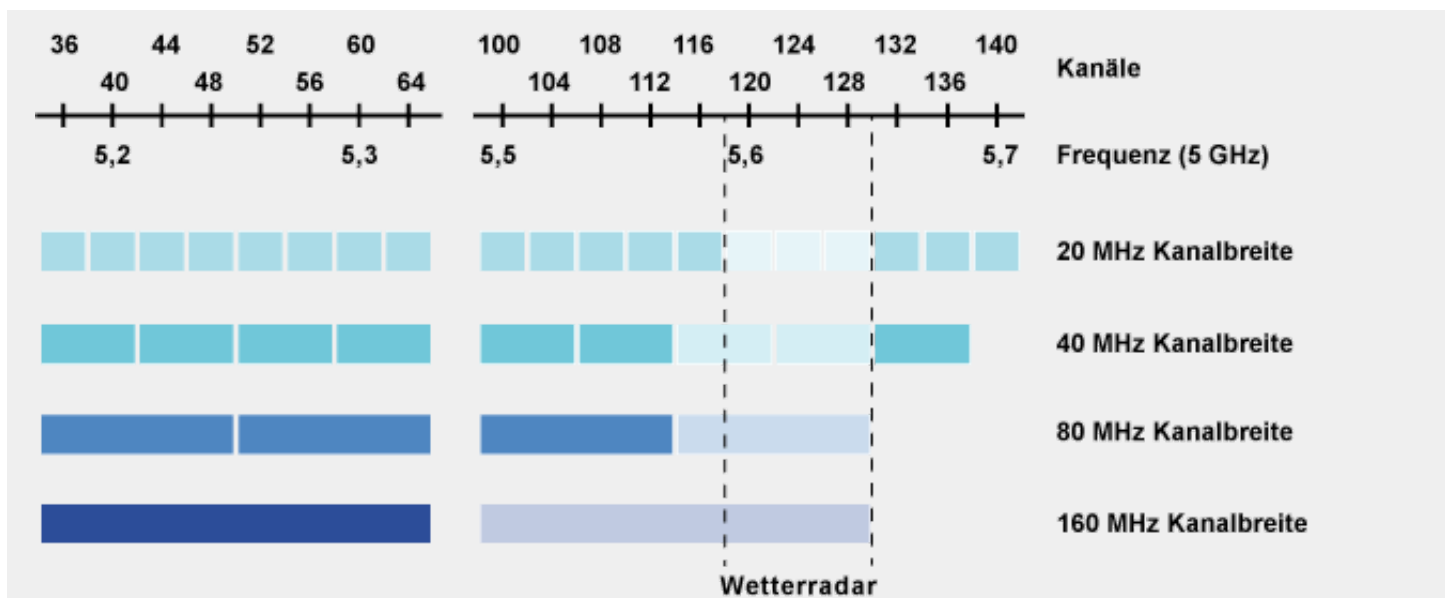
	IEEE 802.11n	IEEE 802.11ac	IEEE 802.11ad
<b>Maximale Übertragungsrate</b>	600 MBit/s	3,2 GBit/s	7 GBit/s
<b>Maximale Reichweite</b>	100 m	50 m	10 m
<b>Frequenzband</b>	2,4 + 5 GHz	5 GHz	60 GHz
<b>Maximale Sende/Empfangseinheiten</b>	4 x 4	8 x 8	1
<b>Antennentechnik</b>	MIMO	MU-MIMO	Beamforming
<b>Maximale Kanalbreite</b>	40 MHz	160 MHz	2000 MHz
<b>Modulationsverfahren</b>	QAM-64	QAM-256	QAM-64

## Technische Merkmale

IEEE 802.11ac bringt im Vergleich zum Vorgänger IEEE 802.11n keine wesentlichen Neuerungen. Statt dessen erreicht man die höhere Übertragungsrate durch breitere Übertragungskanäle (bis 160 MHz), mehr parallele Sende- und Empfangseinheiten (8 x 8), eine effizientere Modulation (256QAM) und Multi-User-MIMO. Ein weiterer Vorteil von 11ac ist die bessere Ausleuchtung.

- Kanalbreiten von 20, 40, 80 und 160 MHz
- Modulationsverfahren 256QAM kodiert pro Übertragungsschritt 8 Bit
- bis zu 8 simultan nutzbare Antennen
- Multiuser-MIMO (MU-MIMO) unterstützt mehrere Clients pro Basisstation

## Frequenzen



Ein WLAN mit IEEE 802.11ac arbeitet im Funkspektrum von 5 GHz, für das es weltweit eine Allgemeinzuteilungen gibt. In der EU sind folgende Bereiche im 5-GHz-Frequenzband freigegeben.

- 5.150 bis 5.350 MHz (Kanal 36 bis 64)
- 5.470 bis 5.725 MHz (Kanal 100 bis 140)

In anderen Regionen auf der Welt sieht es anders aus. In der Regel dürfte genug Platz für mehrere parallel betriebene 11ac-WLANs sein.

Die Nutzung des 5-GHz-Bandes setzt eine Kanalauswahlautomatik voraus, die dafür sorgt, dass die Basisstation nur die Kanäle belegt, die frei sind. Unter anderem deshalb, weil die Kanäle 120 bis 128 vom Wetter-Radar belegt sind.

Nur mit DFS (Dynamic Frequency Selection) und TPC (Transmit Power Control) dürfen 5-GHz-Funksysteme die Kanäle oberhalb von Kanal 48 nutzen. Sonst dürfen sie nur die Kanäle zwischen 36 und 48 nutzen.

DFS erkennt andere Funksysteme und weicht ihnen durch den Wechsel auf andere Kanäle aus. Mit TPC steuern die Access-Points ihre Sendeleistung dynamisch. So werden bei guter Funkverbindung die Daten mit geringerer Sendeleistung gesendet.

## Kanalbreiten von 20, 40, 80 und 160 MHz

Im Frequenzbereich von 5 GHz sieht die IEEE 802.11ac Kanalbreiten von 20, 40, 80 und 160 MHz vor. Die Kanalbreiten 20, 40 und 80 MHz sind die Mindestanforderungen von IEEE 802.11ac. Die Kanalbreite 160 MHz ist optional.

Ob in der Praxis ein 160 MHz breiter Kanal möglich ist, ist fraglich. Wenn wie im 2,4-GHz-Band auch im 5-GHz-Band mehrere WLANs parallel die Frequenzen nutzen, dann wird es eng und führt zu sinkenden Übertragungsraten. Je breiter ein Kanal, desto weniger WLANs können parallel arbeiten. Ein Kanal mit 160 MHz würde fast das ganze verfügbare Frequenzspektrum belegen. Das wäre nur in Ausnahmefällen sinnvoll.

## DFS - Dynamic Frequency Selection

Damit WLAN-Basisstationen in der EU alle 19 Kanäle im Frequenzband um 5 GHz nutzen dürfen, müssen sie die Signale anderer Funksysteme erkennen und durch Kanalwechsel ausweichen können (DFS).

Weiterhin gilt die Anordnung, dass nur mit DFS (Dynamic Frequency Selection) und TPC (Transmit Power Control) die Kanäle oberhalb von Kanal 48 genutzt werden dürfen. Das ist notwendig, um bspw. den Betrieb

des Wetterradars nicht zu stören.

Geräte, die DFS und TPC nicht beherrschen, dürfen nur die Kanäle 36 bis 48 (5150 bis 5250 MHz) nutzen, was einem 80-MHz-Frequenzblock entspricht. Dummerweise gibt es auf dem Markt Geräte, bei denen DFS und TPC fehlen und die deshalb nur unvollständig 5-GHz-fähig sind. Dabei ist DFS nichts neues. Es ist bereits in IEEE 802.11h enthalten. Ebenso bei IEEE 802.11n, das sowohl im 2,4-GHz- als auch im 5-GHz-Band arbeiten kann.

Das Fehlen von DFS ist deshalb ein Ärgernis, weil WLAN-Clients und -Adapter, die diesen Bereich nicht nutzen können, keine Verbindung zu Access Points mit einem höheren Kanal aufbauen können. In der Praxis äußert sich das zum Beispiel so, dass ein Notebook oder Smartphone ohne DFS-Unterstützung keine Verbindung zu einem Access Point aufbauen kann, der die Kanäle über 48 nutzt.

## Modulationsverfahren 256QAM

Wie alle modernen Funkssysteme nutzt IEEE 802.11ac OFDM, um den Frequenzbereich in zahlreiche, individuell modulierte Subträger zu unterteilen. Im besten Fall unterstützen die Geräte hochwertige Modulationsverfahren. Zum Beispiel 256QAM mit 256 Stufen. Das sind 8 Bit pro Übertragungsschritt. Im Vergleich dazu überträgt 64QAM nur 6 Bit pro Übertragungsschritt.

- [QAM - Quadratur-Amplituden-Modulation](#)

## Bis zu 8 MIMO-Streams

MIMO sieht vor, mehrere Sende- und Empfangsantennen zu verwenden. Bei IEEE 802.11ac bis zu 8 Stück. Das bedeutet bis zu 8 gleichzeitige Datenströme. Mit jedem Datenstrom wird die Übertragungsrate erhöht. Es ist jedoch kaum damit zu rechnen, dass Access-Points mit mehr als 3 oder 4 Datenströmen auf den Markt kommen. Der Datendurchsatz steigt mit jedem weiteren Datenstrom nicht zwangsläufig an. Dafür steigt der Hardware-Aufwand, die Anzahl der Antennen, der Rechenaufwand zur Signaltrennung und der Energieverbrauch. Insbesondere mobile Geräte müssen mit einem, höchstens zwei Datenströmen auskommen.

- [Mehr Informationen zu MIMO](#)

## MU-MIMO - Multi-User-MIMO

IEEE 802.11ac sieht auch eine Erweiterung für Multi-User-MIMO (MU-MIMO) vor, bei der mehrere Antennen an unterschiedliche WLAN-Clients Daten senden. Sinnvoll sind hier vier oder mehr Antennen, bei Basisstationen, die mehrere Clients versorgen müssen. Mehrere Antennen versorgen gleichzeitig mehrere Clients. Dazu müssen aber auch die Clients MU-MIMO-fähig sein.

## Beamforming

Beamforming ist bereits seit IEEE 802.11n spezifiziert, aber leider zu ungenau. Herstellerübergreifendes Beamforming hat selten funktioniert. In IEEE 802.11ac ist Beamforming genauer spezifiziert.

Per Beamforming kann eine Basisstation das Funksignal in eine bestimmte Richtung senden und so die Verbindung zu einem bestimmten Client deutlich verbessern. Beim Beamforming senden mehrere Antennen das gleiche Signal mit einem zeitlichen Versatz. Dabei entsteht eine Richtwirkung, die die Sendeenergie auf einen Client fokussiert. Dabei verbessert sich die Qualität der Funkverbindung, was eine höhere Modulationsstufe erlaubt und somit die Übertragungsrate erhöht.