

# LANCOM Whitepaper

## IEEE 802.11ac

**IEEE 802.11ac ist ein WLAN-Standard im 5 GHz-Frequenzband, welcher mit Bruttodatenraten im Gigabit-Bereich einen sehr großen Leistungsgewinn im Vergleich zum Standard IEEE 802.11n bietet. Diese verbesserte Leistung ist notwendig, da mit der wachsenden Anzahl mobiler Endgeräte im Unternehmensbereich und dem selbstverständlich gewordenen Komfort einer kabellosen Anbindung zugleich der Bedarf nach mehr Bandbreite steigt.**

**Dieses Whitepaper erläutert die Neuerungen, die IEEE 802.11ac mit sich bringt und wie diese sich auf die Leistungsfähigkeit des WLANs auswirken.**

### Neuerungen in IEEE 802.11ac

Um die erhöhte Datenrate im WLAN bereitstellen zu können, kommen im Vergleich zu IEEE 802.11n verschiedene Neuerungen zum Einsatz, die kombiniert den entsprechenden Gewinn erzielen. Die Umsetzung der einzelnen Funktionen des Standards findet in mehreren Schritten statt. Die erste Welle an Geräten mit IEEE 802.11ac-Unterstützung wird als „Wave 1“ bezeichnet. Diese Geräte bieten eine Leistung, die weit über den bisher möglichen Bruttodatenraten liegt und die Grenze zum Gigabit-Bereich überschreitet. Dies wird durch die folgenden neuen und zukünftigen Technologien ermöglicht.

### 80 MHz-Kanalbreite

Die maximale Kanalbreite wird von 40 MHz auf 80 MHz erhöht. Die Anzahl der nutzbaren Subträger für die Datenübertragung steigt hierbei von 108 auf 234. Es ist mehr als eine Verdoppelung, da auch der Übergangsbereich zwischen den beiden nebeneinander liegenden 40 MHz-Kanälen zur Datenübertragung genutzt wird (Abb.1) und

in Summe weniger Subträger als Pilotträger (8 anstelle von 2x6) benötigt werden.

Ausgehend von einer Datenrate von 150 MBit/s eines 40 MHz-Kanals, steigt die verfügbare Datenrate mit 80 MHz breitem Kanal somit auf 325 MBit/s.

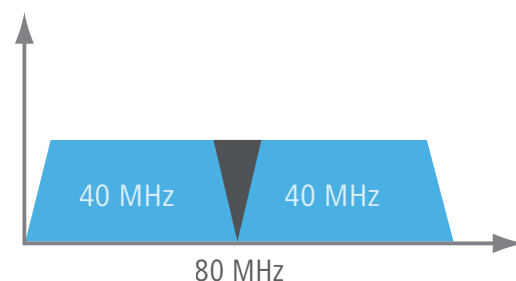


Abb. 1: 80 MHz-Kanalbreite inkl. Übergangsbereich

### QAM-256-Modulation

QAM (Quadrature Amplitude Modulation) bezeichnet ein Modulationsverfahren, welches die Amplituden- und Phasenmodulation kombiniert. Je höher die Modulation, umso größer ist die Anzahl Bits pro übertragenem Symbol. Bei QAM-64, welches bei IEEE 802.11n zum Einsatz kommt, ist die Bitrate auf 6 Bit/Symbol beschränkt. Mit QAM-256 wird diese auf 8 Bit/Symbol angehoben, was in einer um 33% verbesserten Datenrate resultiert und in Kombination der 80 MHz-Kanalbreite die maximale Bruttodatenrate auf 433,33 MBit/s erhöht. Abbildung 2 zeigt eine schematische Darstellung der unterschiedlichen Modulationen.

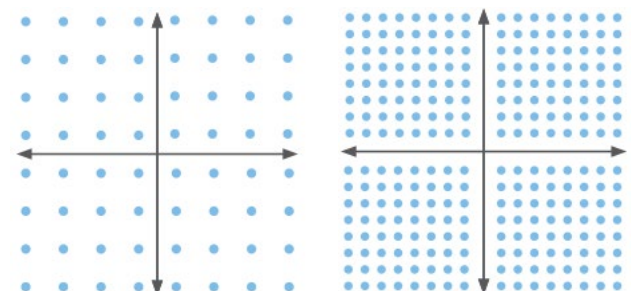


Abb. 2: QAM-64 und QAM-256 im Vergleich

## MIMO

MIMO (Multiple Input Multiple Output) nutzt unterschiedliche Sender und Empfänger, um mehrere parallele Datenströme (Spatial Streams) zu realisieren. Da sich die Laufzeiten der Signale zwischen den einzelnen Sendern und Empfängern auf Grund von Reflektionen und Distanz unterscheiden, können die verschiedenen Datenströme genutzt werden, um mehr Daten zu transportieren. 3x3 MIMO bedeutet beispielsweise, dass drei unterschiedliche Sendeeinheiten des Access Points und drei unterschiedliche Empfangseinheiten des Clients an einer WLAN-Verbindung beteiligt sind, wobei jeder Empfänger das ausgestrahlte Signal der einzelnen Sender empfängt (Abb. 3). Der Access Point oder Client kann anhand der empfangenen Signale die Datenpakete entsprechend zusammensetzen. Das Ergebnis ist in diesem Fall eine Steigerung des Datendurchsatzes um Faktor drei, was unter Berücksichtigung der 80 MHz-Kanalbreite und QAM-256 in einer Bruttodatenrate von 1,3 GBit/s resultiert.

3x3 MIMO (und weniger verbreitet 4x4 MIMO) war auch bereits mit IEEE 802.11n möglich.



Abb. 3: 2x2 MIMO

MIMO	80 MHz
1x1	433
2x2	866
3x3	1300

Bruttodatenrate in MBit/s abhängig von MIMO und Kanalbreite in Wave 1

## Längere Akkulaufzeit

Der Geschwindigkeitsgewinn durch IEEE 802.11ac hat auch relevante Auswirkungen für mobile Endgeräte wie Tablet PCs oder Smartphones. Es werden weniger Spatial Streams benötigt als bei IEEE 802.11n, um eine höhere Bruttodatenrate zu erreichen, was den Stromverbrauch des WLAN-Moduls im Betrieb reduziert. Gleichzeitig sorgt die höhere Bruttodatenrate dafür, dass das Funkmodul des Gerätes weniger lange aktiv genutzt werden muss, was die Akkulaufzeit von Clients weiter erhöht.

## Neuerungen in Wave 2

In der zweiten Phase („Wave 2“) der Entwicklung des Standards werden weitere Funktionen zur Verfügung gestellt, die sowohl die allgemeine Bruttodatenrate erhöhen, als auch Effizienzverbesserungen zur Folge haben.

## 4x4 MIMO

Die Erweiterung von MIMO auf 4x4, mit bis zu vier Spatial Streams, ist ein logischer Schritt beim Ausbau der Kapazitäten, die IEEE 802.11ac bietet. Mit 4x4 MIMO kann bei gleichen Bandbreiten die Bruttodatenrate um weitere 33% verbessert werden.

## Multi-User MIMO

Multi-User MIMO (kurz MU-MIMO) ermöglicht die Aufteilung der verschiedenen Spatial Streams eines Access Points auf unterschiedliche Clients. Bei normalem MIMO werden alle Clients nacheinander mit Daten versorgt. Mit MU-MIMO können mehrere Clients gleichzeitig versorgt werden und die gesamte Bandbreite, über die parallel Daten übertragen werden können, wird erhöht. Beispielsweise kann mit MU-MIMO ein Access Point mit 3x3 MIMO drei Spatial Streams nutzen, um Daten parallel an einen 2x2 MIMO Client und einen 1x1 MIMO Client (z. B. Notebook und Smartphone, Abb. 4) zu übertragen.

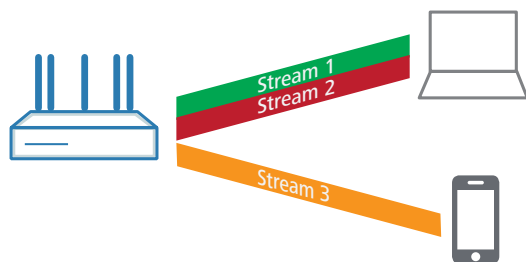


Abb. 4: Multi-User MIMO

### Beamforming

Mit Beamforming kann ein Access Point steuern, wie stark das Signal in verschiedene Richtungen abgestrahlt wird, um bestimmten Clients eine besonders gute Verbindung zu ermöglichen oder auch um andere Clients möglichst nicht mit den Signalen zu stören. In Zusammenarbeit mit MU-MIMO können somit die verschiedenen Clients, die für sie bestimmten Spatial Streams mit minimalen Interferenzen empfangen, was sich positiv auf die verfügbaren Bruttodatenraten der einzelnen Clients auswirkt (Abb. 5).

Beamforming war auch schon bei IEEE 802.11n möglich, aber nicht genau spezifiziert. Dies hat zu proprietären Implementationen geführt, die nur mit spezifischer Hardware genutzt werden konnten. In IEEE 802.11ac ist Beamforming ein definierter Bestandteil des Standards, womit die Kompatibilität gewährleistet ist.

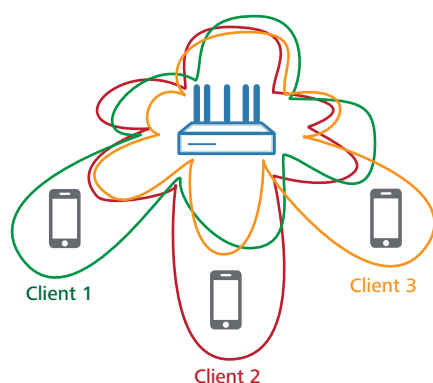


Abb. 5: Beamforming

### 160 MHz Kanalbreite

Eine weitere Erhöhung der Kanalbreite auf 160 MHz bringt eine weitere Verdoppelung der Performance. Hierbei wird entweder ein Kanal mit 160 MHz genutzt oder es werden zwei nicht direkt benachbarte 80 MHz-Kanäle kombiniert, um die entsprechende Leistung zu erreichen. Bei jedem dieser Verfahren stehen insgesamt 468 Subträger zur Datenübertragung zur Verfügung, da nicht unterschieden wird, ob es sich um einen zusammenhängenden 160 MHz-Kanal oder um zwei separate 80 MHz-Kanäle handelt. Diese Funktion ist besonders interessant, da im 5 GHz-Frequenzband nicht immer genug zusammenhängende 160 MHz-Kanäle genutzt werden können (siehe Abb. 6 und Abschnitt DFS).

MIMO	80 MHz	160 MHz
1x1	433	866
2x2	866	1733
3x3	1300	2600
4x4	1733	3466
Maximale vom Standard vorgesehene Bruttodatenraten in MBit/s abhängig von MIMO und Kanalbreite		

### Ausblick

Es gibt noch weitere Funktionen, die im Standard IEEE 802.11ac beschrieben sind, aber weder in Wave 1 noch Wave 2 verpflichtend sind. Denkbar ist u.a. die Unterstützung von bis zu acht Spatial Streams.

### Anforderungen an die Infrastruktur

Um die Geschwindigkeit von IEEE 802.11ac, von Wave 1 an, voll ausnutzen zu können, muss die Infrastruktur einige Anforderungen erfüllen:

- IEEE 802.11ac Clients werden benötigt, um die Vorteile des neuen Standards nutzen zu können.
- Gigabit Switches mit mindestens 1 GBit/s, besser 10 GBit/s Uplink Ports, um sicherzustellen, dass die hohen Übertragungsraten ausgenutzt werden können.
- IEEE 802.3af zur Stromversorgung der Access Points über Ethernet. Ab 3x3 Dual Radio Access Points wird für volle Leistung 802.3at (PoE+) empfohlen

- Dual Radio Access Points, die IEEE 802.11ac in 5 GHz für maximale Performance anbieten und auf 2,4 GHz allen älteren Clients den Zugang ermöglichen.

## DFS

Dynamic Frequency Selection (DFS) ist ein Mechanismus, der sowohl von der europäischen Regulierungsbehörde ETSI als auch der US-amerikanischen FCC gefordert wird, um WLAN im gesamten 5 GHz-Frequenzband betreiben zu dürfen. DFS dient dazu, den WLAN-Kanal automatisch zu wechseln, falls ein Radarmuster auf dem Kanal erkannt wurde, das einen Wechsel erfordert. Dies betrifft unter anderem Wetterradar, Schiffsradar und militärische Anwendungen, welche auch im 5 GHz-Frequenzband operieren. In Europa und den USA ist DFS verpflichtend für die Frequenzbereiche von 5,25 - 5,35 GHz und 5,47 - 5,725 GHz, was den Kanälen 52 - 64 und 100 - 140 entspricht. Sie sind in der Frequenzübersicht (Abb. 6) blau hervorgehoben. In der Grafik ist zu sehen, dass die breiten Kanäle (80 und 160 MHz) von IEEE 802.11ac besondere Rahmenbedingungen erfordern. So gibt es für die geplante 160 MHz-Kanalbandbreite nur wenige Möglichkeiten, diese

zu realisieren. Schmalere Kanalbreiten können einfacher genutzt werden, allerdings sinkt der maximale Datendurchsatz. Aus diesem Grund ist bei der Planung einer IEEE 802.11ac-Infrastruktur eine genaue Betrachtung des WLAN-Umfelds erforderlich.

Bei der Kanalplanung ist folgendes zu beachten:

- Ein hoher Anteil an überlappungsfreien Kanälen wird benötigt, um Interferenzen möglichst zu vermeiden.
- Eine Kanalbreite von 80 MHz oder 160 MHz kann sehr wahrscheinlich nur begrenzt genutzt werden.
- Schmalere Kanalbreiten bieten bei IEEE 802.11ac immer noch einen deutlich höheren Datendurchsatz als äquivalente Kanäle bei IEEE 802.11n.

## Fazit

Mit der Überschreitung der Gigabit-Grenze wird der Performance-Unterschied zwischen kabelgebundenem und drahtlosen Arbeiten immer kleiner oder verschwindet vollständig. Die erhöhte Akkulaufzeit von Mobilgeräten ist ein weiterer Aspekt, der das mobile und drahtlose Arbeiten verbessert.

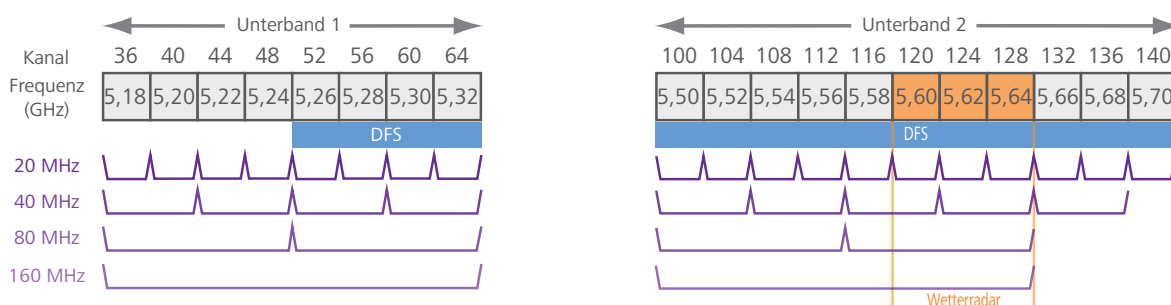


Abb. 6: Kanäle im 5 GHz-Frequenzband