

Whitepaper

Wi-Fi 7 - Die Zukunft der drahtlosen Konnektivität





Die Wi-Fi-Technologie hat sich seit über zwei Jahrzehnten stetig weiterentwickelt, um die wachsenden Anforderungen durch eine ständig zunehmende Client-Anzahl, steigenden Bandbreitenbedarf und geringen Latenzen zu erfüllen. Die Einführung des 6 GHz-Frequenzbands in Wi-Fi 6E markierte einen echten Meilenstein für die Wi-Fi-Technologie, da hiermit ein WLAN-exklusives Frequenzband für eine störungsfreie und leistungsfähige Drahtloskommunikation bereitgestellt wurde. Nun steht die nächste WLAN-Generation in den Startlöchern: Wi-Fi 7 verspricht nicht nur noch schnellere Geschwindigkeiten, sondern auch eine drastisch verbesserte Reaktionsfähigkeit und Zuverlässigkeit für immersive Anwendererlebnisse und anspruchsvolle zukünftige Technologien.

WLAN-Evolution

Die folgende Übersicht zeigt die wesentlichen Unterschiede in der Weiterentwicklung von Wi-Fi 6 bis Wi-Fi 7:

	Wi-Fi 6	Wi-Fi 6E	Wi-Fi 7
Max. Durchsatz (brutto)*	9,6 GBit/s	9,6 GBit/s	46 GBit/s
Frequenzbänder	2,4 GHz 5 GHz	2,4 GHz 5 GHz 6 GHz	2,4 GHz 5 GHz 6 GHz
Modulation	QAM-1024	QAM-1024	QAM-4096
Unterstützte Kanalbreite	20 MHz 40 MHz 80 MHz 160 MHz	20 MHz 40 MHz 80 MHz 160 MHz	20 MHz 40 MHz 80 MHz 160 MHz 320 MHz
MIMO	8×8 MU-MIMO	8×8 MU-MIMO	8×8 MU-MIMO
Multi-Link Operation	–	–	ja
Resource Units	Eine RU pro Client	Eine RU pro Client	Mehrere RU pro Client

* Bei Einsatz der jeweils im Standard vorgesehenen maximal möglichen Ausbaustufen.

In diesem Whitepaper werden die wesentlichen Fortschritte und ihre technischen Hintergründe illustriert.

6 GHz

Bereits mit Wi-Fi 6E wurde das 6 GHz-Frequenzband eingeführt. Der Vorteil: Das 6 GHz-Band ist einzig für WLAN-Übertragungen vorgesehen, dadurch störungsfrei und bietet minimale Latenz und maximalen Datendurchsatz, was vor allem für zeitkritische Anwendungen und reaktionsschnelle Verbindungen entscheidend ist. Das verfügbare Spektrum im 2,4 und 5 GHz-Band sowie dessen Nutzung durch andere Funktechnologien oder Primärnutzer stellt hingegen oft einen Flaschenhals dar. So ist das 2,4 GHz-Frequenzband mit einer hohen Clientanzahl wie Babyphones und Mikrowellen überfüllt. Und auch im 5 GHz-Band steigt die Nutzeranzahl stetig, wobei dort zusätzlich DFS (Radarerkennung) ein Problem darstellt.

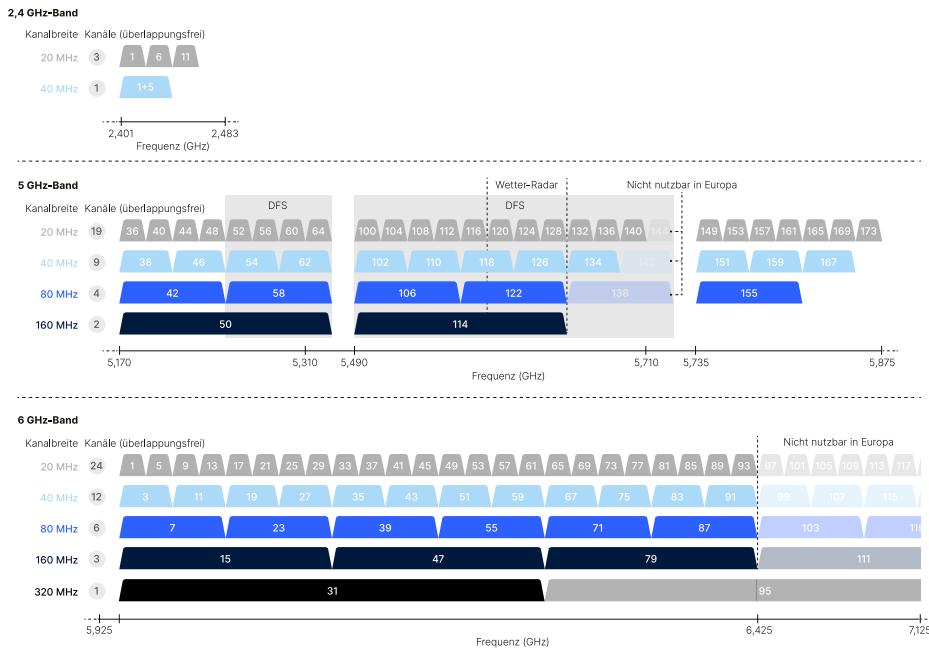


Abbildung 1:
Frequenzschema
2,4 GHz, 5 GHz und 6 GHz

Konsequenterweise kommt auch bei Wi-Fi 7 neben 2,4 und 5 GHz das WLAN-exklusive 6 GHz-Frequenzband um Einsatz, was wiederum eine schnell steigende Marktabdeckung von 6 GHz-fähigen WLAN-Endgeräten verspricht.

Schnellere Geschwindigkeiten

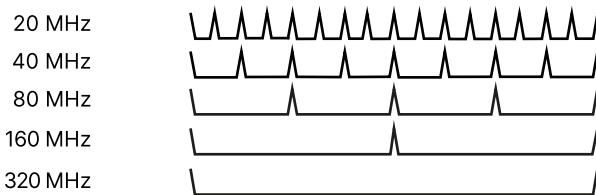
Wi-Fi 7 beeindruckt insbesondere durch die erhebliche Steigerung der Geschwindigkeiten im Vergleich zu Wi-Fi 6 und Wi-Fi 6E von rund 480%. Dies gilt allerdings nur bei der Nutzung aller im Standard vorgesehenen Erweiterungen inkl. 16x16 MU-MIMO, was in der Praxis kaum zum Einsatz kommen wird. Aber selbst mit 4x4 MIMO-Systemen sind bis zu 240% höhere Bandbreiten möglich.

Dieser Geschwindigkeitsgewinn ist auf zwei wesentliche Upgrades zurückzuführen:

320 MHz-Kanalbreite

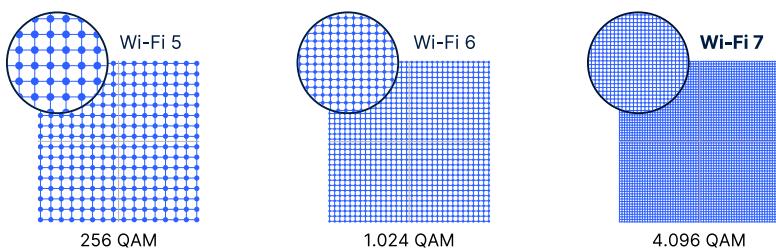
Bereits mit Wi-Fi 5 wurde eine maximale Kanalbreite von 160 MHz im 5 GHz-Band für die Verbindung mit einzelnen Geräten eingeführt. Wi-Fi 7 verdoppelt diese Kanalbreite auf 320 MHz, wodurch sich die Übertragungsgeschwindigkeit für einzelne Geräte verdoppelt. Hier kommt das 6 GHz-Frequenzband ins Spiel: Nur dieses bietet ausreichend Platz für diese Kanalbreite.

Innerhalb der Europäischen Union gibt es jedoch einen wichtigen Aspekt zu berücksichtigen: In der EU ist bislang nur ein Spektrum von 480 MHz der insgesamt 1.200 MHz zur Nutzung der 6 GHz-Frequenz freigegeben. Somit kann nur ein einziger 320 MHz-Kanal im eigenen Funkfeld interferenzfrei existieren.

Abbildung 2:
Kanalbreiten

4k QAM

QAM (Quadraturamplitudenmodulation) erhöht den Datendurchsatz durch eine höhere Informationsdichte bei Übertragungsvorgängen. Dabei gilt: Je höher die QAM-Stufe, desto höher der Durchsatz. So kamen bei Wi-Fi 5 QAM-256 (8 Bits/Symbol) und bei Wi-Fi 6 QAM-1024 (10 Bits/Symbol) zum Einsatz. Wi-Fi 7 unterstützt nun die Übertragung von 4096 verschiedenen Datenwerten pro Symbol (QAM-4096 / 4k QAM). Da somit nun 12 Bits pro Symbol übertragen werden, steigert dies die Übertragungsgeschwindigkeit um weitere 20 %.

Abbildung 3:
QAM
(Quadraturamplitudenmodulation)

Die größere Kanalbreite mit 320 MHz und die höhere Datendichte (4k QAM) sind der Grund für die 2,4-fache Erhöhung der maximalen Geschwindigkeit im Vergleich von Wi-Fi 6 und Wi-Fi 7.

Stabilere Verbindungen

In einem Umfeld mit einer stetig wachsenden Anzahl an Funksignalen und Endgeräten liegt eine wesentliche Innovation von Wi-Fi 7 in zwei Technologien, die die Stabilität von WLAN-Verbindungen verbessern.

Multi-Link Operation (MLO)

Bei bisherigen WLAN-Standards werden Verbindungen zwar über mehrere Frequenzbänder angeboten, jedoch können die Endgeräte nur ein einziges Band für ihre Übertragungen nutzen. Ein Wechsel zu einem anderen, findet nur dann statt, wenn sich die Bedingungen ändern. Durch die Anwendung von Multi-Link Operation (MLO) können Wi-Fi 7-Geräte auf zwei Frequenzbändern simultan verbunden werden.

WLAN-Clients mit einem verbauten Funkmodul profitieren durch stabilere Verbindungen, insbesondere in Funkumgebungen mit hoher Signaldichte: Ohne Verbindungsabbrüche werden Pakete über das jeweils qualitativ besser verfügbare Frequenzband transferiert (Enhanced Multi-Link Single-Radio).

WLAN-Clients mit mehr als einem verbauten Funkmodul hingegen profitieren von schnelleren Geschwindigkeiten durch die Aggregation beider Bänder. Zusätzlich wird die Verbindung aufrechterhalten, falls ein Frequenzband kurzzeitig nicht zur Verfügung steht. Alternativ können beide Frequenzbänder gleichzeitig genutzt werden, um redundante Datenpakete zu versenden, um somit eine erhöhte Stabilität und verringerte Latenzen von Verbindungen zu gewährleisten (Multi-Link Multi-Radio).

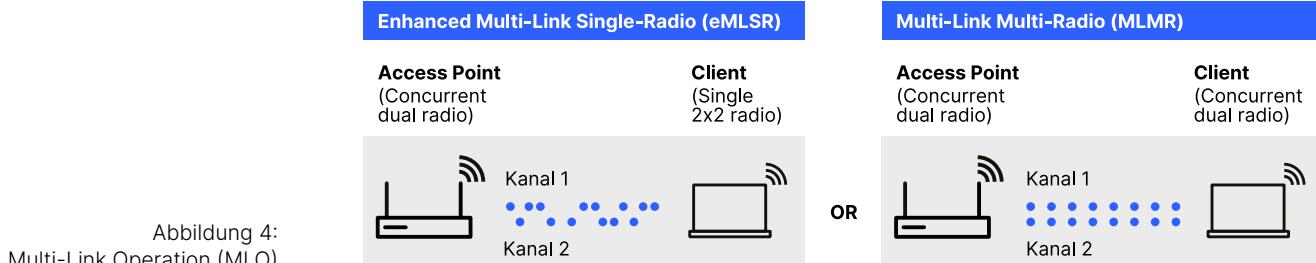


Abbildung 4:
Multi-Link Operation (MLO)

Multi-RU & Puncturing

In vorherigen WLAN-Generationen war die Einschränkung der Bandbreite durch Interferenzen ein bedeutendes Problem. Dies resultierte insbesondere aus schmalbandigen Störquellen, die eine erhebliche Beeinträchtigung des genutzten Kanals verursachten. Diese Störungen konnten dazu führen, dass ein Signal, das nur einen Bruchteil der Kanalbandbreite ausmachte, den gesamten Kanal außer Betrieb setzte und somit wertvolles Spektrum verschwendete. Die Einführung von Wi-Fi 7 adressiert dieses Problem durch die Konzepte von Multi-RU (Multiple Resource Units) und Puncturing. Schmalbandstörungen werden nun als einfache Durchdringung („Puncturing“) des Spektrums betrachtet. Dabei wird der Kanal in kleinere Teilkanäle („Resource Units“ bzw. „RU“) unterteilt, wie bereits mit der seit Wi-Fi 6 eingeführten Technologie OFDMA umgesetzt. Mit Puncturing wird das gestörte Spektrum bzw. der Teilkanal ausgeschnitten, um das ungestörte umliegende Spektrum weiter zu verwenden. Somit wird erstmals der produktive Einsatz auch sehr breiter WLAN-Kanäle (160 MHz oder sogar 320 MHz) in normalen Umgebungsbedingungen eine sinnvolle Option.

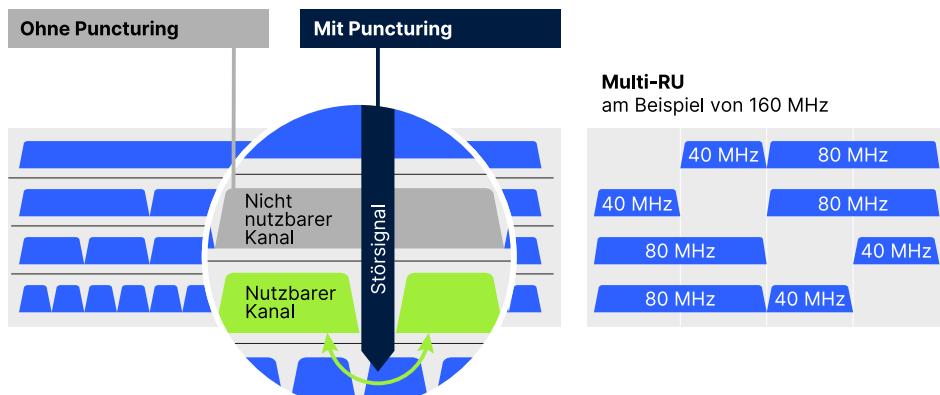


Abbildung 5:
Multi-RU & Puncturing

Was gilt es vor der Implementierung zu beachten?

Im Kontext der Implementierung von Wi-Fi 7 sind neben der Installation von Wi-Fi 7-fähigen Access Points weitere entscheidende Faktoren zu berücksichtigen, um eine optimale Leistung und Zuverlässigkeit des Netzwerks zu gewährleisten.

Reichweite

6 GHz hat im Vergleich zu 5 GHz oder sogar 2,4 GHz eine geringere Funkabdeckung. Dies gilt es bei der WLAN-Ausleuchtung und der Anzahl der zu verbauenden Access Points zu berücksichtigen. Ein Ausleuchtungsservice kann hier eine lohnenswerte Investition sein.

Endgeräte

Obwohl Wi-Fi 7 voll abwärtskompatibel zu seinen Vorgängerstandards ist, entfaltet sich die volle Stärke dieses Standards nur mit Endgeräten, die ebenfalls Wi-Fi 7 unterstützen. Dies gilt bei der Neuanschaffung beispielsweise von Notebooks oder Smartphones zu berücksichtigen.

LAN

Ein weiterer wesentlicher Aspekt betrifft die Netzwerkinfrastruktur selbst, insbesondere die LAN-Komponenten. Die erheblichen Bandbreiten von Wi-Fi 7 erfordern Switches mit ausreichender Portkapazität – inkl. 10 GE- und 2,5 GE-Ports –, um die Übertragungsgeschwindigkeiten effektiv zu unterstützen. Sofern die Access Points über Power over Ethernet mit Strom versorgt werden, müssen die Switches zusätzlich PoE-Leistung gemäß IEEE 802.3bt bereitstellen, um die anspruchsvollen Stromanforderungen der Wi-Fi 7 Access Points zu erfüllen.

Fazit

Wi-Fi 7 repräsentiert einen bedeutenden Fortschritt in der drahtlosen Konnektivität und steht im Einklang mit dem wachsenden Bedarf an leistungsstarken und zuverlässigen Netzwerken. Mit beeindruckenden Geschwindigkeiten, einer größeren Kanalbreite, höherer Datendichte und innovativen Funktionen wie Multi-Link Operation und Multi-RU & Puncturing bietet Wi-Fi 7 die Grundlage für immersive Anwendererlebnisse und anspruchsvolle zukünftige Technologien. Es wird zudem erwartet, dass Wi-Fi 7 insbesondere den verbreiteten Einsatz des WLAN-exklusiven 6 GHz-Frequenzbandes vorantreiben wird.