

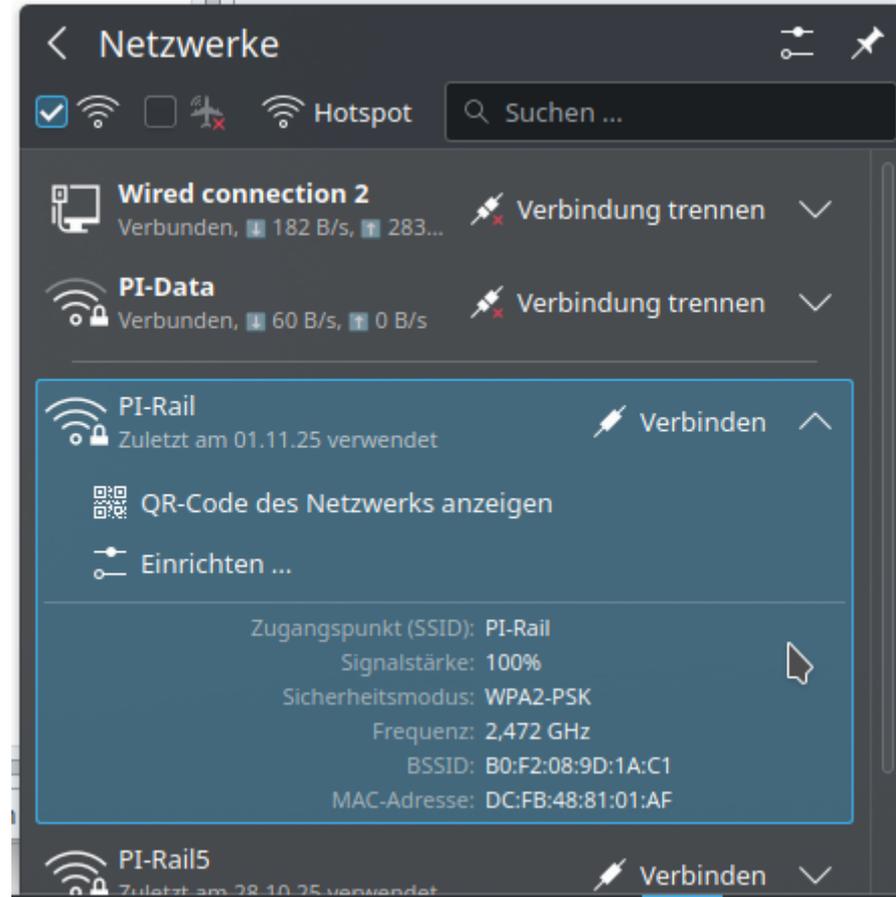
# WLAN Mesh & Optimierung

## Motivation

- Verbesserung der WLAN-Abdeckung
  - Heimnetz und Internet im ganzen Haus und Garten
- Möglichst unterbrechungsfrei beim Bewegen in Haus und Garten
  - Offene Webseiten (z.B. Online-Shop) sollen Session nicht verlieren
  - Telefongespräche sollen nicht abreißen
  - Modellbahn im Garten: Während Wechsel des Access-Points keine Verbindung zur Lok

# WLAN-Eigenschaften

- SSID und Passwort für Verbindung
  - Offenes WLAN = kein Passwort
- Verschlüsselte Kommunikation
  - WEP sehr unsicher, d.h. leicht zu knacken
  - WPA-2 deutlich aufwändiger zu knacken
  - WPA-3 noch wenig verbreitet
- BSSID: Eindeutige ID des AP
  - Wird meist nicht angezeigt
- Kanal: Frequenz auf der kommuniziert wird
  - Kanäle stören direkte Nachbarkanäle
  - Bei 2,4 Ghz 13 Kanäle aber nur 3 parallel störungsfrei nutzbar
- Frequenzband:
  - 2,4 Ghz, 5 Ghz und 6 GHz



## Grundprinzip

- Router für Verbindung zum Internet
- Access-Points:
  - Zusätzliche WLAN-Zugriffspunkte auf das Netzwerk des Routers
- Repeater:
  - Access-Point, der das WLAN-Signal „wiederholt“
  - Wirkt wie ein Verstärker
- Roaming:
  - Automatisches Wechseln des Access-Points
  - Betrifft Laptop, Handy, Tablet

# Mesh (AP und Router)

- Standards:
  - Wi-Fi EasyMesh: Ermöglicht Hersteller übergreifendes Mesh
  - IEEE 802.11s: Regelt Kommunikation zw. Mesh-Knoten
  - Wi-Fi 6 (802.11ax) und Wi-Fi 6E
- „vernetzte“ Access-Points die sich „absprechen“
  - Alle haben die selbe SSID und Passwort
  - Senden nicht gleichzeitig
  - Helfen Clients beim Wechsel zu Access-Point mit besserem Empfang
- Dual-Band/Tri-Band:
  - Ein Band für Kommunikation von Repeater mit Router und ein anderes für Kommunikation mit Client
  - Band-Steering: Mesh-System leitet Client auf optimales Frequenzband um
- Probleme:
  - Viele proprietäre Lösungen von Herstellern
  - Funktioniert in der Regel nicht wenn AP und Router von verschiedenen Herstellern

# Fritzbox mit Repeater

FRITZ!
FRITZ!Box 7590
MyFRITZ!
FRITZINAS
⋮

Heimnetz > Mesh
?

- Übersicht
- Internet
- Telefonie
- Heimnetz ^
- Mesh
- Netzwerk
- USB / Speicher
- Mediaserver
- FRITZ!Box-Name
- WLAN
- Smart Home
- Diagnose
- System
- Assistenten
- Hilfe und Info

Mesh Übersicht

Mesh Einstellungen

Hier sehen Sie, wie Ihre Geräte aktuell mit Ihrer FRITZ!Box verbunden sind. Hier können Sie auch sehen, ob für Ihre FRITZ!-Produkte Software-Updates vorhanden sind und für welche FRITZ!-Produkte Sie Mesh aktivieren können. [Mehr Informationen zu Mesh](#)

FRITZ!Box 7590

IP-Adresse: 192.168.168.1

---

HEIMNETZ

WLAN-Funknetz (2,4 und 5 GHz)

PI-Data

Gastfunknetz

PI-Data-Gast

FRITZ!WLAN Repeater 1750E

2,4 GHz → 36 Mbit/s	36 Mbit/s	36 Mbit/s	
5 GHz → 866 Mbit/s	866 Mbit/s	866 Mbit/s	
2,4 GHz → 59 Mbit/s	59 Mbit/s	59 Mbit/s	
2,4 GHz → 72 Mbit/s	72 Mbit/s	72 Mbit/s	
5 GHz → 234 Mbit/s	234 Mbit/s	234 Mbit/s	
LAN → 1 Gbit/s	1 Gbit/s	1 Gbit/s	
LAN → 1 Gbit/s	1 Gbit/s	1 Gbit/s	
5 GHz → 390 Mbit/s	390 Mbit/s	390 Mbit/s	
5 GHz → 390 Mbit/s	390 Mbit/s	390 Mbit/s	

# Fritzbox: Mesh-Einstellungen

FRITZ!
FRITZ!Box 7590

MyFRITZ!
FRITZINAS
⋮

- 🏠 Übersicht
- 🌐 Internet
- ☎️ Telefonie
- 🏠 **Heimnetz** ^
- Mesh
- 🌐 Netzwerk
- 💾 USB / Speicher
- 🖥️ Mediaserver
- 🏠 FRITZ!Box-Name
- 📶 WLAN
- 🏠 Smart Home
- 🔍 Diagnose
- 👁️ System

---

- 🗣️ Assistenten
- ❓ Hilfe und Info

🏠 Heimnetz > Mesh
?

Mesh Übersicht

Mesh Einstellungen

Im Mesh gibt es immer ein FRITZ!-Gerät, das Mesh Master ist. Jedes weitere FRITZ!-Gerät im Mesh konfigurieren Sie über die Betriebsart als Mesh Repeater. Die wesentlichen Einstellungen des Mesh Masters gelten im gesamten Mesh.

---

**Rolle im Mesh**

Diese FRITZ!Box ist Mesh Master. Ihre verteilten Einstellungen gelten automatisch im ganzen Mesh. Betriebsart ändern

---

**Intelligente Vernetzung**

Mesh-Geräte wählen automatisch die beste Verbindung (empfohlen)

Die Geräte stimmen sich untereinander ab und sorgen für maximale Leistung im Heimnetz.

---

**Telefonie im Mesh nutzen**

Diese Funktion können Sie für eine FRITZ!Box im Mesh freischalten, die als Mesh Repeater eingerichtet ist und auf der noch keine Rufnummern eingerichtet sind. Nach der Freischaltung können Sie am Mesh Repeater über alle Rufnummern telefonieren, die im Mesh Master eingerichtet sind. Wenn die Funktion wieder deaktiviert werden soll, entfernen Sie den Mesh Repeater aus dem Mesh und verbinden Sie ihn neu.

Gerät/Name	Telefonie im Mesh
Mesh Repeater die für die automatische Verteilung der Telefonie freigeschaltet sind	
Keine Mesh Repeater freigeschaltet	
Mesh Repeater die für die automatische Verteilung der Telefonie freigeschaltet werden können	
Kein Mesh Repeater zur Freischaltung verfügbar	

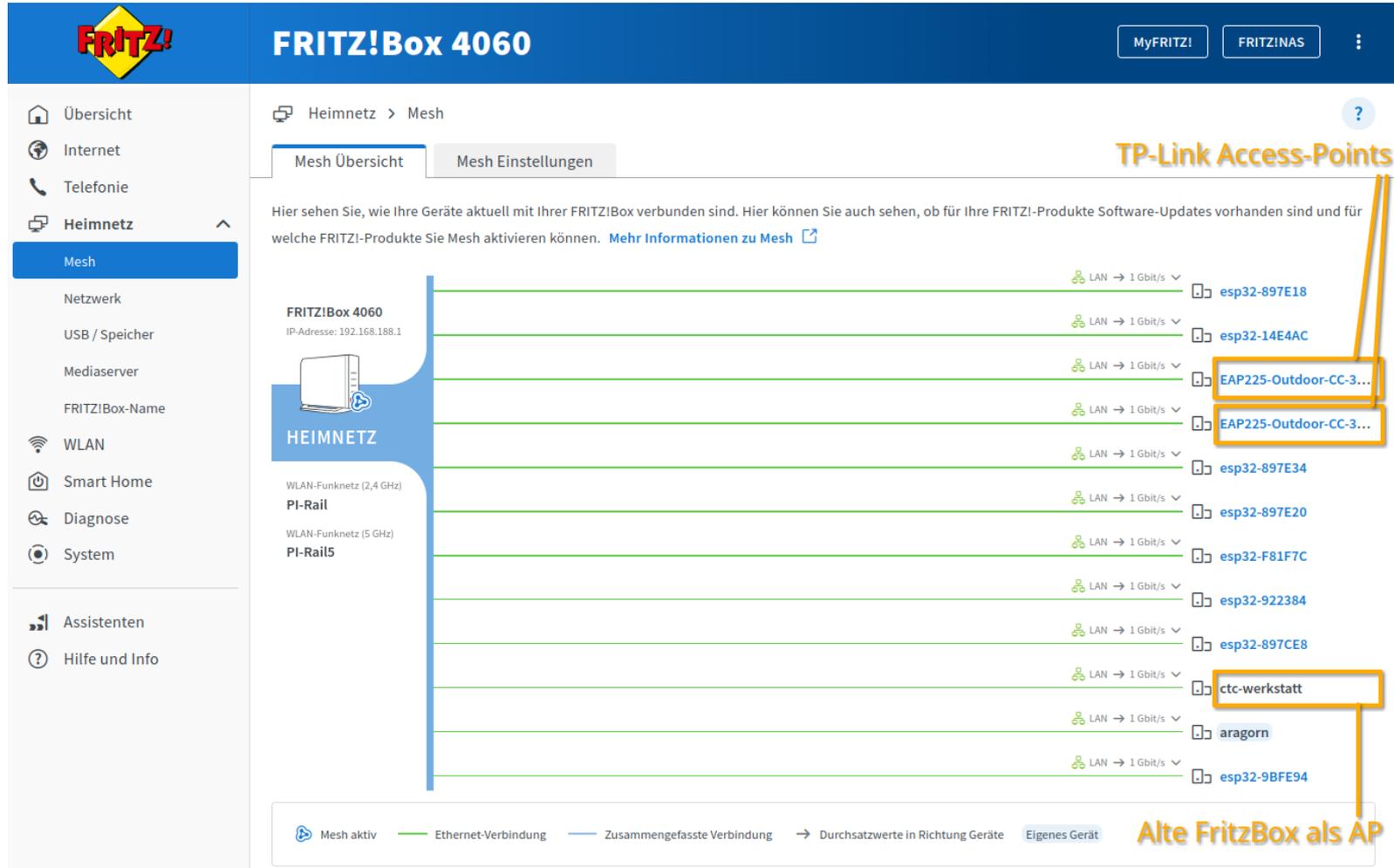
## Mesh (Client)

- Roaming-Standards:
  - Fast Transition (802.11r): Schneller Wechsel, unterbrechungsfrei
  - Roaming-Assist (802.11k/v): Hilfe bei Suche nach bestem AP
    - 802.11k: Info zu Netzwerkkumgebung für Client
    - 802.11v: Erlaubt Clients Info über Netzwerktopologie auszutauschen (Funk und Auslastung)
- Wi-Fi 6/6E im Betriebssystem
  - Voraussetzung: WLAN-Hardware kann Wi-Fi 6
  - Windows ab 10
  - Android ab 10
  - iOS ab 14
  - ESP32: nur C6 (neueste mit RISC-V CPU)

## Mesh vor Wi-Fi 6

- Router und Access-Points vom selben Hersteller
- Alle Access-Points auf demselben Kanal
- Client muss selbständig auf die Suche nach stärkerem WLAN gehen
  - Client merkt sich in der Regel den zuletzt genutzten AP und versucht sich mit diesem zu verbinden
  - Oft empfängt der Client noch den AP, erreicht ihn aber nicht mehr beim Senden
  - WLAN-Scan unterbricht aktuelle Verbindung
    - Beispiel Gartenbahn-Lok (ESP32): 300 ms pro Kanal
  - Manuelle Auswahl: BSSID wird meist nicht angezeigt
- Viele Geräte im Haushalt können kein Mesh

# Netz mit verschiedenen AccessPoints (Gartenbahn)



**FRITZ!** **FRITZ!Box 4060** MyFRITZ! FRITZINAS

Übersicht Internet Telefonie Heimnetz **Mesh** Netzwerk USB / Speicher Mediaserver FRITZ!Box-Name WLAN Smart Home Diagnose System Assistenten Hilfe und Info

Heimnetz > Mesh

Mesh Übersicht Mesh Einstellungen **TP-Link AccessPoints**

Hier sehen Sie, wie Ihre Geräte aktuell mit Ihrer FRITZ!Box verbunden sind. Hier können Sie auch sehen, ob für Ihre FRITZ!-Produkte Software-Updates vorhanden sind und für welche FRITZ!-Produkte Sie Mesh aktivieren können. [Mehr Informationen zu Mesh](#)

**FRITZ!Box 4060**  
IP-Adresse: 192.168.188.1

**HEIMNETZ**

WLAN-Funknetz (2,4 GHz)  
**PI-Rail**

WLAN-Funknetz (5 GHz)  
**PI-Rail5**

LAN → 1 Gbit/s	esp32-897E18
LAN → 1 Gbit/s	esp32-14E4AC
LAN → 1 Gbit/s	EAP225-Outdoor-CC-3...
LAN → 1 Gbit/s	EAP225-Outdoor-CC-3...
LAN → 1 Gbit/s	esp32-897E34
LAN → 1 Gbit/s	esp32-897E20
LAN → 1 Gbit/s	esp32-F81F7C
LAN → 1 Gbit/s	esp32-922384
LAN → 1 Gbit/s	esp32-897CE8
LAN → 1 Gbit/s	ctc-werkstatt
LAN → 1 Gbit/s	aragorn
LAN → 1 Gbit/s	esp32-9BFE94

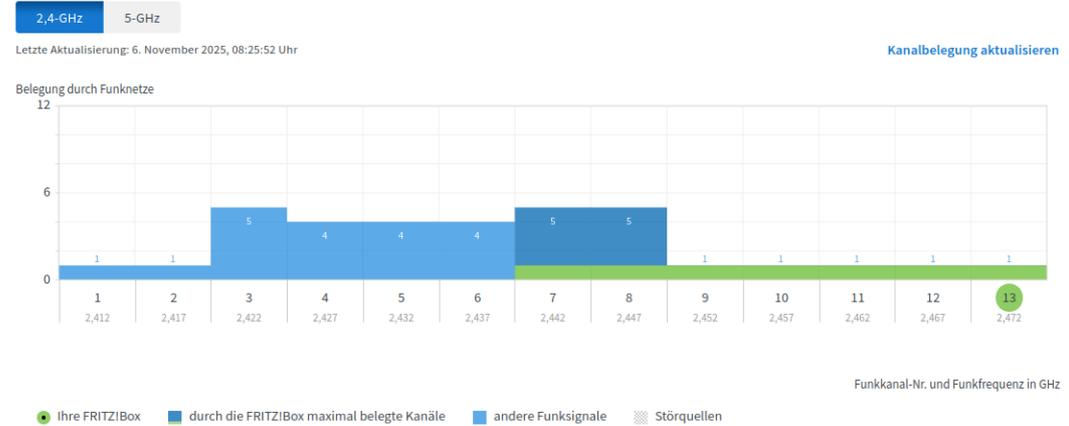
Mesh aktiv Ethernet-Verbindung Zusammengefasste Verbindung → Durchsatzwerte in Richtung Geräte Eigenes Gerät **Alte FritzBox als AP**

# WLAN optimieren

- Analyse des Routers
  - Am Ort des Routers
  - FritzBox (Bild rechts oben)
- WiFi-Analyzer App
  - Am Ort des Handys
  - Analyse an relevanten Stellen
  - Siehe nächste Folie
- Beispiel CTC-App
  - Signal einer Lok (re. unten)
- Maßnahmen
  - Ort des Routers ändern
  - Repeater installieren
    - Möglichst per LAN-Kabel mit Router verbinden
    - selber Hersteller wie Router

## Belegung der WLAN-Funkkanäle

Diese Grafik zeigt die aktuelle Belegung der WLAN-Kanäle durch WLAN-Funknetze in Ihrer Umgebung. WLAN-Funknetze belegen immer mehrere benachbarte Kanäle. Auf wenig genutzten Kanälen können Sie bessere Datendurchsätze erreichen.



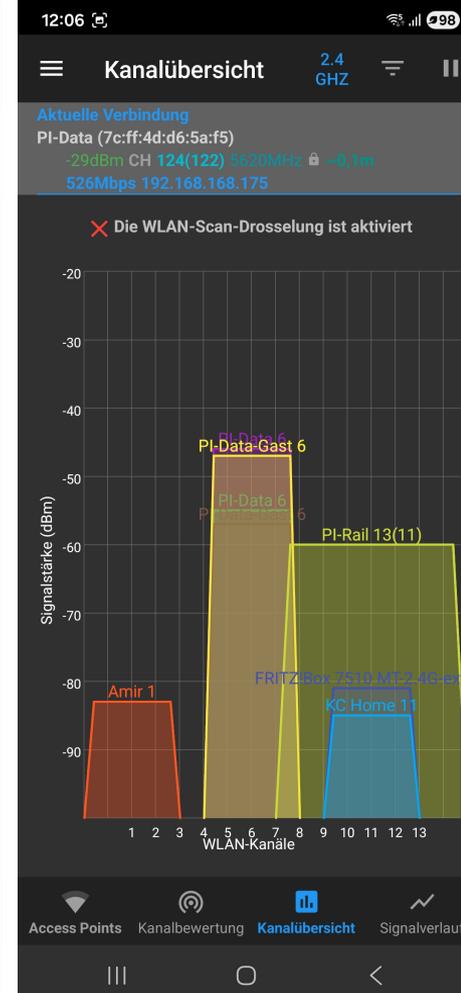
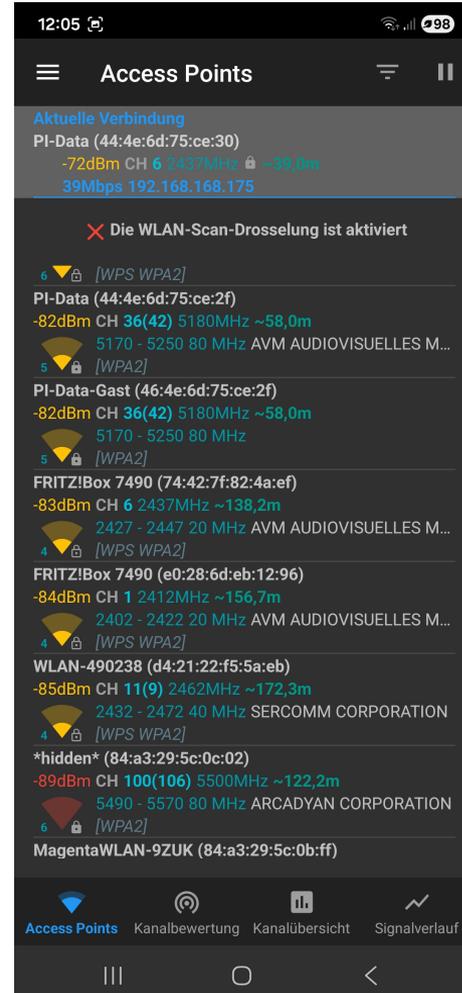
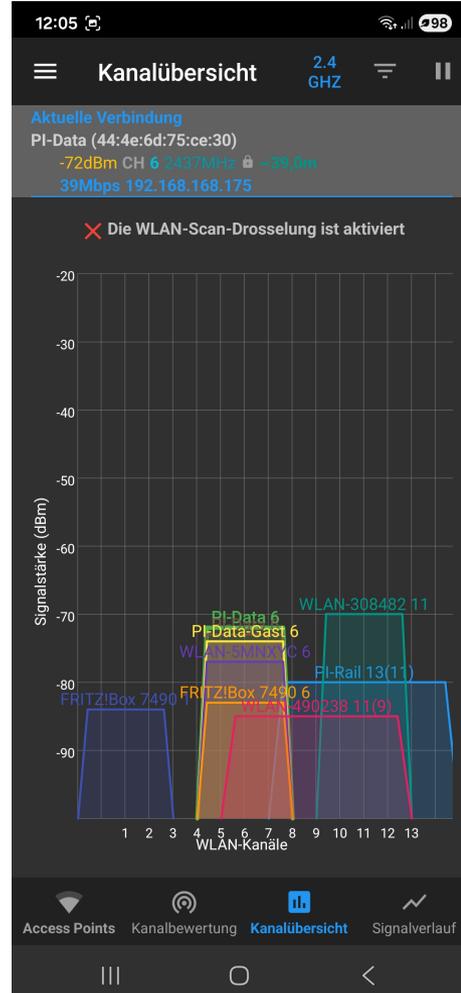
# WiFi-Analyzer

Android-App  
WifFiAnalyzer  
(open-source) von  
VREM Software

Links: im Garten

Mitte: Detailansicht im  
Garten (Garten-APs  
sind aus)

Rechts: im Haus



## Referenzen

- Chat mit LeChat von Mistral AI
- Wikipedia zu Mesh-WLAN:
  - <https://de.wikipedia.org/wiki/Mesh-WLAN>
- Wikipedia zu IEEE 802.11:
  - [https://de.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.11](https://de.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11)