



# SCHULNETZ WLAN II

## Grundlagen – Teil 2



## Inhalt

1. Übertragung
2. Drahtlose Kommunikation
3. Anbindung an das Schulnetz
4. Anforderungen an eine WLAN-Infrastruktur
5. Fragen und Antworten



# Inhalt

1. Übertragung
2. Drahtlose Kommunikation
3. Anbindung an das Schulnetz
4. Anforderungen an eine WLAN-Infrastruktur
5. Fragen und Antworten



# 1. Übertragung

## Antennen



	Omnidirektionale Antenne	Flachantenne	AP mit mehreren Antennen
Abstrahlcharakteristik	Die omnidirektionale Antenne strahlt kugelförmig. Entlang der Achse fällt die Strahlung auf 0.	Die Antenne strahlt in eine Richtung in einem vorgegebenen Winkel horizontal und vertikal. Ein geeigneter Abstrahlwinkel ist für den Einsatz auszuwählen.	In modernen Access Points werden mehrere Antennen verbaut, die mehrere Streams gleichzeitig und eine hohe Bandbreite ermöglichen. Der Abstrahlwinkel sollte dabei mindestens 150° horizontal wie vertikal betragen.
Einsatzbereiche	Omnidirektionale Antennen werden im Außenbereich zur Abdeckung größerer Flächen mit geringem Bandbreitenbedarf eingesetzt.	Flachantennen können im Außenbereich in begrenzten Bereichen oder über größere Entfernungen eingesetzt werden.	Die Access Points werden meist in Innenräumen verwendet. Sie decken dabei ein größeres Zimmer ideal mit WLAN ab.

# 1. Übertragung

## Antennencharakteristik

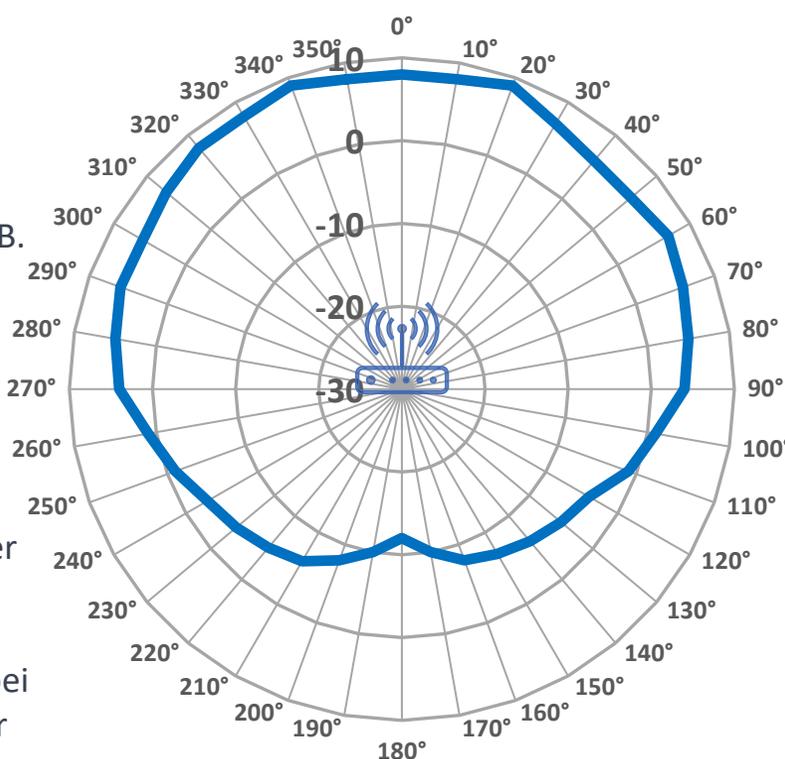
Die Antennencharakteristik ist Bestandteil des Datenblattes eines Access Points.

Sie beschreibt die Sendeleistung der internen Antennen eines APs in Abhängigkeit von der Umgebung in dB.

Dabei ist 0° direkt oberhalb der Vorderseite des AP und 180° direkt oberhalb der Rückseite des AP.

Ein AP strahlt auf der Rückseite im Schnitt ca. 10 dB weniger ab als an der Vorderseite.

Die Sendeleistung bei 70° - 90° bzw. bei 270° - 290° ist entscheidend bei einer Platzierung an der Decke.

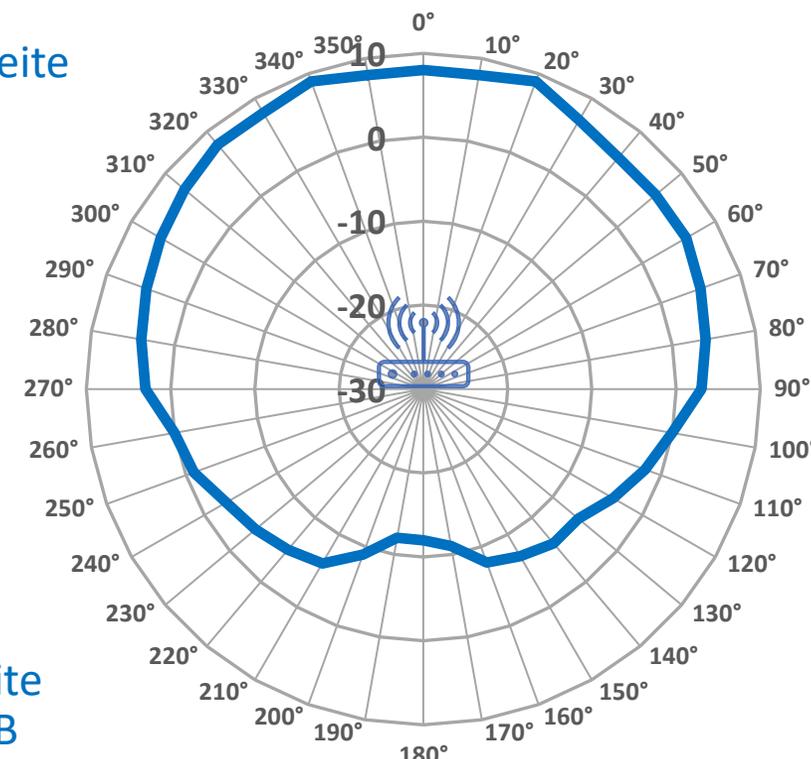


Azimuth

Vorderseite



Rückseite  
- 10 dB



Elevation



# Inhalt

1. Übertragung
2. Drahtlose Kommunikation
3. Anbindung an das Schulnetz
4. Anforderungen an eine WLAN-Infrastruktur
5. Fragen und Antworten



## 2. Drahtlose Kommunikation

### Unterschiede zwischen einem Ethernet-Netzwerk und WLAN



#### Ethernet 802.3

- Ethernet bietet in der Regel höhere und stabilere Verbindungen als WLAN.
- Die Uplink-Geschwindigkeiten der Clients sind i.d.R. konstant hoch.
- Übersteigt die Datenrate der angeschlossenen Geräte die Uplink-Geschwindigkeit, teilen sich die Clients die Uplink-Geschwindigkeit.

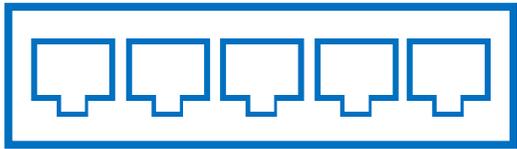
#### WLAN 802.11

- WLAN bietet unterschiedliche Geschwindigkeiten
- Die Geschwindigkeit variiert je nach Anzahl der verbundenen Clients und je nach Verbindungsqualität
- Die Uplink-Geschwindigkeit des Access Points wird vom Client nicht erreicht. Die Nettodatenrate ist deutlich kleiner als die Bruttodatenrate.
- Die Clients teilen sich die Uplink-Geschwindigkeit des Access Points bereits ab dem zweiten Client.

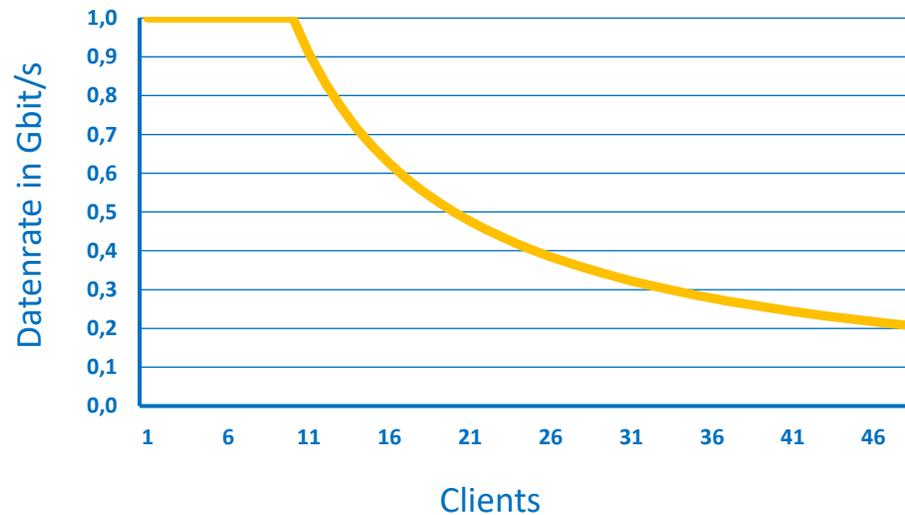


## 2. Drahtlose Kommunikation

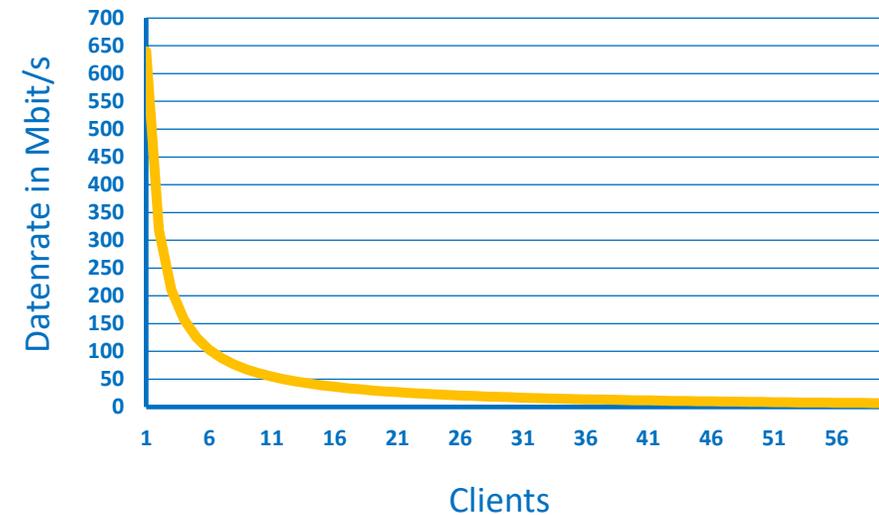
### Unterschiede zwischen einem Ethernet-Netzwerk und WLAN



Beispiel: Datenraten pro Access-Ports eines Ethernet-Switches mit 48 x 1 Gbit/s Ports und 10 Gbit/s Uplink

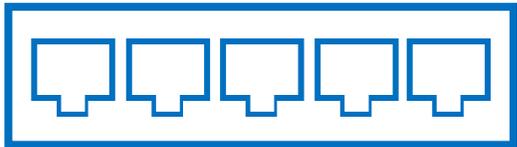


Beispiel: Datenraten pro Client eines Access Points mit ax-WLAN, 40 MHz Kanalbandbreite und 2 x 2 MIMO



## 2. Drahtlose Kommunikation

### Unterschiede zwischen einem Ethernet-Netzwerk und WLAN

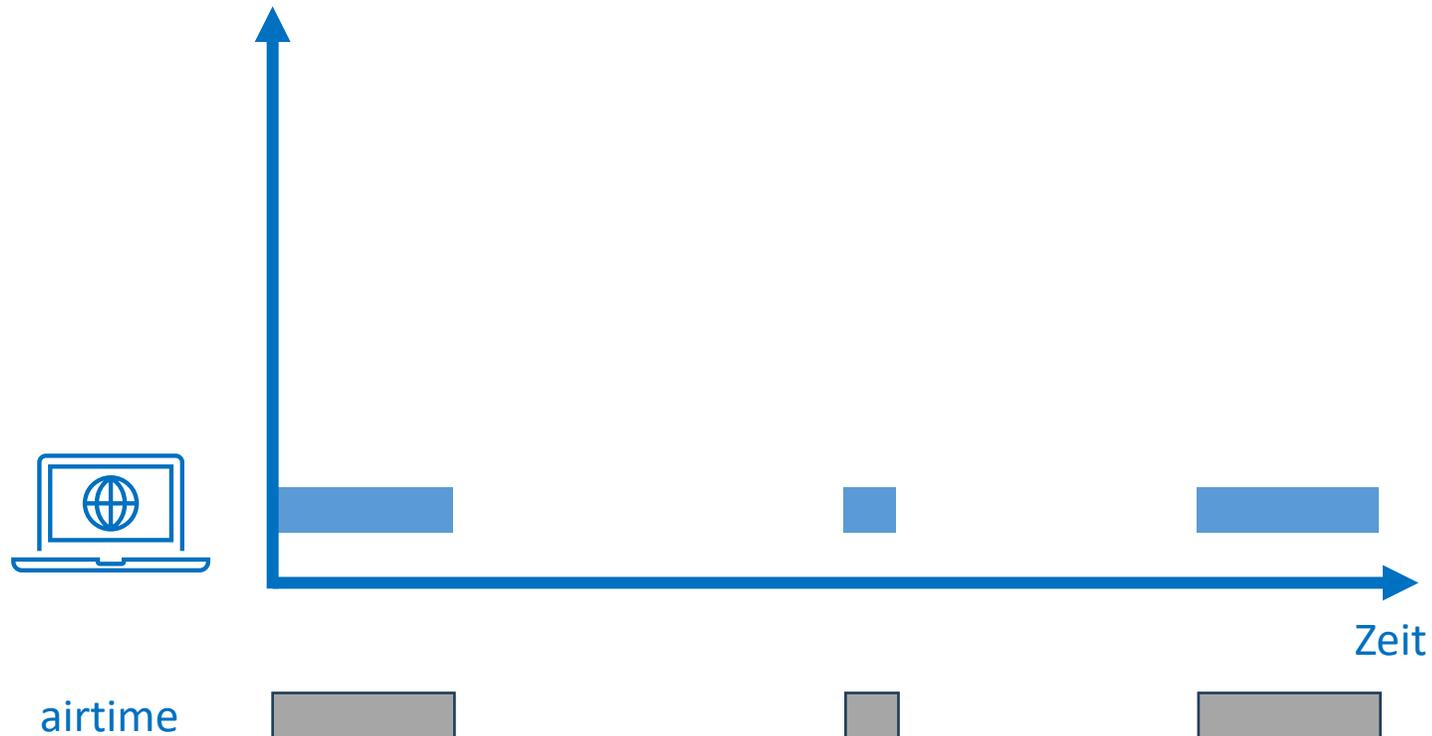


<b>CSMA/CD</b> Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection	<b>CSMA/CA</b> Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
CSMA/CD wird nach einer Kollision wirksam	CSMA/CA wird vor einer Kollision wirksam
CSMA/CD wird normalerweise in kabelgebundenen Netzwerken verwendet CSMA/CD wird im 802.3-Standard verwendet	CSMA/CA wird üblicherweise in drahtlosen Netzwerken verwendet CSMA/CA im 802.11-Standard verwendet wird
CSMA/CD erkennt Kollisionen und stoppt die Übertragung, bis der Kanal frei ist. Bei einer Kollisionserkennung in CSMA/CD wird die Übertragung gestoppt und ein Jam-Signal wird von den Stationen gesendet, und dann wartet die Station auf einen zufälligen Zeitkontext, bevor sie erneut sendet.	Im Gegensatz dazu versucht CSMA/CA, Kollisionen zu vermeiden, indem es die Sendeabsicht zur Datenübertragung übermittelt, bevor die tatsächliche Datenübertragung beginnt.
CSMA/CD minimiert nur die Erholungszeit nach einer Kollision.	CSMA/CA minimiert die Möglichkeit einer Kollision.



## 2. Drahtlose Kommunikation

### Airtime



In WLAN-Netzwerken bezeichnet der Begriff "Airtime" die Zeit, die ein Gerät für die Übertragung von Daten beansprucht.

Airtime ist ein Schlüsselkonzept im Kontext von WLAN-Netzwerken, da es direkt die Leistungsfähigkeit und Effizienz des Netzwerks beeinflusst.

In einem WLAN teilen sich alle Geräte das gleiche Medium. Da zu einem Zeitpunkt nur ein Gerät senden kann, ist die verfügbare Airtime eine geteilte Ressource.



## 5. Drahtlose Kommunikation

### Airtime

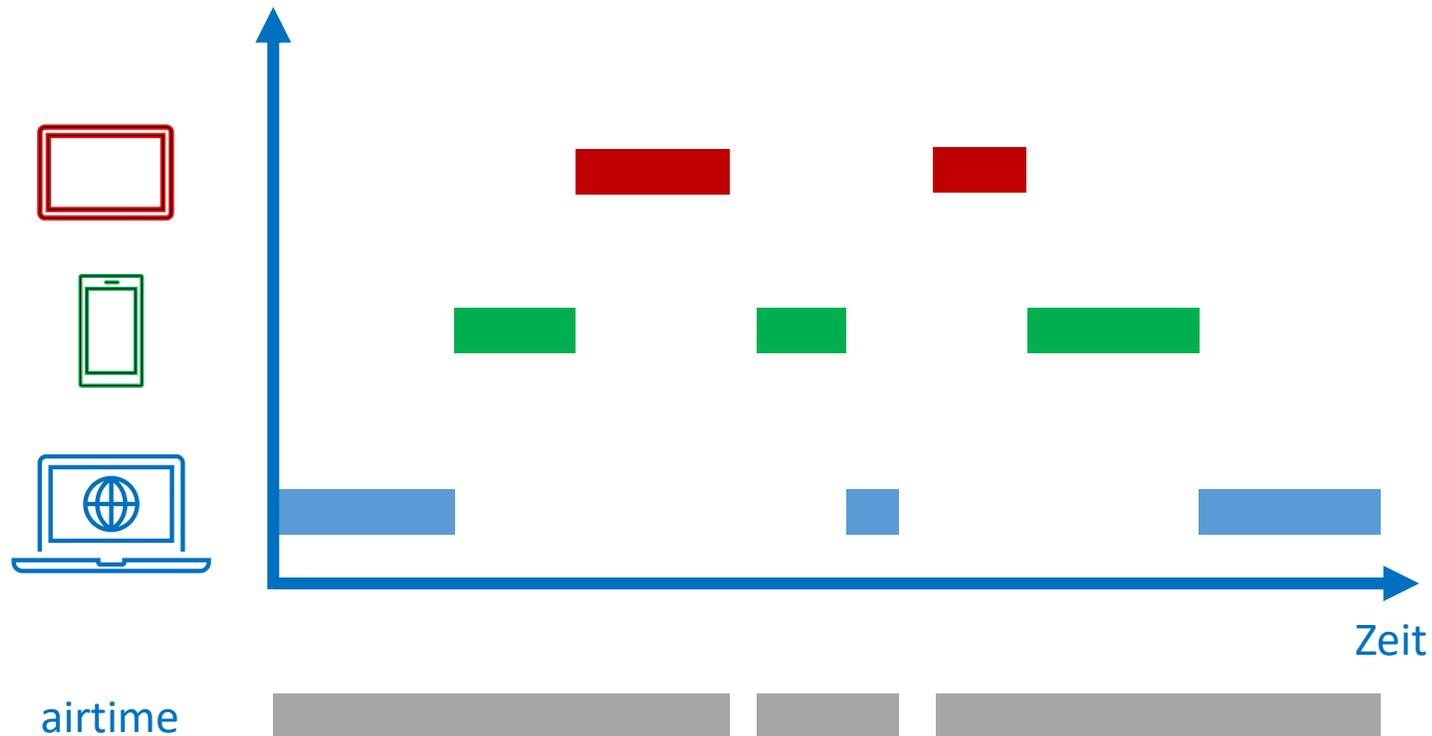


Das blaue Notebook ist mit dem WLAN verbunden und sendet Daten.

Das grüne Smartphone ist ebenfalls mit dem WLAN verbunden und sendet Daten. Die Zeit, die beide Geräte dafür benötigen ist unten grau übertragen. Es kann nur die ungenutzte Zeit zum Senden verwenden.

## 2. Drahtlose Kommunikation

### Airtime



Das blaue Notebook ist mit dem WLAN verbunden und sendet Daten.

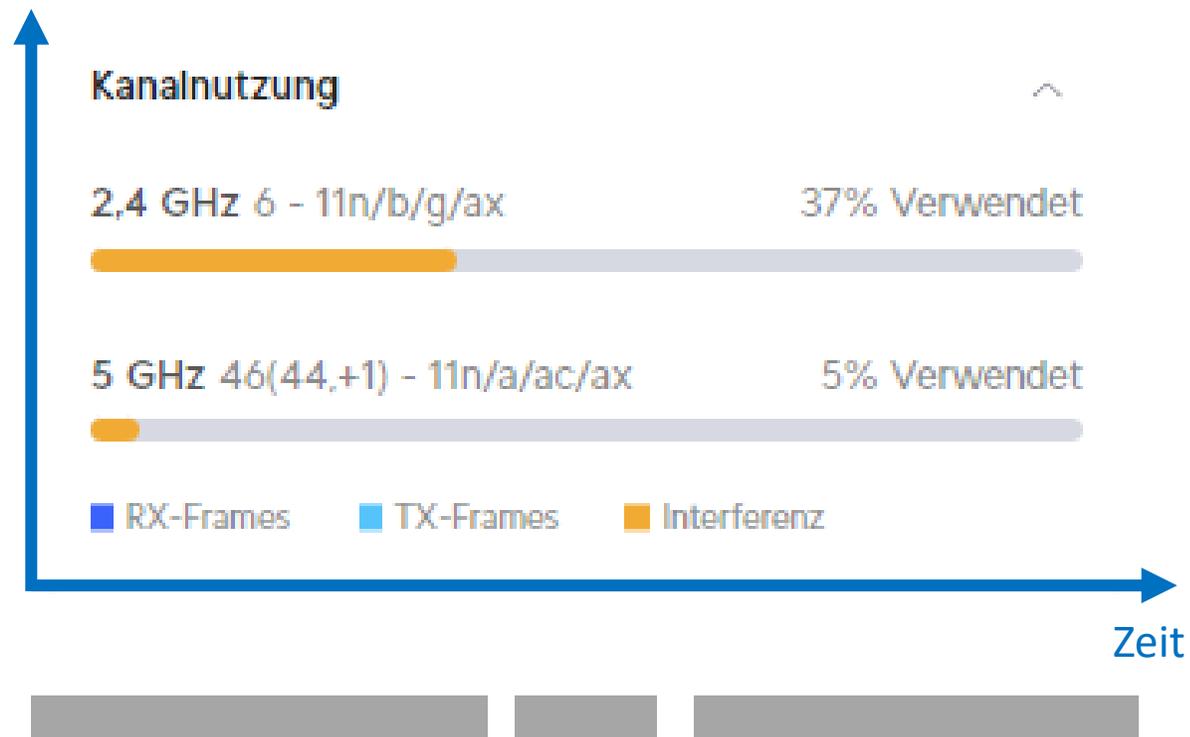
Das grüne Smartphone ist ebenfalls mit dem WLAN verbunden und sendet Daten. Die Zeit, die beide Geräte dafür benötigen ist unten grau übertragen. Es kann nur die ungenutzte Zeit zum Senden verwenden.

Das rote Tablet sendet nun ebenfalls Daten. Es kann nur noch die übrige Zeit verwenden, die die anderen beiden Geräte nicht verwenden.



## 2. Drahtlose Kommunikation

### Airtime



Die Airtime wird auch Kanalnutzung oder Auslastung genannt.

### Airtime Fairness

Die Airtime soll fair zwischen allen Geräten aufgeteilt werden, um eine gleichmäßige Netzwerkleistung zu gewährleisten.

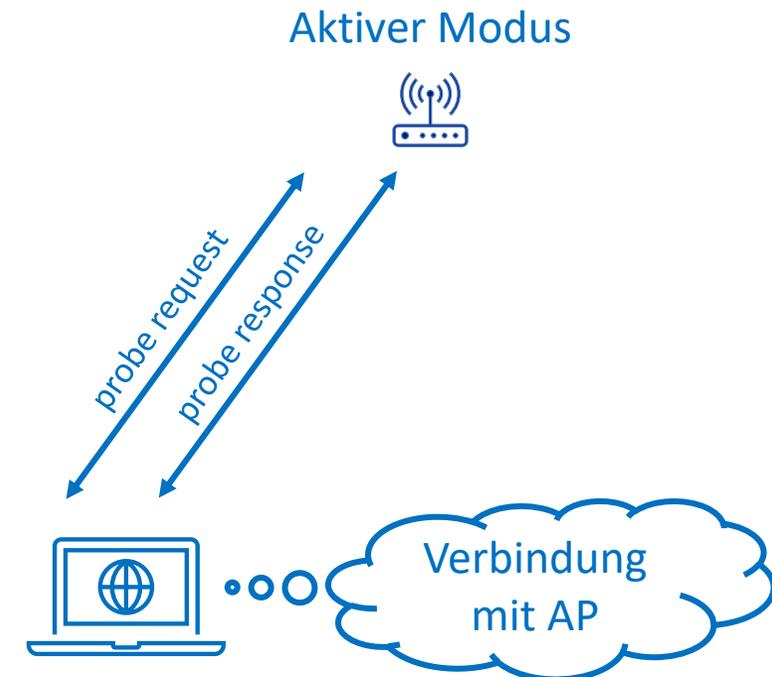
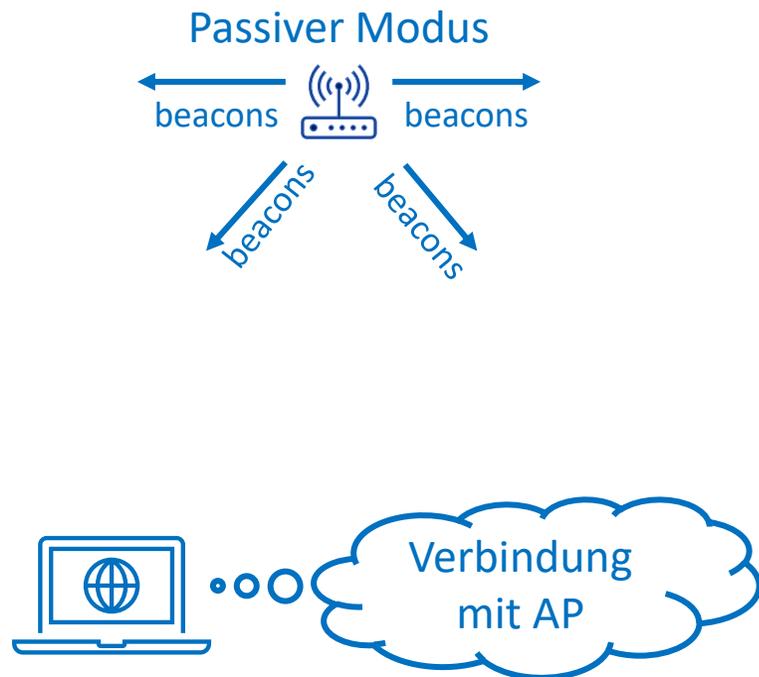
Ohne Airtime Fairness könnten langsamere Geräte mehr Airtime in Anspruch nehmen, was die Leistung des gesamten Netzwerks beeinträchtigen kann. Moderne WLAN-Systeme verwenden verschiedene Techniken zur Verwaltung der Airtime.



## 2. Drahtlose Kommunikation

### Access Point Discovery

Der Access Point Discovery ist ein Prozess, bei dem ein Client einen Access Point findet und sich mit ihm verbindet. Die Aktion geht immer vom Client aus. Der Access Point kann eine Verbindung ablehnen. Dabei gibt es den passiven und den aktiven Modus.





## 2. Drahtlose Kommunikation

### Access Point Discovery

Der passive Modus ist Standard in WLAN-Netzwerken.

Passiver Modus	Aktiver Modus
<ul style="list-style-type: none"><li>• Langsamere Entdeckung</li><li>• Sicherer</li><li>• Beacons Signale verbrauchen Airtime</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Schnellere Entdeckung</li><li>• Gezielte Suche nach Netzwerken</li><li>• Keine Notwendigkeit von Beacons</li></ul>

Nach dem Scannen (passiv oder aktiv) der Access Points kommen weitere Schritte:

- Authentifizierung
- Assoziierung

Erste wenn diese drei Schritte durchlaufen sind, kann der Client über den Access Point kommunizieren.



## 2. Drahtlose Kommunikation

### Beacons

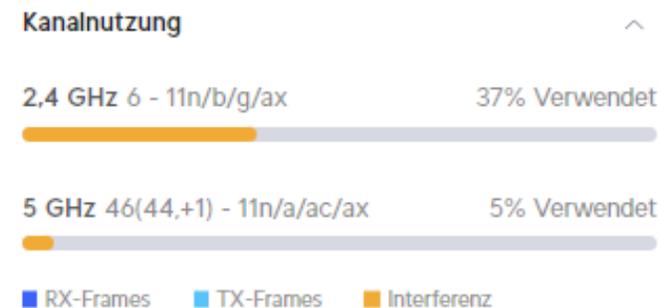
Beacons in WLAN-Netzwerken sind Elemente, die von Access Points genutzt werden, um Informationen über das Netzwerk zu übermitteln und die Kommunikation mit Client-Geräten zu organisieren.

Beacons werden standardmäßig mit der niedrigsten Senderate versendet. Dies verbraucht sehr viel Airtime.

Airtime von Beacon-Signalen in Anhängigkeit von SSID-Anzahl und Anzahl der APs pro Funkkanal

		Anzahl SSIDs								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
1 Mbit/s	Anzahl APs pro Funkkanal	1	3,2%	6,5%	9,7%	12,9%	16,1%	19,4%	22,6%	25,8%
		2	6,5%	12,9%	19,4%	25,8%	32,3%	38,7%	45,2%	51,6%
		3	9,7%	19,4%	29,0%	38,7%	48,4%	58,1%	67,7%	77,4%
		4	12,9%	25,8%	38,7%	51,6%	64,5%	77,4%	90,3%	100,0%

**Beispiel:**  
3 APs mit 4 SSIDs,  
nebeneinander platziert,  
ohne verbundenen Client





## 2. Drahtlose Kommunikation

### Beacons

Bei einer Erhöhung der Beacon-Rate reduziert sich die Airtime der Beacon-Signale deutlich.

Airtime von Beacon-Signalen in Abhängigkeit von SSID-Anzahl und Anzahl der APs pro Funkkanal

		Anzahl SSIDs								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
1 Mbit/s	Anzahl APs pro Funkkanal	1	3,2%	6,5%	9,7%	12,9%	16,1%	19,4%	22,6%	25,8%
		2	6,5%	12,9%	19,4%	25,8%	32,3%	38,7%	45,2%	51,6%
		3	9,7%	19,4%	29,0%	38,7%	48,4%	58,1%	67,7%	77,4%
		4	12,9%	25,8%	38,7%	51,6%	64,5%	77,4%	90,3%	100,0%
		Anzahl SSIDs								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
6 Mbit/s	Anzahl APs pro Funkkanal	1	0,4%	0,9%	1,3%	1,8%	2,2%	2,7%	3,1%	3,6%
		2	0,9%	1,8%	2,7%	3,6%	4,5%	5,3%	6,2%	7,1%
		3	1,3%	2,7%	4,0%	5,3%	6,7%	8,0%	9,3%	10,7%
		4	1,8%	3,6%	5,3%	7,1%	8,9%	10,7%	12,5%	14,2%



## 2. Drahtlose Kommunikation

### Beacons

Bei einer Erhöhung der Beacon-Rate reduziert sich die Airtime der Beacon-Signale deutlich.

Bei Nutzung mehrerer SSIDs auf mehreren Access Points sollte eine Mindestbandbreite von 24 Mbit/s oder größer konfiguriert werden.

Airtime von Beacon-Signalen in Abhängigkeit von SSID-Anzahl und Anzahl der APs pro Funkkanal

		Anzahl SSIDs								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
1 Mbit/s	Anzahl APs pro Funkkanal	1	3,2%	6,5%	9,7%	12,9%	16,1%	19,4%	22,6%	25,8%
		2	6,5%	12,9%	19,4%	25,8%	32,3%	38,7%	45,2%	51,6%
		3	9,7%	19,4%	29,0%	38,7%	48,4%	58,1%	67,7%	77,4%
		4	12,9%	25,8%	38,7%	51,6%	64,5%	77,4%	90,3%	100,0%
		Anzahl SSIDs								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
24 Mbit/s	Anzahl APs pro Funkkanal	1	0,2%	0,3%	0,5%	0,6%	0,8%	1,0%	1,1%	1,3%
		2	0,3%	0,6%	1,0%	1,3%	1,6%	1,9%	2,2%	2,6%
		3	0,5%	1,0%	1,4%	1,9%	2,4%	2,9%	3,4%	3,8%
		4	0,6%	1,3%	1,9%	2,6%	3,2%	3,8%	4,5%	5,1%



## 2. Drahtlose Kommunikation

### Brutto- und Nettodatenrate

Ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal zwischen kabelgebundenen und kabellosen Netzwerken ist der Unterschied zwischen Brutto- und Nettodatenrate. Der Unterschied zwischen Brutto- und Nettodatenrate ist im WLAN wesentlich größer.

Bruttodatenrate	Nettodatenrate
<ul style="list-style-type: none"><li>• Theoretische Übertragungsrate, die mit allen Leistungsmerkmalen möglich ist.</li><li>• Datenrate, die ohne Einflüsse theoretisch möglich ist, also ohne Interferenzen, Dämpfung durch Entfernung, Kanalnutzung und weiteren Störungen</li><li>• Datenrate beinhaltet alle Daten (z.B. Daten zur Fehlerkorrektur), nicht nur die Nutzdaten (IP-Pakete)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tatsächliche Datenrate, die für die Übertragung von Nutzdaten zur Verfügung steht</li><li>• Datenrate, die Einflüsse wie z.B. Dämpfung oder Störungen berücksichtigt.</li><li>• Datenrate beinhaltet nur die Daten für die Nutzdaten (z.B. IP-Pakete bzw. TCP/UDP-Daten)</li></ul>

**Die Nettodatenrate liegt bei ca. 50 % der Bruttodatenrate.**



## 2. Drahtlose Kommunikation

### Brutto- und Nettodatenrate

## WLAN-Generationen

IEEE 802.	Wi-Fi	MIMO-Streams	max. Linkrate	typisch netto <sup>1</sup>	netto bis %
11	-	1	2 Mbit/s	0,5-1 Mbit/s	50 %
11b	-	1	11 Mbit/s	1-5 Mbit/s	45 %
11g / 11a	-	1	54 Mbit/s	2-25 Mbit/s	46 %
11n	4	1 bis 4	0,6 Gbit/s	0,04-0,15 Gbit/s	25 %
11ac	5	1 bis 8	3,5 Gbit/s	0,24-1,1 Gbit/s	31 %
11ax	6	1 bis 8	9,6 Gbit/s	0,3-1,6 Gbit/s	17 %
11be	7	1 bis 8	23 Gbit/s	0,3-8,0 Gbit/s	35 %

<sup>1</sup> variiert mit der Hardwareausstattung der Geräte (Antennenzahl), dem Funkband, der Signalbreite und der Entfernung

Ahlers, E. (2024, Februar). Bühne frei fürs Super-WLAN. ct, 2024 (4), 49



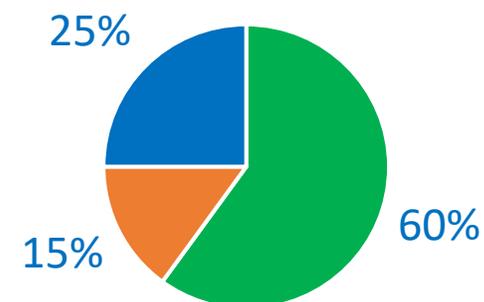
## 2. Drahtlose Kommunikation

### Brutto- und Nettodatenrate

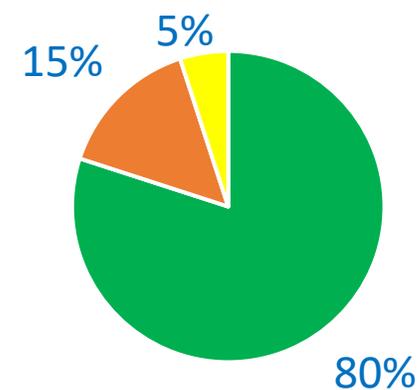
Ein Grund für die großen Unterschiede zwischen Brutto- und Nettodatenraten im WLAN sind die im Vergleich zum Ethernet zahlreichen Management und Control-Frames.

Dadurch sind die durchschnittlichen Paketgrößen im WLAN deutlich kleiner als im kabelgebundenen Netzwerk.

Management	Control	Data
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beacon</li> <li>• Probe Request</li> <li>• Probe Response</li> <li>• Authentication Request</li> <li>• Authentication Response</li> <li>• Association Request</li> <li>• Association Response</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ACK</li> <li>• Block-ACK</li> <li>• RTS / CTS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Data</li> <li>• QoS Data</li> <li>• Null Data</li> </ul>



■ Control frames ■ Management frames ■ Data frames



■ kleiner als 256 Bytes ■ größer als 256 Bytes ■ größer als 1024 Bytes



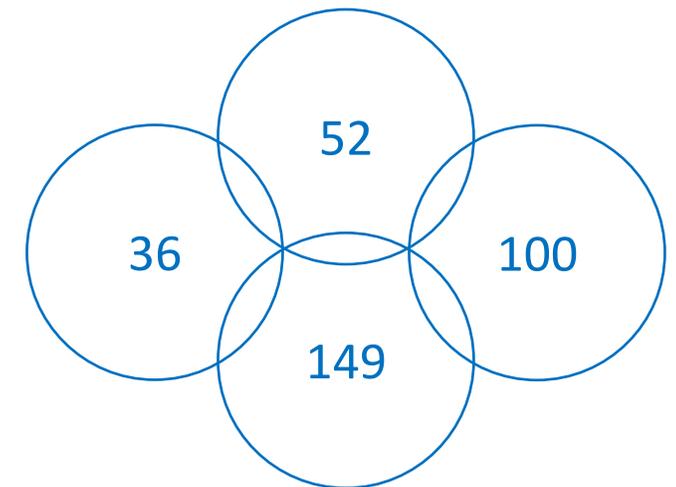
## 2. Drahtlose Kommunikation

### Roaming

Roaming in WLAN-Netzwerken bezieht sich auf den Prozess, bei dem ein drahtloses Gerät von einem Access Point zu einem anderen wechselt, ohne die Verbindung zu unterbrechen. Der Client selbst veranlasst das Roaming

Roaming funktioniert unter folgenden Voraussetzungen:

- Zwei oder mehr benachbarte Access Points besitzen die gleiche WLAN-Konfiguration. Dies wird in der Regel durch einen WLAN-Controller realisiert. Dabei sind die SSID und das Passwort das gleiche.
- Die Funkzellen der Access Points überlagern sich leicht. Eine Überdeckung von ca. 30% gilt dabei als ideal.
- Die Access Points senden im gleichen Frequenzband.
- Benachbarte Access Points senden auf unterschiedlichen Kanälen. Dies wird meist durch den WLAN-Controller sichergestellt. Verwenden benachbarte Access Points den gleichen Kanal, führt dies zu Interferenzen.



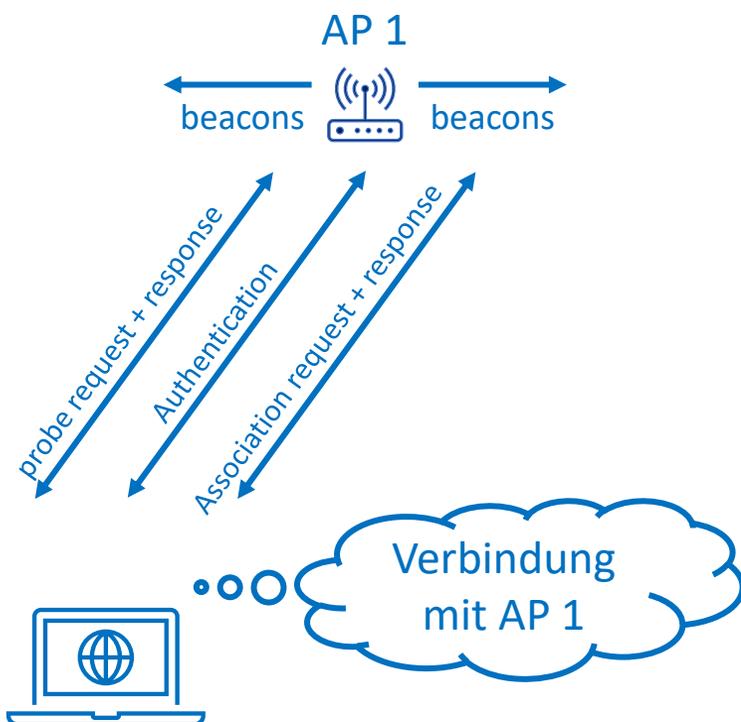
Ideal: Überdeckung ca. 30%



## 2. Drahtlose Kommunikation

### Roaming

Das Notebook verbindet sich mit dem AP1.

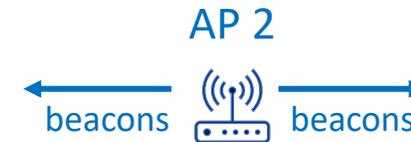
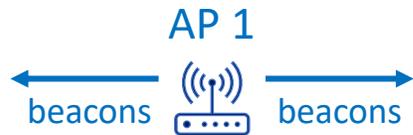




## 2. Drahtlose Kommunikation

### Roaming

Wird die Verbindung schlechter, sucht der Client nach einer besseren Verbindung. Bei einigen Betriebssystemen ist daher eine sog. Auslöseschwelle oder roaming sensitivity (in dBm) festgelegt.



Beispiele für roaming sensitivity:

- iMac / MacBook -75 dBm
- iPhone / iPad -70 dBm
- Android unbekannt
- Windows 11 unbekannt

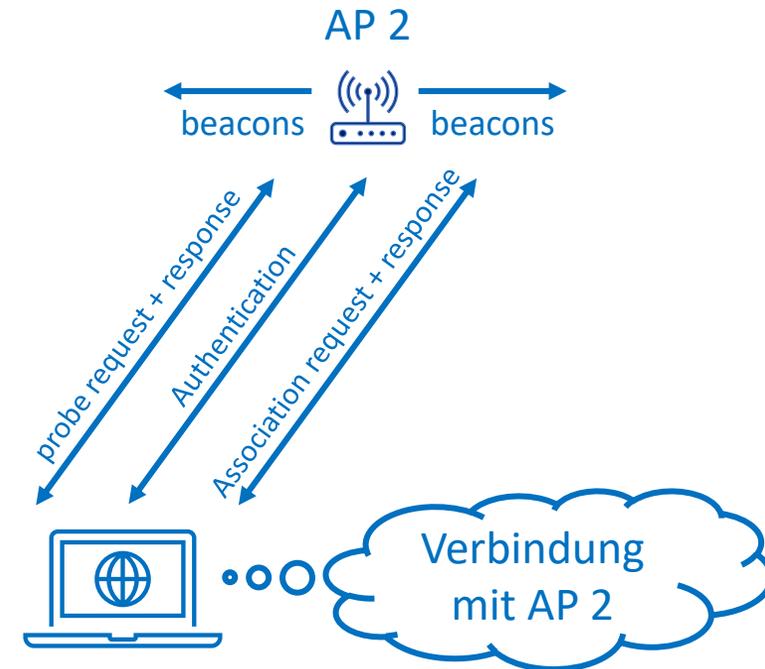
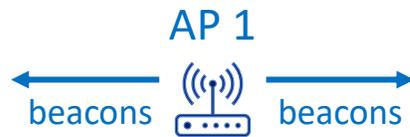




## 2. Drahtlose Kommunikation

### Roaming

Die Verbindung mit dem neuen Access Point AP 2 verläuft ähnlich wie bei der Verbindung mit AP 1. Das Roaming dauert ca. 10 - 20 ms.





## Inhalt

1. Übertragung
2. Drahtlose Kommunikation
3. Anbindung an das Schulnetz
4. Anforderungen an eine WLAN-Infrastruktur
5. Fragen und Antworten



## 3. Anbindung an das Schulnetz

### Grundlegendes zur Anbindung

Bei der Anbindung eines WLAN-Netzwerks an ein Schulnetz sollten folgende Punkte beachtet werden:

- Ein BYOD bzw. Gast-WLAN sollte von den anderen Netzwerken der Schulen durch eine Firewall getrennt sein.
- Ab einer Clientzahl > 250 sollte eine Segmentierung des Netzwerkes in Teilnetze erfolgen.
- Aufgrund der zahlreichen Sitzungen, die Clients für jede einzelne App öffnen, kann der Internetzugangsrouten durch mobile Geräte besonders belastet werden.
- Websites integrieren oft Inhalte externer Websites. Dadurch kann es vorkommen, dass beim Seitenaufruf zahlreiche DNS-Anfragen stattfinden. Das kann dazu führen, dass ein Client beim Recherchieren im Internet im Schnitt eine DNS-Anfrage pro Sekunde macht.



## 3. Anbindung an das Schulnetz

### Stromversorgung mittels PoE

Power over Ethernet (PoE) ist eine Technologie, bei der sowohl Strom als auch Daten über ein einziges Ethernet-Kabel übertragen werden können. Der Strom kann entweder von einem PoE-Injektor oder einem PoE-Switch auf das Netzkabel übertragen werden. PoE-Switches haben Vorteile gegenüber PoE-Injektoren.

Es gibt verschiedene PoE-Standards:

- 802.11 af
- 802.11 at
- 802.11 bt (Type 3)
- 802.11 bt (Type 4)

Von einigen Herstellern werden auch andere Bezeichnungen verwendet, die nicht standardisiert sind:

- PoE (wird meist für den 802.11 af Standard verwendet)
- PoE + (wird meist für den 802.11 at Standard verwendet)
- PoE ++ (wird meist für den 802.11 bt Standard verwendet)



## 3. Anbindung an das Schulnetz

### Stromversorgung mittels PoE

PoE-Class	power @ switch	power @ device	Verkabelung	802.11 af Type 1	802.11 at Type 2	802.11 bt Type 3	802.11 bt Type 4
Class 1	4 W	3,8 W	2 Paar	✓	✓	✓	✓
Class 2	7 W	6,4 W	2 Paar	✓	✓	✓	✓
Class 3	15,4 W	13 W	2 oder 4 Paar	✓	✓	✓	✓
Class 4	30 W	25,5 W	2 oder 4 Paar		✓	✓	✓
Class 5	45 W	40 W	4 Paar			✓	✓
Class 6	60 W	51 W	4 Paar			✓	✓
Class 7	75 W	62 W	4 Paar				✓
Class 8	90 W	71,3 W	4 Paar				✓

PoE-Bedarf im Allgemeinen:

- 2 x 2 Tri-Band-AP benötigt meist Class 4, also 802.11 at (30W)
- 4 x 4 Tri-Band-AP benötigt meist Class 6, also 802.11 bt (60W)

Was passiert, wenn dem AP nicht genügend Leistung zur Verfügung steht?

- Bei vielen Herstellern deaktiviert der AP einzelne Funktionen. Manche APs starten regelmäßig neu.





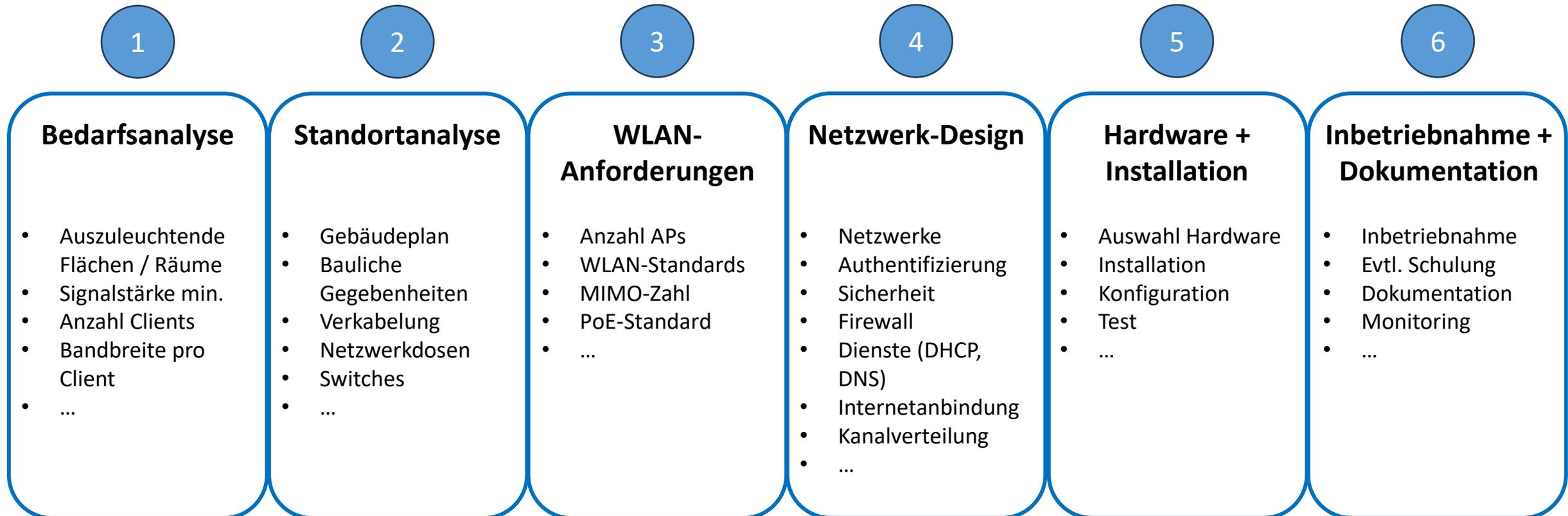
## Inhalt

1. Übertragung
2. Drahtlose Kommunikation
3. Anbindung an das Schulnetz
4. Anforderungen an eine WLAN-Infrastruktur
5. Fragen und Antworten



## 4. Anforderungen an eine WLAN-Infrastruktur

### Realisation einer WLAN-Infrastruktur





## 4. Anforderungen an eine WLAN-Infrastruktur

### Realisation einer WLAN-Infrastruktur

#### Bandbreite

Bandbreite bezeichnet die Datenübertragungsrate des Netzwerks, also wie viele Daten pro Sekunde über das Netzwerk gesendet oder empfangen werden können.

#### Latenz

Latenz, oft als Ping-Zeit bezeichnet, ist die Zeitspanne, die ein Datenpaket benötigt, um z.B. von einem Gerät im WLAN zu einem Server im Internet und zurückzureisen. Latenz wird in Millisekunden gemessen.

	802.11	802.3
Niedrige Latenz	< 20 ms	< 10 ms
Mittlere Latenz	20 - 100 ms	10 - 50 ms
Hohe Latenz	> 100 ms	> 50 ms

Anwendung	benötigte Bandbreite	Erforderliche Latenz in ms
Browsen	1 Mbit/s	20 - 100 ms
Mail	0,5 Mbit/s	20 - 100 ms
Messaging	0,5 Mbit/s	< 20 ms
Videokonferenz	2 Mbit/s	< 20 ms
Downloads	> 1 Mbit/s	20 - 100 ms
Cloud-Sync	> 1 Mbit/s	< 20 ms
Video (FullHD)	9 Mbit/s	< 20 ms
Video (4K)	35 Mbit/s	< 20 ms
Lernplattform	1 Mbit/s	20 - 100 ms
Lernplattform (Test, Quiz)	0,5 Mbit/s	< 20 ms
VoIP	0,2 Mbit/s	< 20 ms



## 4. Anforderungen an eine WLAN-Infrastruktur

### Realisation einer WLAN-Infrastruktur

#### **Anzahl Clients pro Klassenzimmer**

Bei einem Gast-WLAN kann damit gerechnet werden, dass ca. 2,5 Clients pro Nutzer mit dem WLAN verbunden werden. Das bedeutet ca. 75 Clients pro Klassenzimmer.

#### **Minimum Signalstärke**

Bei einer Planung einer WLAN-Infrastruktur sollte darauf geachtet werden, dass überall -55 dBm Signalstärke vorhanden sind, da ansonsten einfachere Modulationen bei einer schlechteren Übertragungsrate verwendet werden, welche überdurchschnittlich viel Airtime verbrauchen. Das Ziel sollte sein, dass überall QAM 1024 verwendet werden kann. Die Signalstärke soll an keinem Ort unter -65 dbm liegen.

#### **WLAN-Standard**

Alte WLAN-Standards sollten nach Möglichkeit ausgeschlossen werden. Der WLAN-Standard 802.11ac sollte nicht unterschritten werden.

#### **Frequenzband**

Wenn das 2,4 GHz-Frequenzband nicht unbedingt notwendig ist, sollte darauf verzichtet werden. Stattdessen sollten das 5 GHz- und noch besser zusätzlich das 6 GHz-Frequenzband verwendet werden.



## 4. Anforderungen an eine WLAN-Infrastruktur

### Realisation einer WLAN-Infrastruktur

#### **Roaming**

Die Sendeleistung sollte so eingestellt sein, dass die Überdeckung der einzelnen APs maximal 30 % ist. Das verschlechtert zwar das Roaming, reduziert aber auch das Rauschen und die Interferenzen.

#### **Minimum SNR**

Das optimale Signal-Rausch-Abstand sollte ca. 35 db sein, damit z.B. bei einer Kanalbreite von 40 MHz eine Modulationsrate von QAM 1024 möglich ist. Ein Signal-Rausch-Abstand von 20 db sollte an keinem Ort unterschritten werden.

#### **DHCP**

Die Lease-Zeit des DHCP sollte mehr als die doppelte Aufenthaltsdauer der Nutzer in der Schule sein, da nach 50 % der Lease-Zeit eine erneute DHCP-Anfrage durchgeführt wird. Aufgrund von Möglichkeit, dass mobile Geräte MAC-Adressen ändern können, sollte der DHCP-Pool entsprechend groß gewählt werden.

#### **DNS**

Man kann davon ausgehen, dass ein aktiver Client im Schnitt jede Sekunde eine DNS-Anfrage macht. Daher sollte der DNS-Dienst leistungsfähig ausgelegt werden.



## 4. Anforderungen an eine WLAN-Infrastruktur

### Realisation einer WLAN-Infrastruktur

#### **PoE**

Die PoE-Leistung der Switches sollte ausreichend dimensioniert sein, um aktuelle und künftige Standards zu unterstützen. Der 802.11 bt Standard sollte erfüllt werden.

#### **Portgeschwindigkeiten der Switches**

Die Portgeschwindigkeiten der Switches sollten dem Standard 802.3 bz entsprechen. Der Uplink-Port hat eine Portgeschwindigkeit von 10 Gbit/s.

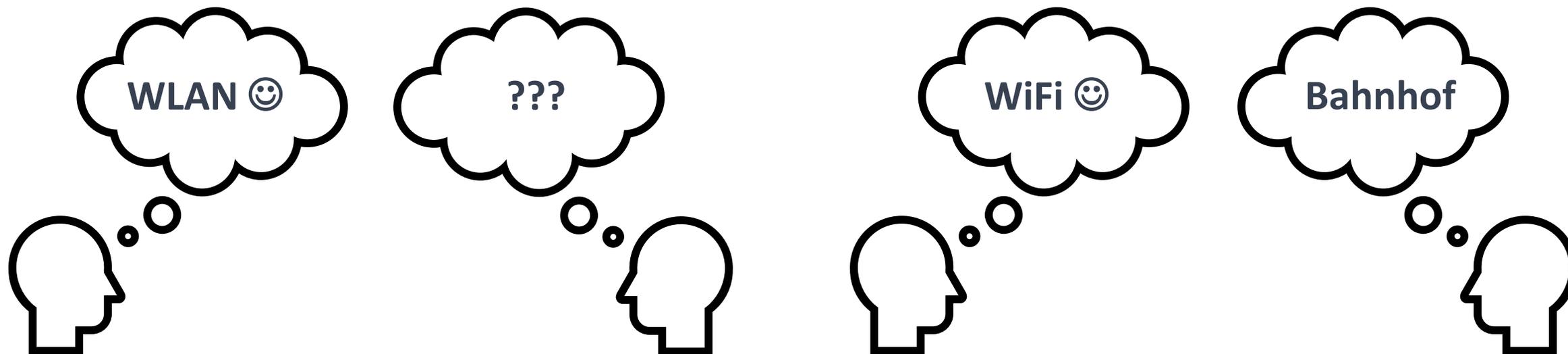
#### **Anzahl von Access Points**

Die Praxis hat gezeigt, dass es sinnvoll ist, in jedem Unterrichtsraum einen Access Point zu installieren. Access Points, die zwei oder gar drei Unterrichtsräume mit WLAN abdecken sollen, haben u.U. sehr viele gleichzeitige Clients und benötigen zur Abdeckung eines deutlichen größeren Bereichs eine dementsprechend höhere Sendeleistung, welche die passende Überdeckung der einzelnen Funkzellen schwierig macht.

#### **Platzierung des Access Points**

Access Points sollten so platziert werden, dass die Abstrahlcharakteristik des Access Points der Geometrie des Raumes nahe kommt. Dies ist meistens der Fall, wenn der Access Point an der Decke des Raumes mittig platziert wird.

## 5. Fragen und Antworten





## Abschluss

**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit**