



SCHULNETZ WLAN IV

Beobachten und Erkennen von evtl.
auftretenden Problemen – Teil 2



Inhalt

1. Mögliche Probleme im WLAN mit Lösungsmöglichkeiten

- a) WLAN-Standards
- b) Airtime
- c) Interferenzen und Störungen
- d) Skalierung von Subnetzen, Segmentierung und weitere Optimierungen



1. Mögliche Probleme im WLAN mit Lösungsmöglichkeiten

WLAN-Standards

Technologie	802.11n	802.11ac	802.11ac Wave 2	802.11ax	802.11be
Frequenzband	2,4 GHz, 5 GHz	5 GHz	2,4 GHz, 5 GHz	2,4 GHz, 5 GHz, 6 GHz	2,4 GHz, 5 GHz, 6 GHz
Kanalbandbreite	20 MHz / 40 MHz	20 MHz – 160 MHz	20 MHz – 160 MHz	20 MHz – 160 MHz	20 MHz – 320 MHz
Preamble Puncturing	✗	✗	✗	✓	✓
Modulation	BPSK – 64QAM	BPSK – QAM256	BPSK – QAM256	BPSK – QAM1024	BPSK – QAM4096
Transmit Beamforming	✓	✓	✓	✓	✓
OFDMA	✗	✗	✗	✓	✓
Multi-RU	✗	✗	✗	✗	✓
MIMO	✓	✓	✓	✓	✓
MU-MIMO (DL)	✗	✗	✓ (8 x 8)	✓ (8 x 8)	✓ (16 x 16)
MU-MIMO (UL)	✗	✗	✗	✓ (8 x 8)	✓ (16 x 16)
MLO	✗	✗	✗	✗	✓
1k block ack	✗	✗	✗	✗	✓
TWT	✗	✗	✗	✓	✓
WPA3	✗	✗	✗	✓	✓
Preferred Scanning Channel	✗	✗	✗	✓ (ab WiFi 6e)	✓



1. Mögliche Probleme im WLAN mit Lösungsmöglichkeiten

WLAN-Standards



Welcher 802.11–Standard wird für 30 Clients benötigt, wenn jeder Client mind. 2 Mbit/s netto Datenrate benötigt?

MIMO	Kanalbandbreite	802.11 n 64 QAM	802.11 ac 256 QAM	802.11 ax 1024 QAM	802.11 be* 4096 QAM
1 x 1	20 MHz	72,2 MBit/s	86,7 MBit/s	143,4 MBit/s	172,0 MBit/s
1 x 1	40 MHz	150,0 MBit/s	200,0 MBit/s	286,8 MBit/s	344,0 MBit/s
1 x 1	80 MHz	---	433,0 MBit/s	600,0 MBit/s	720,0 MBit/s
1 x 1	160 MHz	---	866,7 MBit/s	1.201,0 MBit/s	1.440,0 MBit/s
2 x 2	20 MHz	144,4 MBit/s	173,3 MBit/s	286,8 MBit/s	344,0 MBit/s
2 x 2	40 MHz	300,0 MBit/s	400,0 MBit/s	573,5 MBit/s	688,0 MBit/s
2 x 2	80 MHz	---	866,7 MBit/s	1.201,0 MBit/s	1.440,0 MBit/s
2 x 2	160 MHz	---	1.733,3 MBit/s	2.402,0 MBit/s	2.880,0 MBit/s
3 x 3	20 MHz	216,7 MBit/s	288,9 MBit/s	430,1 MBit/s	516,0 MBit/s
3 x 3	40 MHz	450,0 MBit/s	600,0 MBit/s	860,3 MBit/s	1.032,0 MBit/s
3 x 3	80 MHz	---	1.300,0 MBit/s	1.801,5 MBit/s	2.162,0 MBit/s
3 x 3	160 MHz	---	2.340,0 MBit/s	3.602,9 MBit/s	4.323,0 MBit/s
4 x 4	20 MHz	288,9 MBit/s	246,7 MBit/s	573,5 MBit/s	688,0 MBit/s
4 x 4	40 MHz	600,0 MBit/s	800,0 MBit/s	1.147,1 MBit/s	1.376,0 MBit/s
4 x 4	80 MHz	---	1.733,3 MBit/s	2.402,0 MBit/s	2.882,0 MBit/s
4 x 4	160 MHz	---	3.466,7 MBit/s	4.803,9 MBit/s	5.760,0 MBit/s

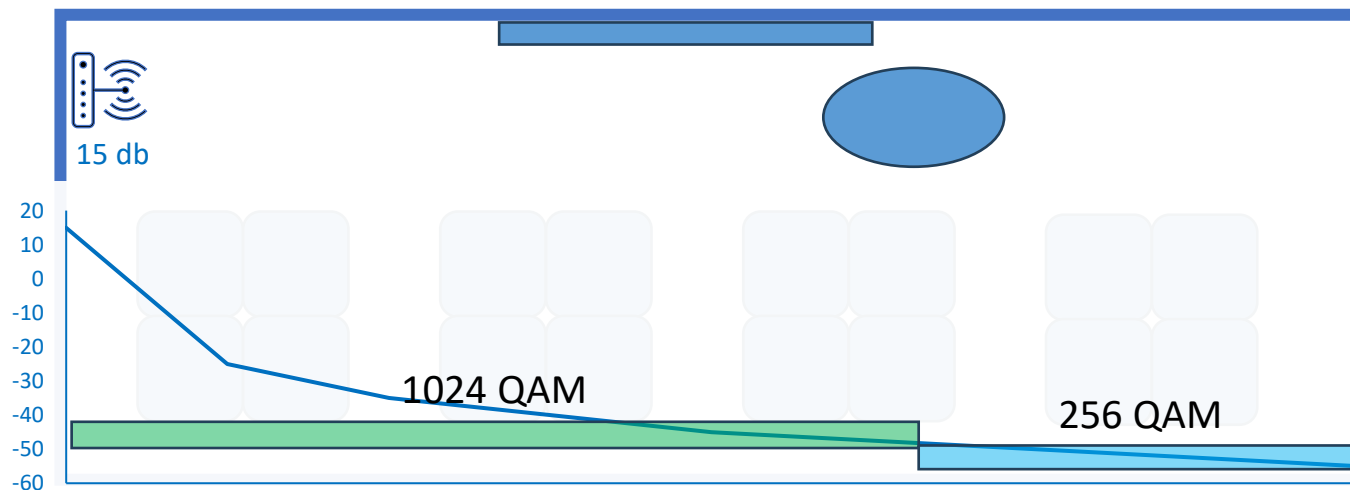


1. Mögliche Probleme im WLAN mit Lösungsmöglichkeiten

WLAN-Standards

Datenraten im Klassenzimmer – 802.11ax

- 802.11ax AP mit 40 MHz Kanalbandbreite
- 30 aktive Clients mit dem AP verbunden
- WLAN-Grundrauschen vom -85 dbm
- 2 x 2 MIMO



Entfernung vom AP	0	1	2	4	8
RSSI	15 dbm	-25 dbm	-35 dbm	-45 dbm	-55 dbm
SNR	100 db	60 db	50 db	40 db	30 db
Modulation	QAM 1024	QAM 1024	QAM 1024	QAM 1024	QAM 256
Bruttodatenrate ins. ca.	573 Mbit/s	510 Mbit/s	450 Mbit/s	400 Mbit/s	320 Mbit/s
Nettodatenrate ins. ca.	* 286 Mbit/s	255 Mbit/s	225 Mbit/s	200 Mbit/s	160 Mbit/s
Nettodatenrate pro Client ca.	* 10 Mbit/s	9 Mbit/s	8 Mbit/s	7 Mbit/s	5 Mbit/s

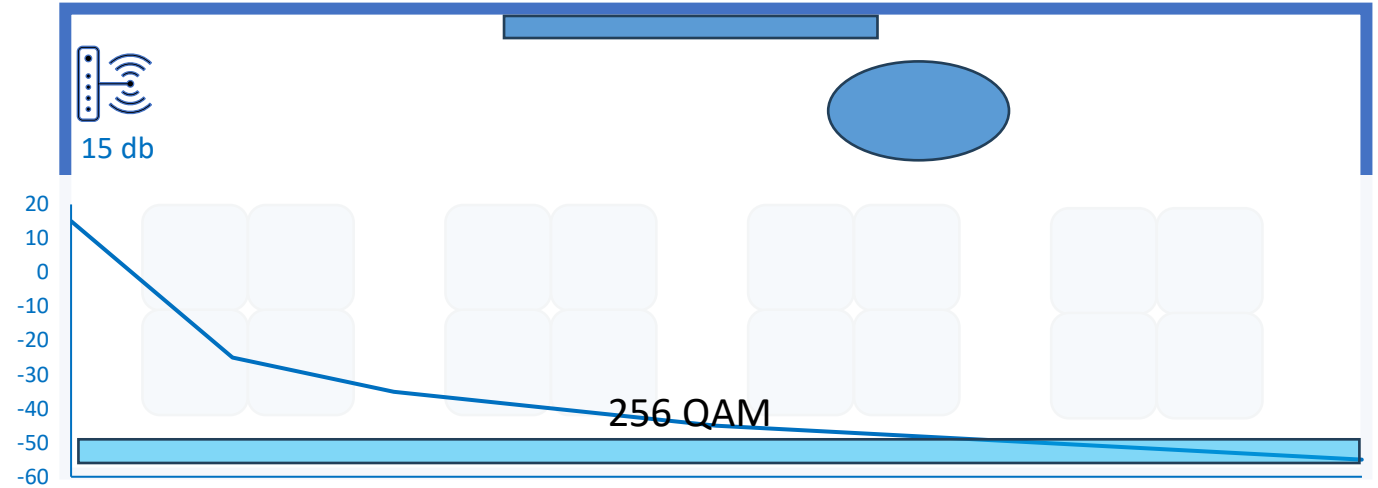


1. Mögliche Probleme im WLAN mit Lösungsmöglichkeiten

WLAN-Standards

Datenraten im Klassenzimmer – 802.11ac

- 802.11ac AP mit 40 MHz Kanalbandbreite
- 30 aktive Clients mit dem AP verbunden
- WLAN-Grundrauschen vom -85 dbm
- 2 x 2 MIMO



Entfernung vom AP	0	1	2	4	8
RSSI	15 dbm	-25 dbm	-35 dbm	-45 dbm	-55 dbm
SNR	100 db	60 db	50 db	40 db	30 db
Modulation	QAM 256	QAM 256	QAM 256	QAM 256	QAM 256
Bruttodatenrate ins. ca.	400 Mbit/s	370 Mbit/s	340 Mbit/s	310 Mbit/s	280 Mbit/s
Nettodatenrate ins. ca.	* 200 Mbit/s	185 Mbit/s	170 Mbit/s	155 Mbit/s	140 Mbit/s
Nettodatenrate pro Client ca.	* 7 Mbit/s	6 Mbit/s	6 Mbit/s	5 Mbit/s	5 Mbit/s

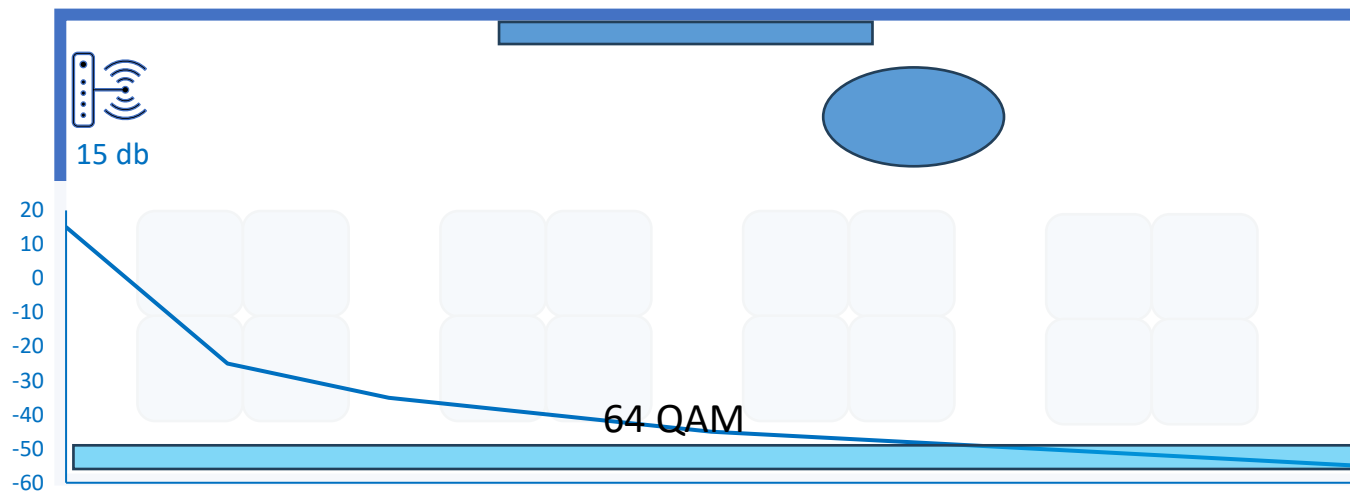


1. Mögliche Probleme im WLAN mit Lösungsmöglichkeiten

WLAN-Standards

Datenraten im Klassenzimmer – 802.11n

- 802.11n AP mit 40 MHz Kanalbandbreite
- 30 aktive Clients mit dem AP verbunden
- WLAN-Grundrauschen vom -85 dbm
- 2 x 2 MIMO



Entfernung vom AP	0	1	2	4	8
RSSI	15 dbm	-25 dbm	-35 dbm	-45 dbm	-55 dbm
SNR	100 db	60 db	50 db	40 db	30 db
Modulation	QAM 64	QAM 64	QAM 64	QAM 64	QAM 64
Bruttodatenrate ins. ca.	300 Mbit/s	278 Mbit/s	255 Mbit/s	233 Mbit/s	210 Mbit/s
Nettodatenrate ins. ca. *	150 Mbit/s	139 Mbit/s	127 Mbit/s	116 Mbit/s	105 Mbit/s
Nettodatenrate pro Client ca. *	5 Mbit/s	5 Mbit/s	4 Mbit/s	4 Mbit/s	3 Mbit/s

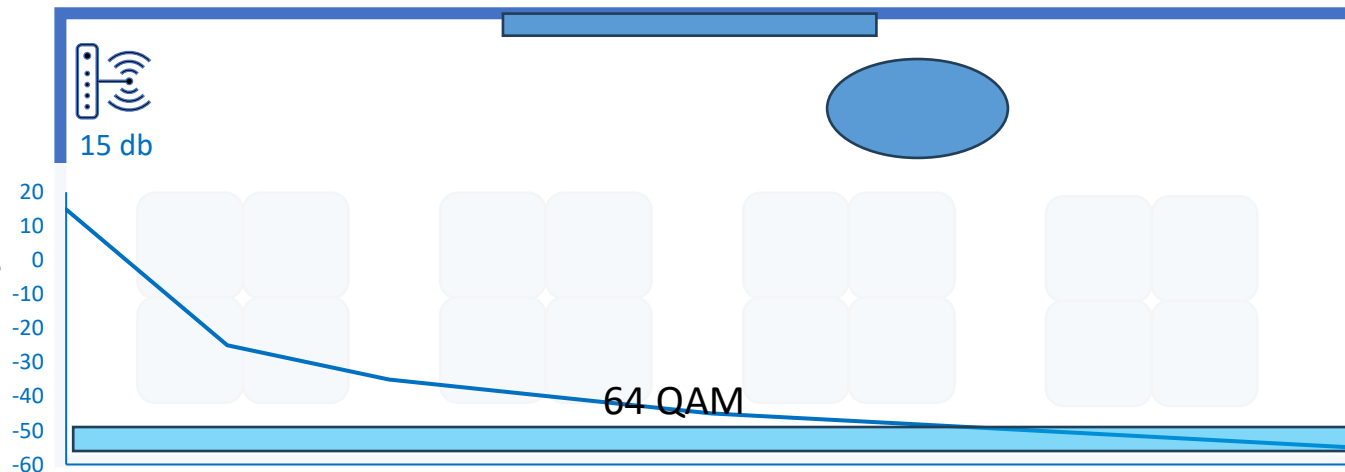


1. Mögliche Probleme im WLAN mit Lösungsmöglichkeiten

WLAN-Standards

Datenraten im Klassenzimmer – 802.11n (5 GHz) mit Sticky Client

- 802.11n AP mit 40 MHz Kanalbandbreite
- 30 aktive Clients mit dem AP verbunden
- WLAN-Grundrauschen vom -85 dbm
- 2 x 2 MIMO
- Sticky Client im Nachbarzimmer



Entfernung vom AP	0	1	2	4	8	12
RSSI	15 dbm	-25 dbm	-35 dbm	-45 dbm	-55 dbm	-75 dbm
SNR	100 db	60 db	50 db	40 db	30 db	10 db
Modulation	QAM 64	QAM 64	QAM 64	QAM 64	QAM 64	BPSK
Bruttodatenrate ins. ca.	300 Mbit/s	278 Mbit/s	255 Mbit/s	233 Mbit/s	210 Mbit/s	25 Mbit/s
Nettodatenrate ins. ca. *	150 Mbit/s	139 Mbit/s	127 Mbit/s	116 Mbit/s	105 Mbit/s	13 Mbit/s
Nettodatenrate pro Client ca. *	5 Mbit/s	5 Mbit/s	4 Mbit/s	4 Mbit/s	3 Mbit/s	0,5 Mbit/s



1. Mögliche Probleme im WLAN mit Lösungsmöglichkeiten

WLAN-Standards

- * Bei den Bandbreitenangaben wurden folgende Umstände nicht beachtet:
 - Interferenzen durch andere APs
 - Störungen durch HotSpots
 - Nettodatenrate von unter 50%
 - Geringere Bandbreite durch mehr als 30 Geräte pro AP



Der 802.11n-Standard kann unter ungünstigen Bedingungen für einige Clients eine Nettodatenrate von unter 1 Mbit/s bedeuten. Damit sollte dieser Standard im WLAN nur noch angeboten werden, wenn er unbedingt erforderlich ist. Ein Mindeststandard von mind. 802.11ac sollte angestrebt werden, der in ein paar Jahren auf 802.11ax angehoben wird.



1. Mögliche Probleme im WLAN mit Lösungsmöglichkeiten

1. Mögliche Probleme im WLAN mit Lösungsmöglichkeiten

a) WLAN-Standards

b) Airtime

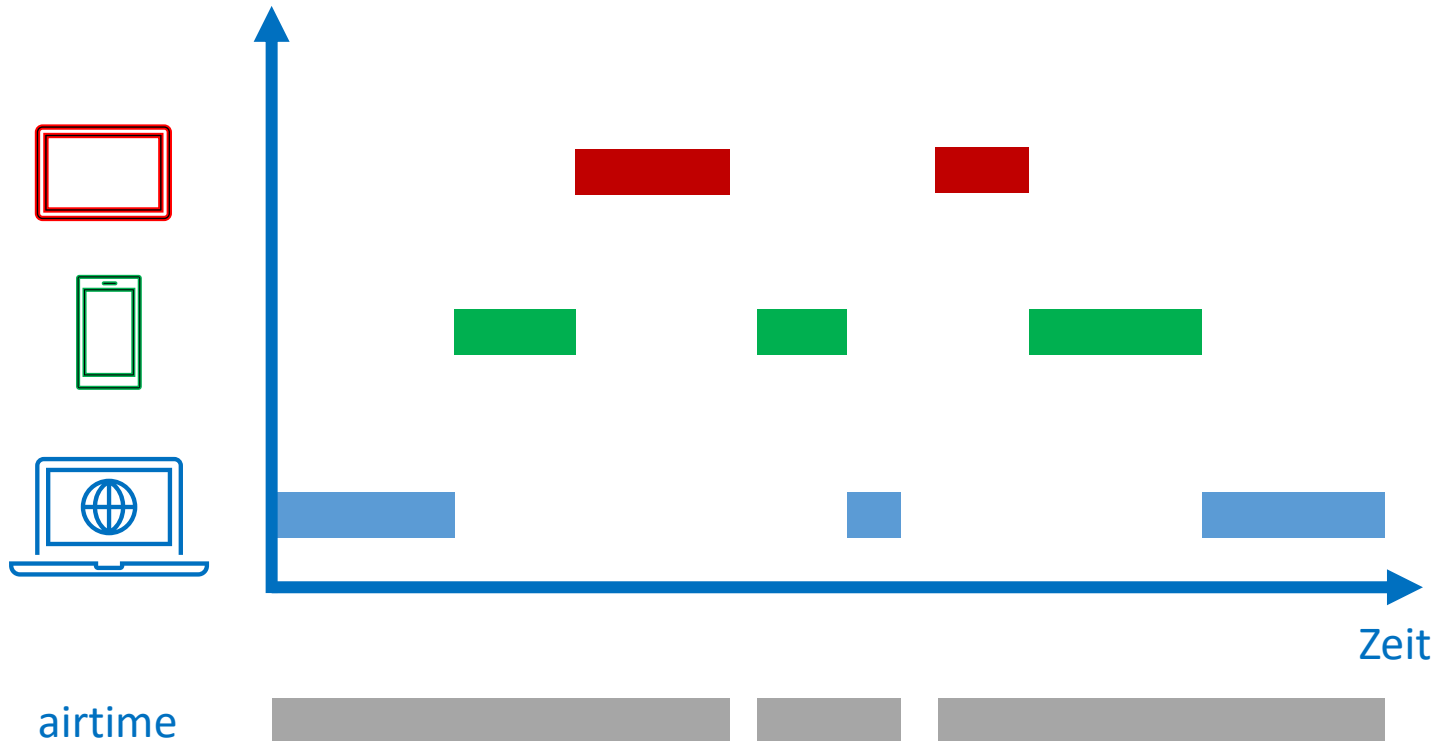
c) Interferenzen und Störungen

d) Skalierung von Subnetzen, Segmentierung und weitere Optimierungen



1. Mögliche Probleme im WLAN mit Lösungsmöglichkeiten

Airtime



Wie kann man die Airtime der
Clients reduzieren oder
optimieren?



1. Mögliche Probleme im WLAN mit Lösungsmöglichkeiten

Airtime

Client Verteilung optimieren

Kanalbandbreite optimieren

Alle 5 GHz-Kanäle verwenden

Kanalverteilung optimieren => kein cci und aci

2,4 GHz deaktivieren oder Sendeleistung 6 db kleiner als bei 5 GHz + Band Steering

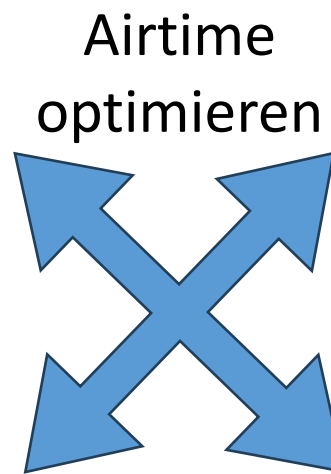
802.11v und 802.11k

Kanal-Erreichbarkeit optimieren

Airtime Fairness aktivieren

RSSI-Schwellenwert festlegen

Funkzelle anpassen – Überdeckung minimieren



Datenraten maximieren

Minimum- und Maximum-Datenraten festlegen

Beacon Übertragungsrate erhöhen

Beacon Intervall erhöhen

Alte WLAN-Standards deaktivieren

Unnötigen Traffic vermeiden

Kein Dual-Stack verwenden

Anzahl SSIDs reduzieren

Unnötige HotSpots abschalten

Multicast optimieren (igmp)

Broadcast to unicast



1. Mögliche Probleme im WLAN mit Lösungsmöglichkeiten

Airtime	Einflussgröße	Einfluss	Herausforderung
	Kanalbreite	hoch	Überlappungsfreie Kanäle bei hoher AP-Dichte
	Kanalverteilung	hoch	Hohe Dichte an APs macht Kanalverteilung schwierig
	Alte WLAN-Standards	hoch	IoT-Geräte benötigen manchmal alte Standards
	MU-MIMO	hoch	Clients und AP müssen es unterstützen
	Signal-Rausch-Abstand (SNR)	hoch	Triming der Sendeleistung, Rauschen schwer reduzierbar
	Interferenzen und andere Störungen	hoch	Zeit- und arbeitsaufwändig zu identifizieren und zu reduzieren
	Sendeleistung	hoch	Schwierig manuell auf einer Vielzahl APs einzustellen
	Optimale Platzierung von Aps	hoch	Zeit- und arbeitsaufwändig
	Beacon Rate	hoch	Nicht auf jedem WLAN-Controller veränderbar
	Anzahl SSIDs	hoch	Segmentierung und Größe von Subnetzen
	OFDMA	hoch	Clients und AP müssen es unterstützen
	6 GHz-Frequenzband	hoch	Clients und AP müssen es unterstützen
	Clientverteilung auf APs	Hoch	Nicht auf jedem WLAN-Controller über Max-Clients pro AP veränderbar
	Beacon-Intervall erhöhen	mittel	Verschlechtert Roaming
	Broadcast to unicast	mittel	Nicht alle Hersteller bieten derartige Techniken an
	Multicast optimieren	mittel	Nicht alle Hersteller bieten derartige Techniken an
	Airtime Fairness	mittel	Nicht alle Hersteller bieten derartige Techniken an
	Anzahl Sticky Client reduzieren	mittel	Roaming macht Client, über Min.-Bandbreite und RSSI-Schwellenwert beeinflussbar



1. Mögliche Probleme im WLAN mit Lösungsmöglichkeiten

Airtime

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%



1. Mögliche Probleme im WLAN mit Lösungsmöglichkeiten

1. Mögliche Probleme im WLAN mit Lösungsmöglichkeiten

- a) WLAN-Standards
- b) Airtime
- c) Interferenzen und Störungen
- d) Skalierung von Subnetzen, Segmentierung und weitere Optimierungen



1. Mögliche Probleme im WLAN mit Lösungsmöglichkeiten

Interferenzen und Störungen

Störungen im WLAN

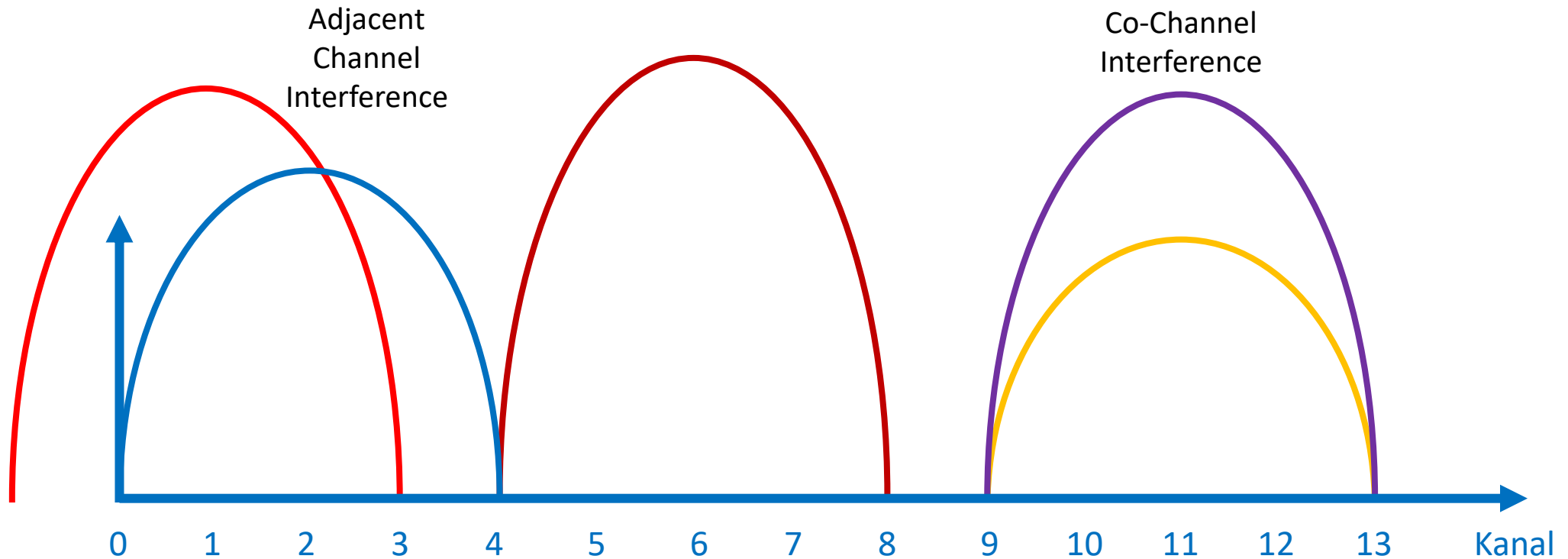
2,4 GHz	5 GHz	6 GHz
<ul style="list-style-type: none">• Andere WLAN-Netzwerke auf gleichem Kanal oder die den selbst genutzten Kanal überdecken• Bluetooth• HotSpot in Fahrzeugen• Mikrowelle• Drahtlose Bildschirmübertragung• HotSpot auf Smartphones• VoIP-Telefone• Drahtlose Kopfhörer• Baby Phone	<ul style="list-style-type: none">• Andere WLAN-Netzwerke auf gleichem Kanal oder die den selbst genutzten Kanal überdecken• Drahtlose Bildschirmübertragung• Radar – DFS• Richtfunk	<ul style="list-style-type: none">• Andere WLAN-Netzwerke auf gleichem Kanal oder die den selbst genutzten Kanal überdecken



1. Mögliche Probleme im WLAN mit Lösungsmöglichkeiten

Interferenzen und Störungen

Störungen im WLAN





1. Mögliche Probleme im WLAN mit Lösungsmöglichkeiten

Interferenzen und Störungen

ACI (Adjacent Channel Interference)	CCI (Co-Channel Interference)
Signale in benachbarten Kanälen überlagern sich. ACI wird durch APs auf benachbarten Kanälen hervorgerufen, die Kanalbandbreiten überschneiden sich.	Signale auf gleichen Kanälen überlagern sich. CCI wird durch APs auf dem gleichen Kanal hervorgerufen.
ACI verursacht Rauschen und Interferenzen. Der SNR wird durch ACI reduziert.	CCI verursacht Kollisionen, aber keine Interferenzen.
Die Airtime ist erhöht, da Datenpakete durch Interferenzen z.T. mehrmals versendet werden müssen.	Die Airtime ist erhöht, da mehrere Clients die gleiche Frequenz verwenden.
CSMA/CA funktioniert bei Clients auf benachbarten Kanälen nicht ordnungsgemäß	CSMA/CA funktioniert, verlangsamt aber die Kommunikation.
Interferenzen zwischen Signalen auf benachbarten Kanälen verursachen eine niedrigere SNR und dadurch eine schlechtere Modulation und niedrigere Datenübertragungsraten.	Die SNR wird durch CCI nicht reduziert, Die Modulation bleibt erhalten. Die Datenübertragungsrate wird durch CSMA/CA durch andere Clients auf der gleichen Frequenz verringert.
Lösung: <ul style="list-style-type: none"> • Private Hotspots abschalten • Kanalverteilung optimieren • Kanalbreiten regulieren, evtl. auch reduzieren und vereinheitlichen • Sendeleistung reduzieren und Überlappung minimieren • Abstand von APs erhöhen 	Lösung: <ul style="list-style-type: none"> • Private Hotspots abschalten • Kanalverteilung optimieren • Sendeleistung auf das notwendige minimieren • Mindestabstand von 15 db zwischen APs auf dem gleichen Kanal

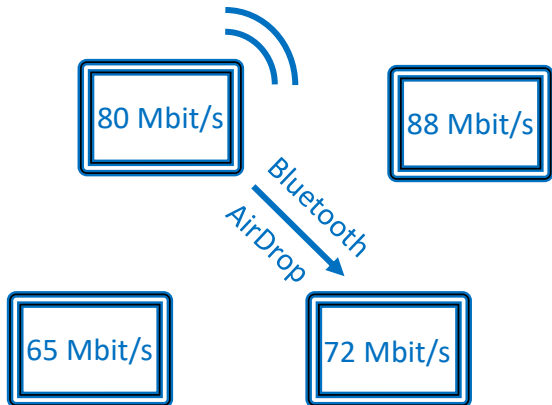


1. Mögliche Probleme im WLAN mit Lösungsmöglichkeiten

Interferenzen und Störungen

CCI und ACI in der Praxis: AirDrop

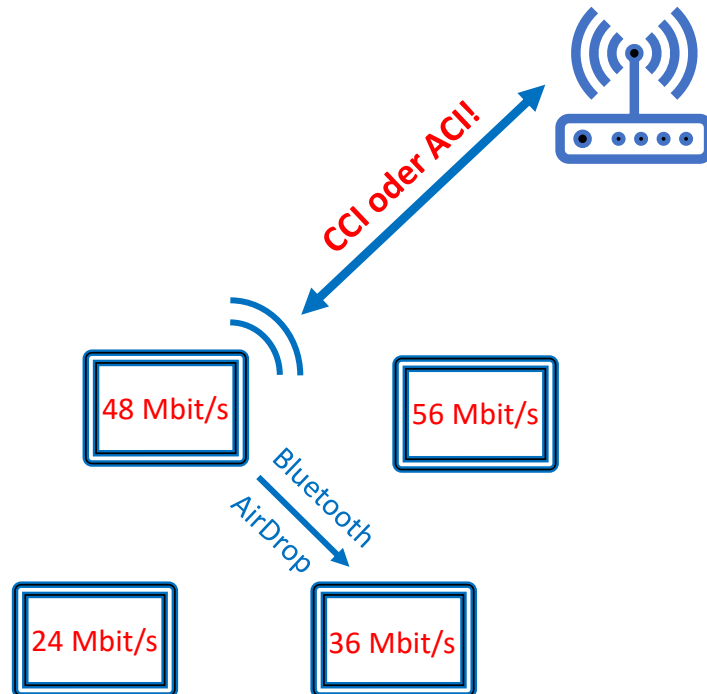
1. 4 mobile Endgeräte sind mit in einem WLAN mit dem AP verbunden.
2. Ein mobiles Endgerät initiiert AirDrop mit einem anderen Endgerät.
3. Es werden Daten per AirDrop übertragen.



1. Mögliche Probleme im WLAN mit Lösungsmöglichkeiten

Interferenzen und Störungen

CCI und ACI in der Praxis: AirDrop



1. 4 mobile Endgeräte sind mit in einem WLAN mit dem AP verbunden.
2. Ein mobiles Endgerät initiiert AirDrop mit einem anderen Endgerät.
3. Es werden Daten per AirDrop übertragen.
4. Gleichzeitig sinken die Datenübertragungsraten aller mobilen Endgeräte im WLAN.

AirDrop

- Verbindungsaufbau über Bluetooth
- Peer-to-Peer-Netzwerk über WLAN
- Dateien werden einzeln an jedes Gerät gesendet. Ein Multicast an eine Gruppe von Geräten findet nicht statt.
- Verwendung von 2,4 oder 5 GHz Frequenzband
- Kanalbandbreite 40 MHz (!)
- Übertragungsgeschwindigkeiten von 80-120 MBit/s auf sehr kurze Entfernung, 30 Mbit/s im Normalfall

AirDrop in schulischen WLAN-Netzwerken

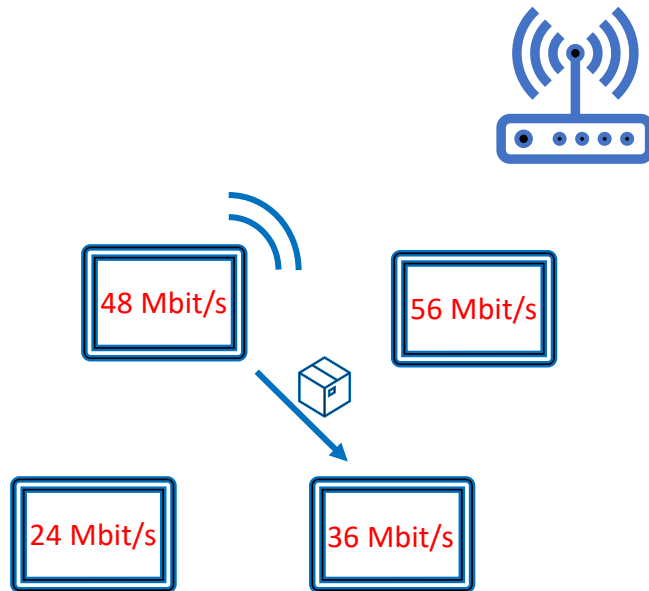
- AirDrop verwendet WLAN zur Übertragung. Damit wird auf einem mobilen Endgerät ein AP betrieben.
- Dieser AP kann Infrastruktur-WLAN-Netzwerke stören:
 - Bei Verwendung des gleichen Kanals CCI
 - Bei Verwendung überlappender Kanäle ACI
 - Die Kanalbandbreite von 40 MHz stellt im 2,4 GHz-Frequenzband ein Problem dar. Sie reduziert die Anzahl weiterer überlappungsfreier Kanäle auf 1.
 - Durch CCI oder ACI sinkt die Datenübertragungsraten aller Clients in der Nähe
 - Das Rauschen erhöht sich, der SNR aller Clients sinkt, die verfügbare Airtime sinkt dramatisch.
 - Latenzsensitive Anwendungen wie VC oder VoIP können gestört werden.



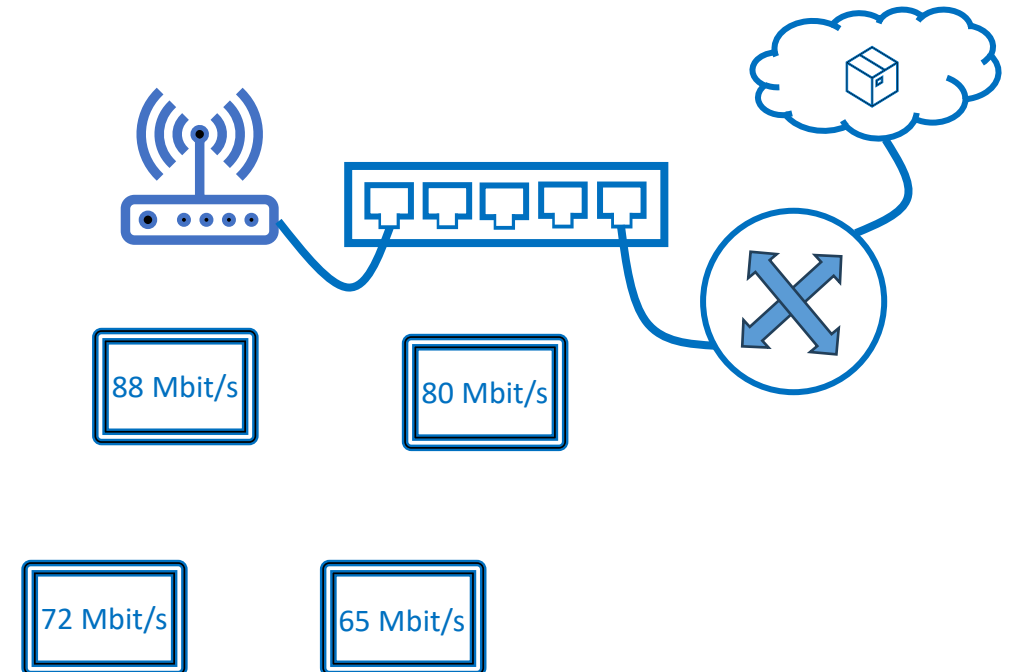
1. Mögliche Probleme im WLAN mit Lösungsmöglichkeiten

Interferenzen und Störungen

CCI und ACI in der Praxis: AirDrop



AirDrop



Cloudfreigabe



1. Mögliche Probleme im WLAN mit Lösungsmöglichkeiten

Interferenzen und Störungen

CCI und ACI in der Praxis: AirDrop

AirDrop	Cloudfreigabe
<ul style="list-style-type: none">• Dateien werden einzeln an jedes Gerät versendet• Zusätzliche WLAN-Verbindung zwischen den Endgeräten• Nicht datensparsam, da einzelne Verbindungen• Risiko von CCI und ACI im WLAN• Massiver Verbrauch von Airtime• Point-to-Point Verbindungen erhöhen Rauschen	<ul style="list-style-type: none">• Dateien werden nicht versendet, sondern nur freigegeben• Keine zusätzlichen WLAN-Verbindungen• Datensparsamer, da nur 1 x Upload• Kein Risiko von CCI und ACI• Wenig Verbrauch von Airtime• Keine Erhöhung des Rauschens

Dateien sollten nicht direkt versendet, sondern über einen Cloudspeicher freigegeben werden.



AirDrop ist optimal für das Teilen von wenigen Dateien im privaten Umfeld. Für die ständige Nutzung in der Schule ist AirDrop ungeeignet.

Neben der Nutzung von AirDrop sind alle weiteren unnötigen APs in der Schule (z.B. Drucker, privater HotSpot, AP am Beamer,...) abzuschalten.



1. Mögliche Probleme im WLAN mit Lösungsmöglichkeiten

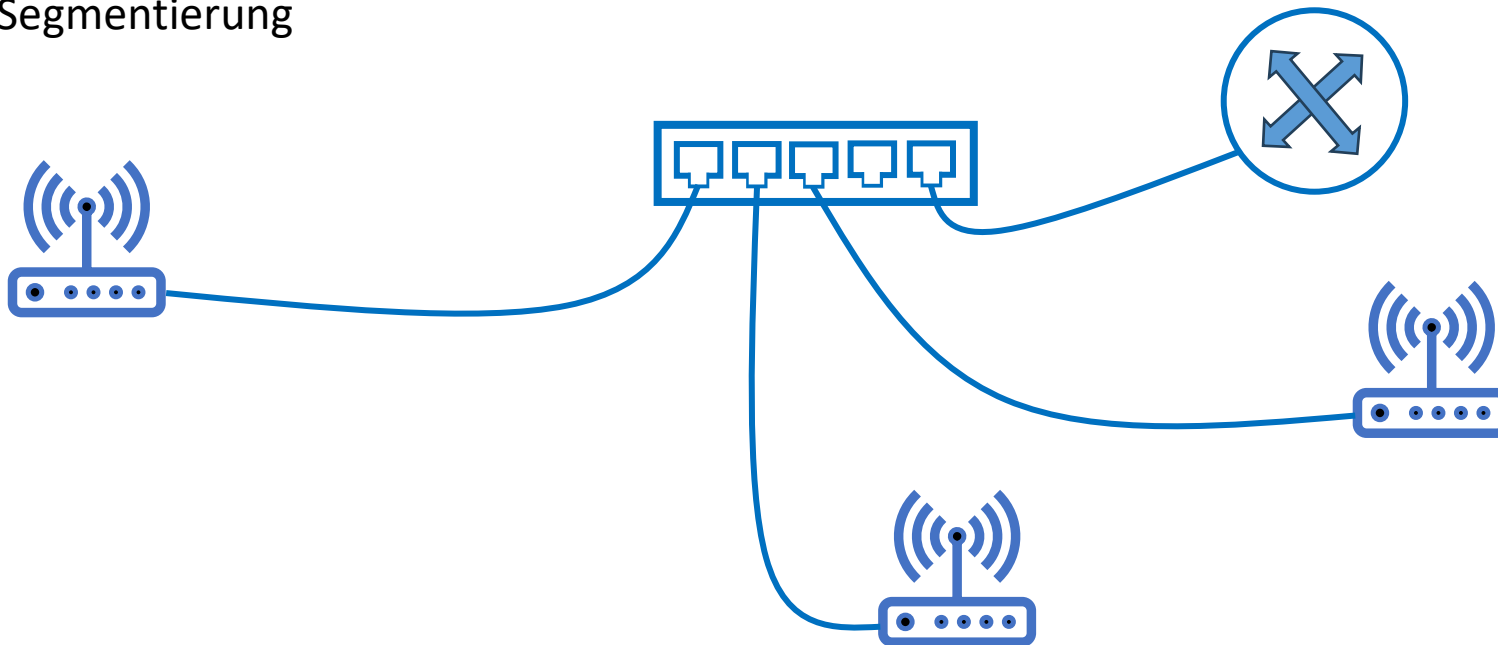
1. Mögliche Probleme im WLAN mit Lösungsmöglichkeiten

- a) WLAN-Standards
- b) Airtime
- c) Interferenzen und Störungen
- d) Skalierung von Subnetzen, Segmentierung und weitere Optimierungen

1. Mögliche Probleme im WLAN mit Lösungsmöglichkeiten

Skalierung von Subnetzen, Segmentierung und weitere Optimierungen

Segmentierung



APs sind in der Regel über Ethernet-Switches miteinander verbunden. Die APs übersetzen lediglich vom kabelgebundenen ins kabellose Netzwerk.



Für die Segmentierung von 802.11-Netzwerken gelten die gleichen Regeln wie für 802.3-Netzwerke. Ab ca. 250 Clients sollte eine Segmentierung des Netzwerkes in Teilnetzwerke vorgenommen werden. WLAN-Netzwerke mit einer deutlich höheren Anzahl gleichzeitiger Clients können durch zahlreiche Broadcasts beeinträchtigt werden.



1. Mögliche Probleme im WLAN mit Lösungsmöglichkeiten

Skalierung von Subnetzen, Segmentierung und weitere Optimierungen

Unicast, Multicast und Broadcast

Unicast	Multicast	Broadcast
Im Netzwerk wird die Unicast-Übertragung verwendet, um Daten gezielt an eine spezifische IP-Adresse zu senden.	Multicast ist die Eins-zu-viele-Übertragung, bei der Daten von einem Sender an eine Gruppe von Empfängern gesendet werden.	Broadcast ist die Eins-zu-alle-Übertragung, bei der Daten vom Sender an alle Empfänger eines Netzwerksegments gesendet werden.
<ul style="list-style-type: none"> • Web-Browsing • E-Mail • Datenübertragung • drahtlose Bildschirmübertragung 	<ul style="list-style-type: none"> • Live-Streaming • IPTV • Multicast-VoIP • Bonjour (Apple) 	<ul style="list-style-type: none"> • DHCP • ARP

Schulische WLAN-Netzwerke haben bzgl. Multicast und Broadcast besondere Merkmale:

- Multicast treten in schulischen WLAN-Netzwerken unter bestimmten Voraussetzungen vermehrt, sonst eher gering auf.
- Broadcast werden in schulischen WLAN-Netzwerken überwiegend für ARP und DHCP verwendet. Dabei sind ARP zeitlich nicht gleichmäßig verteilt. Pausen in Schulen bzw. die Zeiten der Nicht-Benutzung von mobilen Geräten sind meist länger als der ARP timeout. Das bedeutet, dass mobile Geräte meist nach der Pause oder nach einer Zeit der Nichtbenutzung ARP-Requests machen. Dies fällt in der Schule oft mit den Stundenwechseln zusammen.
- Das bedeutet, dass schulische WLAN-Netzwerke zu bestimmten Zeiten mit einer großen Menge an Broadcasts belastet werden. Werden die Broadcasts in kabelgebundene Netzwerke weitergeleitet, kann dadurch die Verfügbarkeit und Leistungsfähigkeit des gesamten Netzwerksegments beeinträchtigt werden.



1. Mögliche Probleme im WLAN mit Lösungsmöglichkeiten

Skalierung von Subnetzen, Segmentierung und weitere Optimierungen

Broadcast

ARP	DHCP	Dynamische MAC-Adresse
ARP (Address Resolution Protocol) ist ein Netzwerkprotokoll, das dazu verwendet wird, die IP-Adresse eines Netzwerkgeräts in seine physische MAC-Adresse aufzulösen.	DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) ist ein Netzwerkprotokoll, das automatisch IP-Adressen und andere Netzwerkparameter an Geräte in einem Netzwerk verteilt.	MAC-Randomisierung ist ein Datenschutzmechanismus, der die Hardware-Adresse (MAC-Adresse) des Geräts zufällig generiert und regelmäßig ändert.

Betriebssystem	Typischer ARP-Cache Timeout
Windows	120 s
Linux	60 - 180 s
macOS	1200 s
iPad OS	unbekannt

DHCP-Lease Zeit	Client-Aktion
50 % (T1) Erneuerungszeit	Erneute DHCP-Anfrage
87,5 % (T2) Wiederversuchszeit	Wenn T1 erfolglos, erneute DHCP-Anfrage
100 % Lease abgelaufen	Wenn T2 erfolglos, erneute DHCP-Anfrage

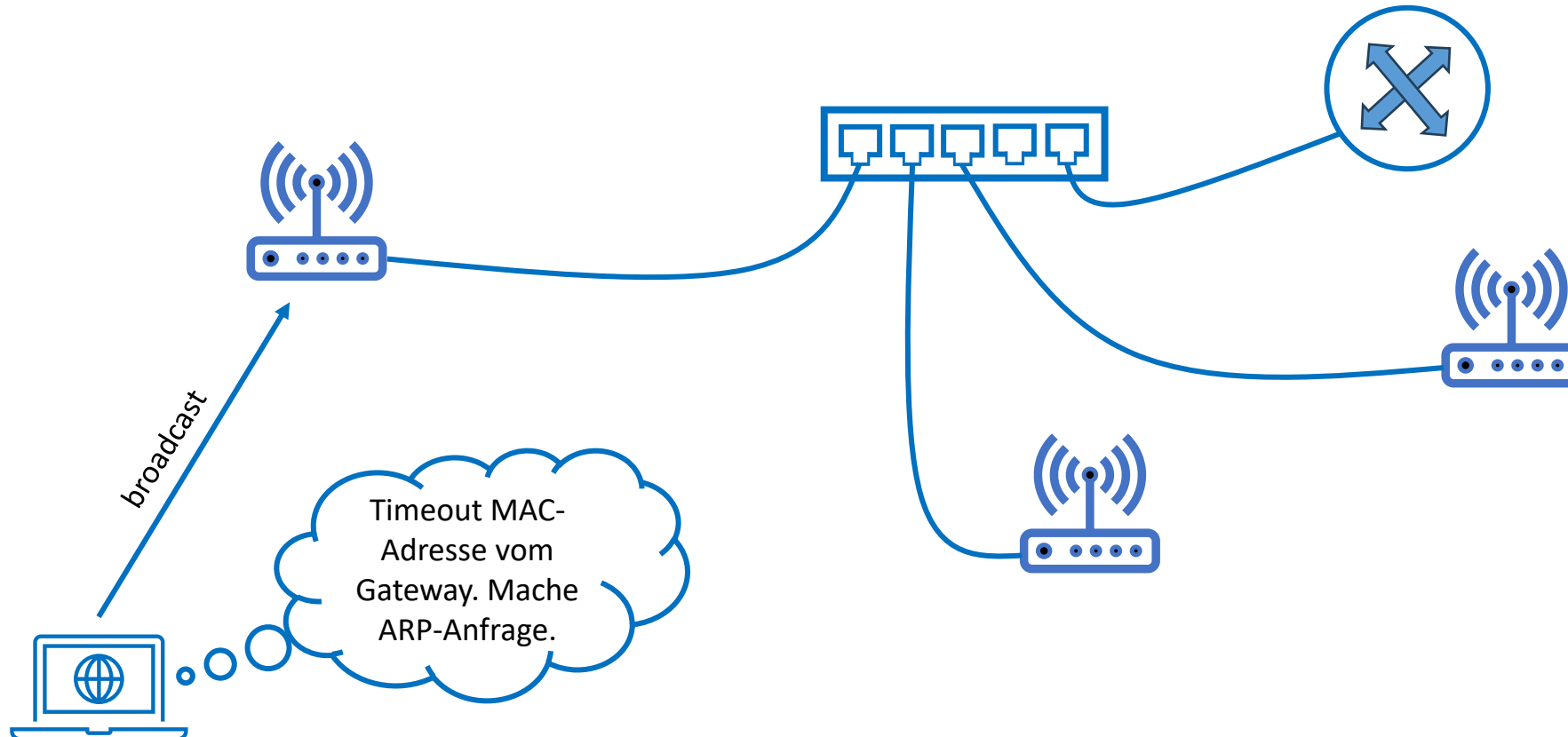
Betriebssystem	Dauer
Android	Bei erneuter Verbindung*
Windows	Benutzerspezifisch*
iOS	pro Netzwerk generiert*
macOS	pro Netzwerk generiert*

* Der Benutzer kann die MAC-Adress-Randomisierung manuell durchführen.

1. Mögliche Probleme im WLAN mit Lösungsmöglichkeiten

Skalierung von Subnetzen, Segmentierung und weitere Optimierungen

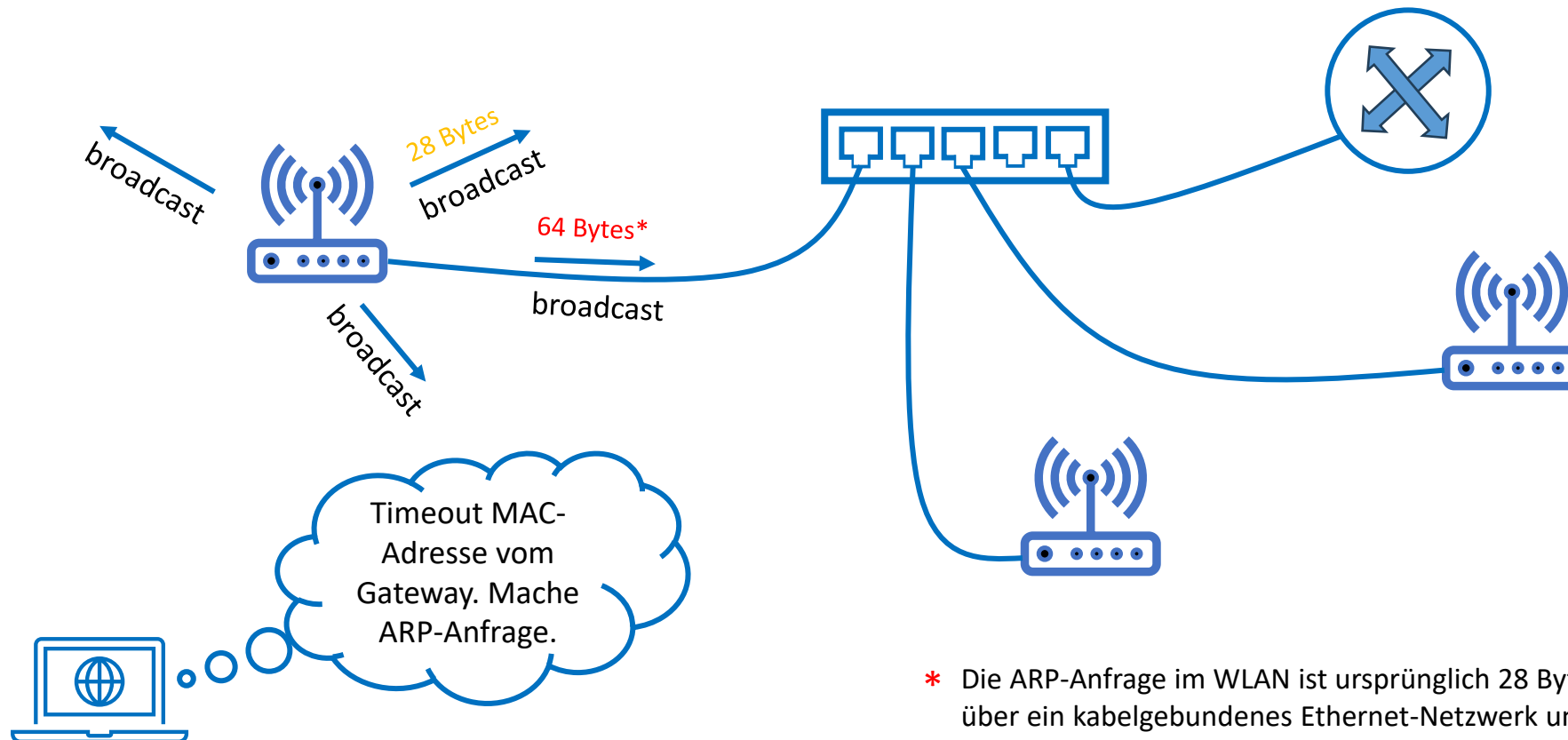
Ausbreitung von Broadcasts in WLAN-Netzwerken ohne technische Eindämmung



1. Mögliche Probleme im WLAN mit Lösungsmöglichkeiten

Skalierung von Subnetzen, Segmentierung und weitere Optimierungen

Ausbreitung von Broadcasts in WLAN-Netzwerken ohne technische Eindämmung

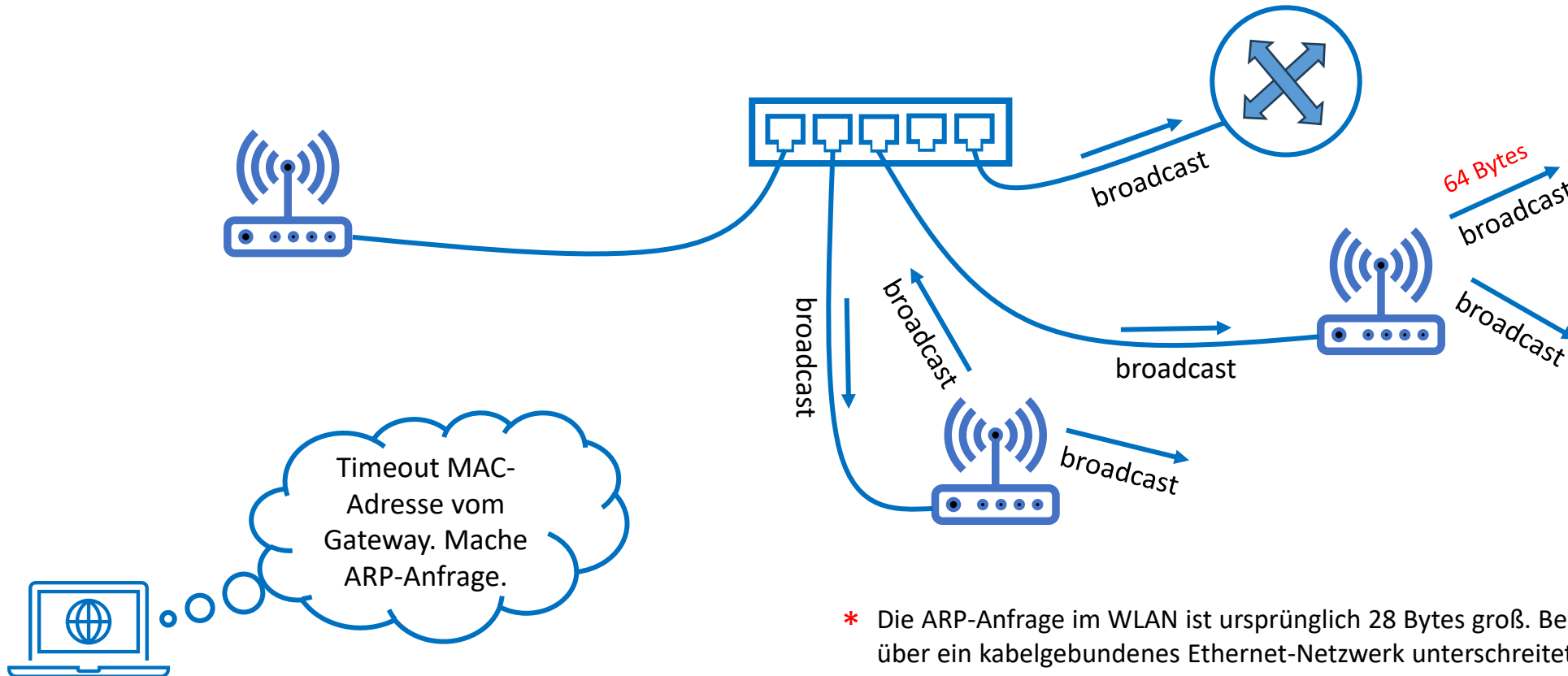


* Die ARP-Anfrage im WLAN ist ursprünglich 28 Bytes groß. Bei einer Übertragung über ein kabelgebundenes Ethernet-Netzwerk unterschreitet dies die Mindeststrahlengröße von 64 Bytes. Der Frame wird auf 64 Bytes vergrößert.

1. Mögliche Probleme im WLAN mit Lösungsmöglichkeiten

Skalierung von Subnetzen, Segmentierung und weitere Optimierungen

Ausbreitung von Broadcasts in WLAN-Netzwerken ohne technische Eindämmung



- * Die ARP-Anfrage im WLAN ist ursprünglich 28 Bytes groß. Bei einer Übertragung über ein kabelgebundenes Ethernet-Netzwerk unterschreitet dies die Mindeststrahlengröße von 64 Bytes. Der Frame wird auf 64 Bytes vergrößert.



1. Mögliche Probleme im WLAN mit Lösungsmöglichkeiten

Skalierung von Subnetzen, Segmentierung und weitere Optimierungen

Reduzierung von Broadcasts

Broadcasts, die aus WLAN-Netzwerken in kabelgebundene Netzwerke übertragen werden, können Netzwerke beeinträchtigen:

- **Erhöhte Netzwerkbelastung:** Broadcasts erhöhen die Auslastung von Netzwerken, vor allem, wenn sie über mehrere Switches gesendet werden.
- **Broadcasts verzögern Kommunikation anderer APs:** Werden Broadcasts auf anderen Access-Point an Clients gesendet, unterbinden sie die Kommunikation der APs mit verbundenen Clients. Damit können Clients, die einen Broadcast senden, die Kommunikation auf anderen APs verzögern.
- **Erhöhte Latenz:** Ist der Anteil an Broadcasts im WLAN erhöht, können während dieser Zeit keine Daten gesendet und empfangen werden.
- **Erhöhter Jitter:** Ist der Anteil an Broadcasts in einem WLAN erhöht, variieren die Antwortzeiten von Datenübertragungen. Dies hat negative Einflüsse auf Anwendungen, die eine niedrige Latenz benötigen, wie z.B. VoWLAN oder Videokonferenzen.
- **Netzwerkollisionen:** Broadcasts erhöhen die Gefahr von Kollisionen v.a. in größeren WLAN-Netzwerken.

Maßnahmen, die Anzahl der Broadcasts zu reduzieren:

- **Segmentierung von Netzwerken:** Durch die Unterteilung eines Netzwerks in kleinere Segmente sind weniger Clients von Broadcasts betroffen. Der Anteil von Broadcasts im Netzwerk sinkt.
- **Techniken wie Broadcast-to-Unicast:** In größeren WLAN-Netzwerken sollten Techniken eingesetzt werden, die Broadcasts in Unicasts verwandeln können. Dies kann dadurch erreicht werden, indem APs eigene MAC-Adress-Tabellen führen, und so z.B. ARP-Anfragen gezielt an das adressierte Gerät weiterleiten.
- **DHCP-Lease Time sinnvoll wählen:** Wird eine DHCP-Lease-Time so gewählt, dass die mehr als doppelt so groß ist wie der Aufenthalt in der Schule, entfällt eine erneute DHCP-Anfrage bei 50% der Lease-Zeit.



1. Mögliche Probleme im WLAN mit Lösungsmöglichkeiten

Skalierung von Subnetzen, Segmentierung und weitere Optimierungen

Multicast im WLAN am Beispiel Airplay

Airplay ist ein Protokoll zur kabellosen Übertragung von Videoströmen. Diese Technologie funktioniert im privaten Umfeld einwandfrei, in Netzwerken mit vielen Clients kann Airplay zu Problemen im WLAN führen:

- Apple-TV nutzen Airplay. Sie sollten in Schulen per Netzkabel angebunden sein, auch wenn sie per WLAN erreicht werden sollen.
- Ist ein Apple-TV nicht über das kabelgebundene Netzwerk erreichbar, startet das Apple-TV einen HotSpot. Dieser Hotspot kann eine WLAN-Infrastruktur stören, in dem Störungen oder Interferenzen entstehen oder die Airtime wesentlich ansteigt. Die Technik, die dabei verwendet wird, ist AWDL (Apple Wireless Direct Link). Es handelt sich hier um eine WiFi-Direct-Verbindung zwischen Apple-TV und Endgerät.
- Apple verwendet einen Dienst „Bonjour“ für das Auffinden kompatibler Dienste. Bonjour nutzt zum Informationsaustausch Multicast-DNS-Pakete (mDNS). Die Clients tauschen die Bonjour-Informationen über die Multicast-Adresse 224.0.0.251 aus.
- Ursprünglich war Bonjour für Heimnetzwerke gedacht. Doch mit der Verbreitung von MacBooks, iPhones und iPads verbreitete sich Bonjour auch in größeren Netzwerkumgebungen. Doch je mehr Bonjour-Hosts im Netzwerk, desto mehr fluten mDNS-Pakete das Netzwerk mit An- und Abmeldungen von Diensten. Diese An- und Abmeldungen können bei vielen Clients im gleichen Netzwerk einen Großteil der Airtime verbrauchen.



Bei Nutzung von Apple-TV in Schulen sollten diese Geräte mit einem kabelgebundenen Netzwerk verwendet werden. Der entstehende Multicast Traffic kann Netzwerke beeinträchtigen. Daher sollte die Auswirkungen dieses Traffics durch geeignete Techniken (Multicast => Unicast) oder igmp auf den Switches minimiert werden.



1. Mögliche Probleme im WLAN mit Lösungsmöglichkeiten

Skalierung von Subnetzen, Segmentierung und weitere Optimierungen

QoS in WLAN-Netzwerken

Quality of Service (QoS) ist eine Technologie, mit der die Übertragungsqualität von Datenströmen im Netzwerk garantiert werden soll.

Mit QoS sollen folgende Parameter verbessert werden:

- **Bandbreite:** Zuweisung einer Mindestbandbreite
- **Reduzierung Latenz:** Verringerung der Latenz für Anwendungen, die z.B. VoIP oder Videokonferenzen
- **Jitter-Reduzierung:** Minimierung der Variabilität der Paketübertragungszeiten, z.B. für Audio- und Videostreams
- **Verlustvermeidung:** Verringerung von Paketverlusten

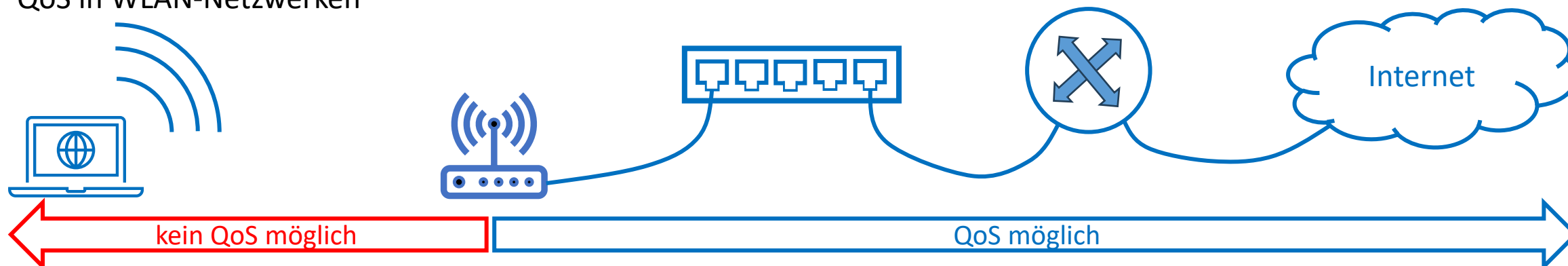
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none">• Priorisierung einzelner Anwendungen oder Teilnetze• Weniger Störungen in einzelnen Apps oder Anwendungen• „Flüssigeres“ Arbeiten mit einzelnen Apps oder Anwendungen	<ul style="list-style-type: none">• Komplexität in der Konfiguration• Potenzielle Fehlkonfiguration• Unterstützung durch Hersteller von Netzwerkkomponenten• End-to-End-Unterstützung notwendig



1. Mögliche Probleme im WLAN mit Lösungsmöglichkeiten

Skalierung von Subnetzen, Segmentierung und weitere Optimierungen

QoS in WLAN-Netzwerken



QoS hat keinen Einfluss auf die drahtlose Übertragung. Diese ist u.a. durch folgende Kriterien bestimmt:

- WLAN-Standard, Signalstärke
- Dämpfung und Interferenzen
- Modulation
- Signal-Rausch-Abstand
- Anzahl Clients im WLAN

QoS könnte folgenderweise angewendet werden:

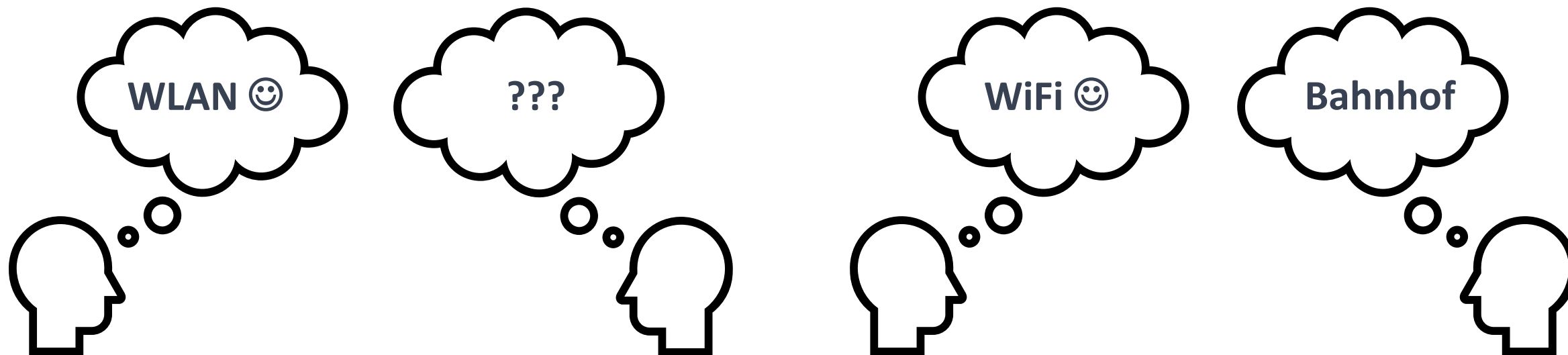
- Priorisierung zeitkritischer Daten, wie z.B. VoWLAN oder Videokonferenzen
- Priorisierung einzelner Netzwerksegmente, z.B. Lehrer-WLAN

Eine Priorisierung im Netzwerk kann die Verarbeitung und Weiterleitung von priorisierten Daten verbessern. Ist das Ethernet-Netzwerk jedoch nicht ausgelastet und sind genügend Ressourcen frei, sind die Vorteile von QoS gering. QoS bringt einen Vorteil je knapper Netzwerkressourcen sind.



In der Praxis erreicht man mit einer Optimierung der Signalqualität von APs mehr als mit einer Implementierung von QoS!

2. Fragen und Antworten





Abschluss

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit**