

WLAN-Vorlesung

Teil-10

Inhalt

Planungsgrundlagen

Parameter

Reichweiten-Betrachtungen

Maximal zulässige Strahlungsleistung

Maximale Reichweite

Dämpfung

Faktoren für die Reichweite

Flächenplanung (Abdeckungsorientiert, Kapazitätsorientiert, Verfügbarkeitsorientiert)

Störquellen

Ausleuchtungsmessung (Heatmap)

WLAN Einsatzmöglichkeiten

WLAN-Geräte

Planungsgrundlagen

Parameter, die für eine Planung geklärt werden müssen:

- Netzwerk-Modus
- Anzahl der erwarteten Stationen
- Größe der auszuleuchtenden Fläche
- Hindernisse in der Fläche
- Datenrate
- Antennen
- Frequenzwahl
- Sicherheit
- Adressbereich
- Anbindung an Services
- Verfügbarkeit

Fragestellungen im Zusammenhang mit der Reichweite

Im Zusammenhang mit der Reichweite können 2 Fragestellungen interessant sein:

- Welche Distanz ist bei gegebener Datenübertragungsrate erreichbar?
- Welche Datenübertragungsrate ist bei gegebener Distanz möglich?

Große Reichweitenbetrachtung

Die Maximale Reichweite kann im Freien bei Sichtverbindung (LoS) über die Freiraumdämpfung errechnet werden

Bei Hindernissen kommen folgende Effekte dazu:

- Reflexion
- Absorption
- Beugung
- Transition

Für die erreichbaren Reichweiten gibt es 3 Kategorien:

1) Flach und offen

- Freigelände
- Große Hallen
- ...

2) Halb offen

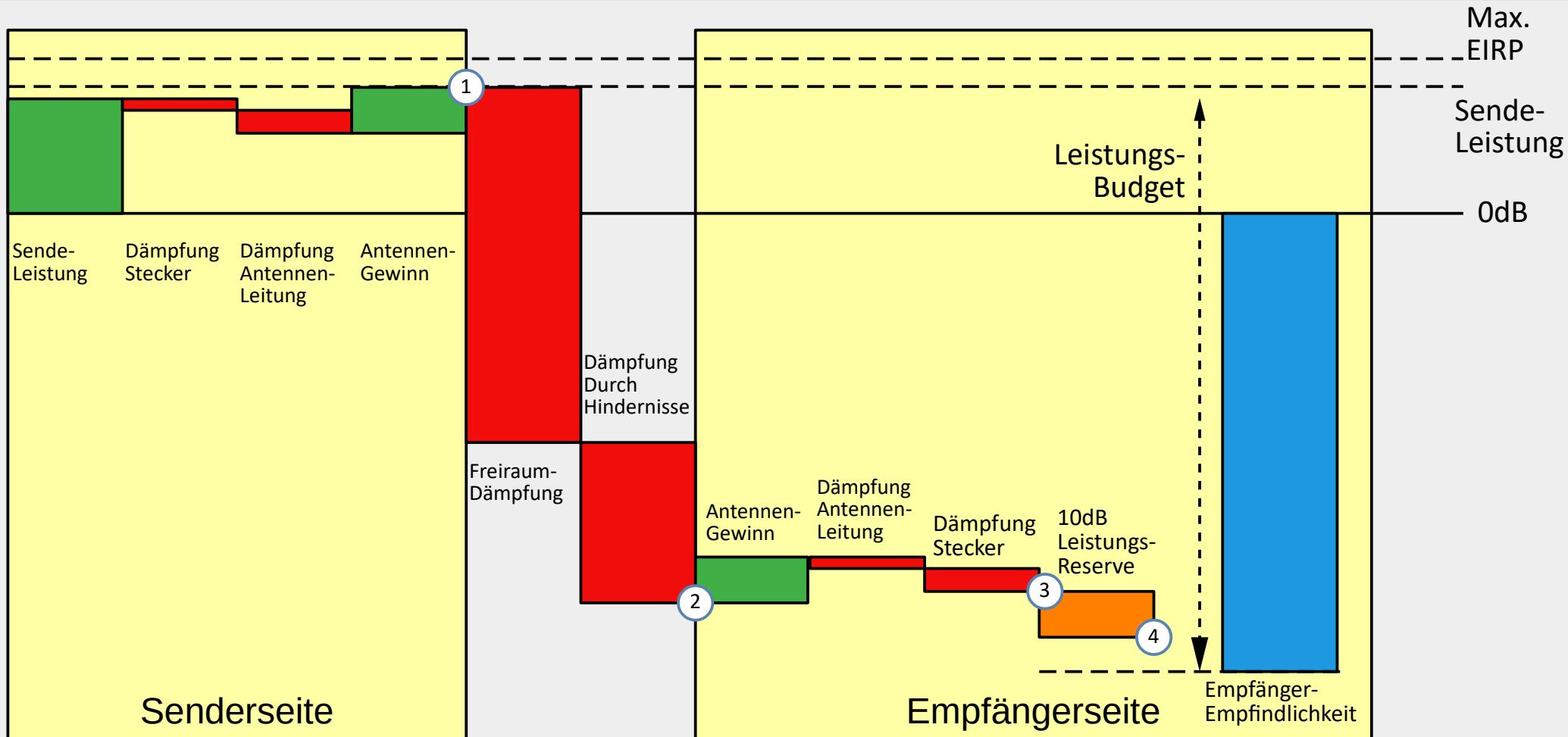
- Großraumbüros
- Korridore
- Räume mit Trennwänden
- ...

3) Geschlossen

- Gebäude mit massiven Wänden
- Privathaus
- ...

Standard [MBit/s]	Reichweite in Abhängigkeit von der Umgebung [m]	
	Flach und offen	Geschlossen
802.11	100	20
802.11a	120	25
802.11b	140	38
802.11g	140	38
802.11n	250	70
802.11ac		50
802.11ax		

Beeinflussende Faktoren bei der Reichweite



Ermittlung der Reichweite im Freien

Ausgehend von der verwendeten Frequenz kann mittels der Formel für die Freiraumdämpfung A_F die maximale Reichweite, bei gegebenen Dämpfungseinflüssen, berechnet werden.

$$A_F = 20 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)$$

$$d = 10^{\frac{A_F}{20}} * \left(\frac{\lambda}{4\pi} \right)$$

d = Distanz [m]

λ = Wellenlänge [m]

λ bei 2,4GHz = 12,28cm = 0,1228m

λ bei 5GHz = 5,51cm = 0,0551m

λ bei 6GHz = 4,99cm = 0,0499m

Beispiel:

Bei einem Budget für die Freiraumdämpfung von 70dB bei 2,4GHz ergibt sich eine Distanz von:

$$d = 10^{\frac{70}{20}} * \left(\frac{12,28 \text{ cm}}{12,566} \right) = 10^{3,5} * 0,9772 = 3073,73 \text{ cm} \approx 31 \text{ m}$$

Maximal zulässige Strahlungsleistung

Im Frequenzbereich 2,400 GHz - 2,4835 GHz sind maximal 100 mW (EIRP*) zulässig. Das entspricht 20dBm.

Im Frequenzbereich 5,150 GHz - 5,350 GHz sind maximal 200 mW (EIRP*) zulässig. Das entspricht 23dBm.*

Im Frequenzbereich 5,470 GHz - 5,725 GHz maximal 1 W (EIRP*) abgestrahlt. Das entspricht 30dBm.***

Im Frequenzbereich 5,925 GHz - 6,525 GHz maximal 200 mW (EIRP*) zulässig. Das entspricht 23dBm.

Im Frequenzbereich 5,945 GHz - 6,425 GHz maximal 200 mW (EIRP*) zulässig. Das entspricht 23dBm.

*

Äquivalente isotrope Strahlungsleistung

Quelle:<https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Bundesnetzagentur/Publikationen/service/WLAN.pdf>
Stand:März 2019

**

23dBm für 5.150GHz bis 5,350GHz nur Indoor-Nutzung erlaubt (nur mit aTPC. Sonst max. 20 dBm)
DFS muss aktiviert sein

30dBm für 5.470GHz bis 5.725GHz (nur mit aTPC. Sonst max. 27 dBm)
DFS muss aktiviert sein

Zu den technischen Grundlagen um DFS und TPC wird oft auf die EN302502 verwiesen.

Dämpfung

Dämpfung von Baumaterialien

Material	Dimensionen	Dämpfung in dB		
		900MHz	2,4GHz	5GHz
Backstein (hohl)	89mm	3	5	15
Fensterglas	6 mm	1	1	1
Gipskarton	13mm	0	1	0
Holz	114mm	3	7	13
Sperrholz	13mm	0	1	0
Mauerstein Beton (hohl)	203mm	11	11	15
Beton (C8 Mischung)	203mm	27	35	56
Bewehrungsstahlgitter	19mmΦ 79mm Raster	14	10	3
Stahlbeton (C8 Mischung)	19mmΦ 79mm Raster	29	37	58

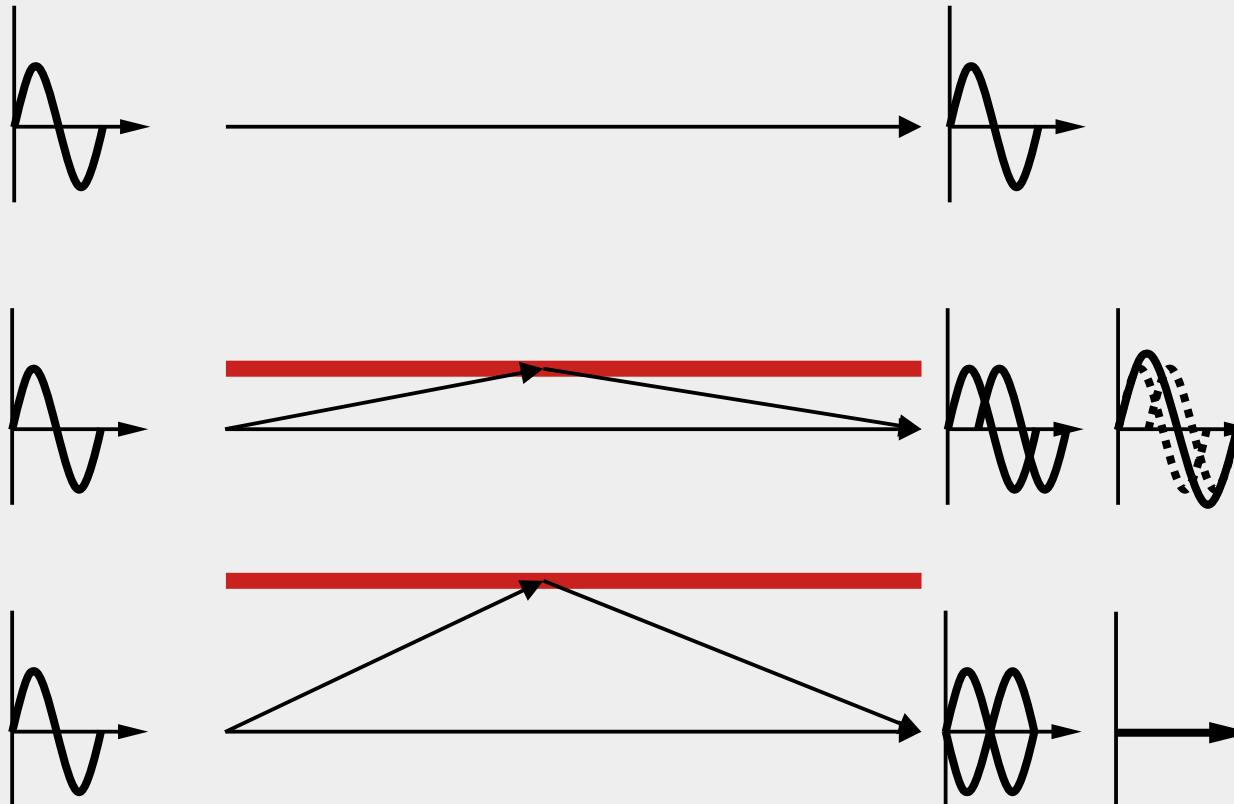
Faktoren, welche die Reichweite beeinflussen

Faktor	Auswirkung [positiv / negativ]	Einheit
Sendeleistung	positiv	dBm
Antennengewinn der Senderantenne	positiv	dBi
Verlust in Antennenkabeln auf der Senderseite	negativ	dB
Verlust in Steckern auf der Senderseite	negativ	dB
Verlust in der Sendeanlage	negativ	dB
Reguläre Dämpfung über die Funkstrecke	negativ	dB
Zusätzliche Dämpfung durch Hindernisse (z.B.Wände)	negativ	dB
Zusätzliche Dämpfung durch Störsignale	negativ	dB
Verlust in der Empfangsanlage	negativ	dB
Verlust in Steckern auf der Empfängerseite	negativ	dB
Verlust in Antennenkabeln auf der Empfängerseite	negativ	dB
Antennengewinn der Empfängerantenne	positiv	dBi

Mindest-Empfängerempfindlichkeit bei IEEE8022.11ax

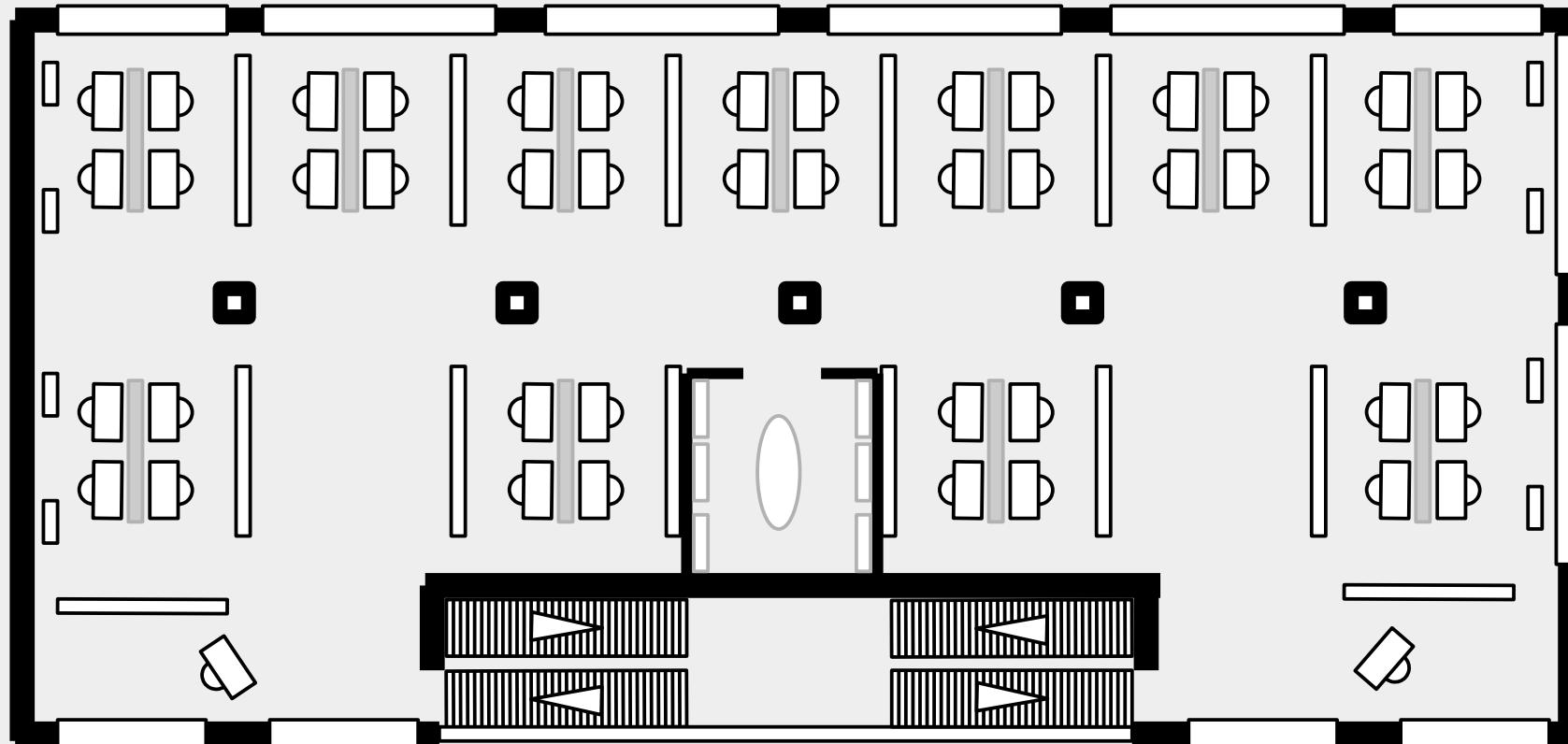
MCS	Modulations-Verfahren	Code-Rate	Empfänger-Empfindlichkeit bei 20MHz Kanalbandbreite [dBm]	Empfänger-Empfindlichkeit bei 40MHz Kanalbandbreite [dBm]	Empfänger-Empfindlichkeit bei 80MHz Kanalbandbreite [dBm]	Empfänger-Empfindlichkeit bei 160MHz oder 80+80MHz Kanalbandbreite [dBm]
0	BPSK	1/2	-82	-79	-76	-73
1	QPSK	1/2	-79	-76	-73	-70
2	QPSK	3/4	-77	-74	-71	-68
3	16-QAM	1/2	-74	-71	-68	-65
4	16-QAM	3/4	-70	-67	-64	-61
5	64-QAM	2/3	-66	-63	-60	-57
6	64-QAM	3/4	-65	-62	-59	-56
7	64-QAM	5/6	-64	-61	-58	-55
8	256-QAM	3/4	-59	-56	-53	-50
9	256-QAM	5/6	-57	-54	-51	-48
10	1024-QAM	3/4	-54	-51	-48	-45
11	1024-QAM	5/6	-52	-49	-46	-43

Reichweitenreduzierung durch Signalreflexion

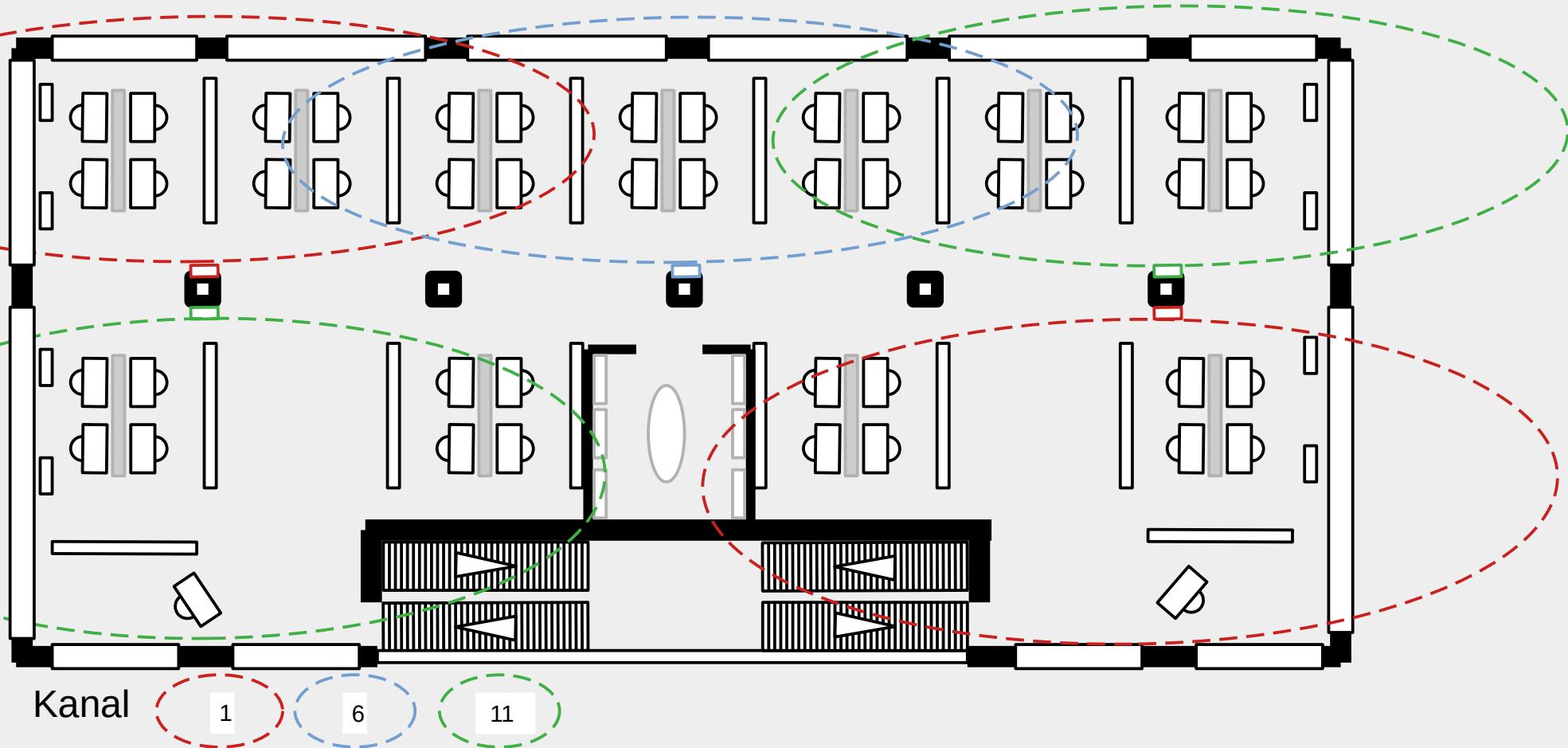


Datenrate [MBit/s]	Maximale Varianz der Signalverzögerungszeit [ns]
1	350
2	300
5,5	200
6	400
9	250
11	130
12	250
18	220
24	160
36	100
48	90
54	70

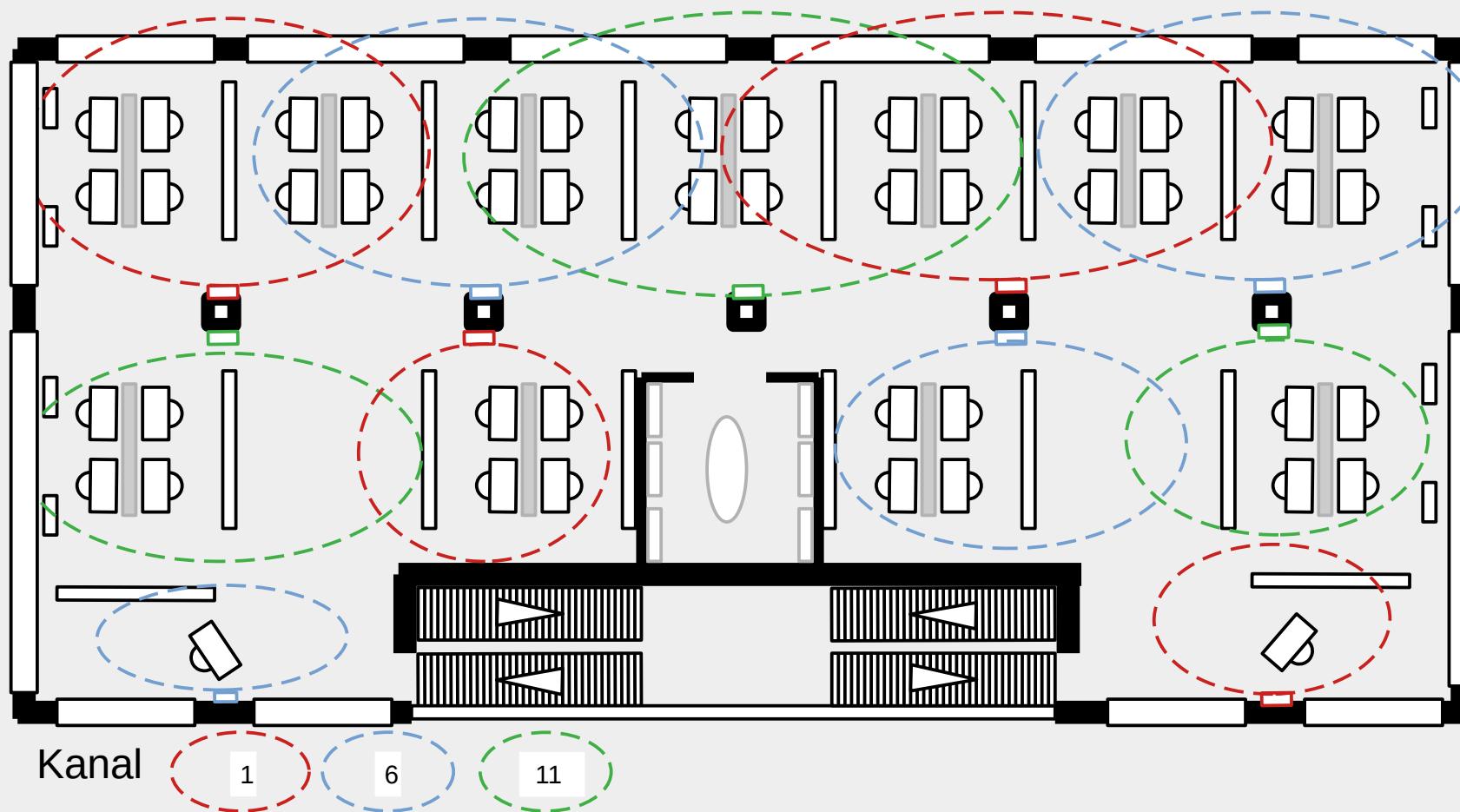
Flächenplanung-Grundriss



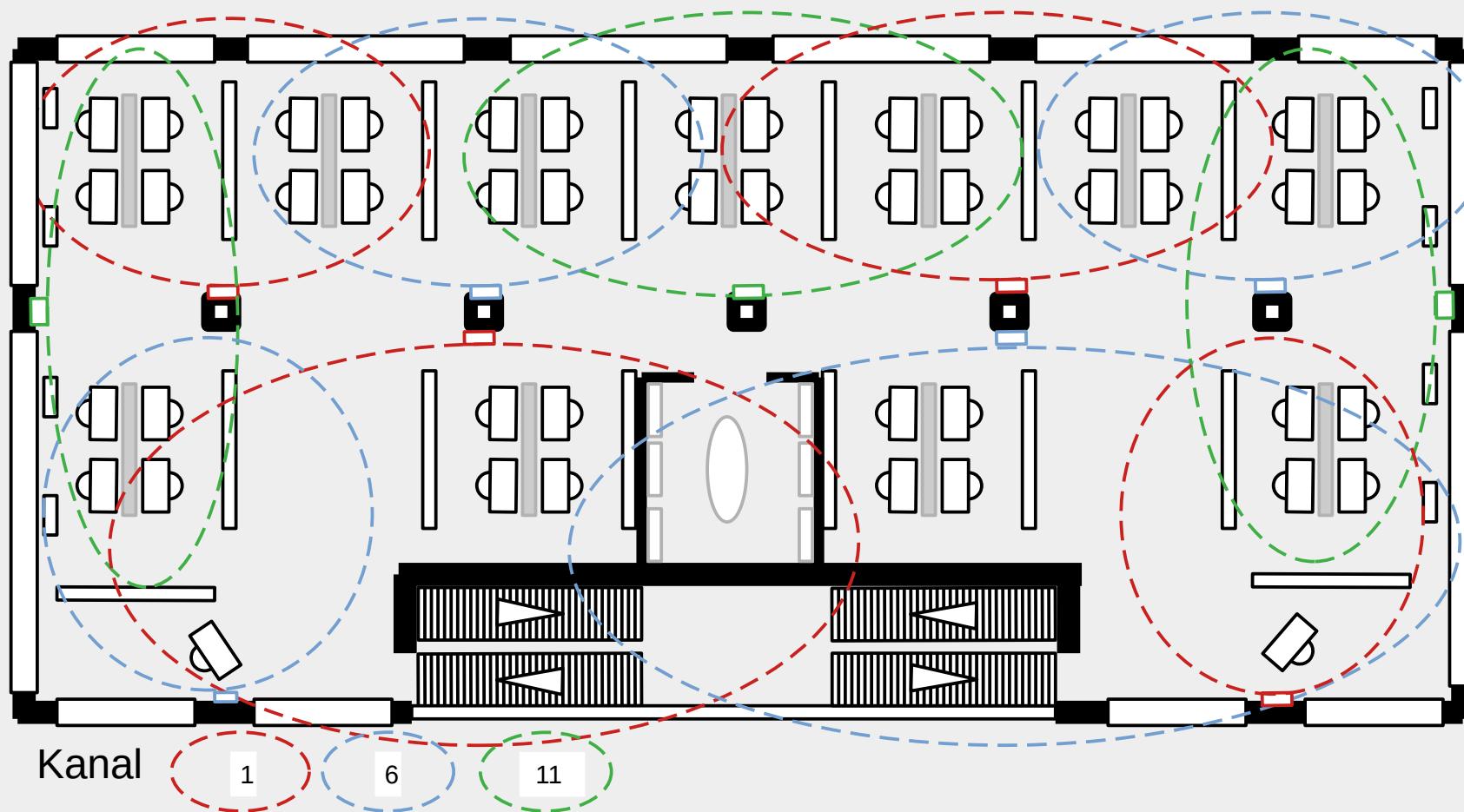
Flächenplanung-Ausleuchtung (Abdeckungsorientiert)



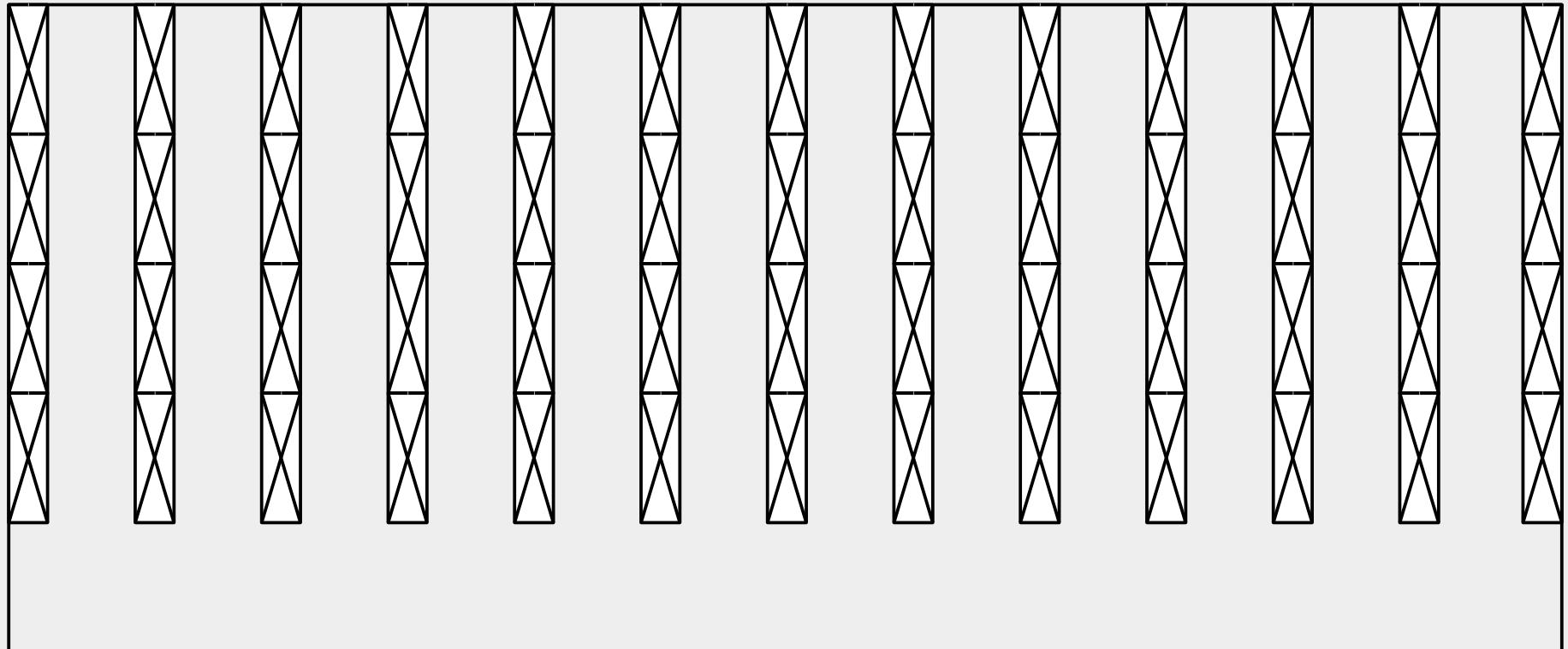
Flächenplanung-Ausleuchtung (Kapazitätsorientiert)



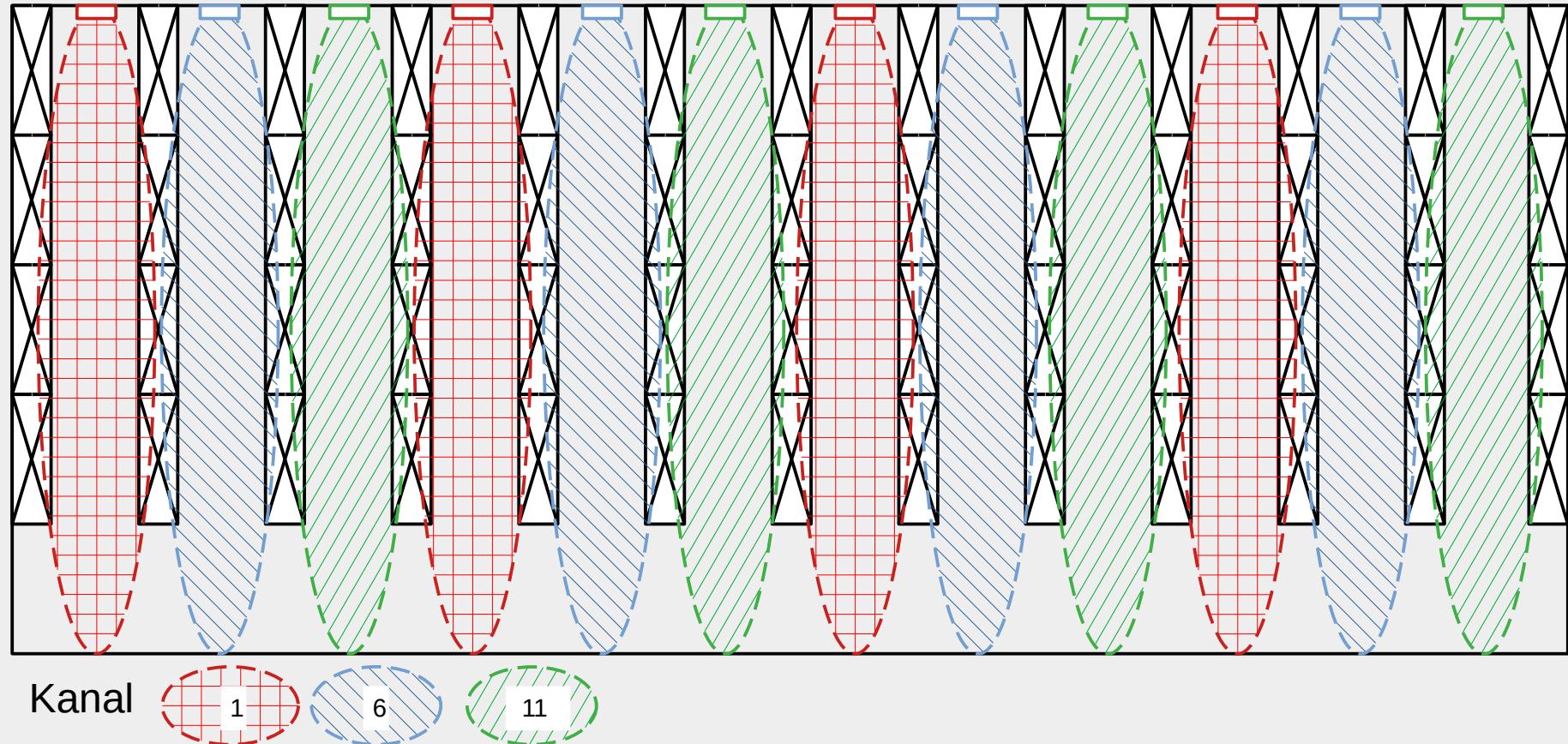
Flächenplanung-Ausleuchtung (Verfügbarkeitsorientiert)



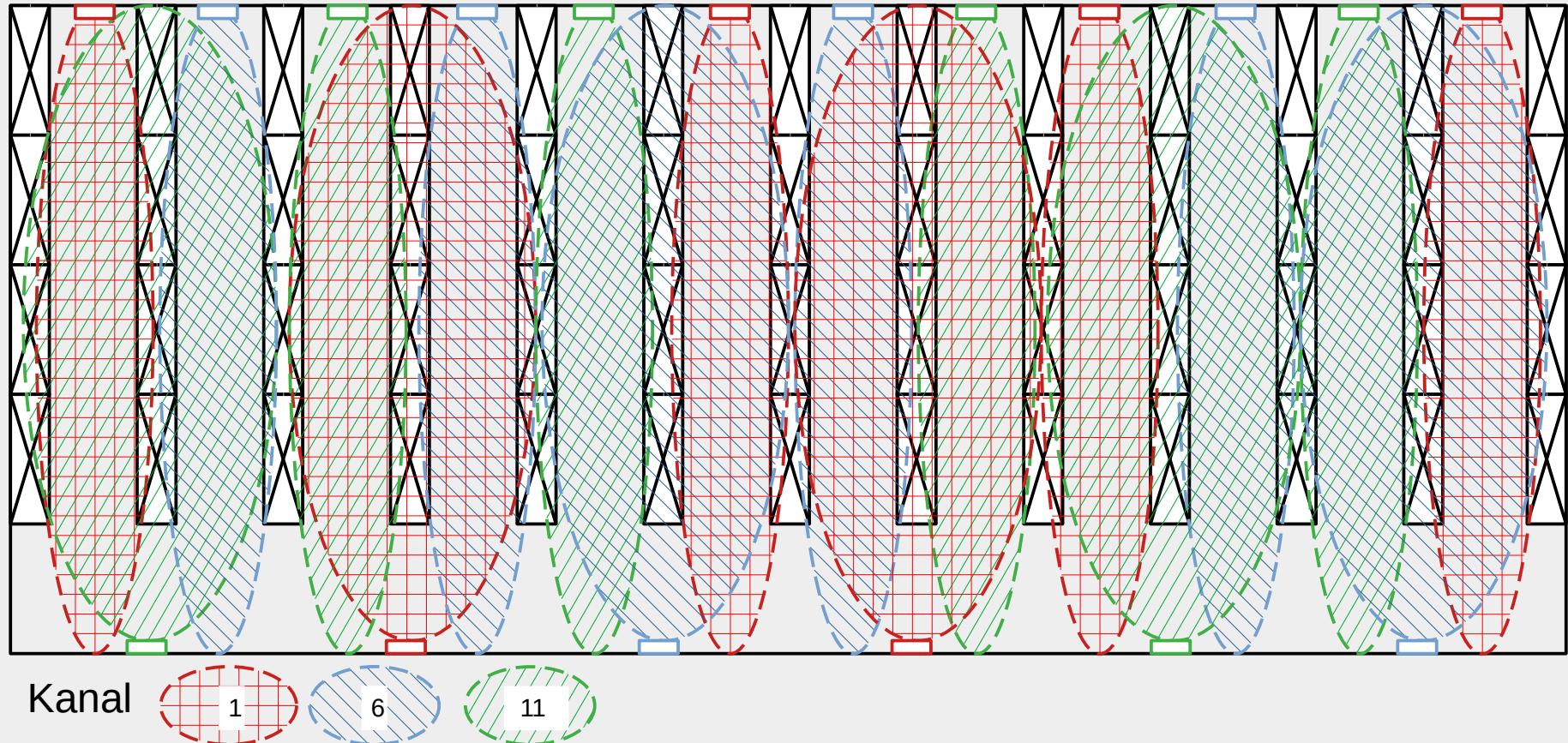
Beispiel: Hochregallager



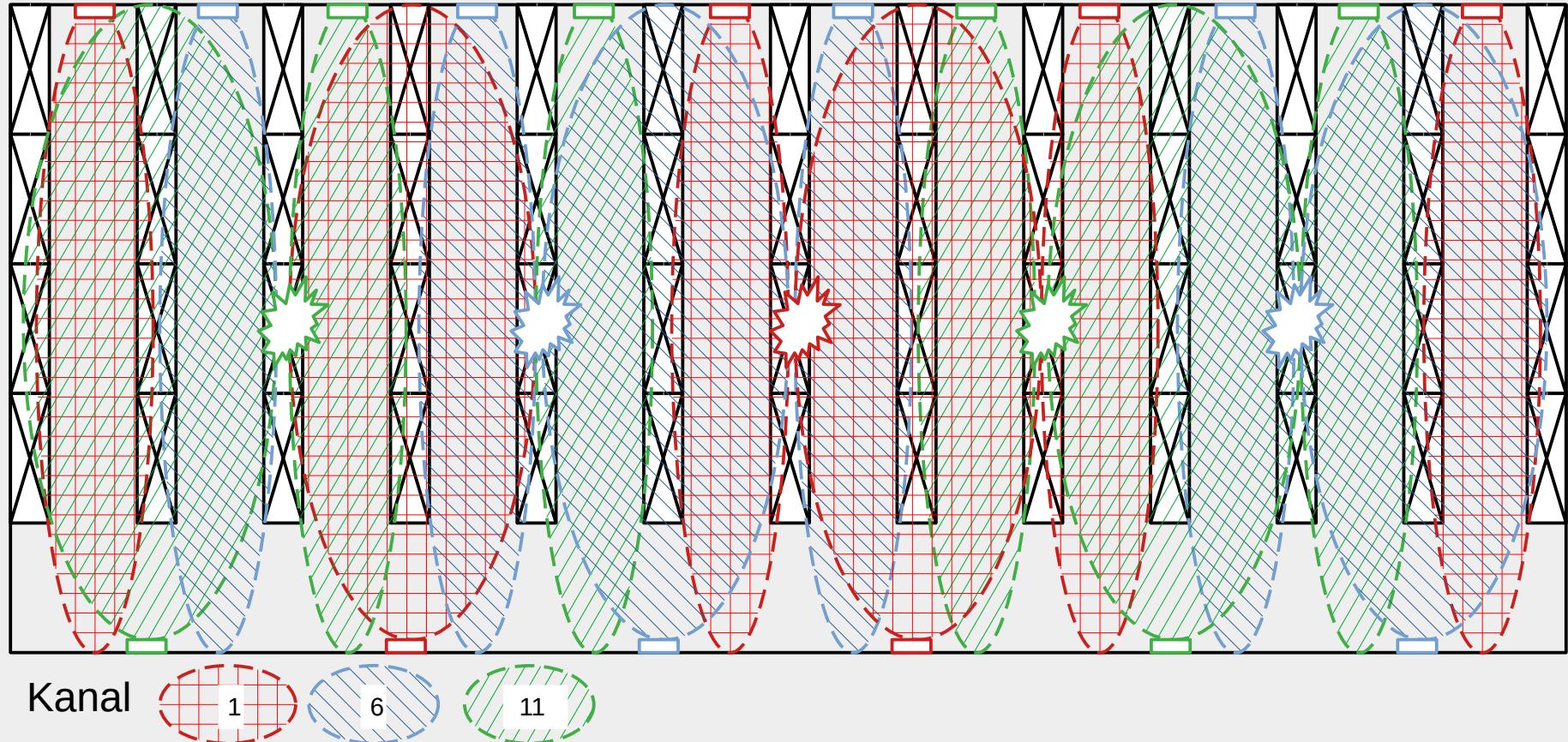
Beispiel: Hochregallager (ohne Redundanz)



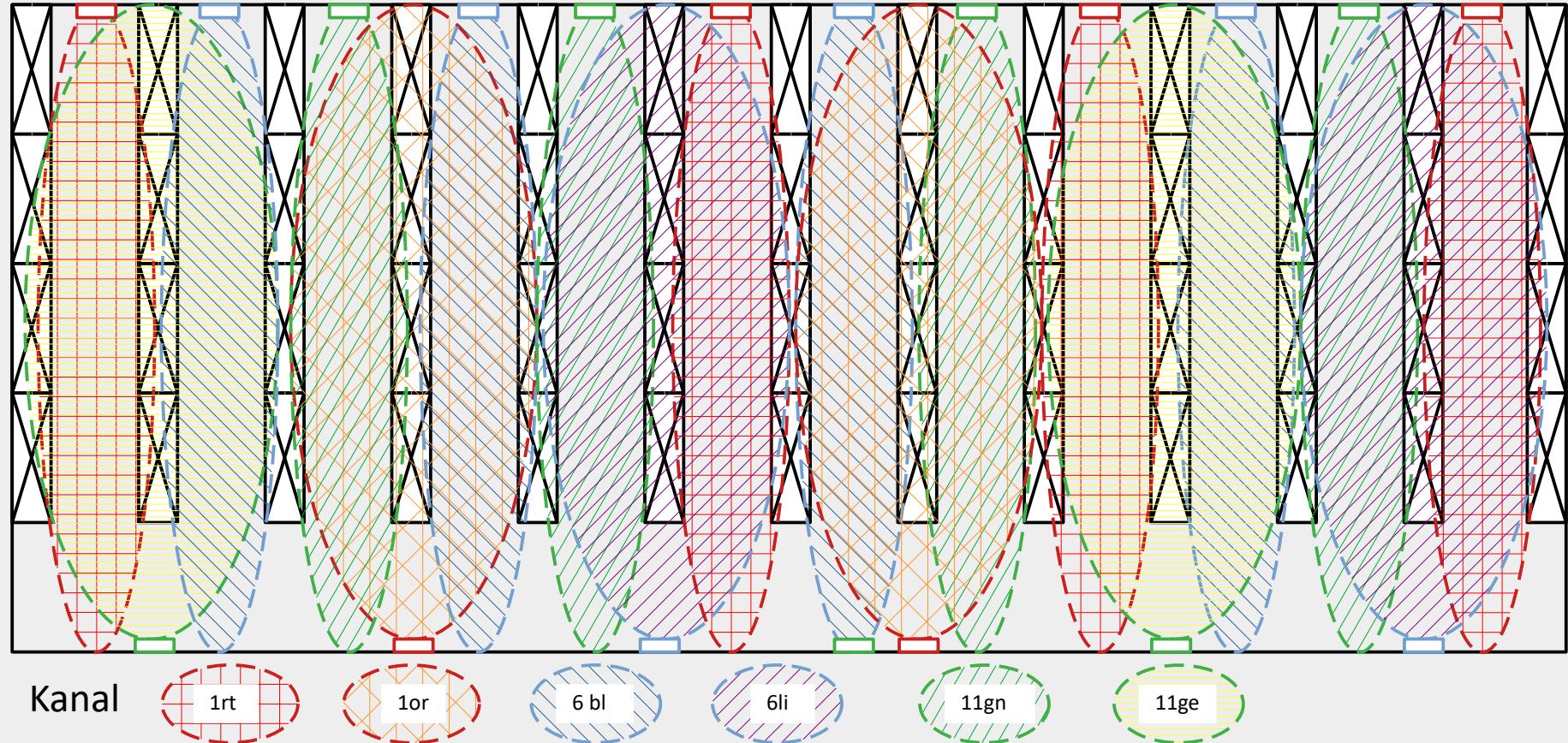
Beispiel: Hochregallager (mit Redundanz)



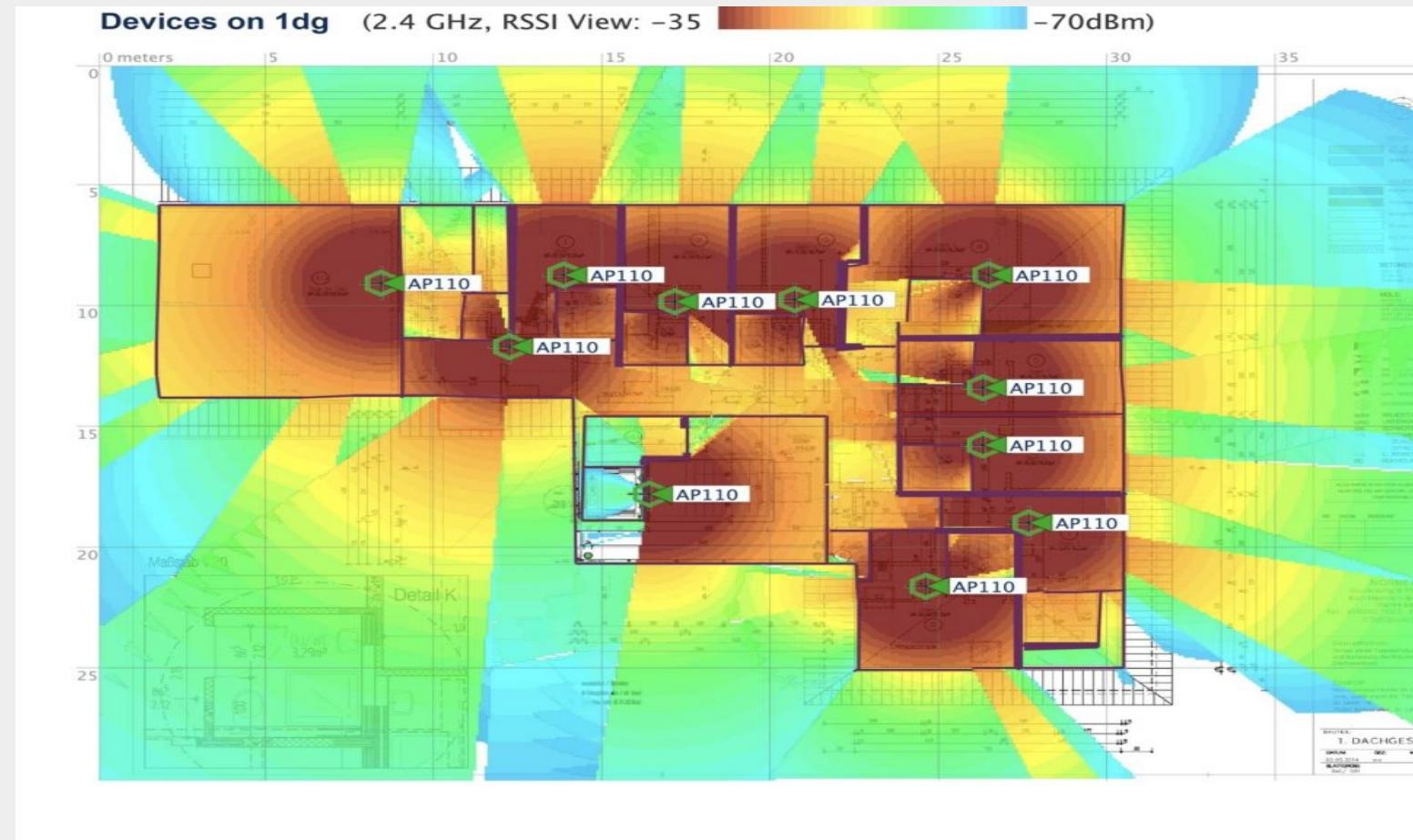
Beispiel: Hochregallager (mit Redundanz → Kollisionen)



Beispiel: Hochregallager (mit Redundanz → Kollisionen → Abhilfe BSS Coloring)



Ausleuchtungsmessung (Heatmap)



WLAN Einsatzmöglichkeiten

WLAN
Station

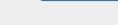


(2)



Internet

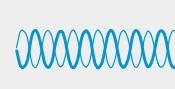
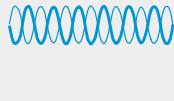
WLAN
Station



(1)



WLAN
Repeater



LAN



(3)

WLAN
Bridge



WLAN
DualBand
AP

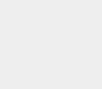
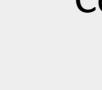
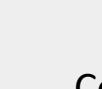
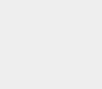
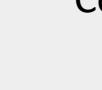
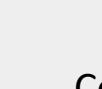
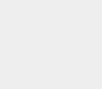
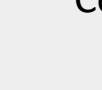
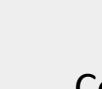
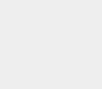
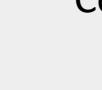
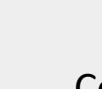
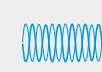


WLAN
AP



(3)

WLAN
Bridge



WEB
Service



RADIUS
Server
(IEEE802.1x)



File
Server



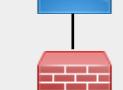
DHCP
Server



DNS
Server



PROXY



Firewall



Internet

WLAN-Geräte

- Clients
- WLAN-Telefon
- Access Point
- WLAN-Controller
- WLAN-Switches

Inhalt

Planungsgrundlagen

Parameter

Reichweiten-Betrachtungen

Maximal zulässige Strahlungsleistung

Maximale Reichweite

Dämpfung

Faktoren für die Reichweite

Flächenplanung (Abdeckungsorientiert, Kapazitätsorientiert, Verfügbarkeitsorientiert)

Störquellen

Ausleuchtungsmessung (Heatmap)

WLAN Einsatzmöglichkeiten

WLAN-Geräte

WLAN-Vorlesung Teil-10

- Planungsgrundlagen
- Parameter
- Reichweiten-Betrachtungen
- Maximal zulässige Strahlungsleistung
- Maximale Reichweite
- Dämpfung
- Faktoren für die Reichweite
- Flächenplanung (Abdeckungsorientiert, Kapazitätsorientiert, Verfügbarkeitsorientiert)
- Störquellen
- Ausleuchtungsmessung (Heatmap)
- WLAN Einsatzmöglichkeiten
- WLAN-Geräte

Parameter, die für eine Planung geklärt werden müssen:

- Netzwerk-Modus
- Anzahl der erwarteten Stationen
- Größe der auszuleuchtenden Fläche
- Hindernisse in der Fläche
- Datenrate
- Antennen
- Frequenzwahl
- Sicherheit
- Adressbereich
- Anbindung an Services
- Verfügbarkeit

Bei den Parametern gibt es Abhängigkeiten, die sich gegenseitig beeinflussen.

Der **Netzwerk-Modus** (Infrastruktur-Modus / Ad-hoc-Modus) entscheidet über die verwendeten Geräte und Möglichkeiten zur Anbindung von Services. Sollen nur kurzfristige Verbindungen zwischen wenigen Geräten möglich sein ist ein Ad-hoc-Modus ausreichend. Ansonsten ist ein Infrastruktur-Modus auszuwählen.

Die **Anzahl der Stationen** und die geforderte **Datenrate** sind Grundlagen für die Bestimmung der **Zellen-Größe**. Dazu kommen **Hindernisse**, **Antennen**, **Sendeleistung**.

Mit der Auswahl von anzubindenden **Services** (File, DNS, Internet, ...) ergeben sich Anforderungen an ein **Distribution-Netzwerk**.

Soll die **Sicherheit** gesteigert werden ist evtl. ein **RADIUS-Server** anzubinden um IEEE802.1x anbieten zu können.

Die Verwaltung von IP-Adressen erfordert evtl. die Anbindung eines DHCP-Services.

Bei einer erhöhten Anforderung an die Verfügbarkeit ist mit redundanten Strukturen zu arbeiten. Dies betrifft auch die Backend-Infrastruktur!

Im Zusammenhang mit der Reichweite können 2 Fragestellungen interessant sein:

- Welche Distanz ist bei gegebener Datenübertragungsrate erreichbar?
- Welche Datenübertragungsrate ist bei gegebener Distanz möglich?

Unter anderem hängen die folgenden Faktoren voneinander ab:

- Anzahl der Teilnehmer
- Sendeleistung
- Reichweite
- Datenrate
- Hindernisse mit Dämpfung

Die wichtigsten Fragen hierbei sind

- Erzielbare Reichweite bei gegebener Datenrate (MCS)
- Erzielbare Datenrate bei gegebener Reichweite

Große Reichweitenbetrachtung

Die Maximale Reichweite kann im Freien bei Sichtverbindung (LoS) über die Freiraumdämpfung errechnet werden

Bei Hindernissen kommen folgende Effekte dazu:

- Reflexion
- Absorption
- Beugung
- Transition

Für die erreichbaren Reichweiten gibt es 3 Kategorien:

1) Flach und offen

- Freigelände
- Große Hallen
- ...

2) Halb offen

- Großraumbüros
- Korridore
- Räume mit Trennwänden
- ...

3) Geschlossen

- Gebäude mit massiven Wänden
- Privathaus
- ...

Standard [MBit/s]	Reichweite in Abhängigkeit von der Umgebung [m]	
	Flach und offen	Geschlossen
802.11	100	20
802.11a	120	25
802.11b	140	38
802.11g	140	38
802.11n	250	70
802.11ac		50
802.11ax		

Für eine grobe Einschätzung kann in die folgenden Kategorien eingeteilt werden:

- Flach / offen
- Halboffen
- Geschlossen

Für die Ermittlung der maximalen Reichweite ist zuerst das Leistungsbudget unter Berücksichtigung des Standards und den dort hinterlegten MCS zu betrachten.

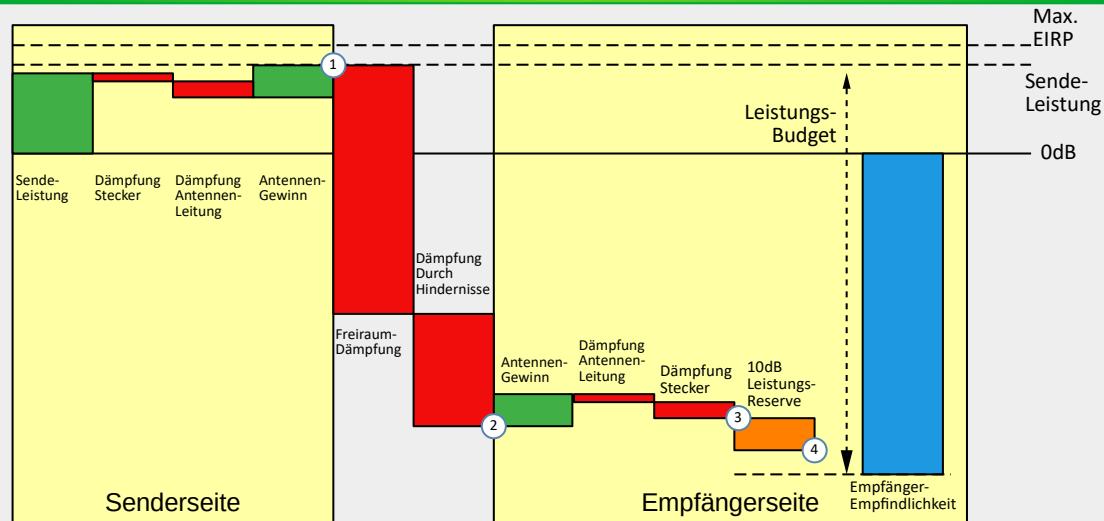
Ohne Hindernisse ist nach Berücksichtigung der Dämpfung für Stecker Leitungen und Antennen nur noch die Freiraumdämpfung ausschlaggebend

Hindernisse werden zur Freiraumdämpfung hinzugefügt.

Im Außenbereich werden zur Überbrückung von großen Distanzen Richtantenne zum Einsatz kommen. Bei Flächen sind Antennen mit Rundstrahlcharakteristik zu bevorzugen.

Im Innenbereich werden nach Berücksichtigung von Hindernissen mit Rundstrahl- oder Flächen-Antennen verwendet.

Beeinflussende Faktoren bei der Reichweite



Auf der Senderseite ist die Sende-Leistung, die Dämpfungen von Steckern und Leitung sowie der Antennengewinn für die abgestrahlte Leistung zu berücksichtigen, die den EIRP-Wert nicht übersteigen darf.

Unterwegs begrenzen die Freiraumdämpfung und die Dämpfung von Hindernissen die Reichweite.

Auf der Empfängerseite ist der Antennengewinn sowie die Dämpfungen von Steckern und Leitung sowie eine Leistungsreserve zu berücksichtigen.

Das Ergebnis muss größer sein als die Empfänger-Empfindlichkeit. Das bedeutet, die Empfängerempfindlichkeit muss einen größeren Betrag haben, da es sich bei so kleinen dB-Werten um negative Werte handelt.

Ermittlung der Reichweite im Freien

Ausgehend von der verwendeten Frequenz kann mittels der Formel für die Freiraumdämpfung A_F die maximale Reichweite, bei gegebenen Dämpfungseinflüssen, berechnet werden.

$$A_F = 20 \log\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)$$
$$d = 10^{\frac{A_F}{20}} * \left(\frac{\lambda}{4\pi}\right)$$

d = Distanz [m]
 λ = Wellenlänge [m]
λ bei 2,4GHz = 12,28cm = 0,1228m
λ bei 5GHz = 5,51cm = 0,0551m
λ bei 6GHz = 4,99cm = 0,0499m

Beispiel:

Bei einem Budget für die Freiraumdämpfung von 70dB bei 2,4GHz ergibt sich eine Distanz von:

$$d = 10^{\frac{70}{20}} * \left(\frac{12,28 \text{ cm}}{12,566}\right) = 10^{3,5} * 0,9772 = 3073,73 \text{ cm} \approx 31 \text{ m}$$

Maximal zulässige Strahlungsleistung

Im Frequenzbereich 2,400 GHz - 2,4835 GHz sind maximal 100 mW (EIRP*) zulässig. Das entspricht 20dBm.

Im Frequenzbereich 5,150 GHz - 5,350 GHz sind maximal 200 mW (EIRP*) zulässig. Das entspricht 23dBm.**
Im Frequenzbereich 5,470 GHz - 5,725 GHz maximal 1 W (EIRP*) abgestrahlt. Das entspricht 30dBm.***

Im Frequenzbereich 5,925 GHz - 6,525 GHz maximal 200 mW (EIRP*) zulässig. Das entspricht 23dBm.

Im Frequenzbereich 5,945 GHz - 6,425 GHz maximal 200 mW (EIRP*) zulässig. Das entspricht 23dBm.

*

Äquivalente isotrope Strahlungsleistung

Quelle:<https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Allgemeines/Bundesnetzagentur/Publikationen/service/WLAN.pdf>
Stand: März 2019

**

23dBm für 5.150GHz bis 5,350GHz nur Indoor-Nutzung erlaubt (nur mit aTPC. Sonst max. 20 dBm)
DFS muss aktiviert sein

30dBm für 5.470GHz bis 5.725GHz (nur mit aTPC. Sonst max. 27 dBm)
DFS muss aktiviert sein

Zu den technischen Grundlagen um DFS und TPC wird oft auf die EN302502 verwiesen.

Die Kombination von Sender-Leistung und Antennengewinn ergibt die Sendeleistung, die maximale Werte in den entsprechenden Frequenzbereichen hat.

Die zulässigen EIRP-Werte sind regional unterschiedlich und können evtl. mit Antennenleitungen und Steckern korrigiert (reduziert) werden.

Wichtig ist auch noch im 5GHz-Bereich, dass bei Betrieb im Außenbereich DFS (Dynamic Frequency Selection) und aTPC (automatic Transmit Power Control) aktiv sein muss!

Falls nicht, darf nur mit der halben Sendeleistung, also -3dB, gesendet werden.

Dämpfung

Dämpfung von Baumaterialien

Material	Dimensionen	Dämpfung in dB		
		900MHz	2,4GHz	5GHz
Backstein (hohl)	89mm	3	5	15
Fensterglas	6 mm	1	1	1
Gipskarton	13mm	0	1	0
Holz	114mm	3	7	13
Sperrholz	13mm	0	1	0
Mauerstein Beton (hohl)	203mm	11	11	15
Beton (C8 Mischung)	203mm	27	35	56
Bewehrungsstahlgitter	19mmØ 79mm Raster	14	10	3
Stahlbeton (C8 Mischung)	19mmØ 79mm Raster	29	37	58

Faktoren, welche die Reichweite beeinflussen

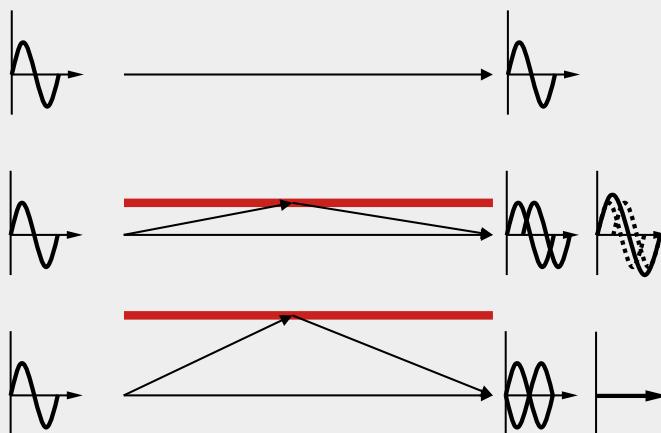
Faktor	Auswirkung [positiv / negativ]	Einheit
Sendeleistung	positiv	dBm
Antennengewinn der Senderantenne	positiv	dBi
Verlust in Antennenkabeln auf der Senderseite	negativ	dB
Verlust in Steckern auf der Senderseite	negativ	dB
Verlust in der Sendeanlage	negativ	dB
Reguläre Dämpfung über die Funkstrecke	negativ	dB
Zusätzliche Dämpfung durch Hindernisse (z.B.Wände)	negativ	dB
Zusätzliche Dämpfung durch Störsignale	negativ	dB
Verlust in der Empfangsanlage	negativ	dB
Verlust in Steckern auf der Empfängerseite	negativ	dB
Verlust in Antennenkabeln auf der Empfängerseite	negativ	dB
Antennengewinn der Empfängerantenne	positiv	dBi

Mindest-Empfängerempfindlichkeit bei IEEE8022.11ax

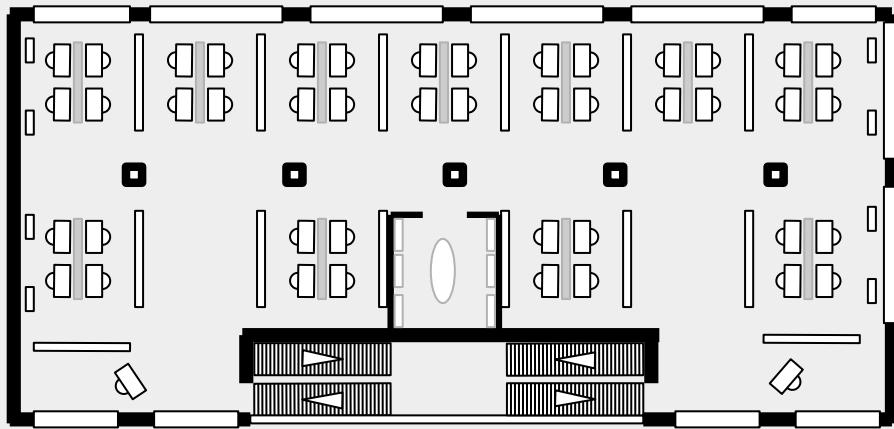
MCS	Modulations-Verfahren	Code-Rate	Empfänger-Empfindlichkeit bei 20MHz Kanalbandbreite [dBm]	Empfänger-Empfindlichkeit bei 40MHz Kanalbandbreite [dBm]	Empfänger-Empfindlichkeit bei 80MHz Kanalbandbreite [dBm]	Empfänger-Empfindlichkeit bei 160MHz oder 80+80MHz Kanalbandbreite [dBm]
0	BPSK	1/2	-82	-79	-76	-73
1	QPSK	1/2	-79	-76	-73	-70
2	QPSK	3/4	-77	-74	-71	-68
3	16-QAM	1/2	-74	-71	-68	-65
4	16-QAM	3/4	-70	-67	-64	-61
5	64-QAM	2/3	-66	-63	-60	-57
6	64-QAM	3/4	-65	-62	-59	-56
7	64-QAM	5/6	-64	-61	-58	-55
8	256-QAM	3/4	-59	-56	-53	-50
9	256-QAM	5/6	-57	-54	-51	-48
10	1024-QAM	3/4	-54	-51	-48	-45
11	1024-QAM	5/6	-52	-49	-46	-43

Zur Ermittlung des Leistungsbudgets können die Empfänger Empfindlichkeiten herangezogen werden.

Reichweitenreduzierung durch Signalreflexion



Datenrate [MBit/s]	Maximale Varianz der Signalverzögerungszeit [ns]
1	350
2	300
5,5	200
6	400
9	250
11	130
12	250
18	220
24	160
36	100
48	90
54	70



In dem Grundriss ist eine typische Büro-Etage dargestellt. Für die Planung der WLAN-Ausleuchtung sind diverse Abhängigkeiten zu berücksichtigen:

Belegung der Arbeitsplätze. Sind immer alle Arbeitsplätze voll belegt?

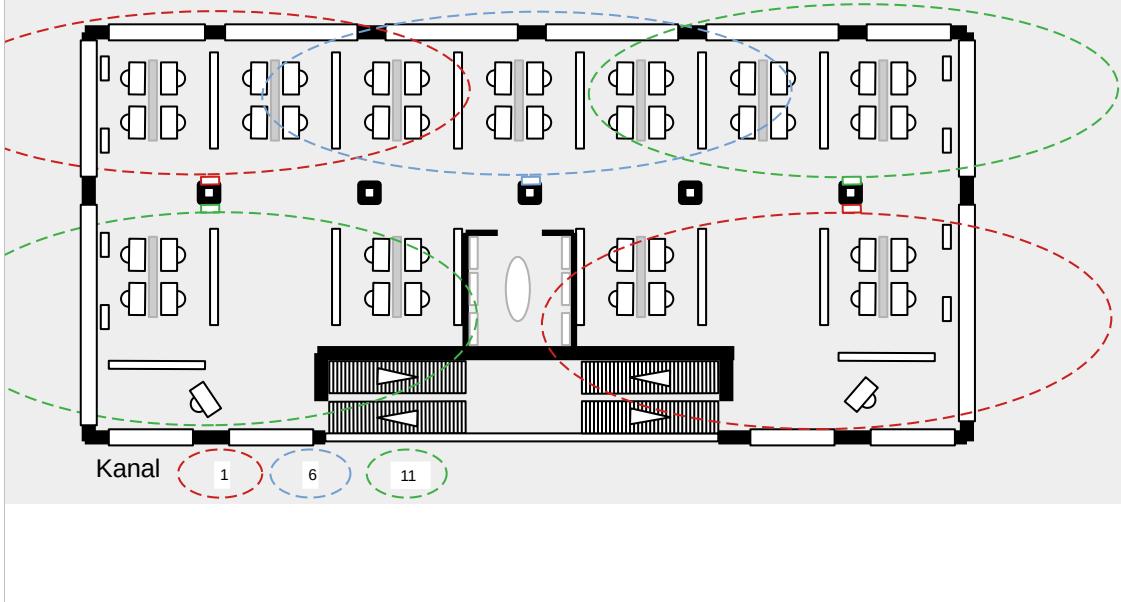
Anforderung eines Arbeitsplatzes an die Datenrate.

Anforderung der Verfügbarkeit des Netzwerks. Das ist je nach Planungsansatz teilweise oder gar nicht leistbar.

Die Sicherheit ist auch noch ein wichtiger Faktor.

Schließlich ist das Kostenbudget evtl. eine wichtige Planungsgrundlage.

Flächenplanung-Ausleuchtung (Abdeckungsorientiert)



Bei diesem Ansatz ist nur eine flächendeckende Abdeckung erforderlich

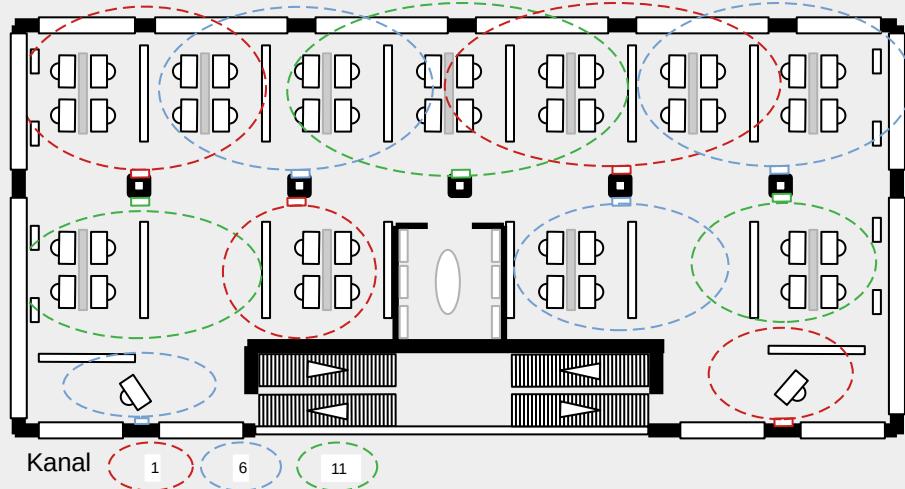
Dieser Ansatz ist am einfachsten in der Umsetzung und am billigsten. Es kann von einem großen Wiederverwendungsabstand ausgegangen werden.

Es gibt keine Redundanz und damit keine hohe Verfügbarkeit.

Da sich viele User eine Funkzelle teilen, kann an die Datenübertragungsrate keine großen Ansprüche gestellt werden.

Dieser Ansatz ist als Erweiterung zu einem bestehenden LAN mit Kupferverkabelung eine oft anzutreffende Lösung.

Flächenplanung-Ausleuchtung (Kapazitätsorientiert)

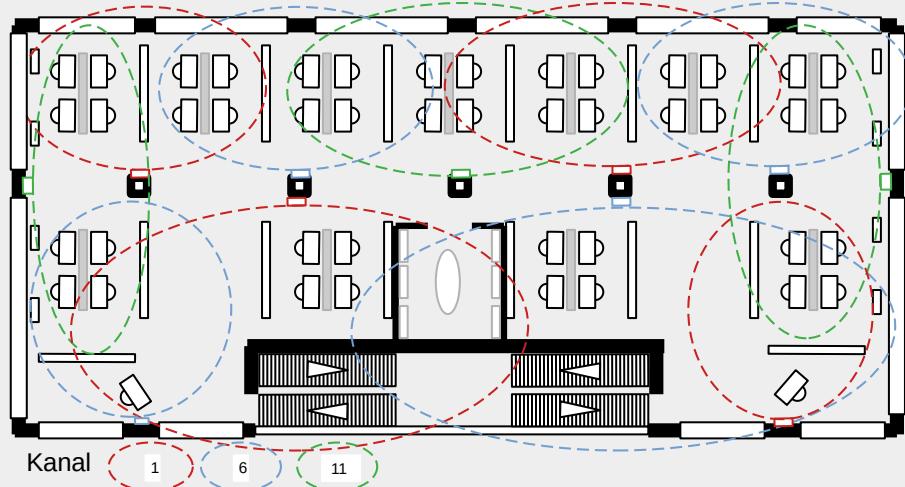


Durch die Verkleinerung der Funkzellen ist dieser Ansatz ein Kompromiss bei Preis und Datenrate.

Es gibt immer noch keine Ausfallsicherheit

Zusätzlich bei alter Verkabelung, die keinen hohen Datenraten zulässt.

Flächenplanung-Ausleuchtung (Verfügbarkeitsorientiert)



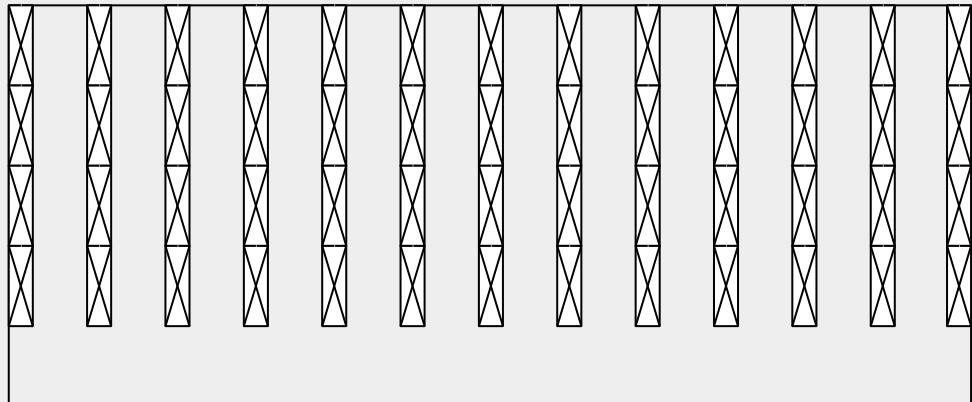
Dieser Ansatz ist der Teuerste. Er hat den kleinsten Wiederverwendungsabstand.

Allerdings bietet die Lösung eine erhöhte Ausfallsicherheit.

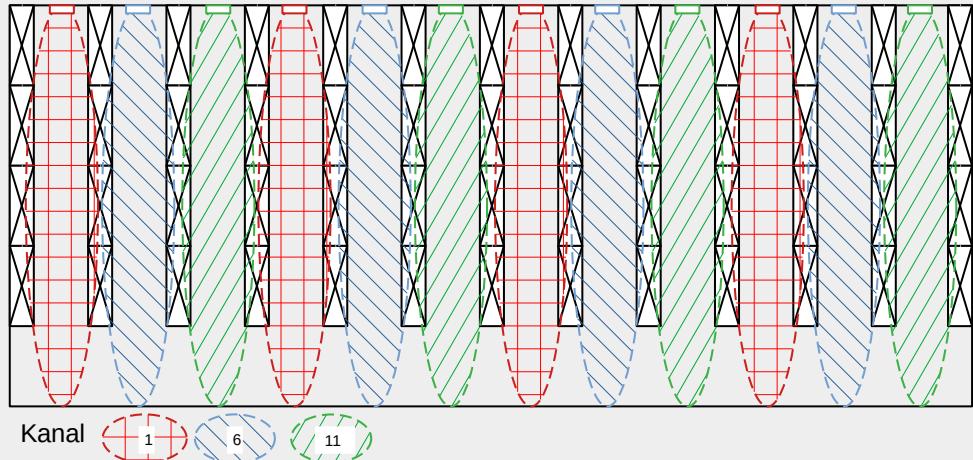
Als zusätzliche Eigenschaft bekommt man die beste Datenübertragungsrate pro User.

Diese Vorgehensweise kann bei fehlender Kupfer-LAN-Verkabelung zum Einsatz kommen.

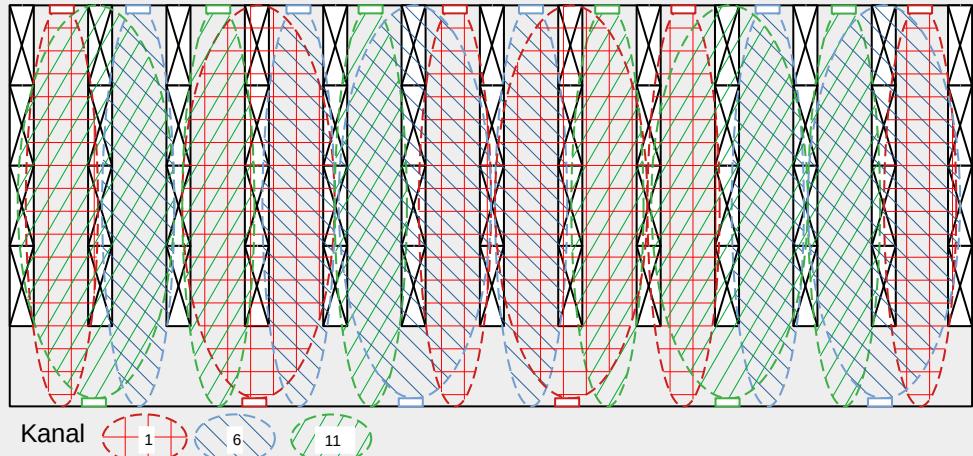
Beispiel: Hochregallager



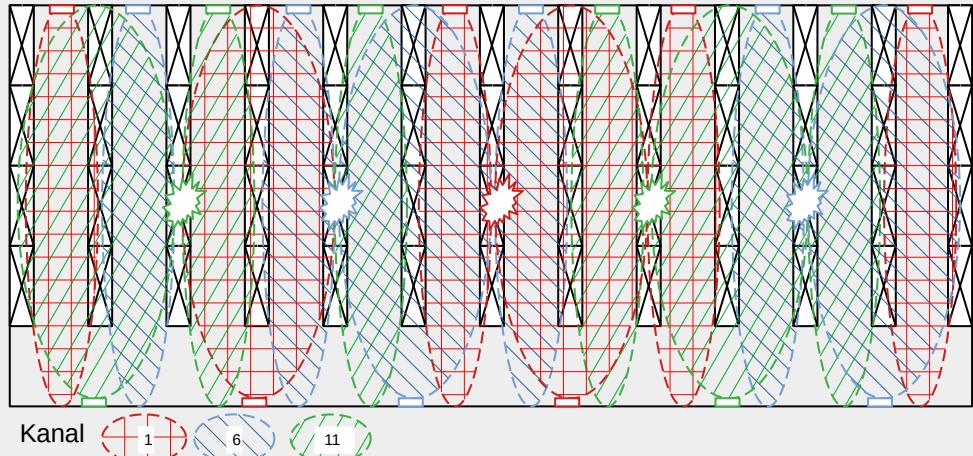
Beispiel: Hochregallager (ohne Redundanz)



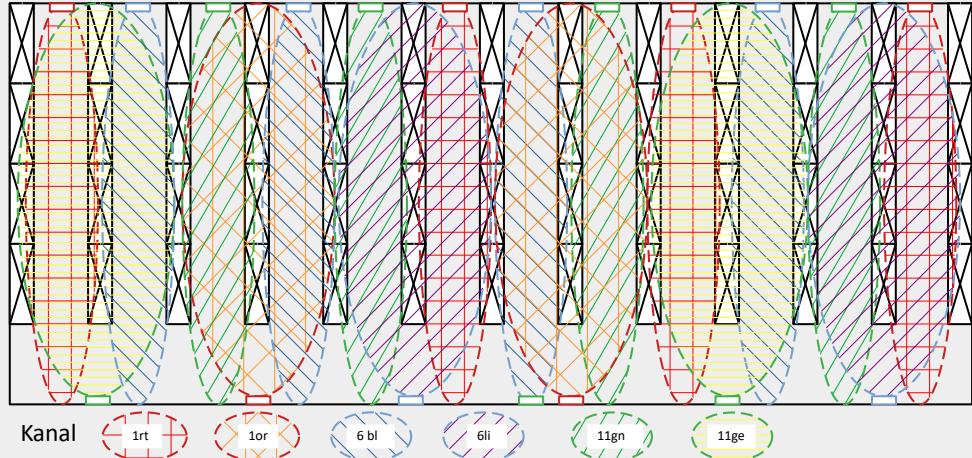
Beispiel: Hochregallager (mit Redundanz)

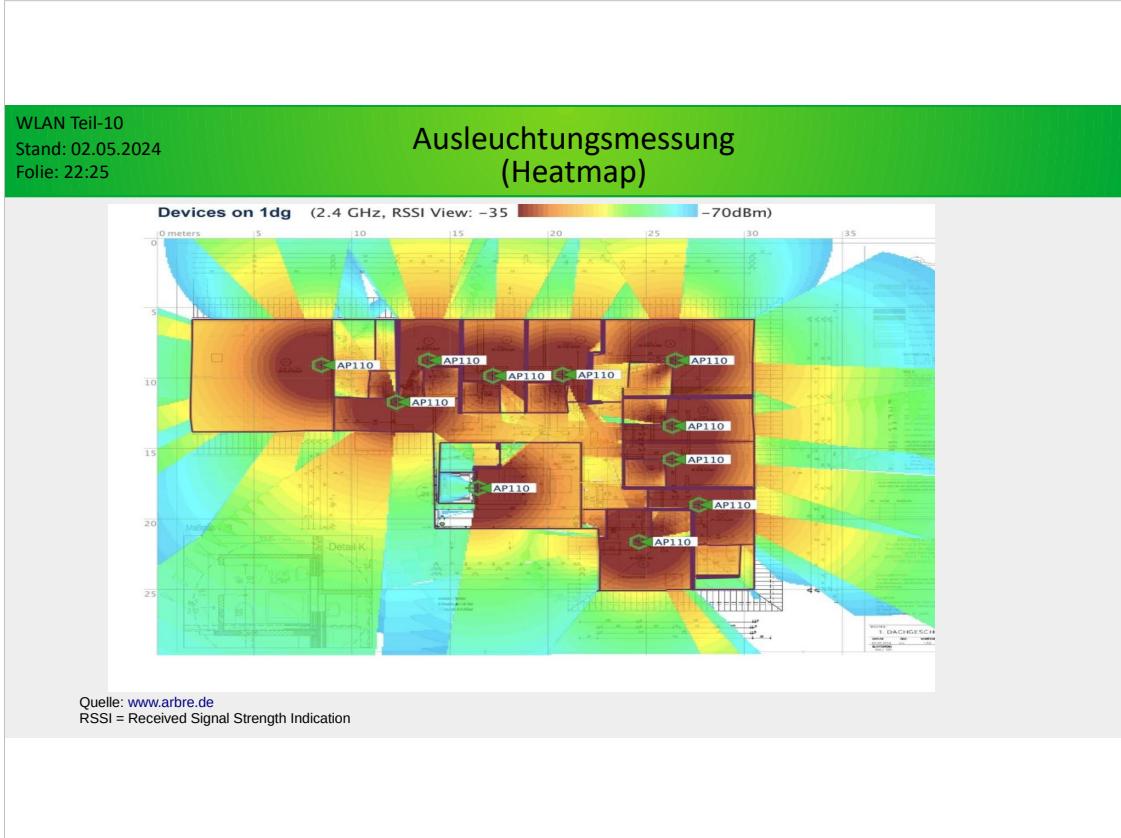


Beispiel: Hochregallager (mit Redundanz → Kollisionen)



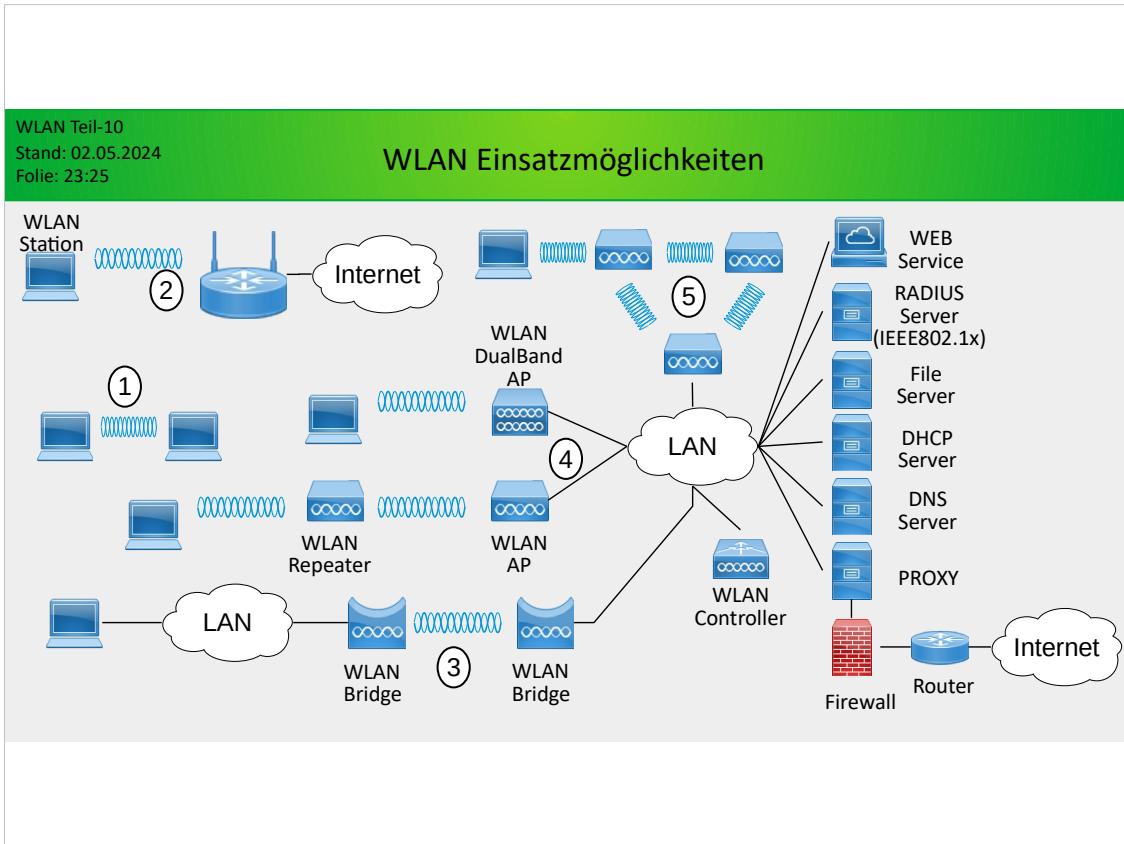
Beispiel: Hochregallager
(mit Redundanz → Kollisionen → Abhilfe BSS Coloring)





Die Ausleuchtungsmessung bildet den Abschluss der Inbetriebnahme.
 Hier wird nochmals mit den aktuellen Komponenten das Baselining
 gemacht um eine Grundlage bei Fehlerfällen zu haben.

Eine Ausleuchtungsmessung kann auch in der Entwurfsphase gemacht
 Werden, um einen ersten Anhaltspunkt für den Einsatz von APs /
 Antennen zu bekommen.



1.

Ad-hoc-Netzwerk

2.

Home-Office-Netzwerk

3.

Wireless Bridge zur Anbindung eines LANs in einem anderen Gebäude

4.

WLANs als Ergänzung zum LAN
mit vielen Services (WEB, File, DHCP, Internet-Access)
WLAN-Controller zur Verwaltung der APs

5.

Mesh

Hierbei ist das Distribution-System mit Funkverbindungen realisiert.
Eine Anbindung an andere Netzwerke wird mit einem Portal-AP realisiert.

- Clients
- WLAN-Telefon
- Access Point
- WLAN-Controller
- WLAN-Switches

- Planungsgrundlagen
- Parameter
- Reichweiten-Betrachtungen
- Maximal zulässige Strahlungsleistung
- Maximale Reichweite
- Dämpfung
- Faktoren für die Reichweite
- Flächenplanung (Abdeckungsorientiert, Kapazitätsorientiert, Verfügbarkeitsorientiert)
- Störquellen
- Ausleuchtungsmessung (Heatmap)
- WLAN Einsatzmöglichkeiten
- WLAN-Geräte