



Verkabelung / Verlegeprinzipien



Der Kursteilnehmer

- kann die **wesentlichen Begriffe** aus dem Bereich Netzwerkverkabelung erkennen und zuordnen
- kann die **wichtigsten Komponenten** einer Netzwerkverkabelung benennen
- kann die **häufigsten Verkabelungsmethoden** benennen
- kann die **Planungsprinzipien** für die Verfügbarkeit von Netzwerkverkabelung aufzählen
- kann beschreiben, welche **Installationen im Rechenzentrum wo angeordnet** sind

Verkabelung / Verlegeprinzipien

- 1 Anwendungsbereiche und Bedeutung nach DIN EN 50600-2-4
- 2 Verkabelungsarten
- 3 a) Punkt-zu-Punkt-Verkabelung
- 4 b) Strukturierte Verkabelung
- 5 Anforderungen an Verlegesysteme
- 6 Verlegeprinzipien der Infrastruktur

1 Anwendungsbereich (DIN EN 50600-2-4)

Dieses Dokument legt **Auslegungsgrundsätze für informationstechnische Verkabelung und Telekommunikationsnetzverkabelung** (z. B. SAN und LAN) in **Übereinstimmung mit EN 50173-5** sowie basierend auf den Kriterien und der Klassifikation für die „Verfügbarkeit“ und „physische Sicherung“ in EN 50600-1 fest.

Dieses Dokument behandelt die **Infrastrukturen für die Telekommunikationsverkabelung in Rechenzentren**. Es beschreibt Folgendes:

- a) bezüglich der **Auslegung**: die Anwendung der Normenreihe **EN 50173** für anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen;
- b) bezüglich der **Installationsspezifikation, Qualitätssicherung, Installationsplanung und Installationspraktiken**: die Anwendung der **Normenreihe EN 50174** (sowie zugehöriger Normen).

Zusätzlich legt dieses Dokument **Anforderungen und Empfehlungen** für Folgendes fest:

- 1) **allgemeine informationstechnische Verkabelung** zur Unterstützung des IT-Betriebs des Rechenzentrums;
- 2) **Telekommunikationsverkabelung** zur Überwachung und Regelung, wie erforderlich, der **Stromverteilung, Steuerung der Umgebungsbedingungen** und der **physischen Sicherheit des Rechenzentrums**;
- 3) andere **Verkabelung zur Gebäudeautomation**;
- 4) **Kabelwege, Kabelwegsysteme, Bereiche und Schaltschränke** für die Infrastrukturen der Telekommunikationsverkabelung.

Anforderungen an Sicherheit und **elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)** gehören **nicht** zum Anwendungsbereich dieses Dokuments und werden von anderen Normen und Vorschriften behandelt. Jedoch können die in diesem Dokument bereitgestellten Informationen bei der Einhaltung dieser Normen und Vorschriften hilfreich sein.

5 Telekommunikationsverkabelung im Rechenzentrum

5.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt **definiert die Anforderungen und Empfehlungen** für das **Leistungsvermögen, Auslegungs-kriterien und Architekturen** für die verschiedenen Verkabelungsarten **in einem Rechenzentrum**.

Die Telekommunikationsverkabelung in einem Rechenzentrum **dient folgenden Zwecken**:

- a) der **Informationstechnik** und dem **Telekommunikationsnetz** des Rechenzentrums;
- b) der **Überwachung und Regelung** anderer Infrastrukturen des Rechenzentrums;
- c) dem **Gebäudemanagement** und der **Gebäudeautomation**.

Die **Auslegung und Planung der Verkabelungsinfrastrukturen** sollte in einer frühen Phase der Rechenzentrumsauslegung oder -sanierung vorgenommen werden und sollte abgestimmt werden mit der Auslegung und Planung:

- 1) der Gebäudekonstruktion;
- 2) der Stromversorgung;
- 3) der Anlagen zur Regelung der Umgebungsbedingungen;
- 4) der Sicherungssysteme;
- 5) der Beleuchtungsanlagen.



Treiber für den Komplexitätsgrad

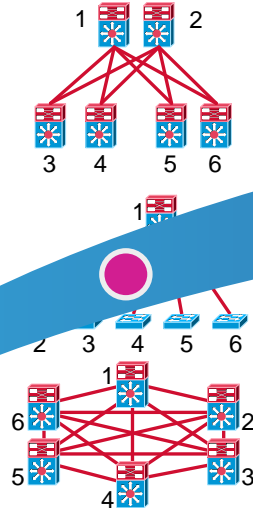
Technikwandel

Netzwerk-
Architekturen

Übertragungs-
Technologien

Verkabelungs-
Konzepte

Portdichte



SWDM

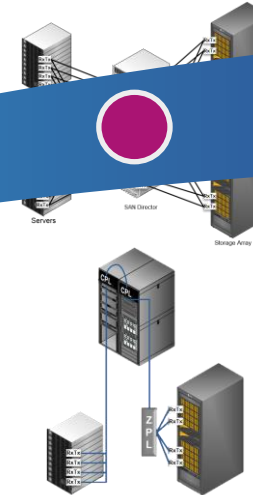
λ - Multiplex

PAM4

Modulation

Paralleloptik

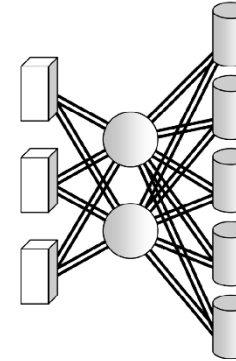
Raum- Multiplex



Wir unterscheiden grundsätzlich 2 Ausführungsvarianten:

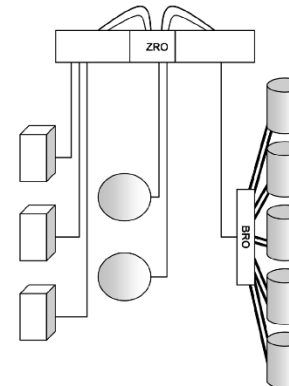
1. Punkt-zu-Punkt-Verkabelung (PtP)

(Alle aktiven Komponenten werden mit diskreten Kabeln miteinander verbunden)



2. Strukturierte Verkabelung (*Festinstallierte Verkabelung*)

(Die aktiven Komponenten werden zu einem „Rangierort“ verbunden. Dort werden die Querverbindungen auf kürzestem Weg hergestellt.)



ZRO: Zentraler Rangierort
BRO: Bereichs-Rangierort

1. Punkt-zu-Punkt-Verkabelung (PtP)

Alle aktiven Komponenten werden mit diskreten Kabeln miteinander verbunden

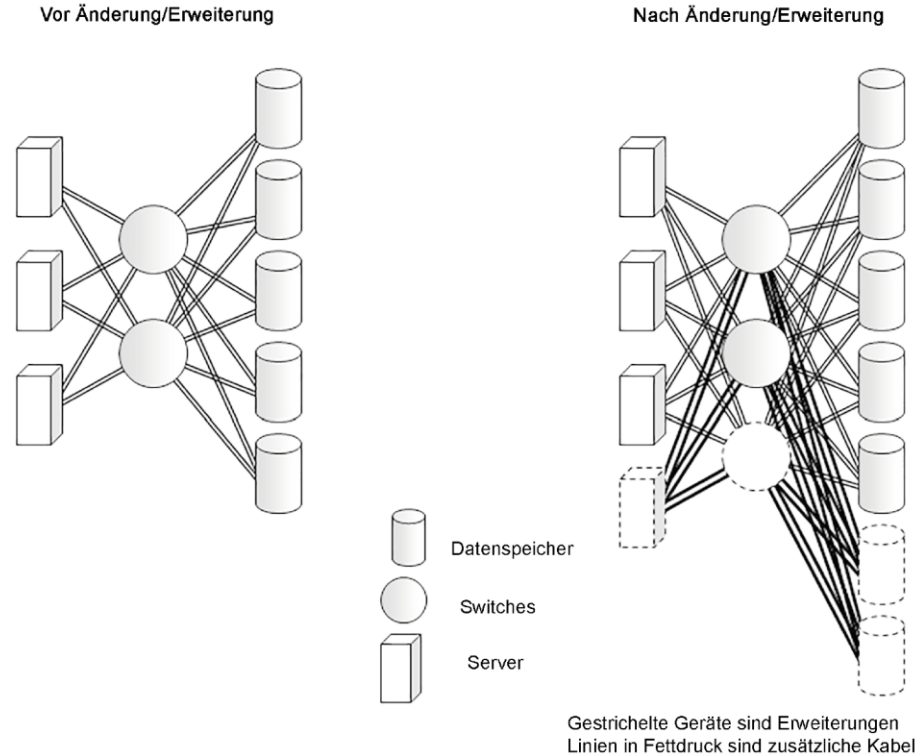
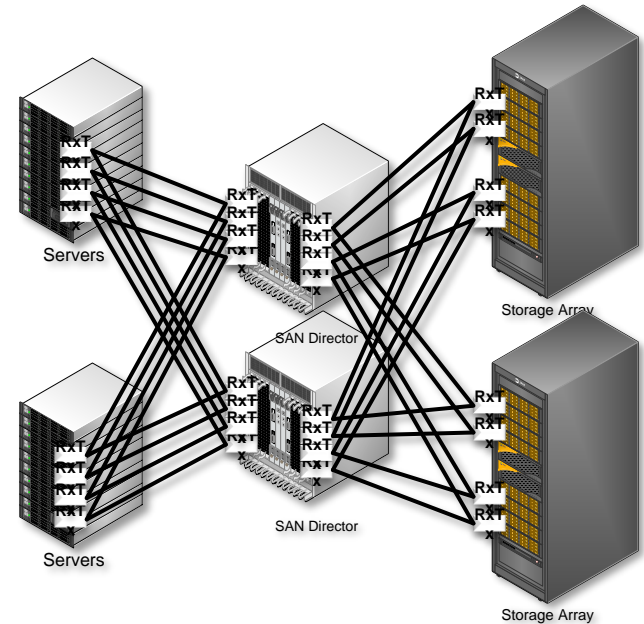
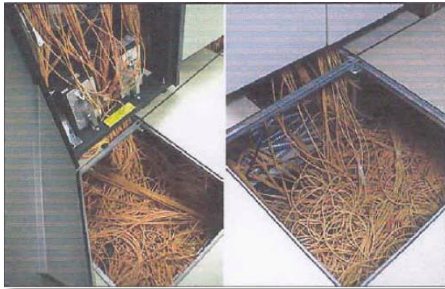
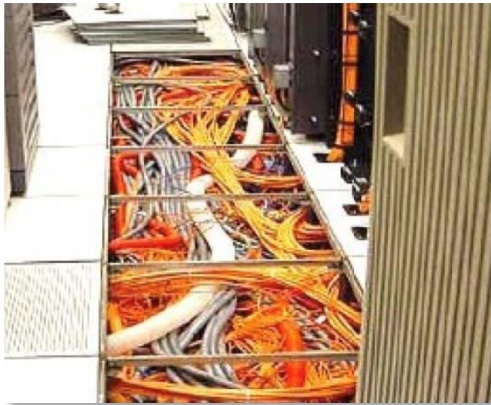


Bild 3 – Auswirkung des Wachstums in einer unstrukturierten Punkt-zu-Punkt-Verkabelungsinfrastruktur

- Einfach, schnell und kostengünstig (zumindest im ersten Moment)
- Sehr schwer zu (kontrolliert) erweitern
- Komplexität “explodiert” mit der Anzahl der aktiven Komponenten
- Nur innerhalb eines Racks oder zu einem Nachbar-Rack einsetzen
- Ungenutzte Kabel bleiben liegen und behindern





2. Strukturierte Verkabelung

(Festinstallierte Verkabelung)

Die aktiven Komponenten werden zu einem „Rangierort“ verbunden.

Dort werden die Querverbindungen auf kürzestem Weg hergestellt.

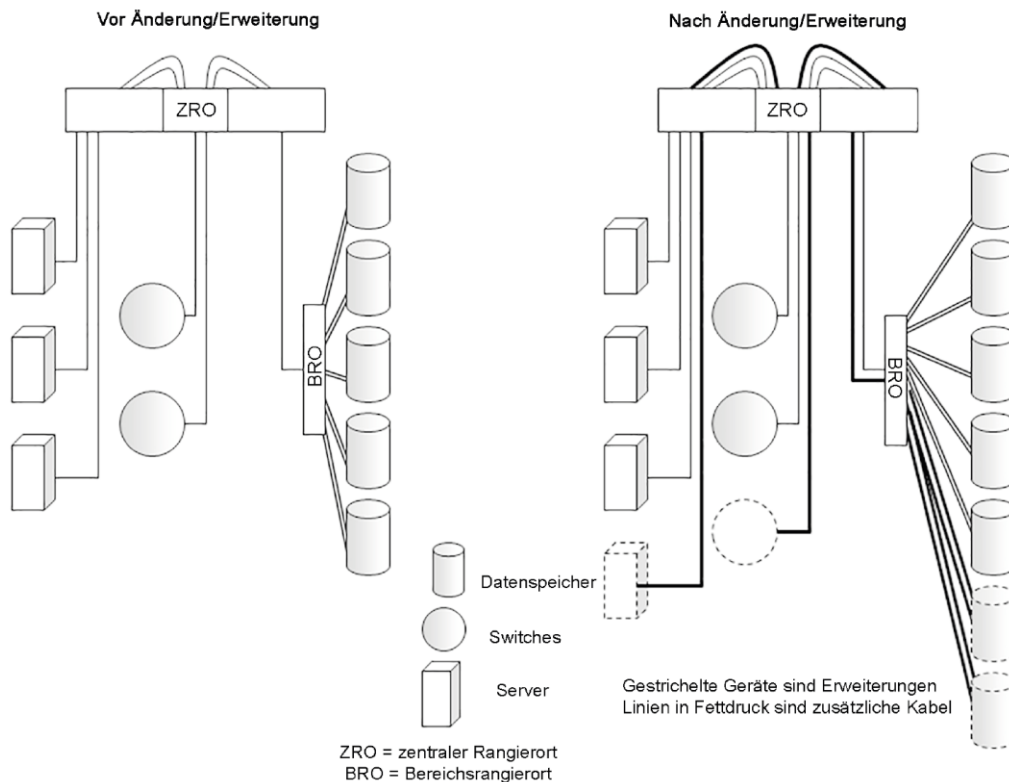
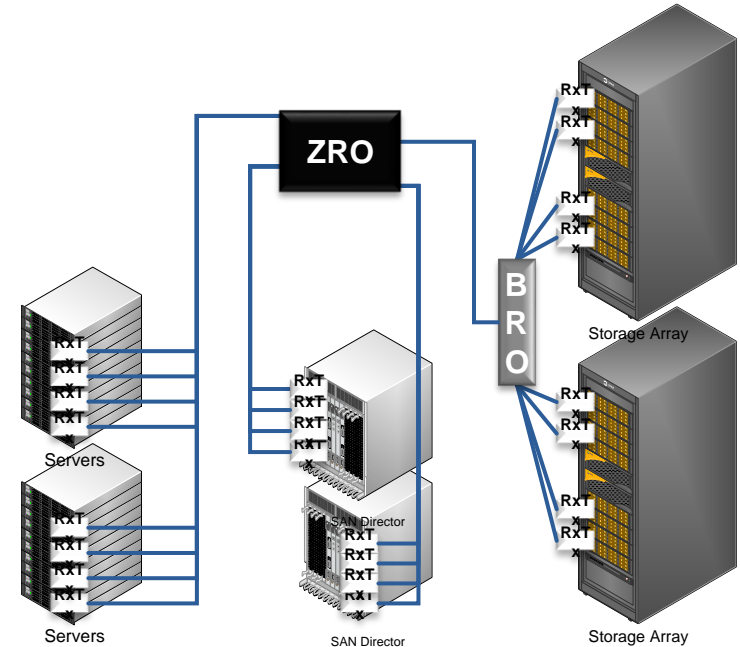


Bild 4 – Strukturierte Verkabelungsinfrastruktur: Einrichtung und Erweiterung

- **höhere Anfangsinvestitionskosten**
- **niedrige Betriebskosten**
 - Sehr schnelle Erweiterungen und Änderungen
- **verbesserte Betriebssicherheit und Verfügbarkeit**
 - Kein direktes Patchen an Aktivkomponenten (Switch/SAN*) Director)
 - Ermöglicht prozess-basierende, koordinierte Erweiterungen
 - maximale Flexibilität durch „Any-to-Any“-Option
 - Cross Connects können überall platziert werden
 - verbesserte Wartung
 - Netzwerksegmente können einfach zu Testzwecken isoliert werden
 - verbesserte Übersicht (Tag 1 bis Tag n)



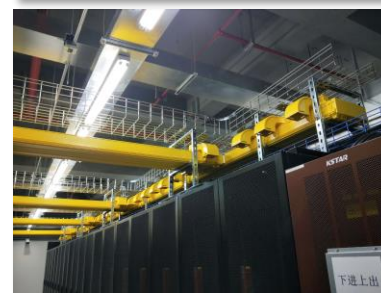
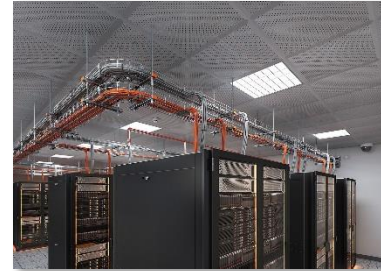
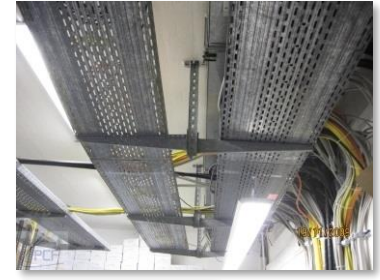


- **Arten / Typen an Kabeltrassen**

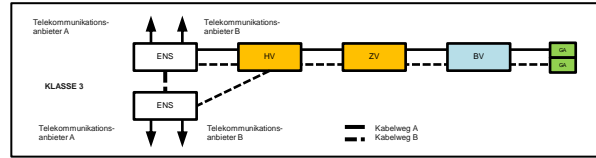
- Gitterrinnen
- Metallrinnen (verzinkt) mit Löchern/Schlitzern
- Metallrinnen (verzinkt) geschlossen (ohne Öffnungen)
- Kunststoffrinnen

- **Unterscheidungsmerkmale der Kabeltrassentypen**

- Investitionskosten
- Gewicht
- Elektromagnetische Schirmung (EMV)
- Art/Umfang Zubehörteile z.B. für Biegeradien
- ...



Strukturierte Verkabelung - Praktisches Beispiel: Klasse 3 EoR/MoR *)



Networking Core/
Aggregation A

Networking Core/
Aggregation B

HV/ZV als
ZRO

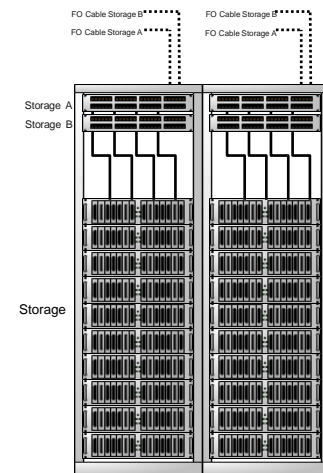
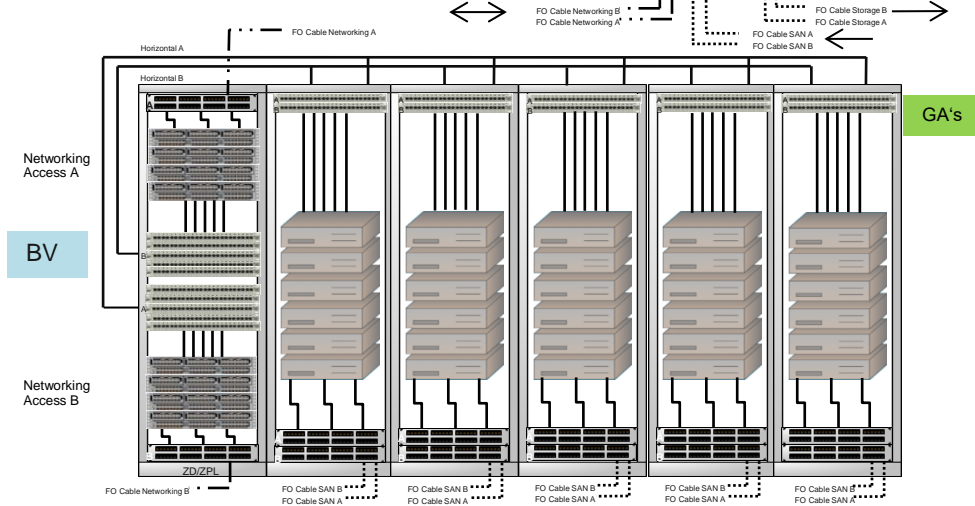
SAN A

SAN B

*) EoR/MoR: End of Row/Middle of Row

FO Cable SAN

FO Cable Networking



Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Abkürzungen nach EN 50600-1 und die folgenden Abkürzungen.

ASG	Übertragungseinrichtungen	HÜP	Hausübergabepunkt
BRO	Bereichsrangierort	HV	Hauptverteiler
BV	Bereichsverteiler	LVP	lokaler Verteilpunkt
DA	Diensteanschluss	MoR	aktives Gerät in der Mitte der Schrankreihe platziert ^{N3)}
DKP	Dienstekonzentrationspunkt	SP	Sammelpunkt
DV	Dienstverteiler	SV	Standortverteiler
EE	Endgerät	TA	informationstechnischer Anschluss
EoR	aktives Gerät am Ende der Schrankreihe platziert ^{N3)}	ToR	aktives Gerät oben im Schrank platziert ^{N3)}
ENS	Schnittstelle zum externen Netz	<div>V</div>	Verbindung
EV	Etagenverteiler	ZRO	zentraler Rangierort
GA	Geräteanschluss	ZV	Zwischenverteiler
GV	Gebäudeverteiler		

Tabelle 1 – Verfügbarkeitsklassen für die Telekommunikationsverkabelung je Raumarchitektur und Gesamtverfügbarkeitsklasse des Rechenzentrums für Einrichtungen und Infrastrukturen

Bereich des Rechenzentrums	Verkabelungsart	Gesamtverfügbarkeitsklasse 1 der Einrichtungen und Infrastrukturen des Rechenzentrums	Gesamtverfügbarkeitsklasse 2 der Einrichtungen und Infrastrukturen des Rechenzentrums	Gesamtverfügbarkeitsklasse 3 der Einrichtungen und Infrastrukturen des Rechenzentrums	Gesamtverfügbarkeitsklasse 4 der Einrichtungen und Infrastrukturen des Rechenzentrums
Rechnerraum	Zwischen Schränken	Unterabschnitt 7.2.1 Klasse 1	Unterabschnitt 7.2.2 Klasse 2	Unterabschnitt 7.2.3 Klasse 3	Unterabschnitt 7.2.4 Klasse 4
	Innerhalb von Schränken	Unterabschnitt 7.2.1 Klasse 1	Unterabschnitt 7.2.1 Klasse 1	Unterabschnitt 7.2.1 Klasse 1	Unterabschnitt 7.2.1 Klasse 1
	Benachbarte Schränke	Unterabschnitt 7.2.1 Klasse 1	Unterabschnitt 7.2.1 Klasse 1	Unterabschnitt 7.2.1 Klasse 1	Unterabschnitt 7.2.1 Klasse 1
	Überwachung und Regelung	Unterabschnitt 7.4	Unterabschnitt 7.4	Unterabschnitt 7.4	Unterabschnitt 7.4
	Büroverkabelung	Unterabschnitt 7.3	Unterabschnitt 7.3	Unterabschnitt 7.3	Unterabschnitt 7.3
Steuerraum	Büroverkabelung	Unterabschnitt 7.3	Unterabschnitt 7.3	Unterabschnitt 7.3	Unterabschnitt 7.3
	Überwachung und Regelung	Unterabschnitt 7.4	Unterabschnitt 7.4	Unterabschnitt 7.4	Unterabschnitt 7.4
Andere Bereiche	Büroverkabelung	Unterabschnitt 7.3	Unterabschnitt 7.3	Unterabschnitt 7.3	Unterabschnitt 7.3
	Überwachung und Regelung	Unterabschnitt 7.4	Unterabschnitt 7.4	Unterabschnitt 7.4	Unterabschnitt 7.4

Die Infrastruktur der Telekommunikationsverkabelung der Klasse 2 (Redundanz des Telekommunikationsanbieters, Einwege-Versorgungsverkabelung und Einwege-Verteilungsverkabelung) muss in Teilsystemen der Verkabelung nach EN 50173-5 eine festinstallierte Verkabelungsinfrastruktur (z. B. nach EN 50173-5 oder anwendungsspezifisch) für die Auslegung der Übertragungsstrecke (siehe Bild 12) mit einer Einwege-Architektur verwenden.

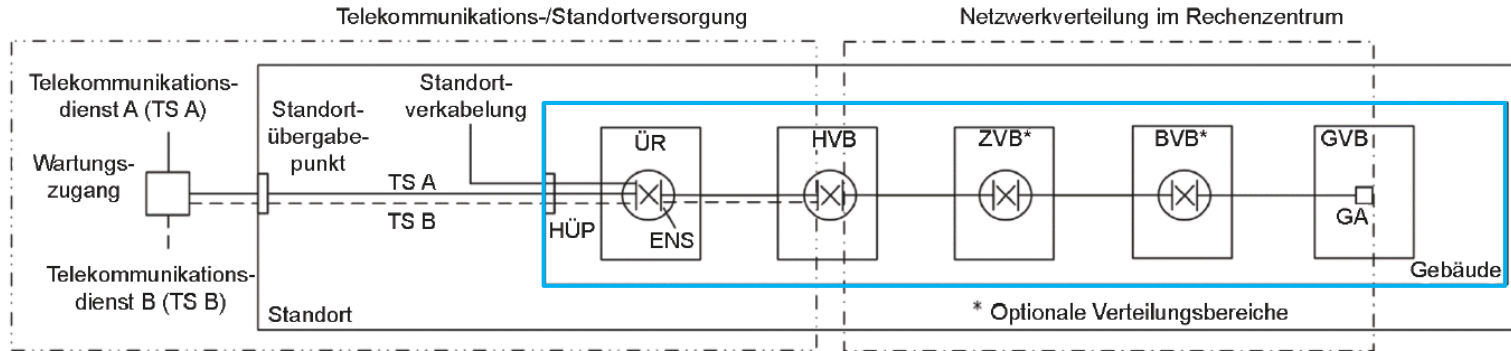


Bild 12 – Telekommunikationsverkabelung der Klasse 2

TS A: Telekommunikationsdienst A
TS B: Telekommunikationsdienst B
HÜP: Hausübergabepunkt
ÜR: Übergaberaum
ENS: Schnittstelle zum externen Netz
HVB: Hauptverteilungsbereich
ZVB: Zwischenverteilungsbereich
BVB: Bereichsverteilungsbereich
GVB: Geräteverteilungsbereich

Eine Infrastruktur der Telekommunikationsverkabelung für die Verfügbarkeitsklasse 3 muss in Teilsystemen der Verkabelung nach EN 50173-5 eine festinstallierte Verkabelungsinfrastruktur (z. B. nach EN 50173-5 oder anwendungsspezifisch) für die Auslegung der Übertragungsstrecke verwenden (siehe Bild 14).

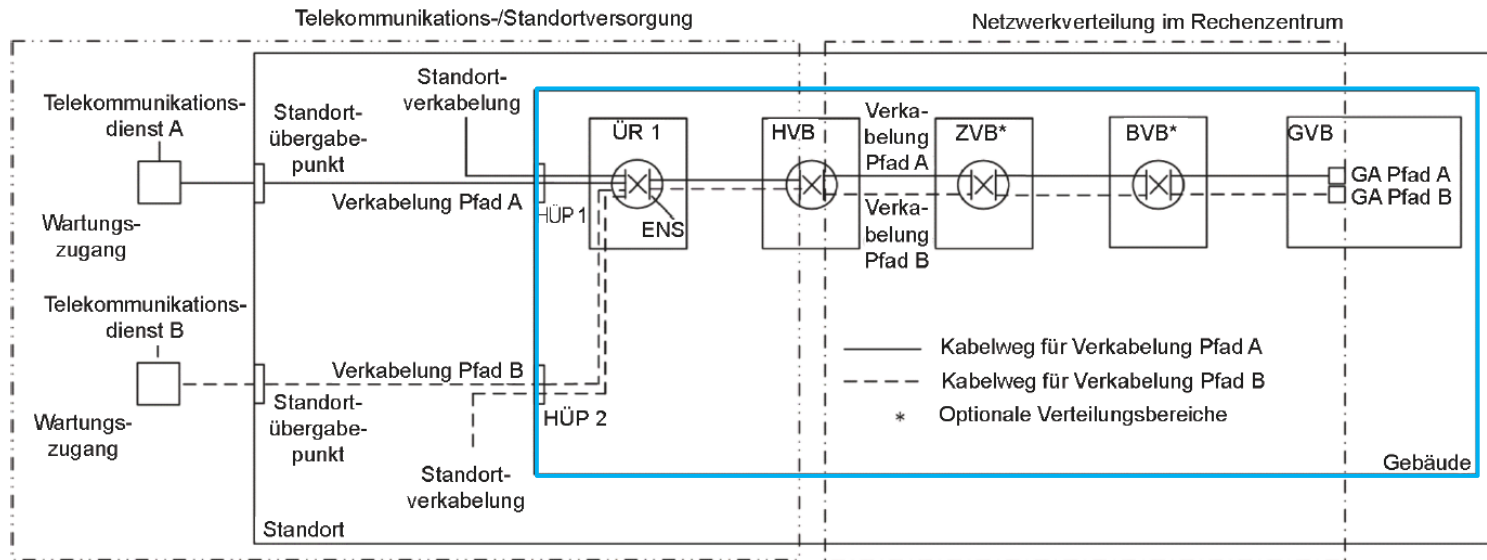


Bild 14 – Telekommunikationsverkabelung der Klasse 3 mit einem Übergaberaum

TS A: Telekommunikationsdienst A
TS B: Telekommunikationsdienst B
HÜP: Hausübergabepunkt
ÜR: Übergaberaum
ENS: Schnittstelle zum externen Netz
HVB: Hauptverteilungsbereich
ZVB: Zwischenverteilungsbereich
BVB: Bereichsverteilungsbereich
GVB: Geräteverteilungsbereich

Es wird empfohlen, zwei getrennte Übergaberräume zu verwenden, um zu verhindern, dass die Telekommunikationsversorgung des HVB bei einem Ausfall der Funktion des Übergaberraums unterbrochen wird. In diesem Fall muss die Architektur der Telekommunikationsversorgung Bild 15 entsprechen.

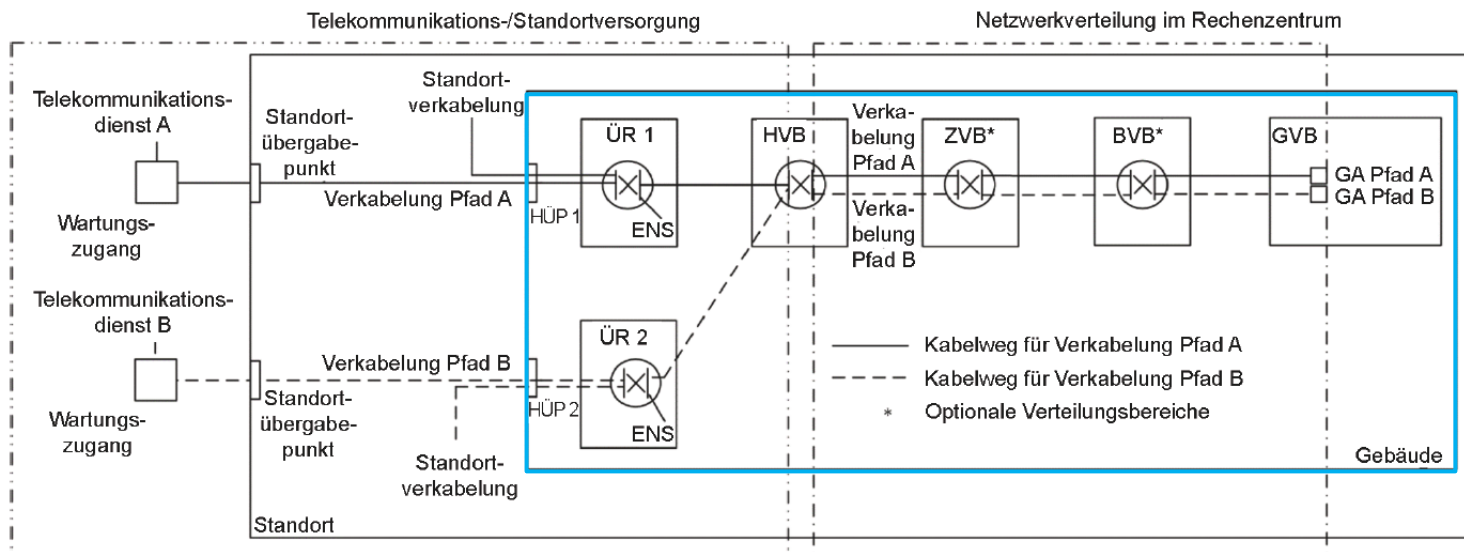


Bild 15 – Telekommunikationsverkabelung der Klasse 3 mit zwei Übergaberräumen

TS A: Telekommunikationsdienst A
 TS B: Telekommunikationsdienst B
 HÜP: Hausübergabepunkt
 ÜR: Übergaberaum
 ENS: Schnittstelle zum externen Netz
 HVB: Hauptverteilungsbereich
 ZVB: Zwischenverteilungsbereich
 BVB: Bereichsverteilungsbereich
 GVB: Geräteverteilungsbereich

Eine Infrastruktur der Telekommunikationsverkabelung für die Verfügbarkeitsklasse 4 muss in Teilsystemen der Verkabelung nach EN 50173-5 eine festinstallierte Verkabelungsinfrastruktur (z. B. nach EN 50173-5 oder anwendungsspezifisch) für die Auslegung der Übertragungsstrecke verwenden (siehe Bild 16).

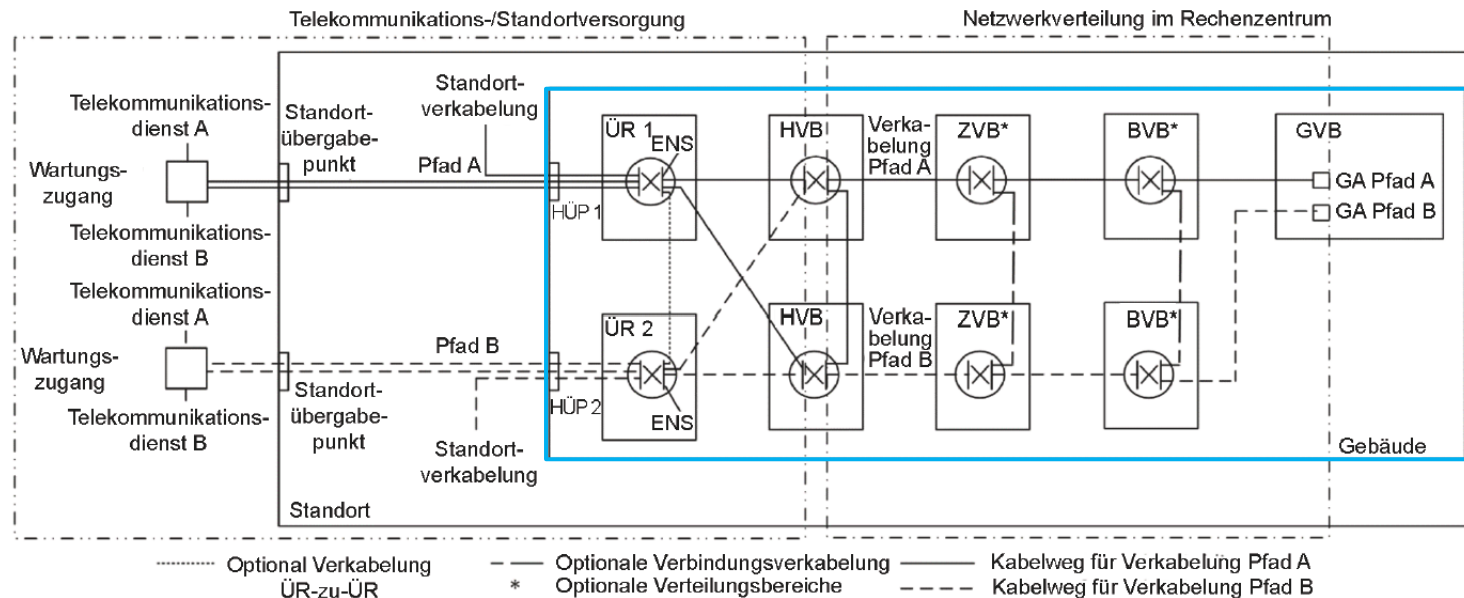
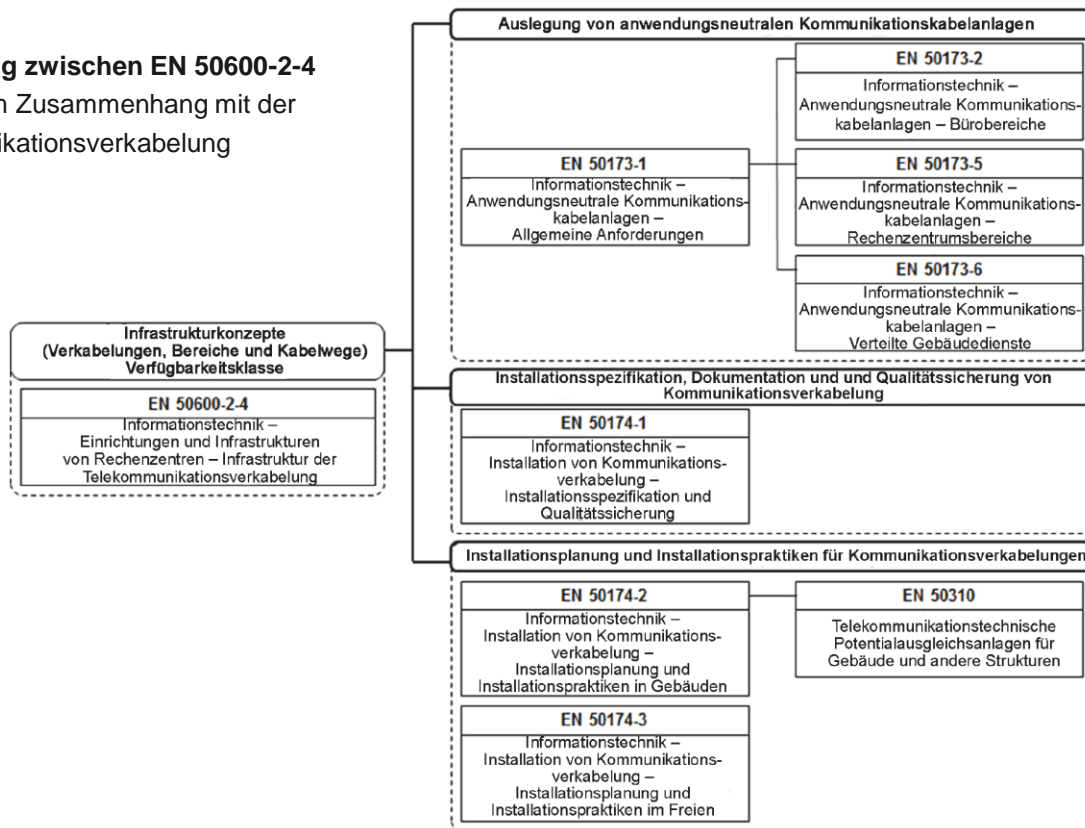


Bild 16 – Redundante Telekommunikationsverkabelung der Klasse 4

TS A: Telekommunikationsdienst A
TS B: Telekommunikationsdienst B
HÜP: Hausübergabepunkt
ÜR: Übergabebereich
ENS: Schnittstelle zum externen Netz
HVB: Hauptverteilungsbereich
ZVB: Zwischenverteilungsbereich
BVB: Bereichsverteilungsbereich
GVB: Geräteverteilungsbereich

Bild 2 – **Schematischer Zusammenhang zwischen EN 50600-2-4 und anderen Europäischen Normen** im Zusammenhang mit der Auslegung und Installation von Kommunikationsverkabelung



Einhaltung von Biegeradien (EN 50174-2 Abschnitt 4.4)

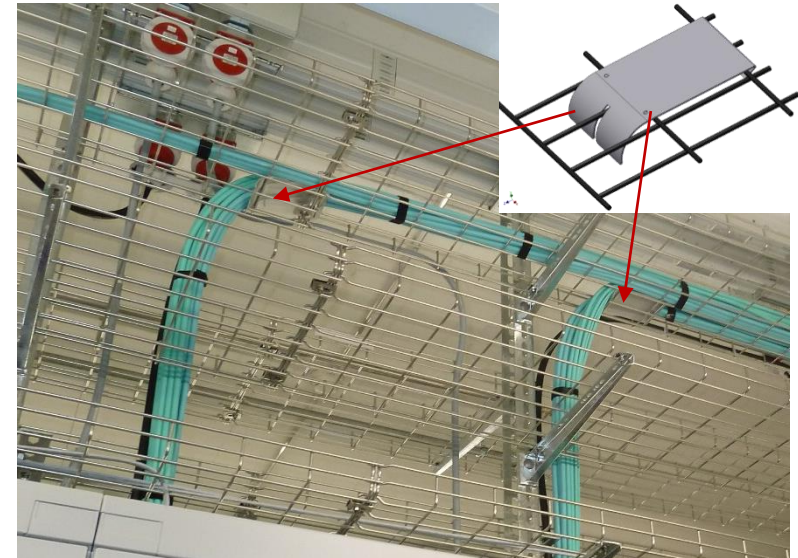
Die verwendeten Kabeltragsysteme müssen sicherstellen, dass die Mindestbiegeradien der verlegten Kabel bei sämtlichen Richtungsänderungen und Kreuzungen eingehalten werden. Dies soll mit vorgefertigten Bögen oder Radiusbegrenzern (z.B. für Ableitungen vom Tragsystem zum Rack) mit entsprechenden Radien erfolgen.

Mindestbiegeradien

(wenn keine Angaben vorliegen)

- | | |
|----------------------------------|-----------------|
| - Vierpaarige Twisted Pair Kabel | $8 \times d_A$ |
| - LWL- und Koaxial-Kabel | $10 \times d_A$ |
| - Übrige met. Schwachstromkabel | $8 \times d_A$ |

Der kleinste Biegeradius eines Kabels wird durch die Festlegung des Herstellers spezifiziert.



Trennanforderungen zu Stromversorgungskabeln (EN 50174-2 Abschnitt 6)

EN 50174-2: 2018 11.5.2 Empfehlungen

Der Trennabstand zwischen informationstechnischer Verkabelung (metallisch) und Stromversorgungsleitungen sollte doppelt so gross sein, wie mit den Berechnungen in Abschnitt 6 ermittelt.

Einflussgrößen Trennabstand:

- Klassifizierung der ICT^{*)}-Kabel
- Art des Leitungsführungssystems
- Elektrische Stromkreise
- Störquellen

^{*)} ICT: Information & Communication Technology

^{**)} EMV: Elektromagnetische Verträglichkeit



A: Mindestabstand zwischen informationstechnischen Kabeln und Stromversorgungskabeln

S: Mindesttrennabstände (aus Tabelle)

P: Faktor für die Stromversorgungsverkabelung (aus Tabelle)

Trennanforderungen zu Leuchtstofflampen (EN 50174-2 Abschnitt 6.2)

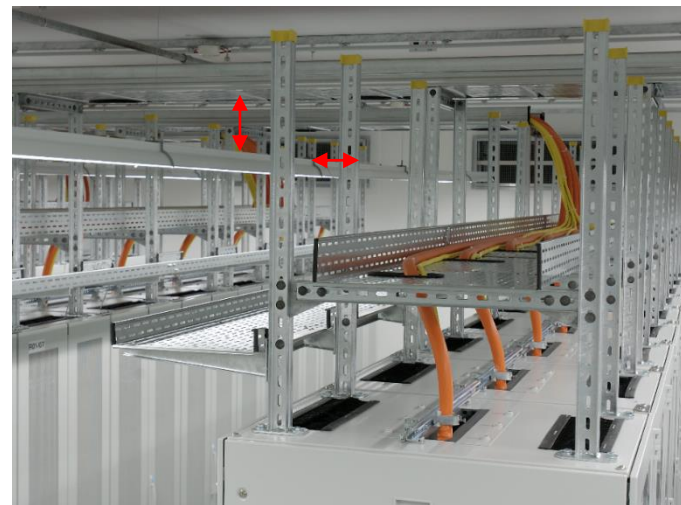
Der Trennabstand zwischen informationstechnischer Verkabelung (metallisch) und Leuchtstofflampen (EVG*), wie in der EN 50174-2 in Abschnitt 6.2 beschrieben, muss unbedingt eingehalten werden.

*) EVG: Elektronisches Vorschaltgerät

Mindesttrennabstand: 130 mm
(wenn nichts anderes vermerkt)

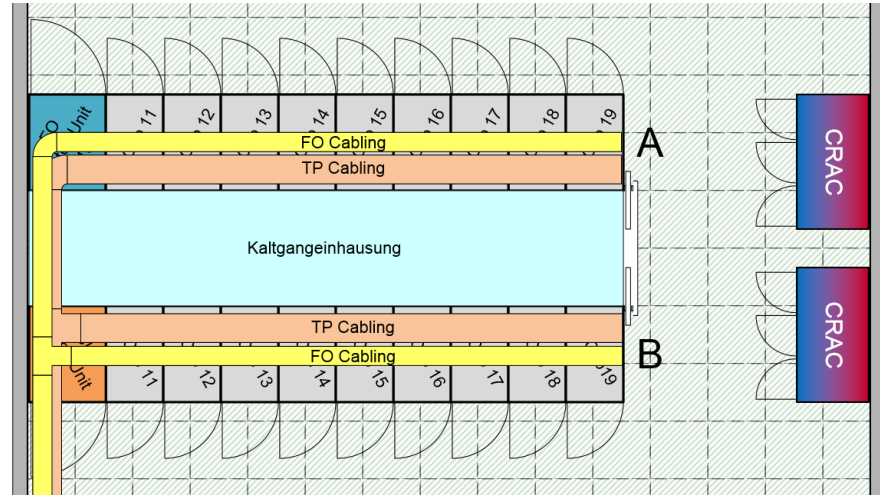
Geringere Abstände sind möglich, bei:

- Zusicherung durch Produktelieferant
- Verwendung geeigneter Kabelführungs-Systeme



Trennung von Glasfaser- und Kupfer- Datenkabeln (EN 50174-2 Abschnitt 11.3.3.3)

Neben den **Trennanforderungen** zwischen **metallinen informationstechnischen Kabeln** und **Stromversorgungskabeln**, sollen auch die **Glasfaserkabel** und die **übrigen Datenkabel** voneinander getrennt und auf separaten Kabeltrassen geführt werden. Diese Massnahme dient der **Verbesserung der Systemverwaltung und der Betriebsfunktionen**. Ebenso wird mit dieser Massnahme die **Betriebssicherheit (Schutz vor Beschädigungen)** und die Übersichtlichkeit erhöht.



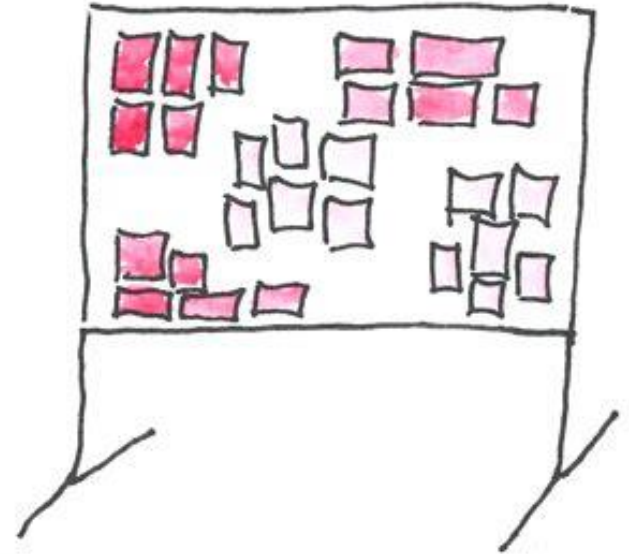
White Board Exercise

Was legen wir wo hin?

Was kommt in den **Doppelboden**?

Was kommt über/auf die **Racks**?

Was kommt unter die **Decke**?



Decke

Kaltgang-Einhausung

Kaltgang-Einhausung

Rack
800 x 1.200 x 2.000 mm
42 HE / 47HE

Rack
800 x 1.200 x 2.000 mm
42 HE / 47HE

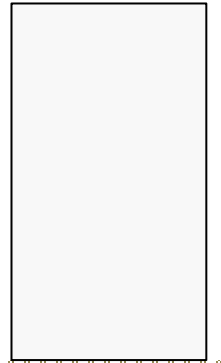
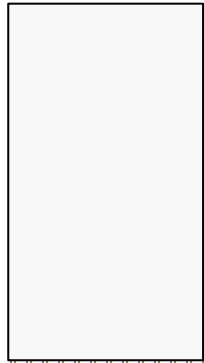
Rack
800 x 1.200 x 2.000 mm
42 HE / 47HE

Rack
800 x 1.200 x 2.000 mm
42 HE / 47HE

Doppelboden

Fußboden

Verlegeprinzipien – Wo ist was angeordnet?



Stromkabel

Stromschienen

Kupferkabel

Lichtwellenleiter

Koaxkabel

Meldekabel

Fühler

Rauchmelder

RAS (VESDA)

Temperaturfühler

Luftkanäle

CW Rohre

Leckage Detektoren

Erdungsnetz

Heizungsrohre

Beleuchtung

Abwasserrohre

Kondensatleitungen

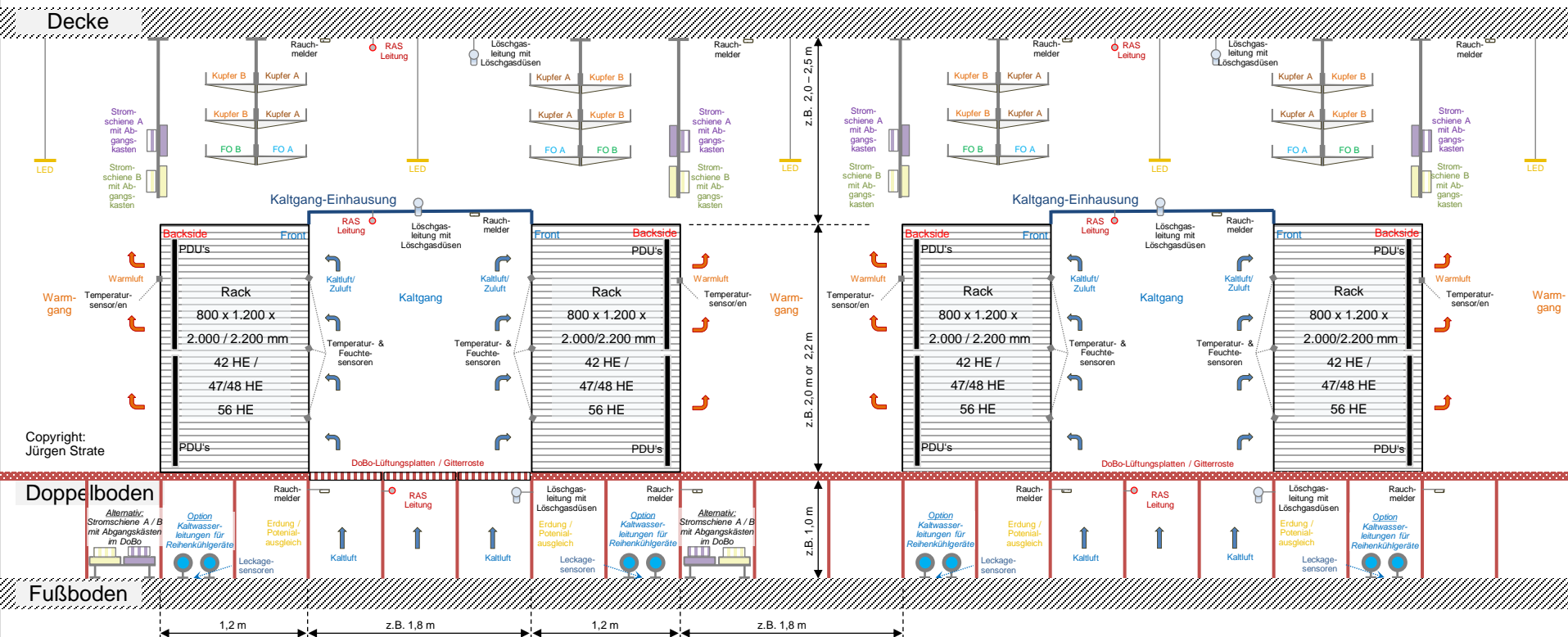
Kühlmittleitungen

Wasserleitung (Zufuhr)

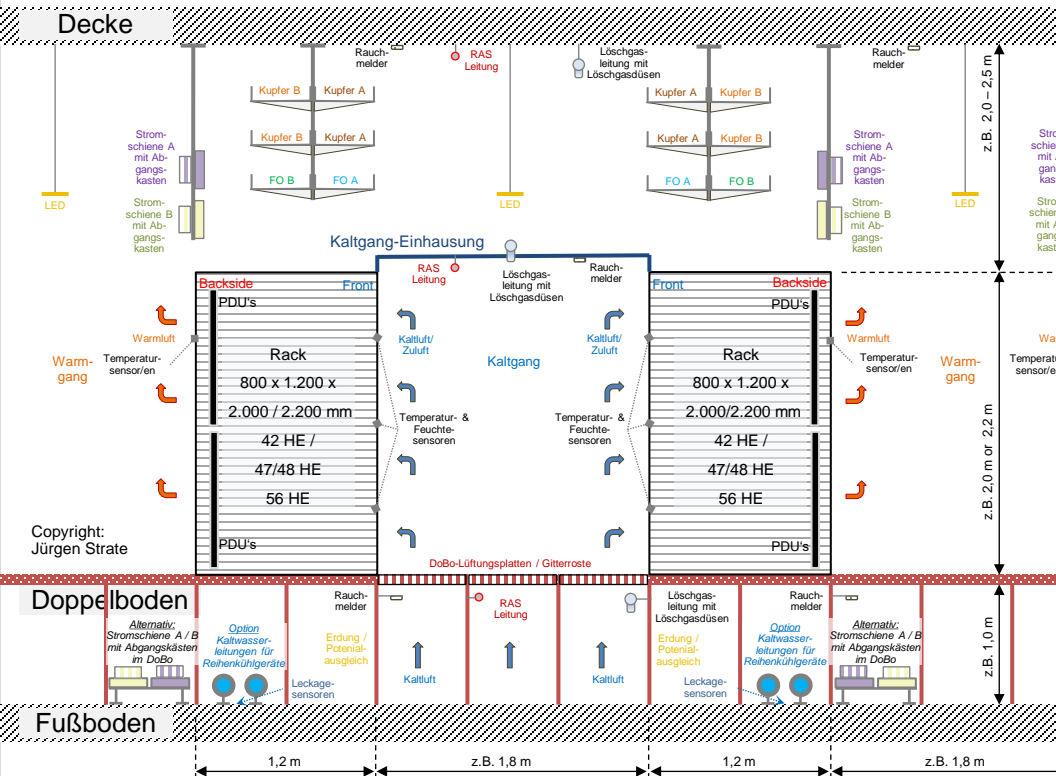
- Stromkabel / Stromschienen (Energie)
- Kaltwasserrohre (Klima)
- Leckage Detektoren
- Kühlmittleitungen
- Netzwerkkabel (Backbone)
- Netzwerkkabel (intern, DCIM, operativ)
- Signalleitungen BMS
- Brandmeldekabel
- Erdungsnetz
- Kondenswasserabführung
- Gasansaugleitungen (VESDA)
- Wasserleitungen (Sprinkler, HiFog, ...)
- Löschgasleitungen
- u.v.a.m.



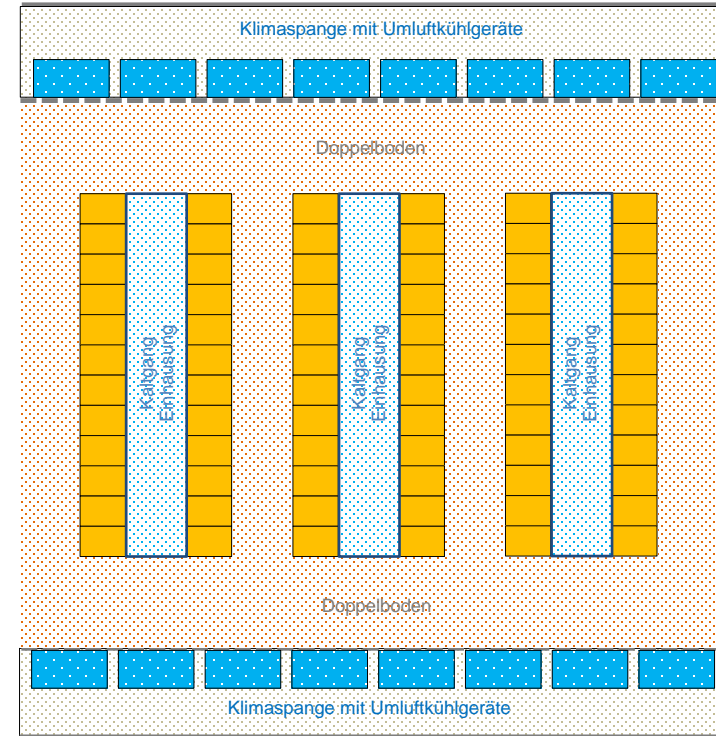
Verlegeprinzipien – Was ist wo angeordnet? – Beispiel VK 3 / 4



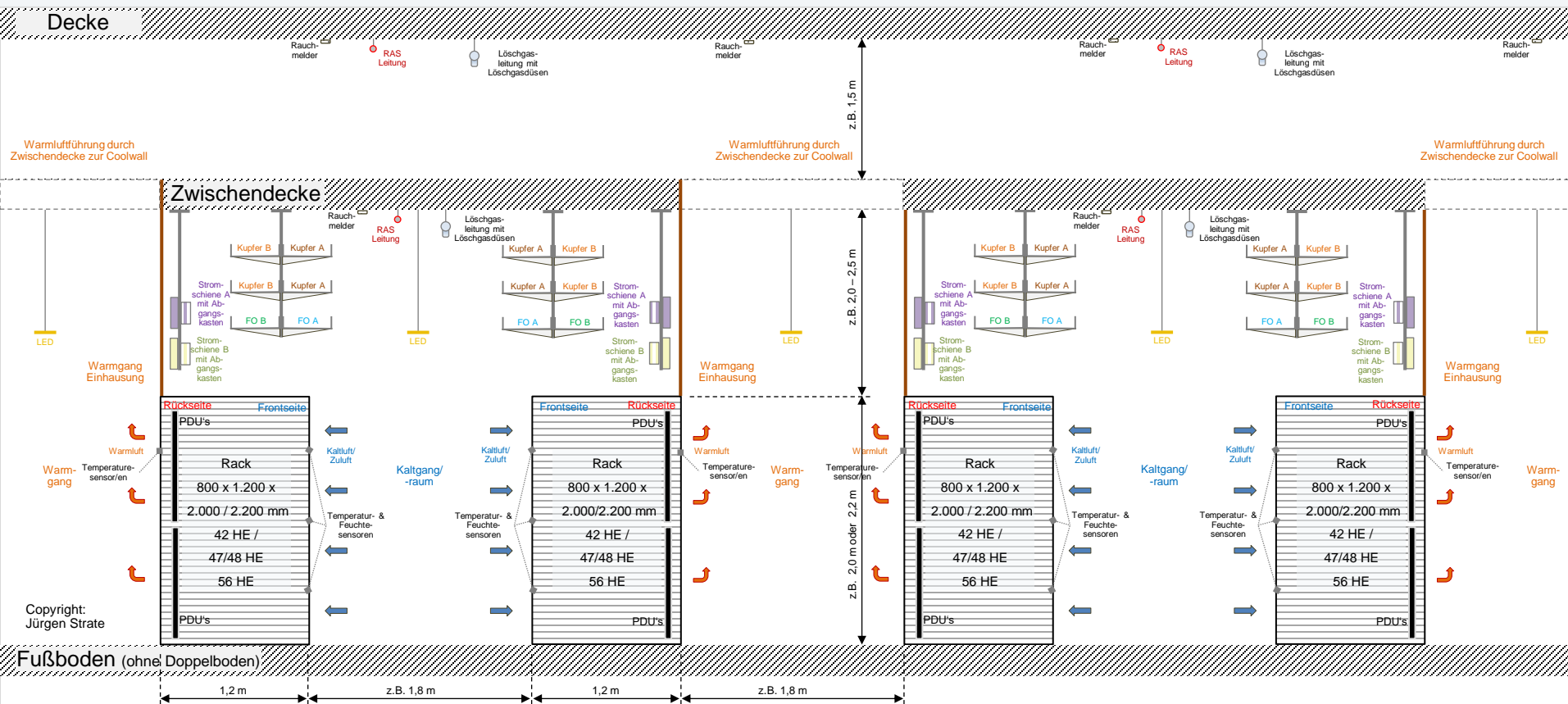
Verlegeprinzipien – Was ist wo angeordnet? – Beispiel VK 3 / 4



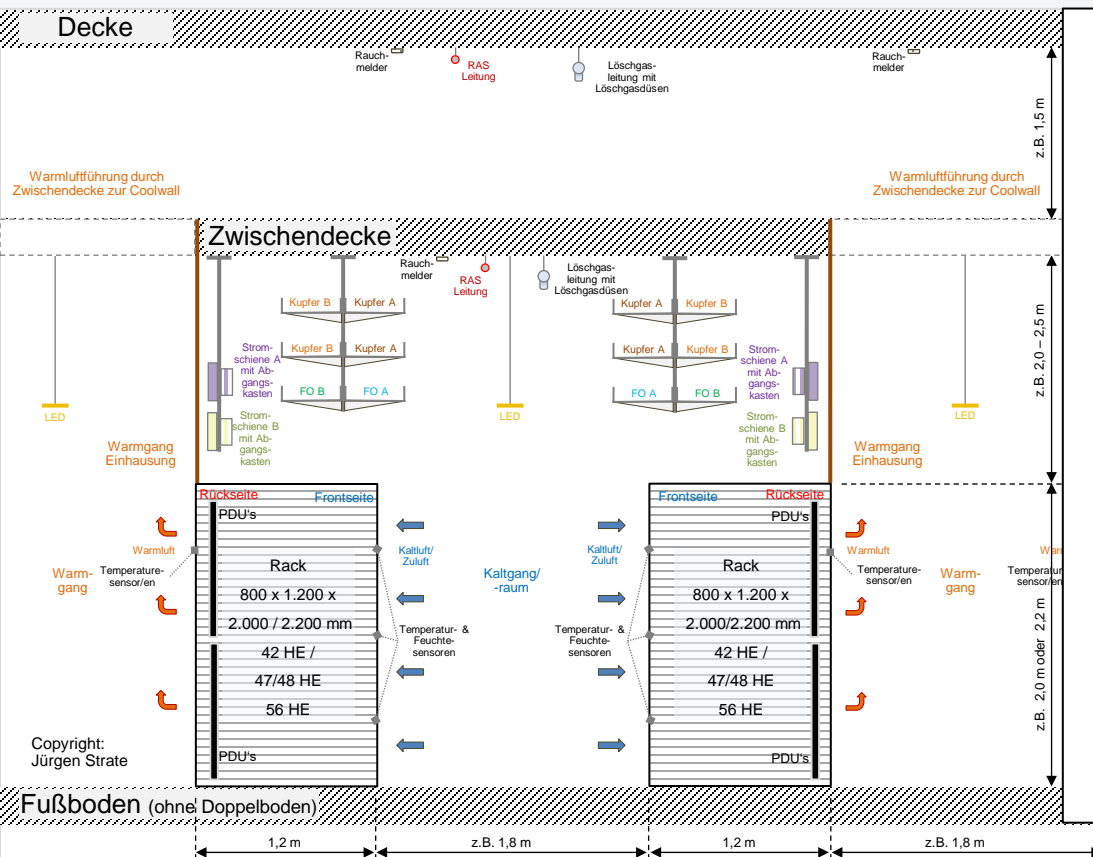
Ansicht von oben (schematisch)



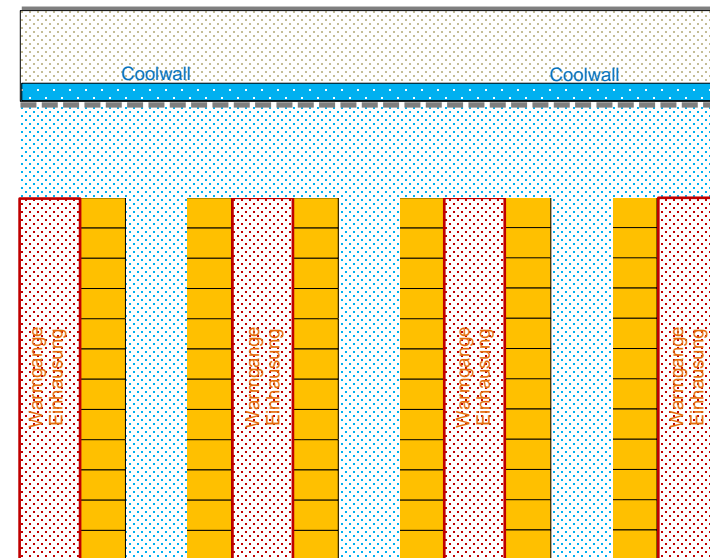
Verlegeprinzipien – Was ist wo angeordnet? – Beispiel VK 3 / 4



Verlegeprinzipien – Was ist wo angeordnet? – Beispiel VK 3 / 4



Ansicht von oben (schematisch)







Der Doppelboden – das am meist unterschätzte “System” im Rechenzentrum



⇒ *Nur ein freier Doppelboden lässt das Rechenzentrum atmen !*

Doppelboden



- Kühlwasser
- Erdungsnetz
- Brandmeldekabel
- Rauchmelder
- RAS
- Löschleitungen
- Stromkabel
- Stromschienen
- Sensoren
- Belüftungskanäle

Racks



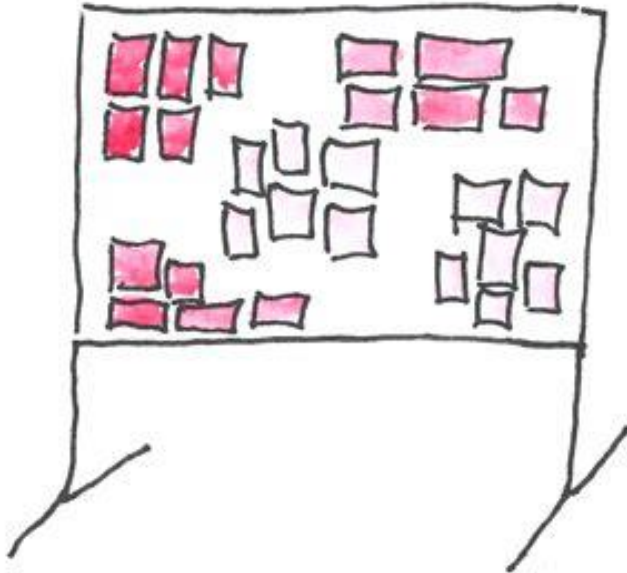
- Glasfaserleitungen
- Netzwerkkabel
- DCIM Kabel
- Löschleitungen
- RAS (Racküberwachung)
- Sensoren

Decke



- Löschleitungen (Gas)
- Sprinklerleitungen
- Rauchmelder
- RAS
- Beleuchtung
- Stromschienen / -kabel
- Kabeltrassen (LWL/Kupfer)
- Sensoren
- Entlüftungskanäle
- Belüftungskanäle

- Es gibt **zwei wesentliche Verkabelungsarten**:
 - Punkt-zu-Punkt-Verkabelung
 - Strukturierte Verkabelung
- Die **strukturierte Verkabelung** hat wesentliche Vorteile im Betrieb und bei der Verfügbarkeit
- Bei der **Anordnung von Bereichsverteilern (BV) bzw. Netzwerkverteilerschränken** gibt es die üblichen Prinzipien **EoR oder MoR** (End-of-Row / Middle-of-Row).
- Bei den **Verlegesystemen** sind eine **Reihe von Anforderungen** zu berücksichtigen: u.a. Biegeradien, Trennabstände, Trennung LWL/Kupfer, Abstände zur sonstigen Infrastruktur (Stromkabel, Beleuchtung, etc.), Erstbelegung.
- Bei den **Verlegeprinzipien** gibt es klare Empfehlungen/Regeln, was wo am besten angeordnet wird (im Doppelboden, auf/oberhalb der Racks, unter der Decke)
- Der **Doppelboden** dient i.d.R. in erster Linie der Luftzuführung zu den Racks. Dieser Raum/Querschnitt darf nicht durch Installationen wesentlich eingeschränkt werden.





A professional headshot of a middle-aged man with short, grey hair, wearing a dark suit, white shirt, and blue tie. He is looking directly at the camera with a slight smile.

Dipl.-Ing. Jürgen Strate
Senior Management Consultant
Data Center

Mittelfeldweg 1/1
D-71093 Weil im Schönbuch
Phone: +49-(0)1575-2901328
E-Mail: strate@t-online.de

Copyright

- Alle Rechte für die gezeigten und den Teilnehmern überlassenen Schulungsunterlagen gehören der DCE academy sowie den jeweiligen Referenten der DCE academy (soweit durch Quell- und Urheberangaben nichts anders geregelt).
- Die Vervielfältigung und Weitergabe auch in Teilen an Dritte ist nicht gestattet. Ebenso die Abspeicherung und/oder Veröffentlichung in Social Media, Internet oder sonstigen Medien.

Nutzungsrechte

- Der/die Teilnehmer/in der Schulungen erhalten ein personenbezogenes Nutzungsrecht für die in dem gebuchten Kurs vorgestellten und übergebenen Schulungsunterlagen. Das Nutzungsrecht ist nicht übertragbar auf andere Personen, auch nicht innerhalb eines Unternehmens / Organisation.