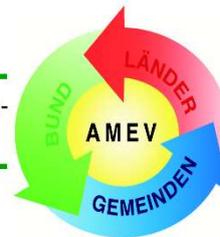




Bundesministerium
des Innern, für Bau
und Heimat

Arbeitskreis Maschinen-
und Elektrotechnik



staatlicher und kom-
munaler Verwaltungen

LAN 2021

**Planung, Bau und Betrieb von
anwendungsneutralen
Kommunikationsnetzwerken
in öffentlichen Gebäuden**

Empfehlung Nr. 161

AMEV

Planung, Bau und Betrieb von anwendungsneutralen Kommunikationsnetzwerken in öffentlichen Gebäuden

(LAN 2021)

lfd. Nr. 161

Aufgestellt und herausgegeben vom Arbeitskreis
Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher
und kommunaler Verwaltungen (AMEV)
Berlin 2021

Geschäftsstelle des AMEV im
Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI)
Alt-Moabit 140, 10557 Berlin
Telefon (030) 18 681 16860
E-Mail: amev@bmi.bund.de

Der Inhalt dieser Empfehlung darf nur nach vorheriger Zustimmung
der AMEV-Geschäftsstelle auszugsweise vervielfältigt werden.
Die Bedingungen für die elektronische Nutzung der AMEV-Empfehlungen
sind zu beachten (siehe www.amev-online.de)

Informationen über Neuerscheinungen erhalten Sie unter
www.amev-online.de
oder bei der AMEV-Geschäftsstelle

	VORWORT	7
1	STRUKTUR EINES VERKABELUNGSSYSTEMS	8
1.1	Primärbereich	8
1.2	Sekundärbereich	9
1.3	Übertragungsverfahren und Technologien für Lichtwellenleiter	10
1.3.1	Übertragungsverfahren für Lichtwellenleiter	10
1.3.2	WDM (Wavelength Division Multiplex) oder Wellenlängenmultiplex	11
1.4	Redundanz	14
1.5	Tertiärbereich	15
1.5.1	Installations- und Übertragungsstrecken	15
1.5.2	Kommunikations-Anschlüsse Kupfer in Räumen mit möglicher Büronutzung	16
1.5.3	LWL im Tertiärbereich	18
1.5.4	Single Pair Ethernet	19
1.5.5	Umweltklassen	20
2	ÜBERTRAGUNGSMEDIEN	21
2.1	Lichtwellenleiter (LWL)	21
2.1.1	Grundlagen	21
2.1.2	Mechanische Eigenschaften von Lichtwellenleiterkabeln	23
2.1.3	Optische Eigenschaften von Lichtwellenleiterkabeln	24
2.1.4	Berechnung der Dämpfung	24
2.1.5	Rangierfelder LWL	25
2.1.6	Anschlussdosen LWL	25
2.1.7	Rangier- und Anschlusskabel LWL	25
2.2	Twisted Pair	26
2.2.1	Grundlagen	26
2.2.2	Eigenschaften Datenkabel (Installationskabel)	26
2.2.3	Eigenschaften Komponenten und Netze	26
2.2.4	Patch- bzw. Rangierfeld	28
2.2.5	Anschlussdosen	28
2.2.6	Rangier- und Anschlusskabel	29
2.3	Drahtlose Kommunikation	29
2.3.1	Drahtlose Kommunikation zwischen Gebäuden	29
2.3.2	Drahtlose Kommunikation im Gebäude (WLAN im Tertiärnetz)	30
2.4	Verteiler	32
2.4.1	Datenverteilerschrank als Standortverteiler bzw. Gebäudeverteiler	33
2.4.2	Datenverteilerschrank als Etagenverteiler	38
2.5.3	19“-Kleinverteiler	38
2.6	Sondernetze	39
3	ENERGIEÜBERTRAGUNG ÜBER DATENLEITUNGEN POWER OVER ETHERNET (POE)	40

3.1	GRUNDLAGEN	40
3.1.1	Fernspeisung von Endgeräten	40
3.1.2	Verkabelungssysteme für Fernspeisung (PoE)	43
3.2	ANWENDUNGEN	43
3.2.1	Beleuchtung	44
3.3	TECHNISCHE RISIKEN	45
3.3.1	Leitungserwärmung	45
3.3.2	Kontaktbelastung	48
3.3.3	Gleichstrom Widerstand-Unsymmetrie	48
3.3.4	Patchkabel	49
3.3.5	Belastbarkeit aktiver Komponenten	49
4	SYSTEMBEGLEITENDE TECHNISCHE KOMPONENTEN	50
4.1	Allgemein Stromversorgung	50
4.1.1	Stromversorgung für Datenverteilerräume	50
4.1.2	Stromversorgung für Büroräume	51
4.2	Leitungsverlegung, Kanalsysteme	52
4.3	Elektromagnetische Verträglichkeit, Schirmung und Potentialausgleich	52
4.3.1	Elektromagnetische Verträglichkeit	52
4.3.2	Erdung und Potentialausgleich	53
4.4	Sicherheitstechnische Maßnahmen	55
4.4.1	Schutz vor unberechtigtem Zutritt zu den Datenverteilerräumen	55
4.4.2	Zusätzliche Schutzmaßnahmen	56
4.5	Lüftung / Kühlung	56
4.5.1	Datenverteilerräume	56
4.5.2	Datenverteilerschränke	58
5	SYSTEMBEGLEITENDE BAULICHE KOMPONENTEN	61
5.1	Allgemeines	61
5.2	Verteilerräume	61
5.2.1	Größe und Lage	61
5.2.2	Bauliche Gestaltung	64
6	MESSUNGEN	65
6.1	Allgemeines	65
6.2	Lichtwellenleiterkabel	66
6.3	Kupferkabel des Tertiärnetzes	68
6.4	Ableitfähige Fußböden	75
7	BEDARFSERMITTLUNG	76
7.1	Definition der Anforderungen und Schnittstellen	76
7.1.1	Installationsspezifikation	76
7.1.2	Qualitätsplan	77

7.2	Arbeitsplatzausstattung	78
7.3	Datenvernetzung	78
7.4	Datenverteilerräume	79
8	ABNAHME, BETRIEB, KENNZEICHNUNG UND DOKUMENTATION	80
8.1	Abnahme	80
8.2	Betrieb	80
8.2.1	Organisatorische Regelungen	81
8.2.2	Schutz vor unberechtigtem Zugriff	81
8.2.3	Instandhaltung	81
8.3	Kennzeichnung von Plänen, Kabeln, Verteilern und Dokumentation	82
8.3.1	Kennzeichnung von Plänen, Kabeln und Verteilern	83
8.3.2	Dokumentation	85
9	ABKÜRZUNGEN /BEGRIFFE	87
10	VERZEICHNISSE	90
10.1	Auswahl wichtiger Vorschriften, Regelwerke und Arbeitshilfen	90
10.2	Literaturhinweise	93
10.3	Quellen	94
11	MITARBEITER	95
12	ABBILDUNGEN	95
	ANLAGE 1 – MUSTER-CHECKLISTE FÜR DIE BEDARFSERMITTLUNG	96

Vorwort

Die hier vorliegende AMEV-Empfehlung „Planung, Bau und Betrieb von anwendungsneutralen Kommunikationsnetzwerken in öffentlichen Gebäuden“ LAN 2021 ersetzt die „LAN 2018“ und die „PoE 2020“.

Diese Empfehlung beschreibt den Bau anwendungsneutraler Kommunikationsnetze (LAN) nach den Normenreihen DIN EN 50173 [15, 16] und DIN EN 50174 [17-19] als Bestandteil der Gebäudeinfrastruktur und gibt Hinweise zu den notwendigen Betriebsräumen.

In der Vergangenheit wurden bei zahlreichen Ländern und Kommunen technische Informationen gepflegt, die sich mit dem Aufbau von derartigen LAN-Verkabelungen beschäftigten. Mit der Empfehlung LAN 2018 ist es in weiteren Fällen gelungen, diese hierdurch abzulösen.

Der Abschnitt 1 „Struktur eines Verkabelungssystems“ wurde neu gegliedert und übersichtlicher gestaltet. Die Empfehlung PoE 2020 wurde integriert.

Die Abmessungen der Betriebsräume wurden an die Vorgaben der Normenreihe DIN EN 50173 angepasst.

Der Abschnitt Messung wurde erweitert. Informationen zu Wellenlängenmultiplex, Qualitätsplan und Single pair Ethernet wurden ergänzt.

Auf Hinweise zu aktiven Komponenten (z. B. Router, Switches) wurde weiter verzichtet, da insbesondere bei der Beschaffung zahlreiche lokale und voneinander abweichende verwaltungsspezifische Regelungen zu beachten sind.

In der vorliegenden Empfehlung sind die Verantwortlichkeiten zwischen Betreiber, liegenschafts- und hausverwaltender Stelle, Nutzer, Bedarfsträger u. s. w. nicht klar zu trennen und überschneiden sich teilweise. Darüber hinaus sind lokale Regelungen zu beachten. Deshalb wird im Folgenden zur Vereinfachung generell der Begriff „nutzende Verwaltung“ verwendet.

Ergänzt wird die Empfehlung durch eine aktualisierte, editierbare Checkliste, um die Bedarfsermittlung zu vereinfachen und eine programmierte Excel-Datei, um die Kabelerwärmung bei dem Einsatz von PoE abschätzen zu können.

Die Empfehlung

**Planung, Bau und Betrieb von anwendungsneutralen
Kommunikationsnetzwerken
in öffentlichen Gebäuden
(LAN 2021)**

liegt jetzt vor.

Berlin, Oktober 2021

Walter Arnold

Wilfried Müller

Vorsitzender des AMEV

Obmann des Fernmeldeausschuss

1 Struktur eines Verkabelungssystems

Bei einer strukturierten Datenverkabelung unterscheidet man nach DIN EN 50173-1 [15] die 3 Bereiche:

- Primärbereich
- Sekundärbereich
- Tertiärbereich

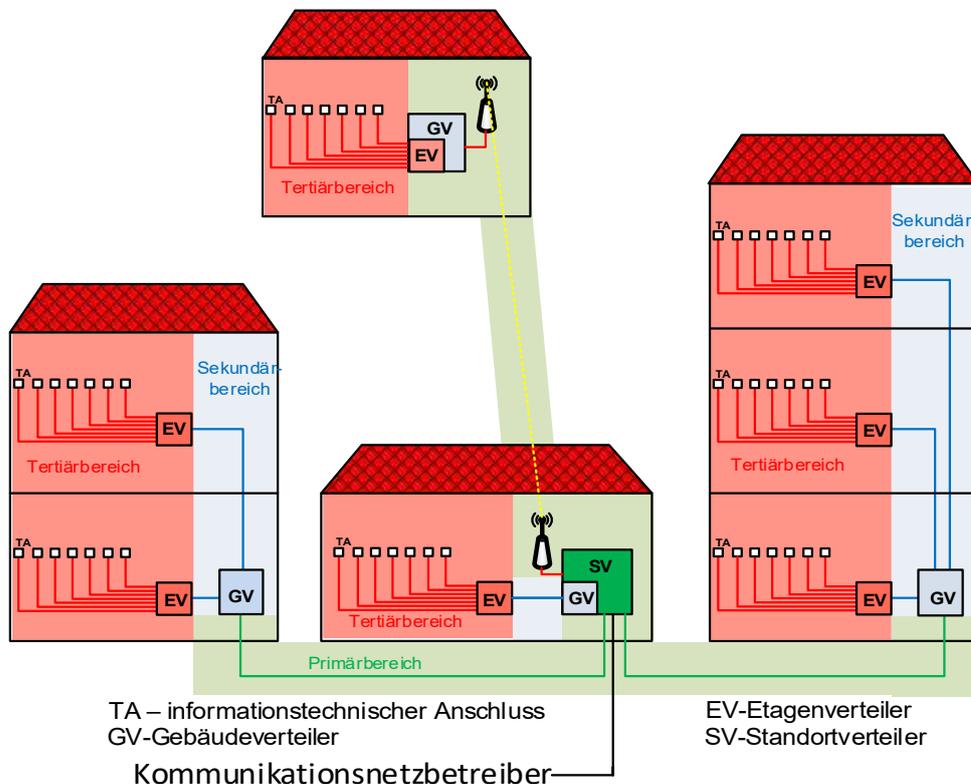


Abbildung 1: Netzstruktur nach DIN EN 50173

Im Primär- und Sekundärbereich dienen zur Datenübertragung üblicherweise Kabel mit Lichtwellenleitern (LWL) zur Verbindung der einzelnen Datenverteiler. Die LWL-Kabel sind dabei mehrfasrig, d. h. mit mindestens 12 Fasern zu verlegen. Die erforderliche Faserart und -qualität ist dabei von der erforderlichen Länge und dem vorgesehenen Übertragungsverfahren (siehe Abschnitt 1.3) abhängig. Die maximal möglichen Längen beim Einsatz vom Ethernet-Protokoll sind Tabelle 5 und Tabelle 7 zu entnehmen. Andere Übertragungsverfahren werden hier nicht betrachtet, da sie kaum noch eingesetzt werden.

1.1 Primärbereich

Der Primärbereich stellt die gebäudeübergreifende Verkabelung zwischen den Gebäuden auf einem Gelände (Campusbereich) dar. Ist nur ein Gebäude vorhanden, besteht der Primärbereich nur aus dem Gebäudeverteiler.

Im Außenbereich sind Erdkabel mit metallfreiem Nagnetierschutz, längs- und querswassergeschützt möglichst im Rohr zu verlegen. Als Mindestüberdeckung sind 0,8 m vorzusehen. Um Kabel nachziehen zu können, ist der Einsatz von Kabelaufteilungsrohren sinnvoll.

Micro Cable-System (MCS)



Abbildung 2: Multirohrsystem für direkte Verlegung.

Anstelle von konventionellen Kabelkanalanlagen mit Leerrohren können Multirohrsysteme eine wirtschaftliche Alternative sein. Die Fasern der Lichtwellenleiter werden mittels Druckluft in die Leerrohre eingeblasen. Wie in der obenstehenden Abbildung dargestellt, stehen unterschiedliche technische Ausführungen jeweils von mehreren Herstellern zur Verfügung. Die Entscheidung für ein System muss anhand der örtlichen Gegebenheiten erfolgen. Die Einzelrohre mit geringem Innendurchmesser von 4 - 20 mm werden in Leerrohr-Bündeln, Strings („Flachkabel“) oder in „Kabeln“ zusammengefasst. Die Systeme - teilweise auch in Einzelrohr - sind für die direkte Erdverlegung geeignet. Ein Einziehen von Multirohrsystemen (Abbildung 2 links) in (vorhandene) Rohre / Kabelanlagen ist möglich.

Eventuelle Verbindungsstellen werden mit speziellen druckdichten Muffen verbunden. Hierdurch entsteht eine druckwasserdichte Punkt-zu-Punkt-Rohrverbindung zwischen beiden Endpunkten. In diese Einzelrohre werden LWL-Faserbündel, evtl. mit leichter Schutzhülle jedoch ohne Mantel, Zugentlastung und Armierung, eingeblasen. Durch das geringe Gewicht dieser Faserkonstruktion können Fasern über Entfernungen > 1 km – bei günstiger Trassenführung auch deutlich weiter - eingeblasen werden. Für die Abzweige zu den Gebäuden bzw. für das Anbringen von Verbindungsmuffen sind Hilfsschächte vorzusehen.

Eine Erweiterung ist nur mit den speziellen einblasfähigen Lichtwellenleitern möglich.

1.2 Sekundärbereich

Der Sekundärbereich umfasst die Netzverbindungen zwischen dem Gebäudeverteiler (GV) und den Etagenverteilern (EV). Gibt es keine Etagenverteiler, entfällt der Sekundärbereich. Eingesetzt werden vorzugsweise Kabel mit Mehrmoden-Fasern der Kategorie OM3 (Tabelle 6) nach DIN EN 50173-2 [16].

Ergänzende Kupferverbindungen sind u. U. sinnvoll für Dienste, welche aus regulatorischen und/oder wirtschaftlichen Gründen nicht im Kommunikationsnetz oder über LWL übertragen werden können (siehe Abschnitt 2.6).

Die DIN EN 50173-2 sieht grundsätzlich einen Etagenverteiler je Geschoss (siehe Abbildung 19) vor. Wenn es die Kabellängen zulassen, sollte die Zahl der Etagenverteiler reduziert werden. Es hat sich bewährt, neben dem Geschoss, in dem der Etagenverteiler untergebracht ist, dass darüber und das darunterliegende Geschoss zu versorgen. Es kann dadurch der Verkabelungsaufwand erhöht sein. Dafür wird jedoch die Zahl der Datenverteilteräume in denen Administrationsaufgaben erledigt werden und in den häufig raumlufttechnische Anlagen notwendig werden sowie die Anzahl der teuren Up-Link-ports reduziert.

1.3 Übertragungsverfahren und Technologien für Lichtwellenleiter

1.3.1 Übertragungsverfahren für Lichtwellenleiter

Im Folgenden werden gängige Übertragungsverfahren für Lichtwellenleiter und die dabei verwendeten Wellenlängen aufgeführt. Es soll eine Hilfestelle abgeben, um bei einer Forderung nach einem bestimmten Übertragungsverfahren die verwendete Wellenlänge zu ermitteln und auf dieser Basis die erforderliche Dämpfungsberechnungen (siehe Abschnitt 2.1.4) durchführen zu können. Des Weiteren werden ausgewählte Übertragungsverfahren näher beschrieben, dabei wird auch auf die erforderliche Faserzahl eingegangen.

Übertragungsrate	Wellenlänge	
	1310 nm	1550 nm
100 Mbit/s	100BASE-BX10-U	100BASE-BX10-D
1 Gbit/s	1000BASE-LX 1000BASE-LX10 1000BASE-BX10-U	1000BASE-BX10-D
10 Gbit/s	10GBASE-LR 10GBASE-LW	10GBASE-ER
40 Gbit/s	40GBASE-ER4 40GBASE-LR4	40GBASE-FR
100 Gbit/s	100GBASE-ER4 100GBASE-LR4	100GBASE-ER4
200 Gbit/s	200GBASE-ER4 200GBASE-LR4	

Tabelle 1: Verfahren für Einmodenfasern

Übertragungsrate	Wellenlänge	
	850 nm	1310 nm
10 Mbit/s	10 BASE-FL	
100 Mbit/s	-	100BASE-FX 100BASE-LX10
1 Gbit/s	1000BASE-SX	1000BASE-LX 1000BASE-LX10
10 Gbit/s	10GBASE-SR	10GBASE-LX4
25 Gbit/s	25GBASE-SR	-
40 Gbit/s	40GBASE-SR4	40GBASE-LR4
100 Gbit/s	100GBASE-SR4 100GBASE-SR10	-
200 Gbit/s	200GBASE-SR4	-

Tabelle 2: Verfahren für Mehrmodenfasern

100BASE-LX

Die Fast-Ethernet-Schnittstelle 100BASE-LX arbeitet mit einem Faserpaar aus Einmodenfasern. Aus der Bezeichnung 100BASE geht hervor, dass die Schnittstelle eine Datenrate von 100 Mbit/s unterstützt und in der Basisbandtechnik (BASE) arbeitet. Der Buchstabe „L“ steht für Long Wavelength, das „X“ für lokale Netze (LAN). Die Wellenlänge liegt bei 1.310 nm, das Bandbreitenlängenprodukt beträgt 500 MHz x km.

1000BASE-LX

1000BASE-LX ist eine Gigabit-Ethernet Schnittstelle. Bei dieser Variante kommt ein Laser mit einer Wellenlänge von 1.310 nm (spezifiziert sind 1.270 nm bis 1.355 nm) zum Einsatz. 1000BASE-LX kann mit Mehrmoden- und mit Einmodenfasern arbeiten.

10GBASE-ER

Die 10GBASE-ER-Schnittstelle ist eine 10GbE-Schnittstelle für lokale Netze, sie eignet sich auch für Weitverkehrsnetze und Stadtnetze. Aus der Bezeichnung 10GBASE-ER lässt sich folgendes ablesen: 10G steht für 10-Gigabit-Ethernet, BASE für Basisband, das "ER" steht für "Extended Range", was sich auf die Wellenlänge der Einmodenfaser mit 1.550 nm bezieht.

40GBASE-LR4

Unter 40-Gigabit-Ethernet gibt es mehrere Schnittstellen für Lichtwellenleiter, eine davon ist 40GBASE-LR4, mit denen große Entfernungen von bis zu 10 km überbrückt werden können. Aus der Bezeichnung 40/100GBASE geht hervor, dass die Schnittstelle eine Datenrate von 40/100 Gbit/s (40G100G) unterstützt und in Basisbandtechnik (BASE) arbeitet. Die Bezeichnung LR4 steht für die Übertragung über Licht über vier nach der ITU-Spezifikation G.694.2 [57] spezifizierten Wellenlängen von 1.270 nm, 1.290 nm, 1.310 nm und 1.330 nm.

100GBASE-LR4

Unter 100-Gigabit-Ethernet gibt es mehrere 100GbE-Schnittstellen für Lichtwellenleiter, eine davon ist 100GBase-LR4.

1.3.2 WDM (Wavelength Division Multiplex) oder Wellenlängenmultiplex

Allgemein

Wenn nur eine Leitung z. B. zwischen zwei Standorten zur Verfügung steht, aber mehrere Netze/Segmente/Stationen angebunden werden müssen oder mehr Bandbreite benötigt wird, lassen sich mit der WDM-Technik Lichtwellenleiter mehrfach für die Datenübertragung nutzen.

Ziele der WDM Technologie:

- Mehrfachnutzung vorhandener Glasfaserleitung
- Kostensenkung durch Einsparen gemieteter Glasfaserleitungen
- Erhöhung der Bandbreitenkapazität des Glasfasernetzes

WDM ist die Abkürzung für Wave Division Multiplex, also auf Deutsch Wellenlängenmultiplex. Bei der Verwendung von Lichtwellenleiter als Übertragungsmedium hat jede Farbe des Lichts eine andere Wellenlänge. Durch die Verwendung unterschiedlicher Farben (Farben entsprechen wie gesagt Wellenlängen und somit Frequenzen) lassen sich auf einem Lichtwellenleiter mehrere Datenkanäle unabhängig voneinander übertragen.



Abbildung 3: Prinzipdarstellung WDM

WDM ist ein rein optisches Multiplexsystem. Es arbeitet, ähnlich wie Farbfilter, die nur genau definierte Wellenlängen des Lichtes (Farbspektrum) durchlassen. Die Signale werden auf mehreren voneinander unabhängigen Wellenlängen (Lichtfarben) über eine Glasfaser übertragen. Da sich die Wellenlängen nicht überlagern, ist es möglich, die einzelnen Lichtstrahlen durch einfache Filter wieder voneinander zu trennen. Als Lichtquelle dient hier ein Laser und als Empfangseinheit eine lichtempfindliche Photodiode. Beim Wellenlängenmultiplexing differenziert man zwischen CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing) und DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing). Die DWDM- / CWDM-Wellenlängen und Kanalabstände sind in der Norm ITU-T G.694 [57] spezifiziert.

Zusammengefasst

- Laser erzeugen Licht mit einer bestimmten Wellenlänge (Farbe)
- WDM Multiplexer bündeln verschiedene Wellenlängen auf eine Lichtwellenfaser
- Fasern transportieren das Licht von Standort A nach Standort B
- WDM Demultiplexer splitten die gebündelten Wellenlängen auf Lichtwellenfasern
- Empfänger entnehmen und empfangen das Licht

CWDM (Coarse Wavelength Division Multiplexing) - Verfahren

Das CWDM - Verfahren ist ein Wellenlängenmultiplexverfahren für Stadt- und Accessnetze. Die Übertragung erfolgt in 16 Kanälen mit Wellenlängen zwischen 1270 nm und 1610 nm. Aufgrund des großen Kanalabstandes von 20 nm können günstige Laser eingesetzt werden. Die Kanalbreite selbst beträgt 13 nm. Die verbleibenden 7 nm sind als Sicherheitsabstand zum nächsten Kanal vorgesehen. Dies ist die kostengünstige Variante mit einfacheren Komponenten für den MAN-Bereich.

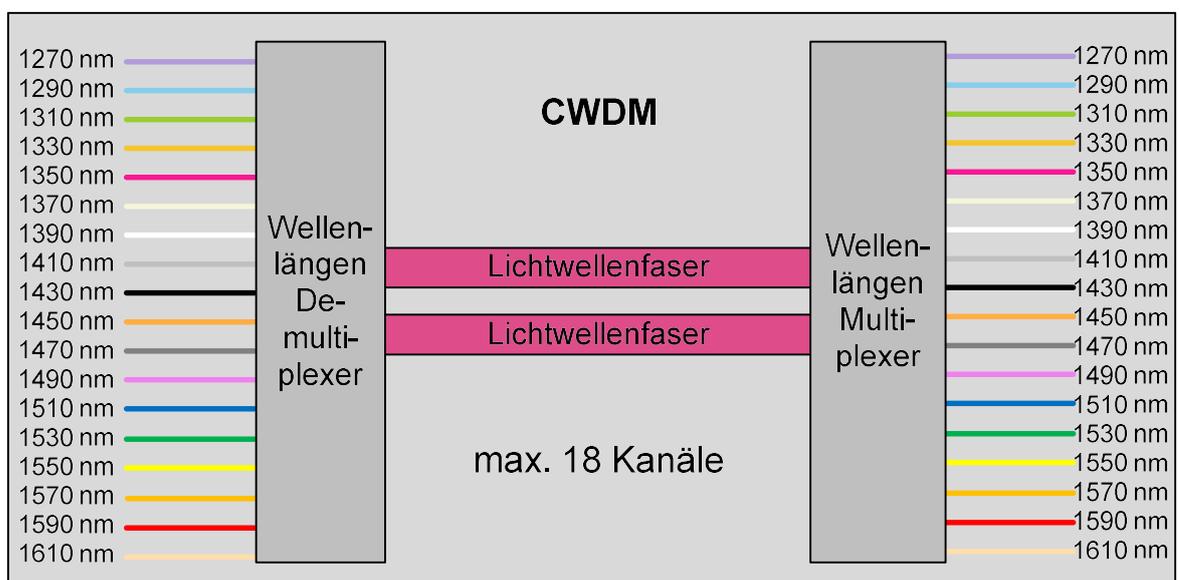


Abbildung 4 CWDM Multiplexer mit bis zu 16 CWDM Wellenlängen

CWDM Übersicht

- Bis zu 16 von 18 möglichen CWDM Wellenlängen können auf einer Glasfaser übertragen werden
- CWDM Kanalabstand 20 nm beginnend von 1270 nm bis 1610 nm
- Übertragungsrreichweiten bis zu 120 km, bis zu 70 km ohne Signalverstärkung
- Kostengünstiger als DWDM Lösungen

DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) – Verfahren

Die Funktionsweise des DWDM ähnelt der des CWDMs. Anders als bei CWDM beträgt der Kanalabstand bei DWDM Systemen nur 0,4/0,8 nm. Durch diesen geringen Kanalabstand können weitaus mehr Informationen parallel übertragen werden. Im Moment beschränkt man sich noch auf Wellenlängen zwischen ca. 1530 nm und 1625 nm, den Bereich des C- und L-Bandes (Conventional-Band (1530 nm – 1565 nm), Long-Band (1565 nm – 1625 nm)). Um dies erreichen zu können, ist eine sehr aufwändige und kostspielige Technik mit gekühlten Lasern und hochwertigen Filtern notwendig. Dieser Aufwand lohnt sich nur auf WAN-Strecken der Provider mit einem hohen Bandbreitenbedarf.

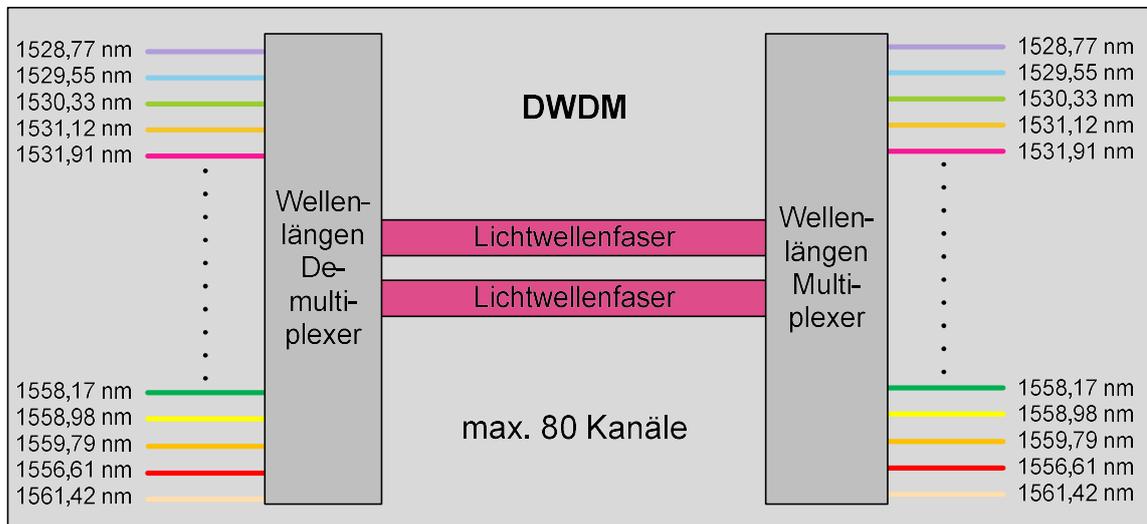


Abbildung 5: DWDM Multiplexer mit bis zu 96 DWDM Wellenlängen

DWDM Übersicht

- Bis zu 96 DWDM Wellenlängen auf einer Lichtwellenfaser übertragbar
- DWDM Kanalabstand 0,8 nm (100 GHz Grid¹) oder 0,4 nm (50 GHz Grid)
- DWDM Übertragungsrreichweiten über mehr als 1.000 km mit optischen Verstärkern
- Optionale Integration in bestehende CWDM Infrastruktur möglich durch CWDM/DWDM Integration

Passives WDM

Bei einem passiven WDM handelt es sich um ein rein optisches Verfahren zur Trennung der Wellenlängen. Die passiven CWDM-Systeme sind an beiden Enden des LWL-Links anzubringen. Diese benötigen keine eigene Spannungsversorgung. Das optische Modul (SFP-Modul) in der aktiven Komponente muss hierbei auf der entsprechenden Wellenlänge senden, beziehungsweise empfangen.

¹ Raster

Problematisch ist bei diesen Systemen, ein proaktives Monitoring der Wellenlängen, um eventuell auftretende Störungen frühzeitig erkennen zu können. Zusätzlich kann bei einem Ausfall schwerer lokalisiert werden, an welcher Stelle der Fehler hervorgerufen wird, da ein Ausfall an einer Stelle zu einem Ausfall des Gesamt-Links führt.

Aktives WDM

Bei einem aktiven WDM System handelt es sich, wie der Name schon sagt, um eine aktive Netzwerkkomponente, welche die eingehenden Signale der aktiven Netzwerkkomponenten in WDM Kanäle umsetzt. Es braucht also in der aktiven Netzwerkkomponente keine WDM-fähigen Module. Diese aktiven WDM-Systeme benötigen eine eigene Stromversorgung. Sie bieten meist eine Management-Schnittstelle, über welche ein proaktives Management der einzelnen Wellenlängen möglich ist. Hierüber kann bei Fehlerfällen auch erkannt werden, an welcher Stelle des Links der Fehler auftritt, wie beispielsweise zwischen Switch und aktivem WDM oder auf dem WDM-Link selbst.

1.4 Redundanz

Je nach Verfügbarkeitsanforderung kann es erforderlich sein, im Primär- und Sekundärbereich eine redundante Auslegung der Verkabelung zu berücksichtigen. Es ist hierbei zwischen einer reinen Wegeredundanz und einer Kabelredundanz zu unterscheiden. Bei der Wegeredundanz ist darauf zu achten, dass eine getrennte Leitungsführung bis in den Datenverteilerschrank erfolgt. Hierzu gehört auch eine getrennte Hauseinführung. Diese sollten möglichst weit auseinander liegen. Bei einer Kabelredundanz wird dieselbe Kabeltrasse mit mehreren Kabeln verwendet. Hierbei ist die Ausfallwahrscheinlichkeit höher als bei der Wegeredundanz. Ob und in welchem Umfang Redundanzen einzusetzen sind, ist von der benötigten Verfügbarkeit des Standorts bzw. Verteilers abhängig und mit der nutzenden Verwaltung abzustimmen.

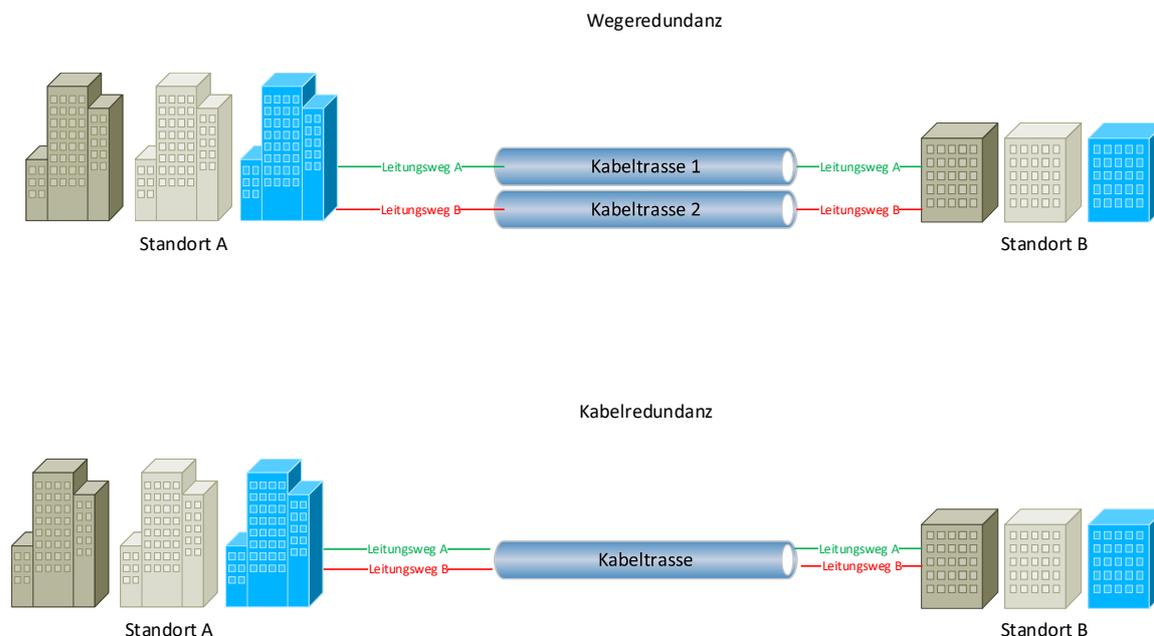


Abbildung 6: Wege- und Kabelredundanz

Im Primärbereich kann je nach Nutzungszweck auch eine Redundanz auf unterschiedlichen Trägermedien erfolgen (z. B. erste Anbindung LWL, zweite Anbindung Funk oder Kupfer). Aufgrund der unterschiedlichen Ausprägung der Übertragungscharakteristik (Bandbreite, Delay, usw.) ist auch dies mit der nutzenden Verwaltung abzustimmen.

Für die Umsetzung der Redundanz im Sekundärbereich wird empfohlen, ausgehend von den redundanten Gebäudeverteilern, jeweils eine direkte Verbindung zu den Etagenverteilern im Tertiärbereich durch eine passive Durchschaltung herzustellen. Dabei ist zu beachten, dass das Dämpfungsbudget nicht überschritten wird. Diese direkte Redundanz führt zu kürzeren Ausfallzeiten im Vergleich zur indirekten Redundanz (siehe Abbildung 7).

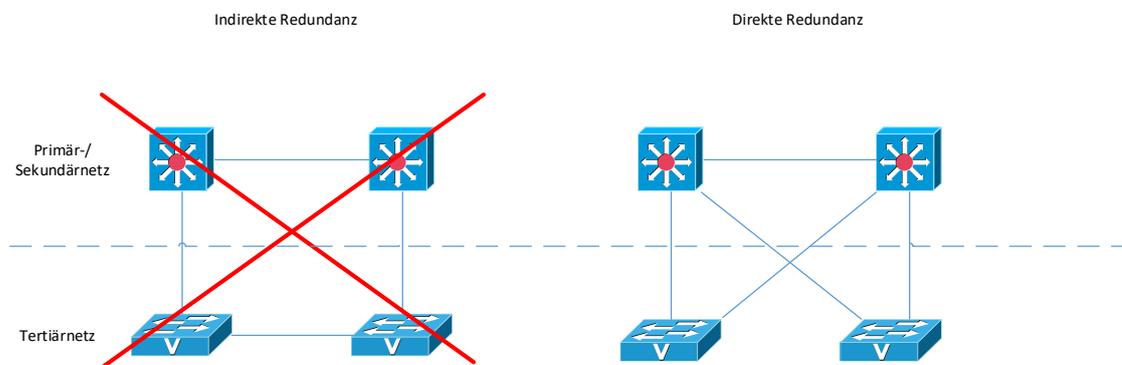


Abbildung 7 Indirekte und direkte Redundanz

1.5 Tertiärbereich

Als Tertiärbereich wird die Verbindung zwischen den Etagenverteilern und den Kommunikationsanschlüssen bezeichnet.

Im Tertiärbereich ist das Netz sternförmig als strukturierte Verkabelung aufzubauen. Dabei erfolgt die Übertragung im Regelfall elektrisch über paarweise verseilte Kupferkabel (Twisted-Pair) und im Ausnahmefall, wenn es aus baulichen oder technischen Gründen notwendig ist, optisch über Lichtwellenleiterkabel.

Die Errichtung von drahtlosen Verbindungen (WLAN) kann eine Ergänzung zu leitungsgebundenen Verbindungen sein. Einsatzgebiete sind Besprechungs- oder Schulungsräume, denkmalgeschützte Bereiche oder Bereiche in denen Gastzugänge angeboten werden sollen (Abschnitt auch 2.3.2).

1.5.1 Installations- und Übertragungsstrecken

In der DIN EN 50173-1 [15] sind die Richtwerte für anwendungsneutrale Verkabelungen festgelegt, bei der alle einschlägigen Übertragungsverfahren sicher betrieben werden können. Es wird empfohlen, die in der nachstehenden Abbildung angegebenen Grenzwerte der Kabellängen nicht voll auszuschöpfen, um Reserven wegen Alterung der Kabel, gegenseitigen Beeinträchtigungen auf den Trassen und Kabelerwärmungen bei Power over Ethernet (PoE) zu haben. In dieser Norm werden die Verkabelung mit ihren Kategorien und Link-Klassen und die Anforderungen an die Verbindungskomponenten definiert.

Die nachfolgende Abbildung verdeutlicht die unterschiedlichen Abgrenzungen der Installationsstrecke zur Übertragungsstrecke für eine Kupferverkabelung im Tertiärbereich.

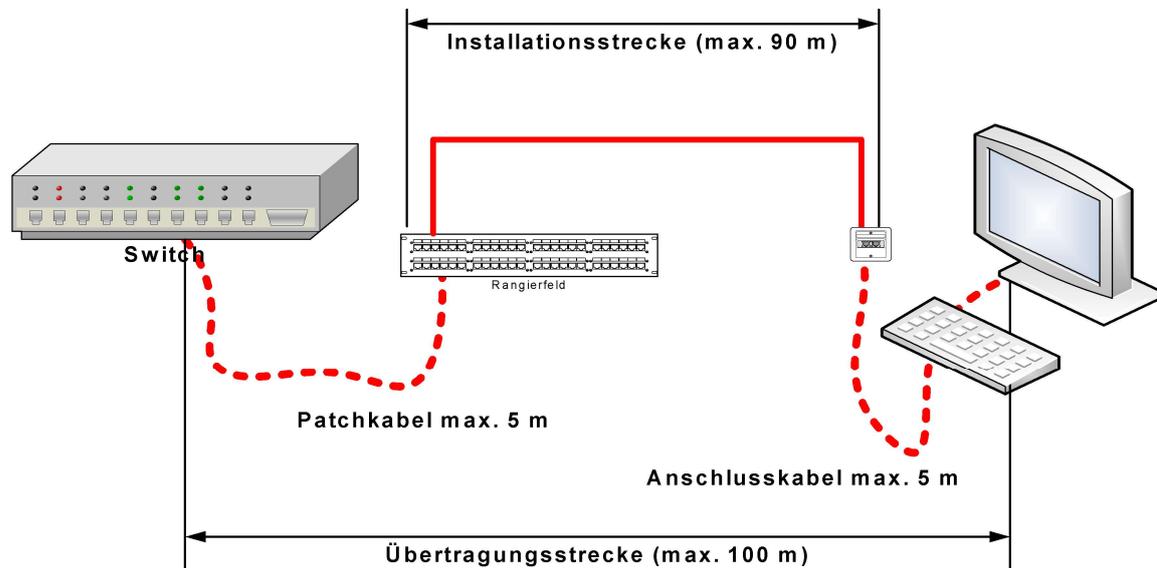


Abbildung 8: Installations- und Übertragungsstrecke

Die Installationsstrecke (Permanent-Link) umfasst die fest eingebauten Bauteile vom Rangierfeld über das Kabel bis einschließlich Kommunikationsanschluss (Anschlussdose). Für die Übertragungsstrecke (Interconnect-Channel-Link) kommen das Geräteanschlusskabel und das Rangierkabel hinzu. Aus den nachfolgend näher erläuterten Link-Klassen lassen sich die Leistungsanforderungen an die gesamte Übertragungsstrecke mit den notwendigen Komponenten wie Kabel, Anschlussdosen, Rangierfelder und Rangierkabel ableiten.

1.5.2 Kommunikations-Anschlüsse Kupfer in Räumen mit möglicher Büronutzung

Die Anzahl der Kommunikationsanschlüsse für Räume mit möglicher Büronutzung kann nach den Varianten a) oder b) festgelegt werden:

a) Ausstattung in Abhängigkeit der Arbeitsplätze

In jedem Raum sind, je nach Technische Regeln für Arbeitsstätten (ASR), möglichem Arbeitsplatz, unabhängig von der tatsächlichen Belegung, eine bestimmte Anzahl von Kommunikationsanschlüssen zu installieren.

Es sollten mindestens vorgesehen werden:

- | | |
|-----------------|----------------------------|
| 1 Arbeitsplatz | 3 Kommunikationsanschlüsse |
| 2 Arbeitsplätze | 6 Kommunikationsanschlüsse |
| 3 Arbeitsplätze | 8 Kommunikationsanschlüsse |

Unter Berücksichtigung des Kommunikationskonzepts (VoIP-Endgerät mit oder ohne PC-Anschluss, zusätzliche Anschlüsse z. B. für Arbeitsplatzdrucker mit Netzwerkanschluss, Sonderanwendungen) sowie bei sehr tiefen Räumen können abweichende Werte notwendig sein (siehe auch Variante b).

Dies bedeutet, dass nicht nur die momentan vorgesehene, tatsächliche Belegung zu betrachten ist. Es können beispielsweise länderspezifische Vorgaben zur Raumbelegung oder Installationen nach Achsmaß zur Festlegung herangezogen werden.

Beispiel:

Ein Raum hat die Größe 24 m², erstreckt sich über zwei Achsen und wird aktuell mit einem Arbeitsplatz ausgestattet. Hier bietet es sich an, in diesem Raum eine Installation für die auf Grund der Flächen **drei** möglichen Arbeitsplätze vorzunehmen. Bei der Anordnung der Anschlussdosen ist darauf zu achten, dass diese

nicht im Montagebereich von möglichen Zwischenwänden angebracht werden. Damit wird sichergestellt, dass bei einer zukünftigen veränderten Raumbelage keine Nachinstallationen erforderlich werden.

b) Ausstattung in Abhängigkeit von Raumgröße und –tiefe Alternativ zu a) kann die Zahl der Kommunikationsanschlüsse auch direkt nach der Raumgröße unter Berücksichtigung von der Raumtiefe (RT) nach der folgenden Tabelle festgelegt werden:

Raumgröße				
RT ≤ 4.8 m	4,8 m ≤ RT < 5,8 m	RT ≥ 5.8 m	Arbeitsplätze	Kommunikationsanschlüsse
≤ 17 m ²	≤ 18 m ²	≤ 20 m ²	1	4
> 17 m ²	> 18 m ²	> 20 m ²	2	6
> 23 m ²	> 24 m ²	> 26 m ²	3	8
> 30 m ²	> 32 m ²	> 34 m ²	4	10

Tabelle 3: Kommunikationsanschlüsse nach der Raumgröße und Raumtiefe

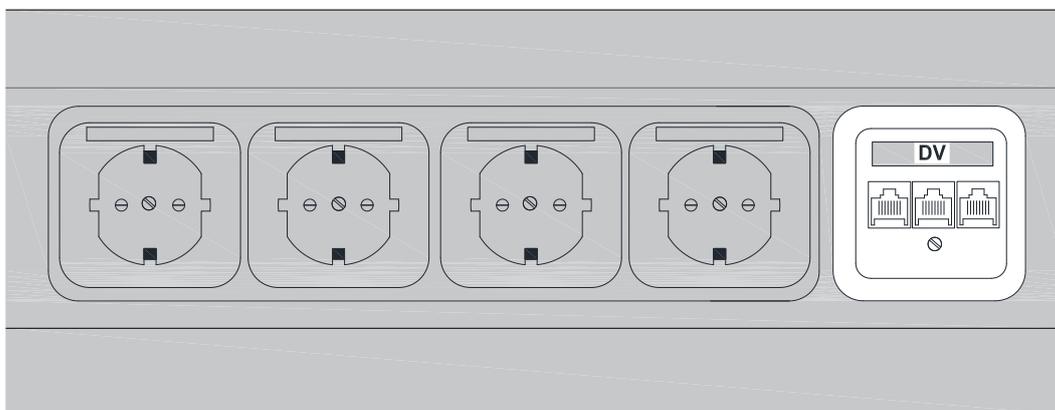


Abbildung 9: Ausstattung eines Standard-DV-Arbeitsplatzes im Tertiärbereich mit Kupferkabeln

Bei dem vorgeschlagenen Umfang wurden insbesondere folgende Punkte berücksichtigt:

- Das Kommunikationskonzept, das der Bedarfsermittlung zu Grunde lag, kann sich ändern
- Nachverkabelungen sind unverhältnismäßig teuer (Kanäle, Brandschottungen öffnen, verschließen).

Installationen von anderen Räumen / Bereichen wie:

- Labore
- Schulungsräume
- Technikräume (Heizung, Lüftung, Energieversorgung usw.)

und für spezielle Funktionen wie:

- Zeiterfassung / Zutrittskontrolle
- IP-Türsprechstellen
- IP-Video
- Gebäudeautomation

sind festzulegen und in einem Raumbuch zu dokumentieren.

1.5.3 LWL im Tertiärbereich

Wird aufgrund von baulichen oder technischen Gründen LWL im Tertiärbereich eingesetzt, sind bei Neuinstallationen bzw. Erweiterungen Innenkabel nach DIN EN 60794-1-1 [27] mit zwei bzw. vier Fasern einzusetzen. Die Anzahl der Fasern muss anhand der Anforderungen der nutzenden Verwaltung festgelegt werden.

Bauliche Gründe können sein:

- Denkmalschutz
- Brandschutz
- Trassenkapazität

Technische Gründe können sein:

- EMV-Probleme, die bei Ausführung der Kupfervariante nicht oder nur mit großem Aufwand gelöst werden können.
- Sehr hoher Bandbreitenbedarf für IT-Dienste.

Bei LWL ist es möglich die Datenkabel ungeschnitten vom Gebäudeverteiler zu den Anschlussdosen (Fiber to the desk, FTTD) bzw. Installationsswitchen im Geräteeinbaukanal (Fiber to the office, FTTO) zu verlegen. Das bedeutet einen hohen Verkabelungsaufwand. Die andere Variante wäre, hochfaserige LWL-Kabel bis zu Spleißverteilern zu führen und dort auf zwei-faserige LWL-Kabel aufzuteilen.

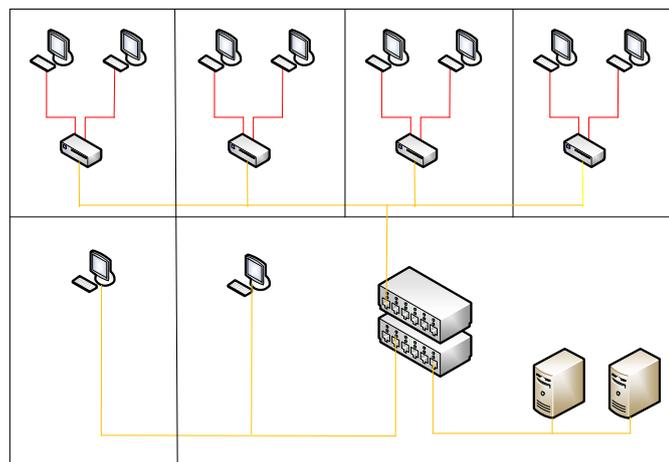


Abbildung 10: Mögliche LWL-Verkabelungen im Tertiärbereich

Wenn LWL im Tertiärbereich eingesetzt werden soll, ist in den meisten Fällen die Variante „Fiber to the Office“ die wirtschaftlichste Lösung. Das LWL-Kabel wird direkt über LC-Stecker an einen Installationsswitch im Geräteeinbaukanal angeschlossen. Dabei sollten fernadministrierbare Installationsswitch (Mini-Switch) z. B. mit 4 x 10/100/1000 Mbit/s Twisted Pair User Ports, 1 x 1000 Mbit/s Uplink Port verwendet werden, die auch Power over Ethernet (z. B. zur Versorgung von VoIP-Telefonen) unterstützen.

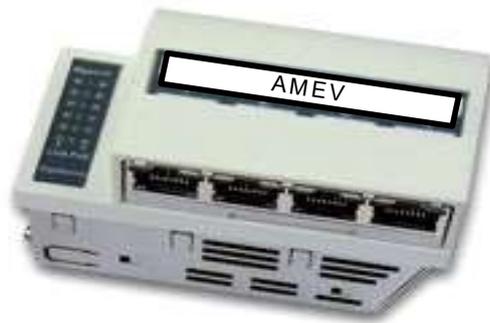


Abbildung 11: Beispiel für einen Installationsswitch zum Einbau in einen Geräteinbaukanal

Die Stromversorgung der Installationsswitche erfolgt von den Steckdosenstromkreisen im Kabelkanal. Bei mehreren Arbeitsplätzen besteht die Möglichkeit Installationsswitche zu kaskadieren (max. zwei Switche je zwei-faserigem LWL-Kabel). Erst wenn mehr als drei Arbeitsplätze in einem Raum zu versorgen sind (z. B. PC-Schulungsraum) sind weitere LWL-Zuleitungen erforderlich.

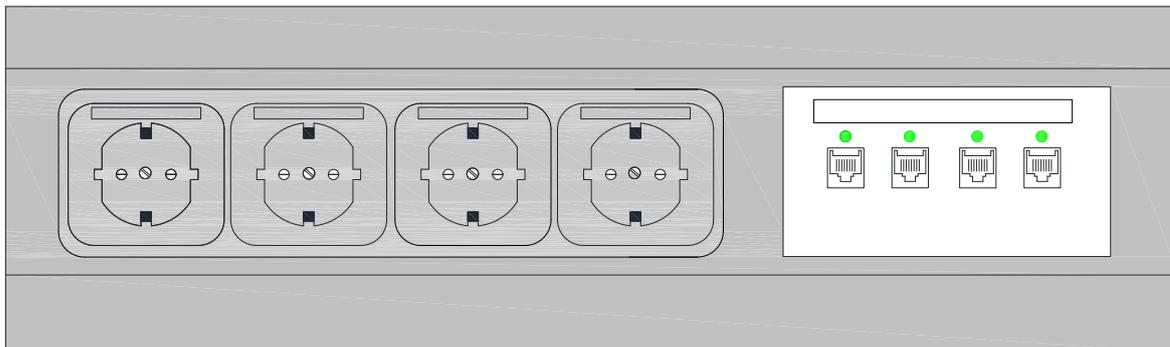


Abbildung 12: Ausstattung eines Standard-DV-Arbeitsplatzes im Tertiärbereich mit LWL-Kabel (FTTO)

1.5.4 Single Pair Ethernet

In bestehenden passiven Infrastrukturen gibt es in einigen Fällen das Problem, dass keine oder nur unzureichende Mengen an Datenkabeln zur Verfügung stehen und die örtlichen Gegebenheiten eine zusätzliche Kabelverlegung nicht oder nur mit sehr hohem Aufwand zulassen. Die Lösung bietet die DSL-Technik und das Single Pair Ethernet. Diese Techniken sind speziell für den Einsatz in Gebäuden ausgelegt und stellen Übertragungsraten von zu 50 Mbit/s und sogar 100 Mbit/s im Haus bereit.

Den Ausgangspunkt bildet die gegebene LAN-Verkabelung, die mit dem Datenanschluss zum öffentlichen Netz verbunden ist. An dieses LAN kann ein sogenannter DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer [engl. für „DSL-Zugangsmultiplexer“]) angeschlossen werden. Der DSLAM wandelt die ankommenden Signale des LAN um und überträgt diese über das Kupferkabel. Die Gegenstücke zum DSLAM bilden die DSL-Modems. Diese wandeln die DSL-Signale zurück in LAN-Datenverkehr, der dann den daran angeschlossenen modernen Anwendungen (WLAN, IP-Telefone, Computer, Smart-TV usw.) zur Verfügung steht. Die vorhandene klassische Telefonverkabelung einer Behörde kann also in

besonderen Fällen für die Überbrückung bzw. komfortable Erweiterung von Übertragungsstrecken weiter genutzt werden.

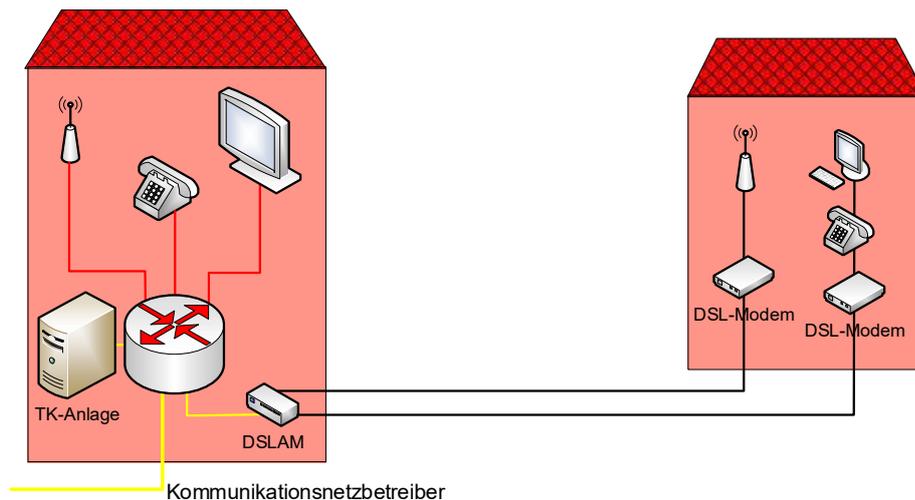


Abbildung 13: System „Nutzung Single Pair Ethernet“

1.5.5 Umweltklassen

DIN EN 50173-1 [15] definiert in Abschnitt 5.1.2 Tabelle 3 verschiedene Umweltklassen für die Umgebung von Übertragungsstrecken. Es werden dabei die folgenden Beanspruchungen betrachtet:

- M - Mechanisch (z. B. Erschütterungen, Schwingungen)
- I - Eindringen (z. B. von Fremdkörpern)
- C - Klimatisch oder Chemisch (z. B. Temperaturen unter -10°C oder über $+60^{\circ}\text{C}$, Luftfeuchte kondensierend, hohe Sonneneinstrahlung)
- E - Elektromagnetisch (z. B. statische Elektrizität, Magnetfelder, Hochfrequenz)

Die detaillierten Anforderungen an die einzelnen Klassen sind DIN EN 50173-1 Tabelle 4 zu entnehmen. Bei den üblichen Büroanwendungen sind die einfachsten Klassen M_1 , I_1 , C_1 und E_2 ausreichend. Wenn besondere Anforderungen zu erwarten sind wie dies z. B. in Laboratorien, Gefahrgutlager denkbar ist, müssen die entsprechenden Klassen festgelegt werden und in der Ausschreibung genannt werden. Nur so kann sichergestellt werden, dass geeignete Produkte angeboten werden.

2 Übertragungsmedien

2.1 Lichtwellenleiter (LWL)

2.1.1 Grundlagen

Bei Lichtwellenleiterkabeln (normiert in DIN EN 60794-1-1 [27]) wird zwischen Mehrmoden- (auch als Multimode- oder Gradientenfaser bezeichnet) und Einmodenfasern (auch als Singlemode- oder Monomodefaser bezeichnet) unterschieden.

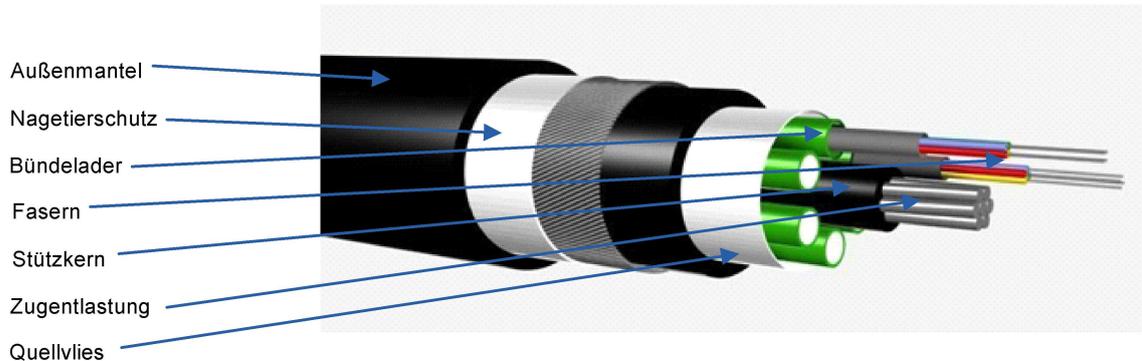


Abbildung 14: LWL-Erdkabel

Mehrmodenfasern haben einen Außendurchmesser von $125\ \mu\text{m}$ und einen lichtleitenden Kern von $50\ \mu\text{m}$. Durch die unterschiedlichen Brechungsindizes von Mantel und Kern wird das eingekoppelte Licht am Mantel reflektiert und so durch die Faser geleitet. Als Lichtquellen werden LED oder Laser eingesetzt. Vor der Verwendung einer alternativen Faser mit einem Kerndurchmesser von $67,5\ \mu\text{m}$ wird wegen der schlechteren übertragungstechnischen Eigenschaften abgeraten.

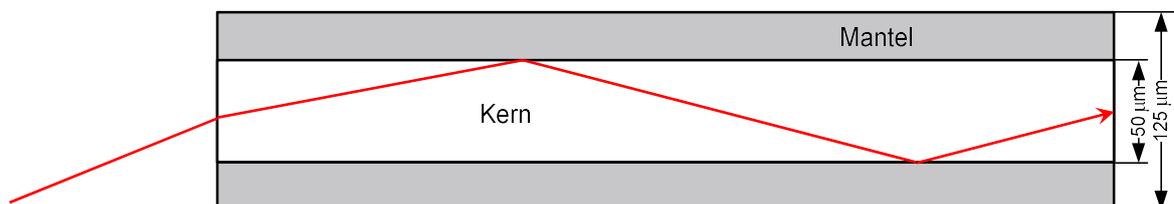


Abbildung 15: Längsschnitt Mehrmodenfaser

Einmodenfasern haben einen Außendurchmesser von $125\ \mu\text{m}$ und einen lichtleitenden Kern von $9\ \mu\text{m}$. Durch den geringen Durchmesser wird nur eine „Lichtmode“ durch den Kern geleitet, ohne dass es zu Reflektionen zwischen Kern und Mantel kommt. Als Lichtquelle werden nur Laser eingesetzt.

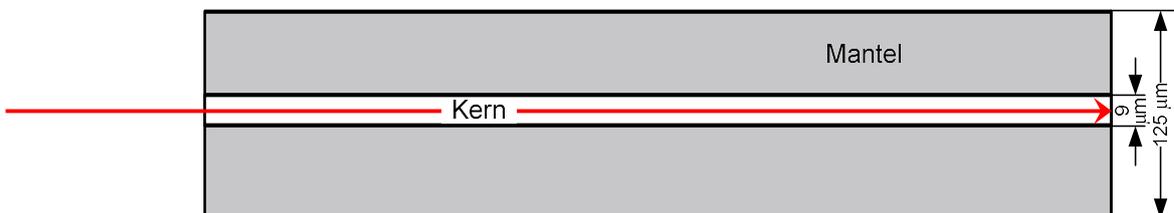


Abbildung 16: Längsschnitt Einmodenfaser

Die Fasern werden in fünf OM-Kategorien (Mehrmoden) bzw. zwei OS-Kategorien (Einmoden) unterschiedlicher Qualität eingeteilt. Die Übertragungreichweite der eingesetzten Faserkategorie ist abhängig von der Datenrate und der genutzten Wellenlänge ($850\ \text{nm}$ oder $1310\ \text{nm}$). Bei $850\ \text{nm}$ sind mit OM1a- und OM2-Fasern Übertragungsraten von $10\ \text{Mbit/s}$ bis $1\ \text{Gbit/s}$ bis $300\ \text{m}$ möglich. Die Übertragung von $4\ \text{Gbit/s}$ ist dagegen auf unter $100\ \text{m}$ begrenzt, während mit Fasern der Kategorien OM3 und OM4 Entfernungen von ca. $300\ \text{m}$ überbrückt werden können.

Einmoden-LWL-Fasern

Im Primärbereich werden Einmoden-LWL-Fasern der Kategorie OS2 empfohlen um Übertragungsraten wie z. B. 100 Gbit/s gewährleisten zu können.

Im Primärbereich sollten Stecker des Typs E2000 9°APC eingesetzt werden, damit sie von den im Tertiärbereich normativ vorgesehenen LC-duplex Steckern optisch zu unterscheiden sind.

Typ [Kabelfarbe]	OS1a	OS2	Einheit
Einfügedämpfung bei 1310 nm	< 1,0	< 0,4	dB/km
Einfügedämpfung bei 1550 nm	< 1,0	< 0,4	dB/km

Tabelle 4: Technische Daten von Einmoden-Lichtwellenleitern (DIN EN 50173-1 Tabelle 53 [15])

Die Reichweite bei dem Einsatz von Monomode-Fasern beträgt grundsätzlich 10 km bei 1310 nm und 40 km bei 1550 nm.

Mehrmodenfasern

In der Regel wird eine Faser der Kategorie OM3 bis ca. 300 m ausreichen. Bei längeren Strecken oder wenn die maximale Dämpfung, um die erforderliche Linkklasse zu erreichen nicht eingehalten werden kann bzw. die zu übertragende Datenrate dies erfordert, müssen höherwertige Fasern eingesetzt werden.

Kabelfarbe	Kategorie			Einheit
	OM3	OM4	OM5	
Einfügedämpfung bei 850 nm	< 3,0	< 3,0	< 3,0	dB/km
Einfügedämpfung bei 1310 nm	< 1,5	< 1,5	< 1,5	dB/km
Bandbreiten-Längenprodukt bei 850 nm	> 1500	> 3500	> 3500	MHz x km
Bandbreiten-Längenprodukt bei 1310 nm	> 500	> 500	>500 ²)	MHz x km

Tabelle 5: Normative Anforderungen an Mehrmoden-Lichtwellenleiter (DIN EN 50173-1, Tabelle 52)

Die Grenzwerte in der oben aufgeführten Tabelle sind der Norm entnommen. Die sich auf dem Markt befindlichen Fasern haben in der Regel bessere Werte.

Empfohlene Dämpfungswerte, die von den zu installierenden Kabeln erreicht werden sollten:

Optisches Fenster	Kategorie				Einheit
	OM2	OM3	OM4	OM5	
850 nm	< 2,7	2,3	2,3	2,4	dB/km
1310 nm	< 0,8	0,5	0,5	0,6	dB/km

Tabelle 6: Aktuelle technische Daten von Mehrmodenfasern

² Bei 953 nm 1850 MHz/km

Somit können folgende Installationslängen der Kabel unter Einhaltung des Dämpfungsbudget erreicht werden:

Übertragungsrate [Gbit] / Wellenlänge [nm]	Kategorie / Dämpfungsbudget [CIL] / Reichweite [L]							
	OM2		OM3		OM4		OM5	
	CIL in dB	L in m	CIL in dB	L in m	CIL in dB	L in m	CIL in dB	L in m
0,1 / 1310	6,3	2000	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.
1 / 850	3,56	550	3,56	550	3,56	550	3,56	550
1 / 1310	2,36	550	2,35	550	2,35	550	2,5	550
10 / 850	1,8	82	3,6	300	2,9	400	2,9	400
10 / 1310	2,0	300	1,9	220	1,9	220	1,9	220
25 / 850	k. A.	k. A.	k. A.	70	100	k. A.	k. A.	k. A.
40 / 850			1,9	100	1,5	150	1,5	100
100 / 850			1,8	70	1,9	100	1,9	100
100 / 1310			6,3	2000	6,3	2000	6,3	2000
200 / 850	k. A.	k. A.	k. A.	70	k. A.	100	k. A.	k. A.

Tabelle 7: Maximale Länge von Mehrmodenfasern

2.1.2 Mechanische Eigenschaften von Lichtwellenleiterkabeln

Neben den optischen Eigenschaften des Lichtwellenleiterkabels ist auf den Aufbau des Kabels bezüglich des Einsatzes zu achten. Lichtwellenleiterfasern (grundsätzlich Glas) können nicht wie Kupferadern ungeschützt zu einer Kabelseele verseilt werden. Die Faser wird daher mit einer Ummantelung versehen. Es wird zwischen einer losen Ummantelung (Hohlader/Bündelader) und einer festen Ummantelung (Kompaktader/Vollader) unterschieden.

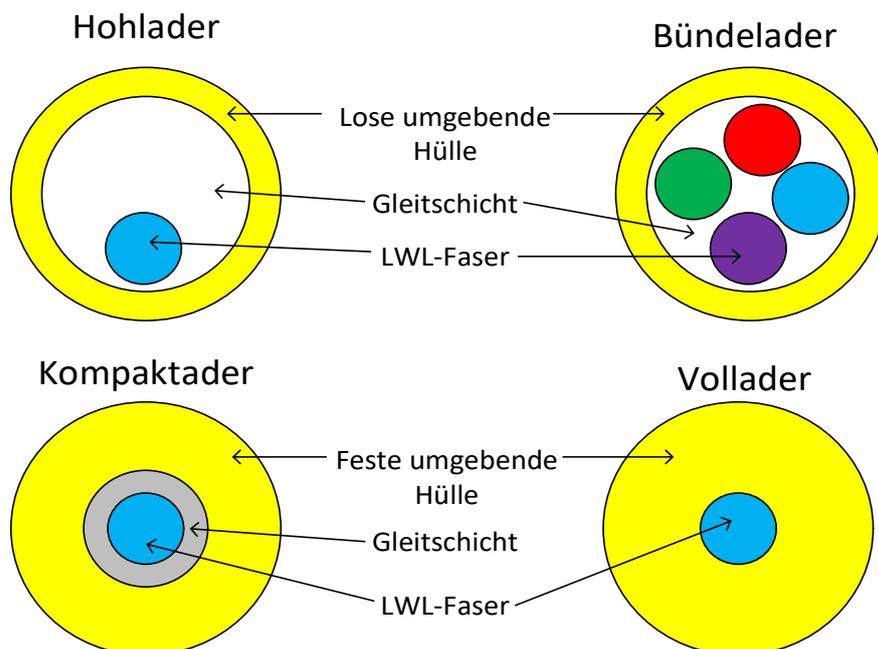


Abbildung 17: Aderntypen bei Lichtwellenleiterkabeln

Bei einer Hohlader liegt die Faser lose in einer Hülle ohne Füllmaterial. Die unterschiedlichen Materialien können Temperaturschwankungen besser ausgleichen und die Zugentlastung wird verbessert.

Bei der Variante Bündelader sind mehrere Fasern in einer Hülle. Die Hülle ist meist mit einem wasserabweisenden Gel gefüllt. Bündelader sind zur Verlegung in rauer Umgebung (z. B. den Außenbereich) geeignet.

Eine Kompaktader ist eine Kombination aus Hohlader und Vollader, jedoch ist der Hohlraum zwischen Faser und Hülle geringer und mit einer Gleitschicht gefüllt.

In der Vollader ist die Faser fest umhüllt. Dieses Lichtwellenleiterkabel ist kompakt und flexibel. Das Kabel wird jedoch durch den direkten Kontakt zwischen Hülle und Faser empfindlich gegen Zugbelastung und Temperaturschwankungen.

Bei der Kabelseele werden mehrere Bündeladern um ein Zentralelement zur sogenannten Kabelseele verseilt. Das Zentralelement besteht aus einem GFK-Stab, der für die thermische und mechanische Stabilisierung der Kabelseele sorgt.

2.1.3 Optische Eigenschaften von Lichtwellenleiterkabeln

Einmodenfasern haben einen deutlich kleineren lichtleitenden Kern als Mehrmodenfasern, somit ist die Lichteinkopplung und Faserverbindung schwieriger. Einmodenfasern sind für größere Übertragungsdistanzen und Bandbreiten geeignet. Für kürzere Distanzen im Sekundärbereich können weiterhin Mehrmodenfasern verwendet werden. Einmodenfasern sind für den Einsatz der optischen Datenkommunikation um $\lambda = 1310 \text{ nm}$ bzw. $\lambda = 1550 \text{ nm}$ bestimmt. Bei diesen Wellenlängen liegt das Dämpfungsminimum des Fasermaterials.

2.1.4 Berechnung der Dämpfung

Damit das zulässige Dämpfungsbudget (siehe Tabelle 7) eingehalten wird, ist die abzusehende Dämpfung zu ermitteln. Hierzu muss, wie in Abbildung 18 dargestellt, der Aufbau der Strecke betrachtet werden. Da es bei der örtlichen Montage sehr schwierig ist Stecker in der erforderlichen Qualität an einer Faser anzubringen, werden üblicherweise sogenannte Pigtails eingesetzt. Dabei handelt es um eine ca. 2 m lange Faser, an die werksseitig ein Stecker angebracht ist. Solche Pigtails werden dann örtlich an die jeweiligen Faserenden des zuvor verlegten LWL-Kabels gespleißt.

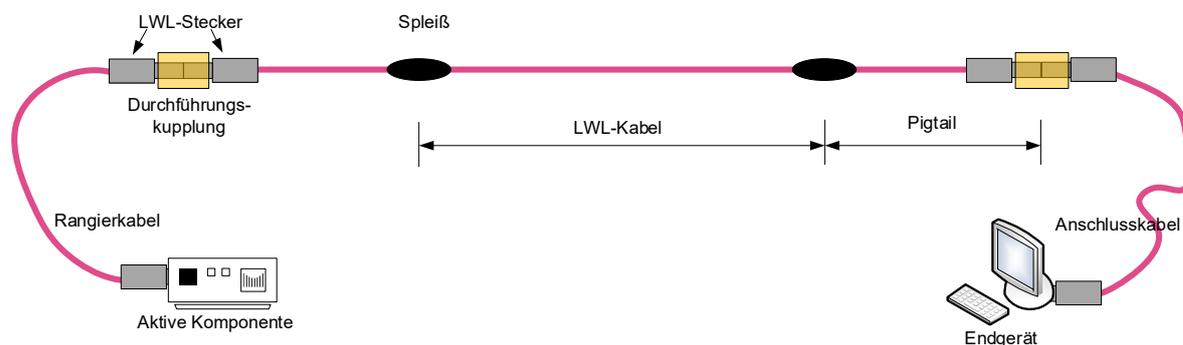


Abbildung 18: LWL-Strecke (Channel-Link) mit Fasern OM 4

Die Berechnung der optischen Dämpfung wird mit folgendem Beispiel erläutert. Auf einer 500 m langen Strecke befindet sich ein OM4 Kabel. Die genauen Spezifikationen sind nicht bekannt. Es wird daher angenommen werden, dass die Normwerte bezüglich der Einfügedämpfung (Tabelle 5) eingehalten werden. Es soll überprüft werden ob eine Übertragung von 1 GBit/s mittels der Schnittstelle 1000BASE-SX (Tabelle 1, 850 nm) möglich ist.

4 x Steckerdämpfung je 0,20 dB	0,80 dB
2 x Spleißdämpfung je 0,10 dB	0,20 dB
2 x 5 m Patch-, Anschlusskabel mit 3,0 dB/km	0,03 dB
500 m Faserdämpfung mit 3,0 dB/km	1,50 dB
Summe	<u>2,53 dB</u>

Die Anforderungen (Tabelle 7, max. 3,6 dB) werden somit eingehalten.

Um sicherzustellen, dass die geforderten Kabeleigenschaften auch noch nach der Verlegung eingehalten werden, sind die Verlegevorschriften der Hersteller unbedingt einzuhalten und die in Abschnitt 6.2 beschriebenen Messungen durchzuführen.

Die notwendigen Spleißverbindungen sind ausschließlich als Fusionsspleiße auszuführen. Die maximale Dämpfung je Spleiß beträgt 0,1 dB. Bessere Werte sind nicht zu fordern, da sie auf der Baustelle nur mit unverhältnismäßig großem Aufwand eingehalten werden können.

Auf die Anschlusstechnik wird im Abschnitt 2.1.6 eingegangen.

Die Normen DIN EN 50173-1 [15], DIN EN 50174-x [17-19], DIN EN 50346 [23] und DIN EN 61935-1 [36] sind einzuhalten.

2.1.5 Rangierfelder LWL

Es sind vorzugsweise Rangierfelder mit einer Höheneinheit (HE) und bis zu 24 LC-duplex-Kupplungen einzusetzen. Bei FTTD sind in den Rangierfeldern die gleichen Anschlusssysteme zu verwenden wie bei den Anschlussdosen. Pigtails mit integrierter Durchführungskupplung sind zu bevorzugen. Als maximale Steckverbindungs-dämpfung sind 0,2 dB zuzulassen. Alle im Verteiler ankommenden LWL-Fasern sind mit Pigtails abzuschließen und in Rangierfeldern zu montieren. Zu jedem Rangierfeld gehört eine Spleißablage zur Aufnahme der Spleißkassetten. Es sind dabei Spleißkassetten für maximal zwölf Spleiße zu verwenden. Die einzelnen Spleiße sind mit einer metallischen Spleißschutzhülle zu versehen. Vorhandene Installationen sind systemgleich zu erweitern.

Wenn in einem Verteiler Einmoden- und Mehrmodenfasern aufgelegt sind, sollten unterschiedliche Stecker (z. B. E2000 für Einmodenfaser, LC für Mehrmodenfasermode) für die beiden Fasertypen verwendet werden. So kann z. B. vermieden werden, dass ein Einmoden-Pigtail durch die Verwendung eines Mehrmodenfaser-Patchkabels beschädigt wird.

2.1.6 Anschlussdosen LWL

Bei Neuinstallationen sind entsprechend DIN EN 50173-2 [16] Pkt. 8.3.2.1 Anschlussdosen des Typs LC-duplex (nach DIN EN 61754-20 [35]) mit Beschriftungsfeld zu verwenden. Als maximale Steckverbindungs-dämpfung sind 0,2 dB zuzulassen. Installationen mit unterschiedlichen Stecksystemen sind zu vermeiden. Bestehende Installationen mit SC-Steckern können systemgerecht erweitert werden.

2.1.7 Rangier- und Anschlusskabel LWL

Es sollten Rangier- und Anschlusskabel in der gleichen Qualität wie bei der Installationsstrecke verwendet werden. Die Dämpfung der Kabel muss bei der Berechnung des Dämpfungsbudgets berücksichtigt werden. Falls die aktiven Komponenten bzw. die Endgeräte über andere Stecker, wie die der Installationsstrecke, verfügen, werden entsprechende Kabel mit unterschiedlichen Steckern an beiden Enden benötigt.

2.2 Twisted Pair

2.2.1 Grundlagen

Für die Betriebssicherheit ist es erforderlich, dass für die in Abbildung 8 skizzierte Übertragungsstrecke nur aufeinander abgestimmte Komponenten (Kabel, Stecker, Kommunikationsanschlüsse, Rangierfelder und Rangierkabel) verwendet werden. Um dies sicherzustellen, ist mit der Ausschreibung zu fordern, dass vom Auftragnehmer vor Auftragserteilung ein so genanntes „Link-Zertifikat“ für die Installationsstrecke abzugeben ist, in dem bescheinigt wird, dass die angebotenen Komponenten zusammen erfolgreich geprüft worden sind. Daher ist bei Erweiterungen unbedingt der Bestand zu berücksichtigen.

2.2.2 Eigenschaften Datenkabel (Installationskabel)

Grundlagen über symmetrische Kupferkabel und über deren Anwendung sind in DIN EN 50290-4-2 [21] enthalten.

Für die Installationsstrecke sind aus Gründen des Investitionsschutzes mindestens Kabel der **Kategorie 7** vorzusehen, um der Anwendungsklasse E_A bis 500 MHz, Datenübertragung bis 10 Gbit/s zu genügen.

Für Neuinstallationen werden ungeschnittene S/FTP Kabel Cat.7, 4 x 2 x mind. AWG 23 Kabel (beim Einsatz von PoE besser AWG 22) nach DIN EN 60603-7-7 [25] eingesetzt. Dabei steht:

- „S“ für ein Geflecht aus feinen Drähten als gemeinsamer Gesamtschirm,
- „F“ für Folie, die die einzelnen Adernpaare mit einem Folienschirm umgibt und
- „TP“ für die Leitungsart Twisted Pair (verdrilltes Adernpaar).
- AWG 23 Innenleiter als Cu-Draht, Aderdurchmesser einzeln 0,57 mm.

Ungeschirmte Kabel (UTP³) sind nicht zu verwenden. Im Unterschied zu den Kabeln der Kategorie 5 und 6 sind alle vier Adernpaare eines Kabels der Kategorie 7 einzeln geschirmt.

2.2.3 Eigenschaften Komponenten und Netze

Für die Installations- und Übertragungsstrecke definiert die Norm DIN EN 50173-1 [15] verschiedene Anwendungsklassen (Link-Klassen A bis F_A) mit zunehmendem Leistungsvermögen der Übertragungsstrecke. Höhere Klassen erfüllen automatisch die Anforderungen an die darunter liegenden Klassen. Es sind grundsätzlich Systeme ab Klasse E_A zu installieren.

³ UTP unshielded twisted pair

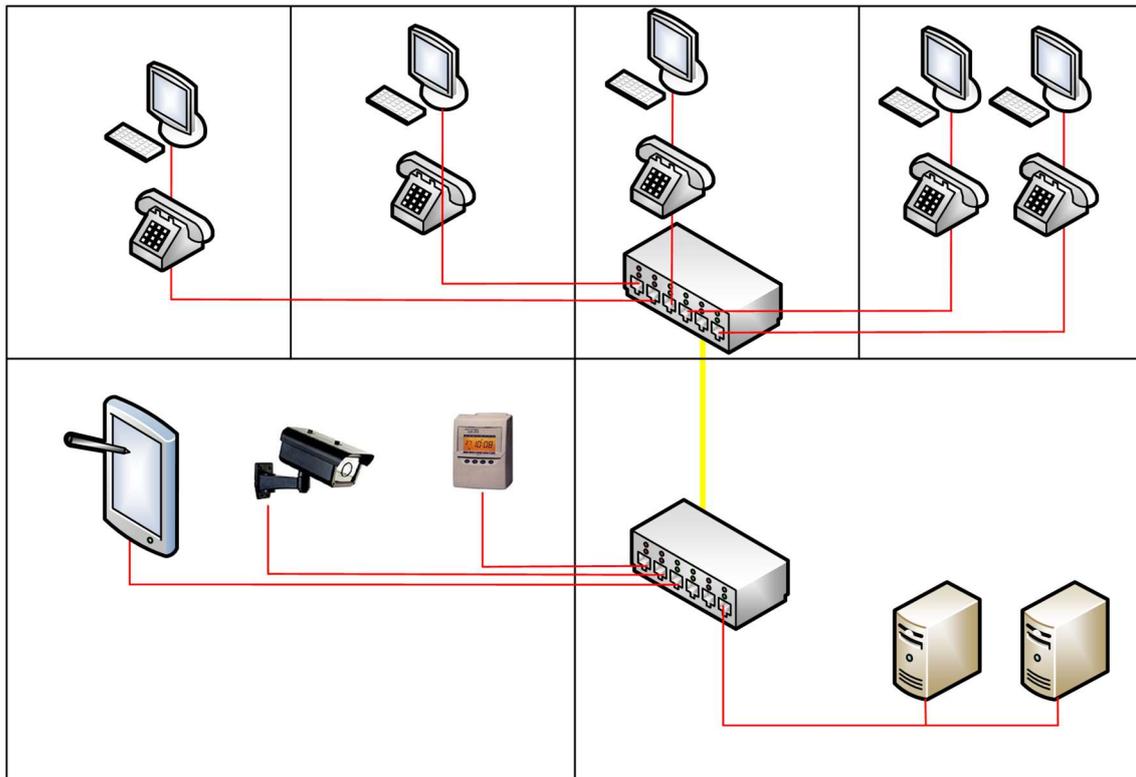


Abbildung 19: Strukturiertes Datennetz mit Kupferkabel

Klasse	Frequenz	Anwendungen
C	bis 16 MHz	Klassische Telefonie
D	bis 100 MHz	Datenübertragung mit geringen Anforderungen für den Einsatz bis Fast-Ethernet.
E	bis 250 MHz	Datenübertragung mit einfachen Anforderungen für den Einsatz bis Gigabit-Ethernet
EA	bis 500 MHz	Datenübertragung mit Standard Anforderungen für den Einsatz bis 10-Gigabit-Ethernet.
F	bis 600 MHz	Datenübertragung mit erhöhten Anforderungen für den Einsatz von 10-Gigabit-Ethernet.
FA	bis 1000 MHz	Datenübertragung mit wesentlich verbesserten Parametern gegenüber der Klasse F für zukünftige Einsatzbereiche

Tabelle 8: Anwendungsklassen (Link-Klassen)

Die Anwendungsklasse (kurz Klasse) bezieht sich immer auf die Installationsstrecke oder die Übertragungsstrecke. Diese symmetrische Kupferverkabelung ist somit eine Installation aus Einzelkomponenten wie z. B. Kabel und Anschlussdosen.

Bei den einzelnen Komponenten erfolgt eine Klassifizierung in Kategorien. Die Einordnung in eine Kategorie erfolgt entsprechend den Messergebnissen des Herstellers oder eines Prüflabors.

Kategorie	Frequenz
5	bis 100 MHz
6	bis 250 MHz
6A	bis 500 MHz
7	bis 600 MHz
7A	bis 1000 MHz

Tabelle 9: Klassifizierung der Einzelkomponenten

Die Klasse der Übertragungsstrecke wird nach deren leistungsschwächster Komponente bestimmt. Enthält sie z. B. nur eine Komponente der Kategorie 5 (100 MHz) und ansonsten Komponenten der Kategorie 6A (500 MHz) so wird die Übertragungsstrecke trotz der leistungsstarken Kategorie 6A Komponenten lediglich in die Klasse D (100 MHz) eingestuft.

2.2.4 Patch- bzw. Rangierfeld

Wird detailliert im Abschnitt 2.4.1 beschrieben.

2.2.5 Anschlussdosen

Es sind Anschlussdosen der **Kategorie 6A** mit 8-poligen RJ45–Steckverbindern, für 45°-Schrägauslass nach DIN EN 60603-7-51 [26] zu verwenden. Sie müssen zu den Verkabelungssystemen der Klasse EA passen und zusammen funktionsfähig und rückwärtskompatibel mit anderen Steckverbindern der Reihe DIN EN 60603-7 [24] sein.



Abbildung 20: Aufgelegte Datenkabel, links geschlossene, rechts geöffnete Anschlussbuchse

Anschlussdosen werden immer 8-polig aufgelegt und müssen für Power over Ethernet (PoE) (siehe Abschnitt 3.3.2) geeignet sein. Es sind Anschlussdosen geeignet für den Einbau in alle gängigen Tragsysteme mit getrennter Zugentlastung und Schirmkontaktierung und Beschriftungsfeld zu verwenden. Bei Einbaudosen sind Anschlussdosen mit metallischem 360° Tragring einzusetzen. Bei der Montage ist zu beachten, dass die Verseilung der Adernpaare bis unmittelbar (max. 13

mm) vor den Klemmen erhalten bleibt. Es ist darauf zu achten, dass die zulässigen Biegeradien der Kabel eingehalten werden.

Cable-Sharing⁴⁾ ist nicht vorzusehen.

2.2.6 Rangier- und Anschlusskabel

Anschluss- und Rangierkabel (Patchkabel) sind in der Regel vorkonfektioniert. Somit ist darauf zu achten, dass die physikalischen Eigenschaften (z. B. Wellenwiderstand) der Kabel auf die der fest verlegten Kabel abgestimmt sind. Rangierkabel, die schlecht auf die fest verlegten Kabel abgestimmt sind, können insbesondere bei stark abweichenden Wellenwiderständen zu erhöhten Reflexionen und dadurch zu Störungen im Netz führen. Für Beschaffungen ist es wegen der zulässigen Toleranzen notwendig, die nutzende Verwaltung über Fabrikat und Typ der fest verlegten Kabel (Installationsstrecke) zu informieren.

Es sind Rangier- bzw. Anschlusskabel nach DIN EN 50288-4-2 [20] und DIN EN 61935-2 [36] mit Knickschutztüllen zu verwenden. Die Länge der Rangierkabel (z. B. 0,3 m, 0,8 m, 1,3 m oder länger) ist entsprechend des Schrankaufbaus bzw. der Rauminstallation zu wählen. Die Rangierkabel sind dienstneutral und besitzen vier foliengeschirmte Paare (PiMF) und einen Gesamtgeflechtschirm (S/FTP). Sie sind an beiden Enden mit einem geschirmten RJ45-Stecker konfektioniert.

Wenn verschiedene Technologien (z. B. Telefonie, Arbeitsplatzanschlüsse, kombinierte Telefonie/DV, kritische Anwendungen, Drucker, Access-Points) unterstützt werden sollen, können zur besseren Unterscheidung Rangierkabel mit verschiedenfarbigen Knickschutztüllen verwendet werden.

Der Auftragnehmer muss die Kategorie des Rangierkabels nachweisen.

2.3 Drahtlose Kommunikation

2.3.1 Drahtlose Kommunikation zwischen Gebäuden

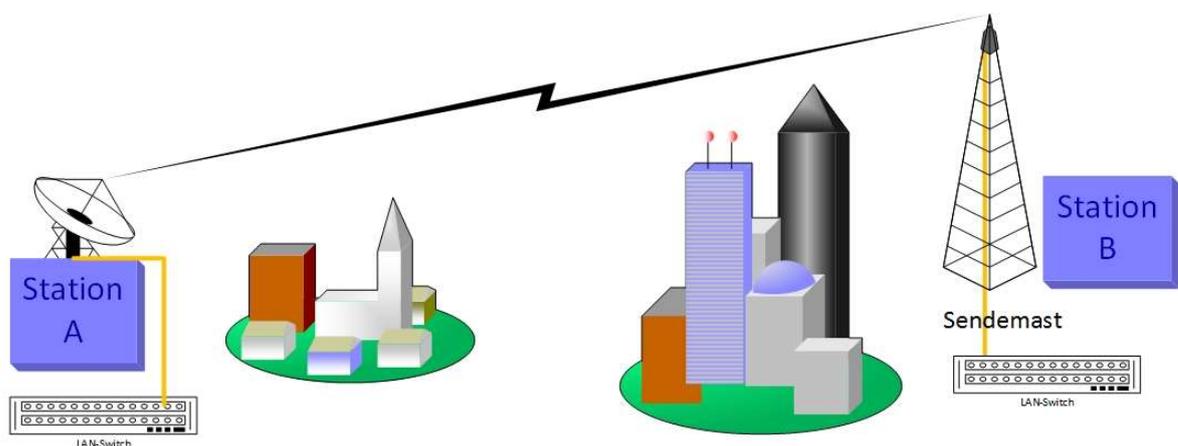


Abbildung 21: Drahtlose Verbindung im Primärbereich

Stehen gebäudeübergreifende LWL-Verkabelungen nicht zur Verfügung und können diese auch nicht geschaffen werden, bieten sich als verbindendes Element drahtlose Kommunikationssysteme mit gerichteter Übertragung an. Drahtlose Systeme können auch eingesetzt werden, wenn auf bestimmten Abschnitten im Pri-

⁴ Bei Cable-Sharing wird ein 4-paariges Kabel verwendet und es werden je 2 Doppelpaaren auf einen Kommunikationsanschluss (Kontakte 1, 2, 3 und 6) aufgelegt.

märnetz, z. B. zur Erhöhung der Verfügbarkeit, redundante Verbindungswege verlangt werden. Bei einer möglichen Realisierung ist auf folgendes zu achten:

- Notwendige Bandbreite
- Anforderungen an IT-Sicherheit
- Anforderungen an Verfügbarkeit
- Mögliche Beeinträchtigungen beim Funkfeld und Reichweite (feste/mobile Hindernisse, Störer, Wetterbedingungen)
- Art der eingesetzten Übertragungssysteme (z. B. Richtfunk, WLAN Laserlicht) Senderstandorte und Antennen an sicheren Bereichen (außerhalb Handbereich) anbringen
- Kabeltyp und Kabellänge für die Zuleitung
- Vorgaben zur Genehmigungspflicht der eingesetzten Funkgeräte

Die Wahl der Übertragungssysteme und der aktiven Komponenten hängen von den technischen, betrieblichen, organisatorischen und örtlichen Gegebenheiten ab. Diese müssen mit der nutzenden Verwaltung und den Verantwortlichen für den Betrieb abgestimmt werden.

2.3.2 Drahtlose Kommunikation im Gebäude (WLAN im Tertiärnetz)

Wie unter 1.5.1 beschrieben, werden die Anschlüsse im Tertiärbereich klassisch mittels fest verlegter Kabel realisiert. Inzwischen gewinnen mobile Anwendungen immer mehr an Bedeutung, da die mobilen Daten- und Sprach-Endgeräte für einen mobilen Einsatz meist schon vorbereitet sind und in der Standard-Ausstattung über Empfangseinheiten für WLAN-Technologie verfügen.

Der Aufbau einer ergänzenden WLAN-Infrastruktur sollte deshalb in folgenden Fällen ins Auge gefasst werden:

- Bei Räumen, in denen Kabelverlegungen nicht möglich bzw. unwirtschaftlich sind.
- Zur Versorgung von Flächen in Gebäuden und angrenzenden Außenbereichen mit temporärem Bedarf bzw. wechselnde Nutzung.
- Zur Anbindung von mobilen Beschäftigten auf Aktionsflächen und Besprechungsräumen.
- Als Angebot zur Versorgung von Besuchern mit Internet von „öffentlichen und Aktionsflächen“ sowie Konferenzräumen (Gast-Access).
- Sonderanwendungen.

In den o. a. Einsatzfällen ist es oft sinnvoll, die Infrastruktur für WLAN ergänzend zu den klassischen Installationen aufzubauen und zu betreiben.

Voraussetzung für eine Installation ist eine entsprechende Nutzungsanforderung. Diese muss neben der Begründung auch Angaben wie z. B.:

- zu versorgenden Flächen
- Grad der Netzabdeckung
- nutzbare Applikationen und Diensten (Daten, Sprache)
- Anzahl der zu versorgenden Endgeräte je Funkzelle
- erwartete Gleichzeitigkeit der jeweiligen Dienste
- Bewegungsverhalten der Nutzer (unterbrechungsfreie Übergabe von einer Funkzelle zu angrenzenden Funkzellen (Handover bzw. Roaming))

enthalten.

Eine Funkversorgung von Flächen wird mit WLAN Access Points erreicht. Die derzeit marktüblichen Geräte arbeiten mit Übertragungsfrequenzen bei 2,4 GHz und/oder bei 5 GHz, mit standardisierten Übertragungsraten. Der kommende

WLAN-Standard IEEE 802.11ax [46] muss in die Planung neuer WLAN-Projekte einbezogen werden.

Die bislang eingesetzten WLAN-Standards werden durch den IEEE 802.11ah [45] Standard (Einsatzbereich: Internet of Things; IoT) ergänzt. Der genutzte Frequenzbereich um 900 MHz führt u. a. zu größerer Reichweite, so dass auch Geräte in Garagen, Hinterhöfen und Kellern noch erreichbar sind. Das neue Übertragungsverfahren soll in künftigen Routern und sogenannten Tri-Band-Access Points (2,4 GHz / 5 GHz / 900 MHz) zum Einsatz kommen.

Während es bisher - mit Ausnahme von Access-Points, Handys und Tablets der neuesten Generation - erst relativ wenige Endgeräte mit Wi-Fi 6 (IEEE 802.11ax) gibt, erarbeitete der Branchenverband Wi-Fi Alliance mit Wi-Fi 6E bereits eine Erweiterung des Standards. In Europa erfolgt die Erweiterung des für WLAN nutzbaren 6-GHz-Band um nahezu 500 MHz (5.925–6.425 MHz). Ein Konsens für ein mehr zusammenhängendes exklusives Spektrum war aufgrund der vielen bereits vorhanden Nutzer im 6-GHz-Band nicht zu erreichen. So nutzen bereits heute digitale Richtfunkstrecken, Satellitenfunk und teilweise das Militär höhere Bereiche des Bandes. Nichtsdestotrotz sind diese 480 MHz die erste Erweiterung des von WLAN nutzbaren Frequenzbereiches seit über 15 Jahren in Europa. Sie entsprechen mehr als einer Verdoppelung des WLAN-Spektrums. Die Kanal-Anzahlen erhöhen sich um 24 für WLAN nutzbare 20-MHz-Kanäle; entsprechend stehen durch Bündelung dieser Kanäle 12 zusätzliche 40-MHz-Kanäle, acht mit 80 MHz und potentiell noch drei extrem breitbandige 160-MHz-Kanäle bereit.

Die Reichweite der Funkverbindungen innerhalb von Gebäuden ist abhängig von der Gebäudesituation und den verwendeten Baumaterialien. Für Planung und Installation einer WLAN-Infrastruktur ist der Grad der Netzabdeckung wichtig. Als Ergänzung zu den planerischen Festlegungen (Funkfeldplanung) der Standorte von WLAN Access Points wird die Durchführung einer Funkfeldmessung empfohlen. Diese Funkfeldmessungen sind erst vorzunehmen, wenn die Räume baulich fertig gestellt und Trassen noch zugänglich sind. Nur so können Einflüsse und Beeinträchtigungen der gebauten Umgebung auf die Funkfelder verlässlich festgestellt und ausgeglichen werden.

Hinsichtlich der Realisierung ist zusätzlich auf folgendes zu achten:

Die Wahl der aktiven Komponenten hängt im Wesentlichen von technischen, betrieblichen und örtlichen Gegebenheiten ab. Diese müssen mit der nutzenden Verwaltung und den Verantwortlichen für den Betrieb abgestimmt werden. Diese werden die Aufgaben für den Betrieb (z. B. Administration, Konfiguration, Monitoring), die genehmigungsrechtlichen Vorgaben und Anforderungen an die IT-Sicherheit (z. B. Zertifikate, Verschlüsselung, Autorisierung, Authentifizierung) übernehmen und regeln.

Zur Anbindung von WLAN Access-Points an das LAN sind jeweils zwei Kommunikationsanschlüsse entsprechend den Regeln für die Installations- bzw. Übertragungsstrecke (1.5.1) vorzusehen. Soweit die Stromversorgung nicht über PoE erfolgt, muss zusätzlich ein 230 V-Anschluss bereitgestellt werden.

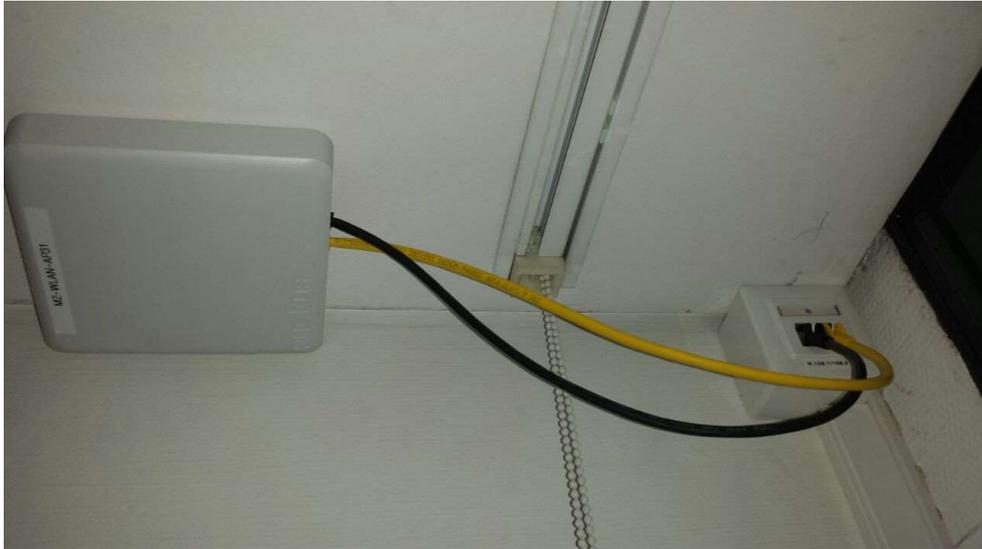


Abbildung 22: Access-Point mit zwei Kommunikationsanschlüssen

Ist vor allem in Zusammenhang mit mobiler Sprachkommunikation vorgesehen, dass Endgeräte während eines laufenden Kommunikationsprozesses durch mehrere Funkzellen bewegt werden, müssen entsprechende WLAN-Controller eingesetzt werden.

In jedem Falle sind die Auflagen aus dem Brandschutzkonzept zu berücksichtigen, insbesondere wenn WLAN-Access-Points in Bereichen von Fluchtwegen angebracht werden sollen.

Sicherheit im WLAN

In WLAN-Umgebungen sind diverse Gefährdungspotenziale vorhanden. Diese ergeben sich allein dadurch, dass ein Funksignal auch aus dem primären Nutzungsbereich herausragen kann und die Funksignale selbst, zumindest in diesem Bereich, auch Dritten zur Verfügung stehen würden. Dies ist vergleichbar mit einem unbeaufsichtigten öffentlichen Bereich mit einem aktiven verkabelten Netzwerkanschluss. Durch unterschiedliche Sicherheitsmaßnahmen können diese Gefährdungen entschärft werden. Um die für die jeweilige Organisation und den Nutzungszweck ausreichenden Sicherheitsmaßnahmen auswählen zu können, ist zunächst eine Definition des Schutzbedarfs sowie eine Gefährdungsanalyse durch den Betreiber notwendig. Entsprechend des Schutzbedarfs und der Gefährdungsanalyse müssen im Nachgang die adäquaten Sicherheitsmaßnahmen vom Betreiber des WLANs umgesetzt werden.

Einen Überblick über die Gefährdungen und Sicherungsmaßnahmen sowie Empfehlungen zur sicheren Nutzung von WLANs liefert das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) in den Bausteinen NET.2.1 WLAN-Betrieb [8] und NET.2.2 WLAN-Nutzung [9] des IT Grundschutzkompendiums [56].

2.4 Verteiler

Die Standort- bzw. Gebäudeverteiler sind in separaten Räumen unterzubringen. Der Standortverteiler sollte im zentralen Serverraum untergebracht werden. Eine räumliche Zusammenlegung mit der Niederspannungshauptverteilung ist nicht zulässig. Die Datenverteilerschränke müssen von vorn und hinten zugänglich sein. Die Türen müssen so angeschlagen sein, dass der Fluchtweg nicht blockiert wird.

Nach DIN EN 50173-1 [15] sollte grundsätzlich mindestens ein Verteiler je Etage vorzusehen werden (Etagenverteiler). Abweichend davon kann es entsprechend DIN EN 50173-2 [16] Pkt. 4.6.1 durch die gegebene Architektur sinnvoll sein, meh-

rere Etagen eines Gebäudes in einem Tertiärbereich und somit einem Verteiler zusammen zu fassen.

2.4.1 Datenverteilerschrank als Standortverteiler bzw. Gebäudeverteiler

Datenverteilerschrank 1200 mm tief und 800 mm breit, ausgebaut mit:

- 19“-Einbaurahmen als Festrahmen (vorne und hinten) mindestens 42 HE⁵ hoch. Höhe ca. 2.000 mm
- Vorne abschließbare Sichttür mit Stahlrahmen, einschließlich Einbaumöglichkeit von Halbzylindern nach DIN 18251-1 [10]. Die Schließung ist mit der nutzenden Verwaltung abzustimmen. Von der Verwendung perforierter Türen wird abgeraten, da eine vertikale Luftdurchströmung des gesamten Verteilers über die Lüftungseinheit nicht mehr gewährleistet ist.
- Hinten abschließbare Stahltür, Schließung wie vor
- Abnehmbare Seitenwände aus Stahlblech, mit Schnellverschluss, nur von innen öffnbar
- Kabeleinführung von oben oder unten
- Sockel mindestens 100 mm hoch mit Filtermatten
- Aktive Lüftungseinheit mit Dachblech, Lüftungsdom und voll bestücktem Lüftereinsatz, über Thermostat geschaltet
- 2 x 2 Kabelabfangschienen als C-Schiene, links und rechts je zwei montiert
- 2 x 2 x 5 Rangierbügel aus Metall vorne und hinten jeweils links und rechts montiert
- Blindeinheiten nach Bedarf
- 1 x Dokumentenschublade (2 HE) abschließbar
- 1 x Geräteboden mit Griff und Teleskopschienen (1 HE)
- 1 x Schwerlastgeräteboden mit Griff und Teleskopschienen (1 HE)
- Potentialausgleichschiene für Erdung aller leitfähigen Teile
- 2 x festmontierte Steckdosenleisten mit mindestens je 7 Steckdosen (Schuko mit 45°-Schrägauslass oder Kaltgerätekupplung nach IEC 60320 C13 [44]. Anschlusskabel nach Abstimmung
- Mindestens zwei getrennte Stromkreise zur Versorgung redundanter Netzteile.
- Umfang Schrankmanagement (z. B. Temperaturüberwachung) ist mit der nutzenden Verwaltung abzustimmen.

Schranküberwachung

Da die Datenverteilerschränke gemäß Norm in eigenen Datenverteilterräumen untergebracht werden, können Veränderungen und kritische Zustände (z. B. Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Rauch, Staub, Ungeziefer, Ausfall USV) oft nicht rechtzeitig erkannt werden, was einen Ausfall der aktiven Komponenten und somit des Netzwerks zur Folge haben kann.



Abbildung 23: Schranküberwachungseinheit

Um dennoch einen störungsfreien Betrieb gewährleisten zu können, gibt es Schranküberwachungen, auch Rack-Monitoring-Systems (RMS) genannt. Diese sind

⁵ HE = Höheneinheit entspricht 1 3/4 Zoll (4,45 cm)

meist als 19 Zoll Einbaugeräte (1 HE) erhältlich. Die Schranküberwachung wird als Client in das Netzwerk eingebunden und kann so Meldungen beispielsweise über eine eigene Software, oder per E-Mail an den Netzwerkadministrator senden.

An die Schranküberwachung können je nach Modell und Bedarf verschiedene Sensoren und Aktoren anschlossen werden, um bestimmte Faktoren zu überwachen.



Abbildung 24: Temperaturüberwachung

Ein oder mehrere Temperatursensoren überwachen die Temperatur innerhalb des Datenverteilers und geben bei Überschreitung verschiedener einstellbarer Warnstufen eine Meldung ab.



Abbildung 25: Rauchdetektion

Ein Rauchwarnmelder an der Decke des Datenverteilers detektiert Rauch und kann so einen Brand im Datenverteiler frühzeitig erkennen.



Abbildung 26: Türüberwachung

Türkontakte (z. B. Magnetkontakte) überwachen ein Öffnen der Türen des Datenverteilerschranks. Bei mehreren von außen zu öffnenden Teilen müssen alle Teile (Vorder-, Rücktür und Seitenteile) mit einem eigenen Kontakt überwacht werden.

Wassermelder

Ein Wassersensor im unteren Bereich des Datenverteilers kann eindringendes Wasser detektieren.

Funktionsüberwachung Schrankklimatisierung

Schrankklimatisierungen haben häufig eine Schnittstelle, die an die Schranküberwachung angebunden werden kann und eine Störung meldet, bevor die Temperatur kritisch ansteigt.

Türschlossfreigabe

In besonders schützenswerten Bereichen kann ein RMS das Türschloss elektronisch freigeben, so dass es ausschließlich nach einer Freigabe durch eine weitere Person aus der Ferne geöffnet werden kann.

Patchfelder

Es sollten modulare Systeme mit RJ45-Buchse eingesetzt werden, da diese Systeme eine Nachinstallation, sowie eine Verlegung und/oder eventuelle Fehlerbehebung erheblich vereinfachen.



Abbildung 27: Modulare RJ-45 Buchsen

Es wird dabei zunächst eine leere Frontplatte eingesetzt, in welche die einzelnen Module nach Montage eingeklickt werden.

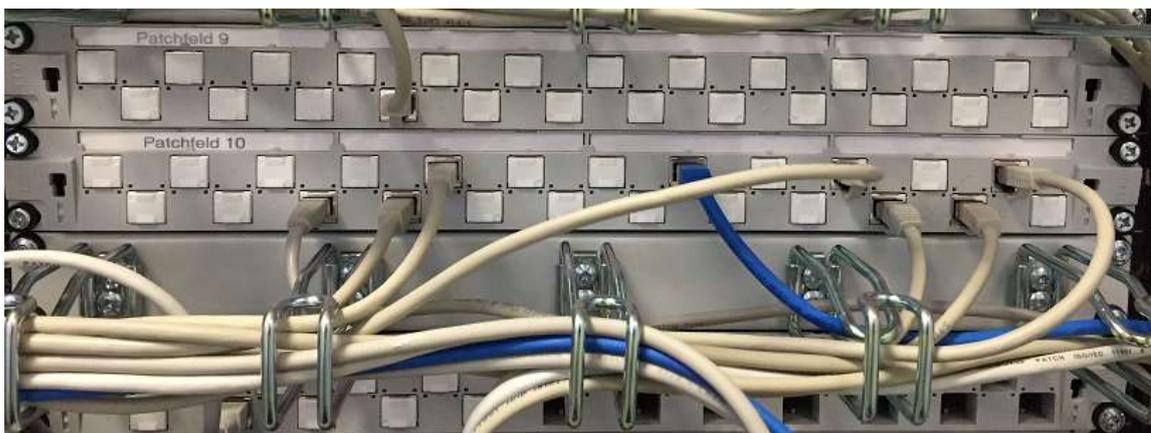


Abbildung 28: Patchfeld für Module RJ-45 Buchsen

Sofern nicht modulare Patchfelder eingesetzt werden, sollten diese ein Auffangblech und eine Zugentlastung enthalten. Die Installationskabel sind bei allen Systemen im Schrank von einer Seite an die Rückseite des Rangierfeldes heranzuführen, damit die andere Seite im Schrank nicht verbaut wird. Die Kabel sind so lang zu bemessen, dass das Rangierfeld für die Instandhaltung nach vorne herausgezogen werden kann.

Für die Anschlussbuchsen in den Patchfeldern gelten die gleichen technischen Anforderungen wie bei den Kommunikationsanschlüssen als RJ45-Buchse oder

als SC-Duplex (nur bei Bestandsinstallationen) bzw. LC-Duplex (bei Neuinstallationen) Anschluss beschrieben.

Es ist sicherzustellen, dass die Patchfelder in den Schrankpotentialausgleich mit einbezogen werden. Ein Potentialausgleich allein über die Befestigungsschrauben ist nicht ausreichend.

Rangierfeld

Für je zwei Patchfelder ist ein Rangierfeld (Kabelmanagementeinheit) mit einer HE und Rangierösen aus Metall vorzusehen.

Bestückung der Verteilerschränke

Der Aufbau der Datenverteilerschränke ist zwingend mit der nutzenden Verwaltung abzustimmen und ein Schrankaufbauplan zu erstellen. Bei einem Verteilerschrank im Gebäudehauptverteiler ist dieser, wie in Abbildung 29 beispielhaft dargestellt, aufzubauen.

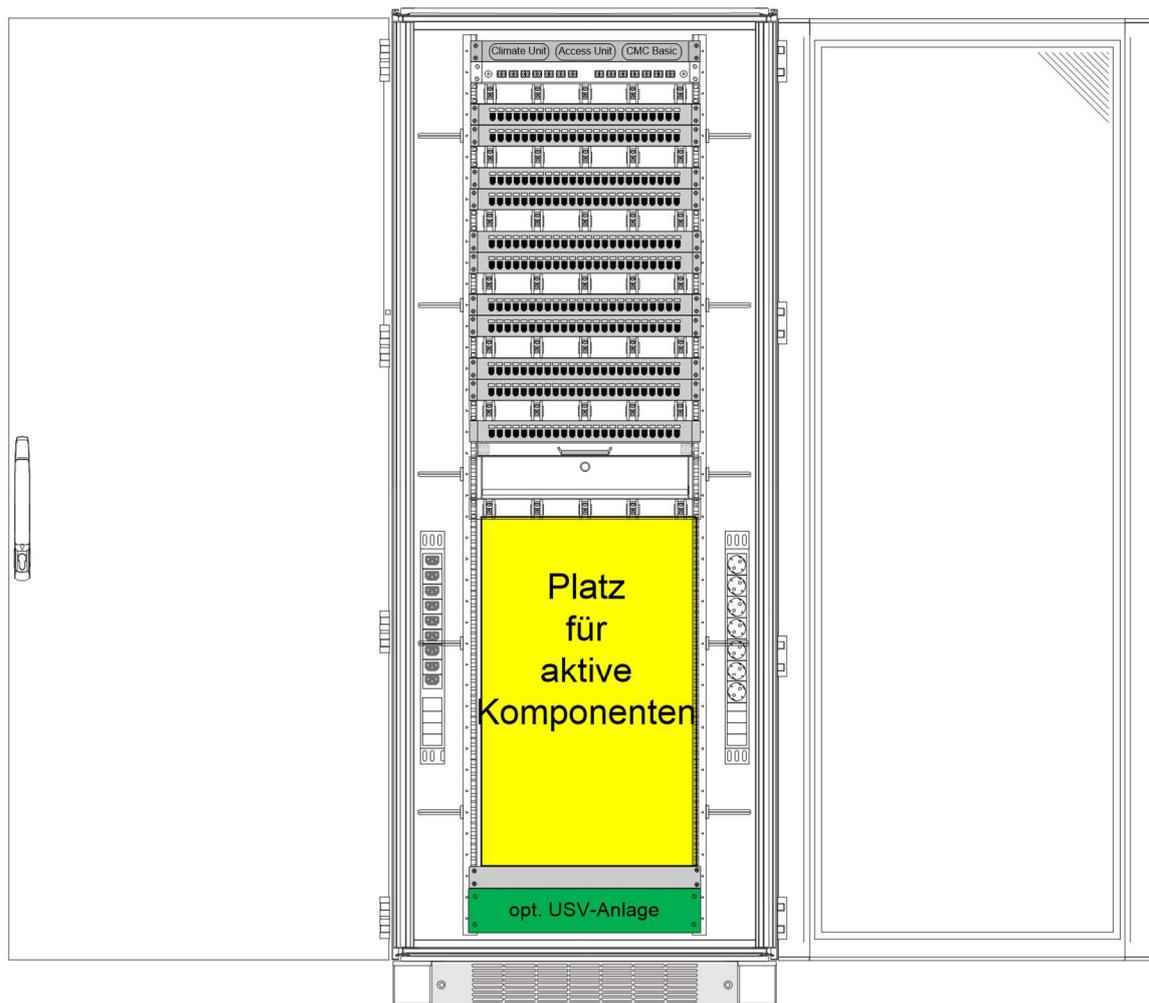


Abbildung 29: Standverteilerschrank mit einem Bereich für aktive Komponenten

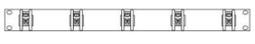
	Blindpanel 1 HE
	Schranküberwachung 1 HE
	Rangierbügel 1 HE (Kabelmanagement)
	Patchfeld 1 HE (24 x RJ45)
	Patchfeld 1 HE (12 x SC-Duplex)
	Ablageschublade 1 HE
	Schublade 2 HE (bei Bedarf abschließbar)
	Blindpanel 2 HE
	Kaltgeräte-Steckdosenleiste (9-fach)
	Schuko-Steckdosenleiste 1 (7-fach)

Abbildung 30: Legende für Abbildung 29 und Abbildung 33

In Abbildung 29 ist dargestellt, wie Rangierfelder und Rangiereinheiten im oberen Schrankteil angeordnet werden. Bei dem vorgesehenen Verhältnis von Rangierfeldern zu Feldern mit Rangiereinheiten können ca. 264 Kabel für Kommunikationsanschlüsse aufgelegt werden. Diese Variante ist geeignet im unteren Schrankteil modulare Switchsysteme einzubauen.

Ein besonderes Augenmerk ist auch auf die Einführung der Kabel in den Datenverteilerschrank zu richten. Diese hat so zu erfolgen, dass die kühlende Luft den Schrank optimal durchströmen kann. In den nachfolgenden Bildern sind unterschiedliche Qualitäten der Ausführung dargestellt. Zur Bündelung von Kabeln sind Klettbander Kabelbindern vorzuziehen, da so Kabelquetschungen vermieden werden können.

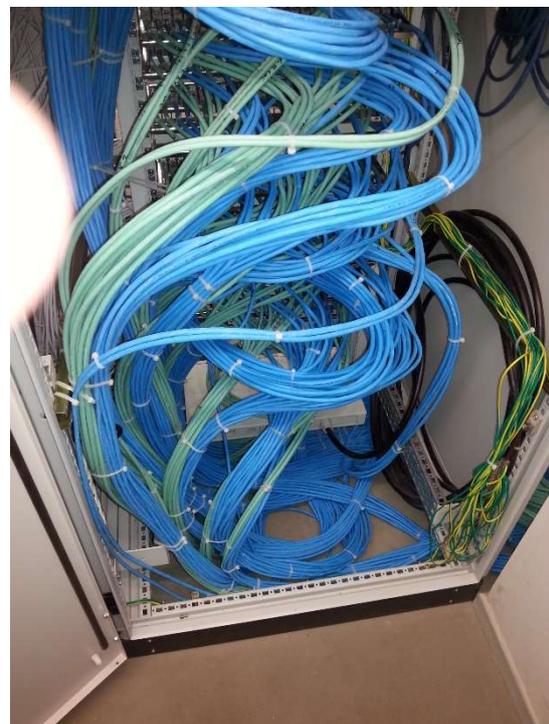


Abbildung 31: Optimale Kabelführung Abbildung 32: Ungeeignete Kabelführung

Bei dem Einsatz von verteilt installierten aktiven Komponenten kommt alternativ die im Abbildung 33 dargestellte Variante in Frage. Jedem Patchfeld wird ein Rangierfeld und eine einzelne Komponente zugeordnet. Diese Variante hat den Vor-

teil, dass sehr kurze Patchkabel verwendet werden können, da in vielen Fällen direkt vom Patchfeld zur darunter oder darüber liegenden Komponente gepatcht werden kann. In der Beispielkonfiguration können bis zu 264 Kabel aufgelegt werden.

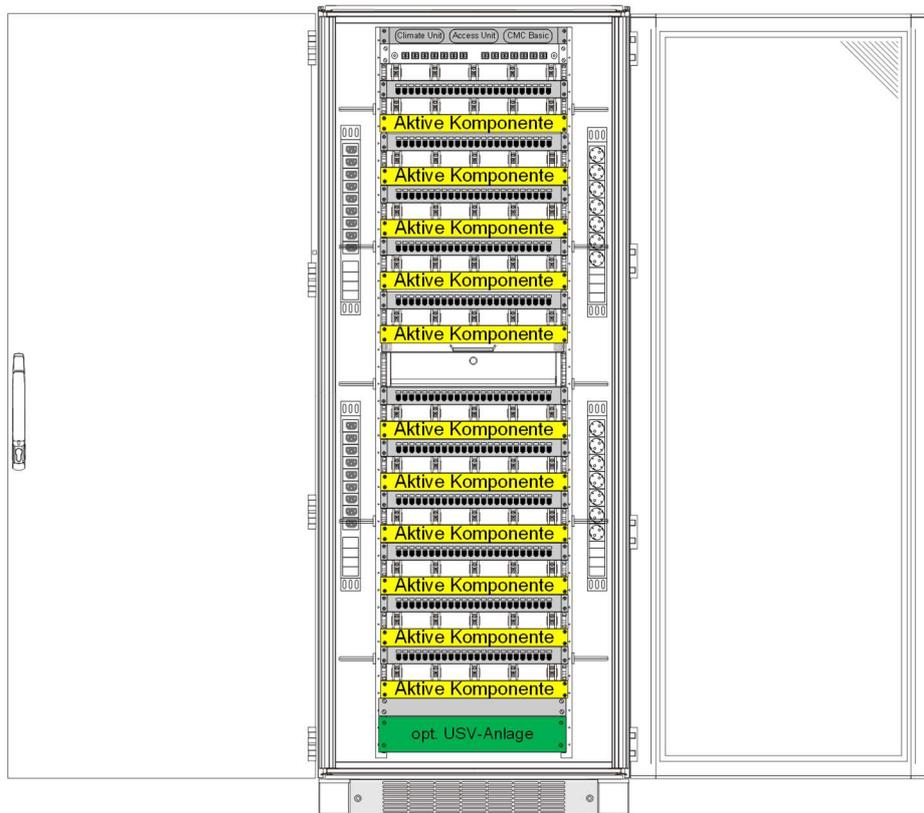


Abbildung 33: Standverteilerschrank mit im Schrank verteilt installierten aktiven Komponenten

2.4.2 Datenverteilerschrank als Etagenverteiler

In Etagenverteilern sind grundsätzlich Datenverteilerschränke mit 1000 mm Tiefe ausreichend. Ansonsten ist der Aufbau wie in Abschnitt 2.4.1 auszuführen. Wenn mehrere Schränke nebeneinander aufgestellt werden, sind immer Schränke mit einer einheitlichen Tiefe zu verwenden, damit auf Zwischenwände verzichtet werden kann.

Vor der vorderen Einbauebene (19-Zoll Befestigungsebene) und hinter der hinteren Einbauebene ist mindestens ein Platz von 10 cm bis zur Tür einzuhalten, um z. B. Biegeradien für Lichtwellenleiterkabel einhalten zu können. Die Abstände zwischen vorderer und hinterer Einbauebene sind mit der nutzenden Verwaltung zu klären.

2.4.3 19“-Kleinverteiler

In Ausnahmefällen können in kleinen Dienststellen (3 - 5 Mitarbeiter) Kleinverteiler verwendet werden. Kleinverteiler sollten aber nur eingesetzt werden, wenn für einen 19“-Standverteiler mit ca. 2 m Höhe (42 HE) keine Unterbringungsmöglichkeiten bestehen.

Im Regelfall sollten Standverteilerschränke (z. B. Abbildung 29 oder Abbildung 33) zum Einsatz kommen. Die jeweilige Schrankhöhe (mindestens 20 HE) ist den Gegebenheiten anzupassen. Auf Wandverteiler sollte nach Möglichkeit verzichtet werden.

Wenn ausnahmsweise Kleinverteiler in Büros installiert werden müssen, ist auf eine ausreichende Geräuschkämmung (VDI 2569 [64]), insbesondere bei Zu- und Abluft der Verteiler, zu achten. In diesen Fällen sind von der nutzenden Verwaltung Informationen über die zu erwartende Lautstärke (z. B. Lüftergeräusche) der vorgesehenen Komponenten einzuholen.

2.6 Sondernetze

Neben Netzen nach DIN EN 50173-1 [15] kann es für einige Anwendungen sinnvoll sein Sondernetze zu errichten. Dies können Netze sein für:

- Videoüberwachungsanlagen
Auf Grund von Bandbreitenanforderungen, eingesetzten Geräten oder benötigten Kabellängen kann es günstiger sein Koaxialkabel (z. B. RG 59) zu verwenden. Grundlagen über Koaxialkabel und über deren Anwendung sind in DIN EN 50290-4-2 [21] enthalten. Bei klassischen Videoanwendungen werden Kabel mit 75 Ohm Wellenwiderstand eingesetzt, somit sind Datenkabel mit 100 Ohm Wellenwiderstand ungeeignet. Es darf aber nicht übersehen werden, dass der Trend zur Nutzung von Video over IP geht.
- Brandmeldeanlagen (BMA)
Bei Brandmeldeanlagen werden üblicherweise Ringbussysteme (Loop) verwendet. Diese Netzstruktur passt nicht zu der sternförmigen Struktur von Netzen nach DIN EN 50173. Außerdem werden Kabel nur für geringe Datenübertragungsraten, aber u. U. mit Funktionserhalt benötigt, die außerdem noch als Brandmeldekabel zu kennzeichnen sind.
- Installationsbussysteme
Für Installationsbussysteme (z. B. KNX) gilt sinngemäß das Gleiche wie für BMA, nur dass keine Anforderungen an den Funktionserhalt und die Kennzeichnung bestehen.
- Mobilfunk im Gebäude
Dadurch, dass immer häufiger Fassaden errichtet werden, die das Gebäude auch aus EMV-Sicht schirmen, kann dies die Nutzung von Mobilfunknetzen beeinträchtigen. Dies ist insbesondere problematisch, wenn Mobilfunkempfänger für die ständige Erreichbarkeit von Mitarbeitenden eingesetzt werden. Es ist dann notwendig, zusätzliche Infrastrukturen z. B. unter Verwendung von Schlitzkabeln einzusetzen.
- BOS
Für den Einsatz von Digitalfunk-Empfängern für die BOS⁶⁾ gilt das vorher Beschriebene. Die Feuerwehren entsenden Einsatzkräfte nur in Bereiche in denen Funkverbindung von diesen zur Einsatzleitung besteht. Verschärft wird das Problem bei dem Einsatz von digitalen Empfängern, da der Digitalfunk für die BOS in Gebäuden eine geringere Eindringtiefe als der klassische Analogfunk hat. Weitere Informationen sind der AMEV-Empfehlung BOS 2017 [6] zu entnehmen.

Sondernetze werden in dieser Empfehlung nicht weiter behandelt.

⁶ Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben

3 Energieübertragung über Datenleitungen Power over Ethernet (PoE)

3.1 Grundlagen

3.1.1 Fernspeisung von Endgeräten

Die Grundidee Datenendgeräte über die Datenleitung mit Energie zu versorgen, entstand in Bereichen oder an Stellen, die schwer zugänglich waren oder wo nur wenige Leitungen verlegt werden konnten.

Bei Installationen zur Datenübertragung unter Verwendung von Ethernet (IEEE 802.3 [49]) und Fastethernet (IEEE 802.3u [53]) wurden schon früh 8-adrige Leitungen verlegt, wobei nur vier Adern (2 Paare) für die Datenübertragung benötigt wurden. Die freien Adern (Abbildung 34) konnten für die Energieversorgung genutzt werden. Im Jahre 2003 wurde unter der Bezeichnung Power over Ethernet (PoE) der erste Standard hierzu veröffentlicht. Nach IEEE 802.3af [50] ist es möglich Endgeräte über zwei Paare mit einer Leistungsaufnahme von bis zu 12,95 W zu versorgen. Durch den 2009 erschienenen Standard IEEE 802.3at [51] (PoE+) wurde die Leistungsabgabe auf 25,5 W gesteigert.

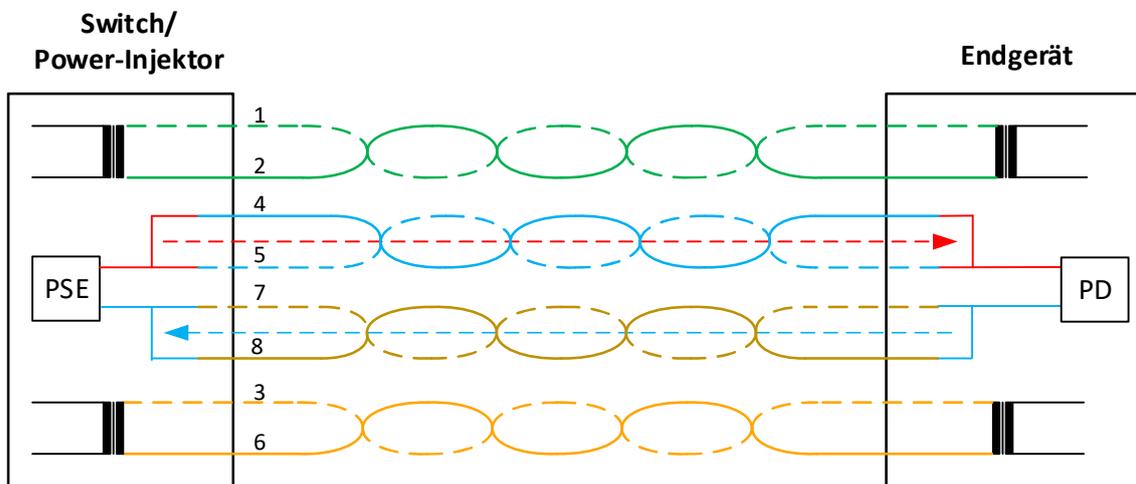


Abbildung 34: Stromversorgung über freie Adern (Adernfarben nach EIA/TIA-568A [42])

Der zu übertragende Gleichstrom, mit einer Spannung von 48 Volt (kurzfristig bis 57 Volt), wird in einem Energieversorger (Power Sourcing Equipment (PSE)) erzeugt. Im Endgerät wird er dann an den Energieverbraucher (Power Device (PD)) angelegt (Abbildung 34).

Die Einspeisung der Energie kann zum einen durch die aktiven Komponenten, die Switche (Endspan) selbst oder zum anderen mittels sogenannter „Power-Panel“ bzw. „Power-Injektor“ (Midspan), durch Einschleifen zwischen Switch und Endgeräte in die Datenleitung erfolgen (Abbildung 35). Durch den Einsatz von PoE können dezentrale Steckernetzteile vermieden werden. Außerdem wird die Möglichkeit einer USV-Versorgung der Endgeräte durch die Konzentration der Energieversorgung in den Datenverteilern vereinfacht.

Ob die Stromversorgung mittels Mid- oder Endspan erfolgen soll, ist im Einzelfall abzuwägen.

- **Power-Injektoren** – Sinnvoll, wenn nur sehr wenige Endgeräte mittels PoE mit Energie versorgt werden sollen.
- **Power-Panel** – Ermöglicht, dass Endgeräte, die PoE benötigen, gezielt über ein Power-Panel gepatcht werden können. Die Switches können unabhängig da-

von getauscht werden. So wird die Investitionssicherheit von Switchen ohne PoE sichergestellt. Zusätzliche Steckverbindungen und ein zusätzlicher Platzbedarf müssen in Kauf genommen werden.

PoE-Switche – bieten den Vorteil, dass immer aktuelle PoE-Standards, für z. B. höhere Ausgangsleistungen, unterstützt werden. Zusätzlich bieten viele Switche noch den Vorteil des Verfahrens Link Layer Discovery Protocol – Media Endpoint Detection (LLDP-MED [7]). Hierunter versteht man ein Verfahren, bei welchem auf der aktiven Ebene ein Austausch der direkt miteinander verbundenen aktiven Komponenten über deren Eigenschaften, wie zum Beispiel den Gerätenamen, die eingesetzte Softwareversion aber auch die benötigte Leistung des Endgeräts stattfindet. Hierdurch besteht die Möglichkeit, die benötigte Leistung vom Endgerät abzufragen und somit gezielt zur Verfügung zu stellen.

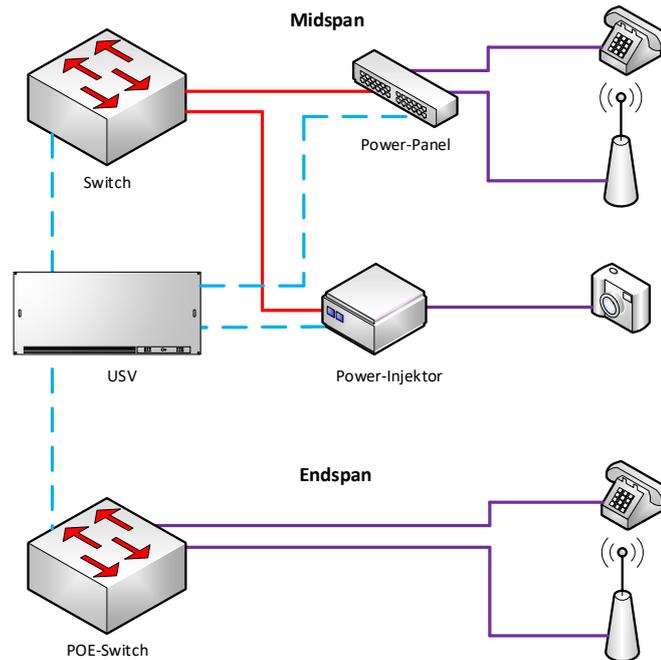


Abbildung 35: Stromversorgung mittels PoE (Inline-Power)

Wenn keine freien Adern in Datenleitungen zur Verfügung stehen, z. B. weil Cable-Sharing⁷⁾ ausgeführt wurde, kann die Stromversorgung auch über belegte Adern erfolgen. Hierzu wird die Gleichspannung über eine Phantomschaltung ein- bzw. ausgekoppelt (Abbildung 36). Anmerkung: Dies wäre auch die Lösung, wenn nur 2-paarige Leitungen verlegt sind (Cat. 5 Leitungen aus den 90er Jahren).

⁷ Bei Cable-Sharing wird eine 4-paarige Leitung verwendet und es werden je 2 Doppeladern auf einen Kommunikationsanschluss (Kontakte 1, 2, 3 und 6) aufgelegt. Sollte bei Neuinstallationen nicht ausgeführt werden.

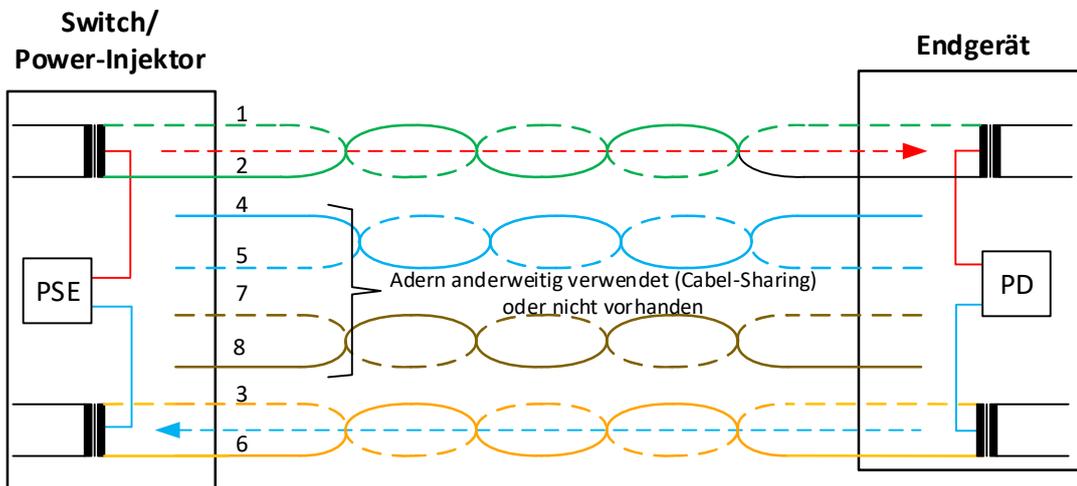


Abbildung 36: Stromversorgung über belegte Adern

Da nicht jedes Endgerät die volle Leistung benötigt, wurden verschiedene Leistungsklassen (PSE-Klasse) festgelegt. Ebenso wird bei den möglichen Verbrauchern nach vier PD-Typen (PD-Power-Device – Netzteil im Endgerät) unterschieden. Am Beginn einer Verbindung werden zwischen PSE und PD Informationen über den Leistungsbedarf ausgetauscht und dieser dann gedeckt.

Um auch beim Einsatz von Gigabit-Ethernet nach IEEE 802.3z [54] Endgeräte mit Energie versorgen zu können, besteht, wie in Abbildung 37 dargestellt, die Möglichkeit nach IEEE 802.3bt [52] (PoE++) alle 8 Adern zu benutzen. Die Verwendung von 8 Adern hat den Vorteil, dass sich der Strom, gegenüber der Verwendung von 4 Adern je Leiter, halbiert und so die Leitungserwärmung reduziert wird (siehe Abschnitt 3.3.1).

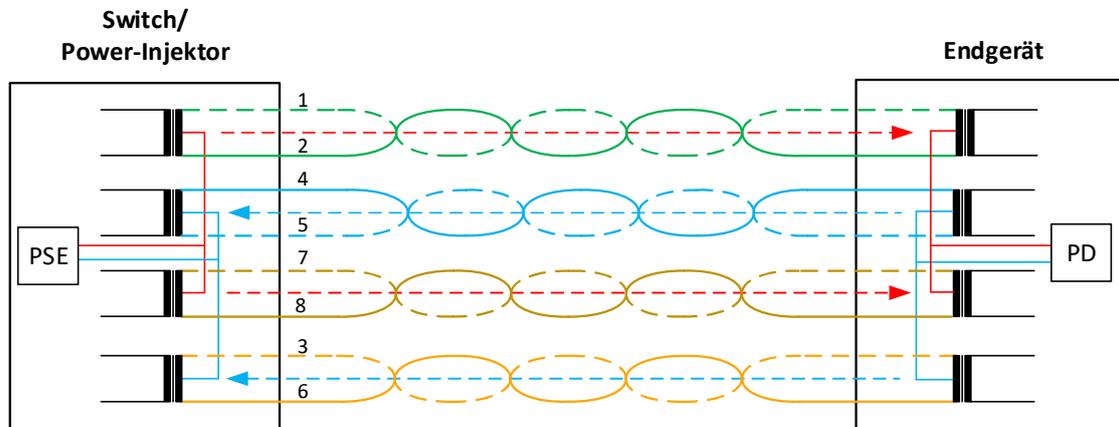


Abbildung 37: Stromversorgung über alle Adern

Problematisch bei dem Einsatz von PoE sind, insbesondere bei leistungsstarken Verbrauchern, die Leitungserwärmung (siehe Abschnitt 3.3.1). Vergleicht man die nutzbare Leistung mit der Leistung je Port die eingespeist werden muss, werden Wirkungsgrade von 85% bei PSE-Klasse 4 und gerade mal 81% bei PSE-Klasse 8 erreicht. Hinzu kommen die Verluste bei der Gleichstromerzeugung.

Eine Übersicht über die Leistungsmerkmale der einzelnen Verfahren zeigt Tabelle 10.

Standard	PSE Klasse	Leistung pro Port (W)	Nutzbare Leistung (W)	PD-Typ	Adern	Max. Schleifenwiderstand (Ohm/Paar)
IEEE 802.3af (PoE)	0	15,4	12,95	1	4	20
	1	4	3,84	1	4	
	2	7	6,49	1	4	
	3	15,4	12,95	1	4	
IEEE 802.3at (PoE+)	4	30	25,5	2	4	12,5
IEEE 802.3bt (PoE++)	5	45	40	3	8	12,5
	6	60	51	3	8	
	7	75	62	4	8	
	8	90	73	4	8	

Tabelle 10: PoE-Verfahren

3.1.2 Verkabelungssysteme für Fernspeisung (PoE)

In DIN EN 50174-2 [18] werden unter Pkt. 4.1.3.3.1 mehrere Kategorien definiert, die sich hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit und bezüglich der Stromübertragung unterscheiden:

- PR1 geeignet für eine durchschnittliche Stromübertragung bis 212 mA je Leiter
- PR2 geeignet für eine durchschnittliche Stromübertragung von 212 mA bis 500 mA je Leiter
- PR3 geeignet für eine durchschnittliche Stromübertragung von 500 mA je Leiter

Dass der max. Strom nicht überschritten wird, ist administrativ sicherzustellen. Es ist auch vorgesehen, die Anschlusspunkte bei Netzen der Kategorie PR1 und PR2 entsprechend zu beschriften, damit nicht versehentlich ungeeignete Endgeräte angeschlossen werden.

Neue Netze sollten nach DIN EN 50174-2, Pkt. 4.11.2.2.2 nur nach der Kategorie PR3 errichtet werden. Für diese Netze gilt, dass der Mindeststrom von 750 mA je Leiter nach DIN EN 50173-1 [15] Pkt. D.2.9 nicht überschritten wird.

Die Anforderungen, die sich an Kabelbündel ergeben, werden im Abschnitt 3.3.1 betrachtet.

3.2 Anwendungen

Zu den ersten Geräten, bei denen PoE eingesetzt wurde, gehörten IP-Sprachendgeräte. Es konnte dann auf die sonst notwendigen Steckernetzteile verzichtet werden. Außerdem erfolgt - eine USV-Versorgung der zentralen PoE-Komponenten vorausgesetzt - bei Netzausfall auch eine vorübergehende Energieversorgung. Die Zahl der möglichen Anwendungen ist inzwischen stark angestiegen, wie die nachfolgende Aufstellung zeigt:

- Bluetooth-Access-Points
- EC-Kartenlesegeräte
- Geräte der Gebäudeautomatisierung
- IP-Sprachendgeräte
- LED-Beleuchtung

- Netzwerk-Kameras, auch mit Schwenk/Neigekopf
- Schwesternrufanlagen
- Thin-Clients
- Uhren
- WLAN-Access-Point
- Zeiterfassungssysteme
- Zugangskontrollsysteme
- IP-TV-Geräte
- LED-Anzeigetafeln
- PC's

3.2.1 Beleuchtung

Die Einbindung von Leuchten in eine LAN-Verkabelung zählt nicht zu der üblichen Zielgruppe der Anwendungen. Erst mit der LED-Technologie konnte eine Integration der Beleuchtung überhaupt in Erwägung gezogen werden. Allerdings sind hier zusätzliche Datenleitungen für die Versorgung der Raumbeleuchtung notwendig.

Im Folgenden soll die energetische Situation bei einer PoE gespeisten Allgemeinbeleuchtung, wie in Abbildung 38 dargestellt, betrachtet werden. Vier nebeneinanderliegende Räume erhalten jeweils 2 LED-Leuchten mit 60 W Anschlussleistung. Dies ist für ein 1-Personen-Büro (siehe AMEV Empfehlung Beleuchtung 2019 [1]) ausreichend.

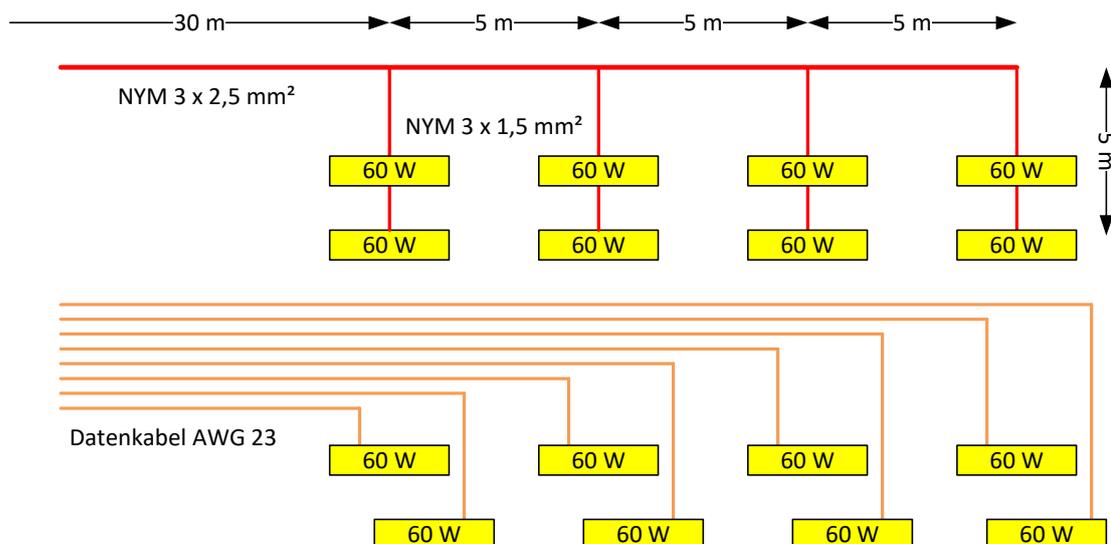


Abbildung 38: Vergleich Stromversorgung über Energie- oder Datenleitungen

Entsprechend den in der Zeichnung genannten Längen wurde die Verlustleistung der Leitungen berechnet. Es ergaben sich folgende Werte:

- Starkstromleitung - 0,365 W
- Datenleitung - 22,440 W

Während bei den Starkstromleitungen die Verluste vernachlässigt werden können, betragen bei den Datenleitungen allein die Leitungsverluste ca. 5% der benötigten Leistung.

Für die Versorgung der Leuchten müssen extra Datenleitungen verlegt werden und stehen nicht für deren eigentlichen Zweck der Datenübertragung zur Verfügung. Auch die Trassenbelastung muss betrachtet werden. Bezogen auf die Leitungsquerschnitte ergibt sich im Bereich der Zuleitung folgender Flächenbedarf der Leitungen:

- Energieleitung (1 Leitung NYM 3 x 2,5 mm²) - ca. 100 mm²
- Datenleitungen (8 parallele Leitungen AWG 23) - ca. 350 mm²

Daneben ist auch der Aufwand für die Installation bezüglich der Energieversorgung zu betrachten. Hinzu kommen jeweils die Aufwendungen für die Schaltung der Beleuchtung, die hier nicht weiter betrachtet werden.

Bei einer klassischen Installation wird benötigt:

- 1 Stück Leitungsschutzschalter 10 A
- 3 Stück Abzweigdosen
- 45 m Leitung NYM 3 x 2,5 mm²
- 20 m Leitung NYM 3 x 1,5 mm²

Bei einer Installation über Datenleitungen und der Verwendung von PoE-Switchen wird benötigt:

- 8 Stück PoE-Ports 60 W
- 8 Stück Patchkabel
- 1/3 Stück Patchfeld 24 Port
- 4 Stück Datendoppeldosen
- 340 m Datenleitungen mind. AWG 23

Die Lebenszykluskosten bei der Realisierung über Datenleitungen, insbesondere bei den Switchen, sind höher anzusetzen als bei einer klassischen Verkabelung.

Nicht betrachtet wurden u. a. der Kurzschlusschutz der Leitungen und die Schaltung der Beleuchtung.

Dies zeigt, dass die Versorgung von Raumbeleuchtungsanlagen über das Datenetz nicht nur fachlich, sondern auch wirtschaftlich kritisch zu betrachten ist.

3.3 Technische Risiken

3.3.1 Leitungserwärmung

Problematisch beim intensiven Einsatz von PoE ist die Leitungserwärmung, insbesondere wenn (wie z. B. in Kabelkanälen oder auf -bühnen) zahlreiche Leitungen parallel im Bündel verlegt werden. Durch die unter Umständen drastische Erwärmung (Abbildung 39) werden die übertragungstechnischen Eigenschaften verschlechtert und die Haltbarkeit der Leitungen verkürzt. Bei intensivem Einsatz von PoE sollte die Leitungstemperatur an kritischen Stellen (nennenswerte Häufung) regelmäßig kontrolliert werden und ggf. durch den Betreiber Maßnahmen (z. B. Reduzierung der mit PoE versorgten Verbraucher) beim Erreichen einer kritischen Temperatur festgelegt werden.

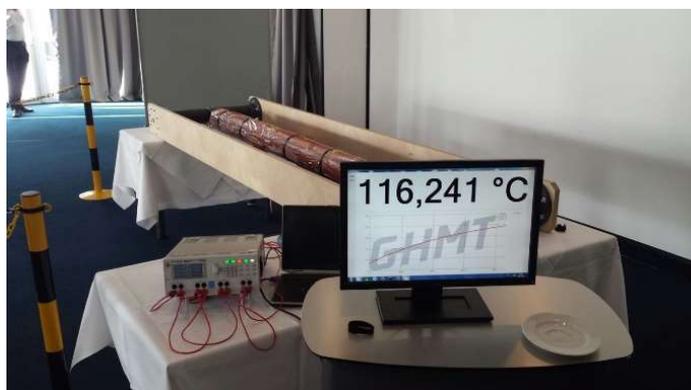


Abbildung 39: Extrembeispiel für Leitungserwärmung durch die Nutzung von PoE

Im Beiblatt 1 zur DIN EN 50174-2 [18] sind in Anhang C Berechnungshilfen enthalten, mit denen der Temperaturanstieg in einem Bündel Datenleitungen mit aktivem

PoE-Einsatz abgeschätzt werden kann. Mit der Einführung der LAN 2018 wurde eine Berechnungshilfe auf Excel-Basis (Abbildung 40) zur Verfügung gestellt, mit der entsprechende Werte ermittelt werden können.

Berechnung des Temperaturanstiegs in Kabelbündeln nach DIN EN 50174-2 Beiblatt 1 (VDE 0800-174-2 Beiblatt 1):2015-09

Berechnungshilfe zur AMEV-Empfehlung LAN 2021 des Fernmeldeausschuss des AMEV

Abbildung 40 zeigt ein Screenshot einer Berechnungshilfe-Software. Die Software ist in zwei Spalten unterteilt. Die linke Spalte enthält Eingabeparameter, die rechte Spalte die berechneten Ergebnisse. Die Ergebnisse sind teilweise rot hervorgehoben, was auf Grenzwerte hinweist.

Parameter	Wert	Ergebnis
N - Anzahl der Kabel mit PoE im kritischsten Abschnitt	72	V 3.1
Form des Kabelbündels	<input checked="" type="radio"/> rund <input type="radio"/> rechteckig	
nc - Leiter je Kabel mit PoE	8	Verlustleistung - P: 31,08 W/m
ic - Strom je Leiter	480 mA (IEEE 802.3bt 90,0 W)	Delta Tu (Außenfläche Bündel - Umgebung): 82,46 K
R - Schleifenwiderstand	34 (100 m Schleife, 20°C) (AWG 27)	Delta Tth (Außenfläche - Mitte Bündel): 12,33 K
Kabelaufbau	Pth = 5 (U/UTP)	Delta T (Mitte Bündel - Umgebung): 94,80 K
d - Kabelaußendurchmesser [mm]	6	Dämpfungserhöhung: 52,88 %
Verlegeart	Pu = 0,7 (U/UTP-, F/UTP-Kabel gedämmt)	Max. Länge Installationsstrecke: Unzulässig
Länge der Schnüre (Patch- und Anschlusskabel)	<input checked="" type="radio"/> 10 m <input type="radio"/> 15 m <input type="radio"/> 20 m	Max. Länge Übertragungsstrecke: Unzulässig

Abbildung 40: Berechnungsbeispiel zu Abbildung 39

In der Abbildung 40 sind Annahmen enthalten, die zu der in Abbildung 39 dargestellten Überlastung führen können.

Datenleitungen sind bis zu einer maximalen Leitungstemperatur von +60°C zugelassen, so dass schon bei einer Raumtemperatur von +20°C eine Erwärmung von mehr als 40 K, wie in Abbildung 40 ermittelt, sehr kritisch ist. Wenn höhere Umgebungstemperaturen zu berücksichtigen sind, ist der max. Temperaturanstieg entsprechend zu reduzieren.

Die Leitungserwärmung führt außerdem zu einer Erhöhung der Signaldämpfung auf den Leitungen, dies führt wiederum zu einer Verkürzung der möglichen Übertragungsstrecke. Unter anderem in Tabelle 1 des Beiblatt 1 der DIN EN 50174-2 [18] sind Angaben zur Verkürzung der Übertragungsstrecke enthalten. Dies kann im Extremfall (Abbildung 40) dazu führen, dass sich die mögliche Übertragungsstrecke von 100 m auf 80 m verkürzt. Dies schränkt dann die Versorgungsbereiche der einzelnen Datenverteiler erheblich ein.

Die Leitungserwärmung ist abhängig von:

- dem Leitungsaufbau (U/UTP, F/UTP, S/FTP)
- der Verlegeart (belüftet, in Rohr, gedämmt)
- dem Leitungsdurchmesser
- dem Aderdurchmesser
- der Anzahl der Leitungen im Bündel
- Abstand der Bündel
- Form der Bündel
- der Strombelastung je Ader

Da grundsätzlich S/FTP Leitungen eingesetzt werden, der Leitungsdurchmesser herstellerbedingt ist und sich die Strombelastung je Ader aus der notwendigen Anwendung ergibt, kann die Leitungserwärmung in der Praxis meist nur noch durch den Aderdurchmesser und die Gestaltung der Bündel beeinflusst werden.

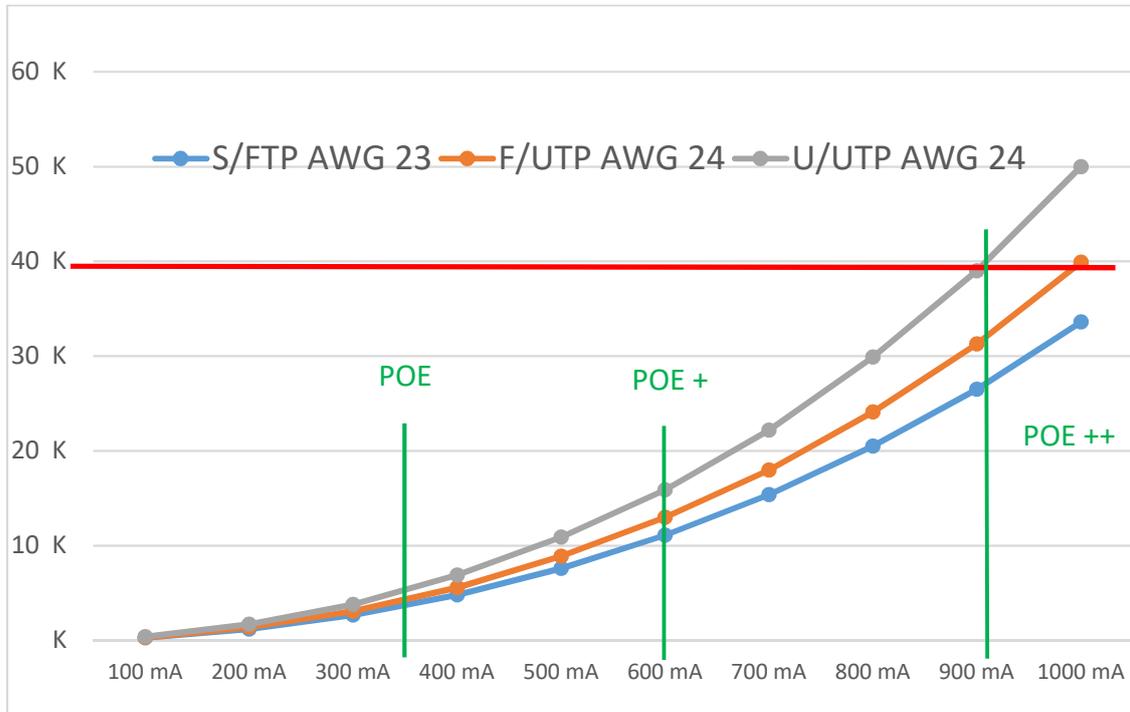


Abbildung 41: Leitungserwärmung bei 72 Leitungen, gedämmt verlegt

Abbildung 41 zeigt, dass schon bei einem Bündel von 72 Leitungen die zulässige Leitungserwärmung von 40 K bei einigen Leitungstypen erreicht werden kann.



Abbildung 42: Beispiel für Häufung in einer Leitungsanlage mit AWG 22 Kabeln

Es wird empfohlen, dass beim Einsatz von PoE AWG 22 Leitungen eingesetzt werden. Wenn die Leitungen auf einem Kabeltragsystem gebündelt werden, dürfen nach DIN EN 50174-2 [18] Pkt. 5.3.5.3.1 und Pkt. 6.4 maximal 24 Leitungen in einem Bündel, mit einem Mindestabstand von $0,3 \cdot \text{Bündeldurchmesser}$ zwischen den Bündeln, verlegt werden.

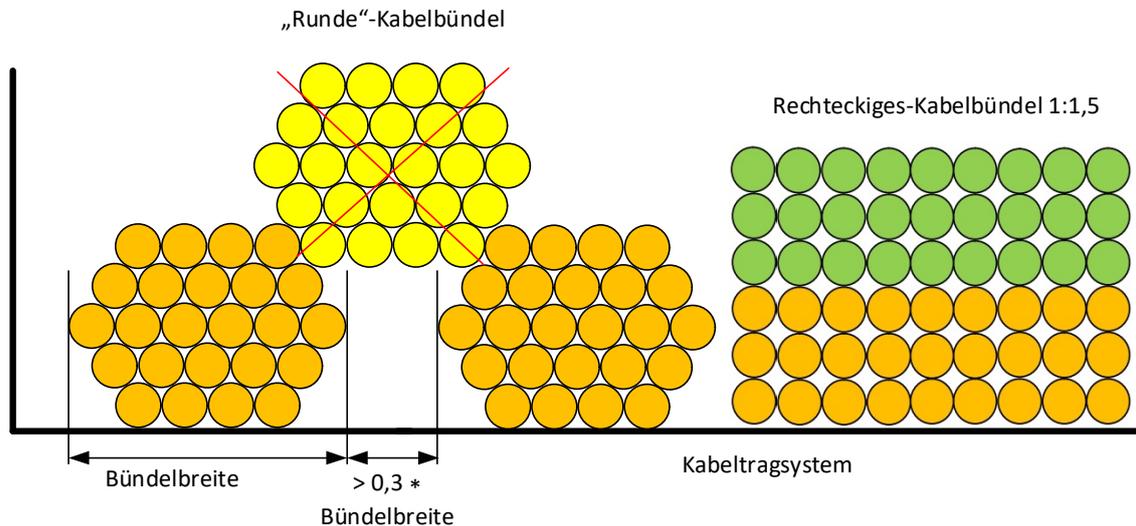


Abbildung 43: Normgerechte Bündelanordnungen

Wenn die Kabelbündel in mehreren Lagen verlegt werden, sind die Kabelbündel nicht versetzt zu verlegen, sondern übereinander, damit die Wärmeabfuhr nicht behindert wird. Werden die Kabelbündel nicht „Rund“ gepackt, sondern rechteckig, vergrößert sich die Oberfläche und es können nach DIN EN 50174-2 Pkt. 4.11.2.2.2 Reduktionsfaktoren bezüglich der Kabelerwärmung berücksichtigt werden, wenn das Bündel breiter als hoch ist.

In Rohren sollten nach DIN EN 50174-1 [18] Nr. 4.5.4.2 maximal 40% des Rohr-Querschnitts mit Kabeln belegt werden.

3.3.2 Kontaktbelastung

Problematisch kann auch das Stecken und Ziehen von den, ausschließlich zur Übertragung von Datensignalen entwickelten, Datensteckern unter Last sein. Bei dem Ziehen entstehen (Abreiß-)Funken, welche die Kontaktflächen von Stecker und Dose schädigen können. Die Energie kann ausreichen, um die Kontakte von RJ45-Buchsen und Steckern irreparabel zu beschädigen. Auf dem Markt sind Stecksysteme, die durch eine geeignete Konstruktion die Möglichkeit bieten, die Kontakt- und Verschleißzone räumlich zu trennen. Dadurch können die Folgen der Kontaktunterbrechung reduziert werden.

3.3.3 Gleichstrom Widerstand-Unsymmetrie

Der max. Gleichstrom Schleifen-Widerstand eines Adernpaares ist nach DIN EN 50173-1 [15] Pkt. 5.2.2.7 bei Netzen der Kategorie D bis F_A auf max. 25 Ω beschränkt. Durch die Längenbegrenzung der Installationsstrecke auf max. 90 m und die Verwendung von Kabeln mind. AWG 23 wird diese Anforderung automatisch eingehalten.

Kritisch ist die Gleichstrom Widerstand-Unsymmetrie, die nach DIN EN 50173-1 Pkt. 5.2.2.8 bei einem Adernpaar auf 3%, max. 200 mΩ und 7%, max. 100 mΩ zwischen zwei Adernpaaren begrenzt ist. Werden diese Werte überschritten, tritt eine zusätzliche Erwärmung der Kabel ein und die datentechnischen Übertragungseigenschaften verschlechtern sich. Ursachen für die Gleichstrom Widerstand-Unsymmetrie können in mangelhafter Verlegung (z. B. Knicke in Kabeln oder in der Verarbeitung) oder Verarbeitung der Anschlusskomponenten sein.

Problematisch ist, dass nach DIN EN 50173-1 die Gleichstrom Widerstand-Unsymmetrie nicht gemessen werden muss, sondern durch Dimensionierung er-

reicht werden soll. Messgeräte für die Bestimmung der Gleichstrom Widerstand-Unsymmetrie sind auf dem Markt verfügbar und sollten vereinzelt genutzt werden.

3.3.4 Patchkabel

Bei dem Einsatz von PoE ist die Auswahl der Patchkabel besonders wichtig. Wie Tabelle 10, zeigt beträgt der max. Schleifenwiderstand bei PoE nach IEEE 802.3bt lediglich 20Ω . Wenn für eine 90 m lange Installationsstrecke Kabel AWG 23 verwendet werden, ergibt sich hierfür bereits ein Schleifenwiderstand von $13,5 \Omega$ ($15 \Omega / 100 \text{ m}$). Bei dem Einsatz von typischen Patchkabeln AWG 27 ($36,6 \Omega / 100 \text{ m}$) mit einer Länge von jeweils 10 m ergibt sich bereits ein Schleifenwiderstand für die Übertragungsstrecke von $20,8 \Omega$. Damit ist das Dämpfungsbudget überschritten. Lediglich bei Patchkabeln AWG 24 ($28,6 \Omega / 100 \text{ m}$) wird das Dämpfungsbudget gerade noch eingehalten.

3.3.5 Belastbarkeit aktiver Komponenten

Bei der Auswahl aktiver Komponenten, welche eine Versorgung von Endgeräten mit PoE sicherstellen sollen ist zu beachten, dass nur spezifische PoE-Klassen unterstützt werden. Dies muss zu den einzusetzenden Endgeräten passen. Zusätzlich empfiehlt sich eine Prüfung der maximalen PoE-Ausgangsleistung. Diese muss mit den PoE-Klassen der Endgeräte und der korrespondierenden zu verwendenden Anzahl dieser Endgeräte abgeglichen werden. Häufig stehen für denselben Modelltyp unterschiedliche Ausgangsleistungen zur Verfügung.

4 Systembegleitende technische Komponenten

Hier werden u. a. die allgemeine Stromversorgung, die USV-Anlage, GMA für die Datenverteilterräume sowie die Trassen mit dem erforderlichen Brandschutz unter Berücksichtigung der (M)LAR betrachtet.

4.1 Allgemein Stromversorgung

Grundlegende Angaben für die Stromversorgung enthält die AMEV Empfehlung EitAnlagen 2020 [3]. Die Vorgaben sollten bei der weiteren Planung berücksichtigt werden. Es wird in eine Stromversorgung für Verteilerräume sowie für Büroräume unterschieden.

4.1.1 Stromversorgung für Datenverteilterräume

Beleuchtung

Die Beleuchtung der Datenverteilterräume sollte entsprechend AMEV Empfehlung Beleuchtung 2019 Pkt. 7.14 [1] erfolgen.

Neben der Eingangstür zu einem Datenverteilterraum sollte innen eine akkubetriebene Handleuchte installiert werden.

Steckdosen

Steckdosenleisten für die aktiven Netzkomponenten in den Datenverteilerschränken sollten entsprechend AMEV Empfehlung EitAnlagen 2020 Pkt. 4.1.4 mit Überspannungsschutz vom Typ 3 versehen werden.

Es ist im Vorfeld mit der nutzenden Verwaltung abzusprechen, ob für die Steckdosenleisten im Datenverteilerschrank Kaltgerätesteckdosen verwendet werden sollen, um einen Nutzungsmissbrauch zu verhindern.

USV-Konzept

Es ist ein USV-Konzept zu erstellen, mit der nutzenden Verwaltung abzustimmen und aktenkundig festzuhalten. Hierbei sollte Folgendes festgelegt werden:

- Es ist zu klären, welche IT-Komponenten mittels einer USV-Anlage weiterbetrieben müssen und welche abgeschaltet werden können.
- Der Standort der USV-Anlage ist festzulegen (im oder neben dem Datenschrank oder zentral in einem eigenen Raum).
- Komponenten der Kälteanlage sollten nach Möglichkeit mit auf die USV-Anlage aufgeschaltet werden
- Die USV-Anlage sollte mit einer Managementschnittstelle ausgerüstet werden; die erforderlichen Leistungsmerkmale sind mit der nutzenden Verwaltung abzustimmen.
- Die Klassifizierung (VFI-SS-111, VI-SY-311 oder VFD-XX-33) der einzusetzenden USV-Anlage nach DIN EN 62040-3 [37] ist mit der nutzenden Verwaltung abzustimmen.
- Die erforderliche Überbrückungszeit ist abzustimmen. In der Regel ist eine Überbrückungszeit von 30 Minuten ausreichend um Server und Netzkomponenten kontrolliert herunterfahren zu können.
- Die Absicherung der USV-Ausgänge (Steckdose) ist zu klären.

Die Abwärme der USV-Anlage ist bei der Auslegung der Kühlung zu berücksichtigen (siehe Abschnitt 4.5.1).

Bei der Vorbereitung der Ausschreibung ist mit der nutzenden Verwaltung weiterhin zu klären, ob und in welchem Umfang (z. B. Inspektion und Instandsetzung) für

die USV-Anlage ein Instandhaltungsvertrag mit ausgeschrieben werden soll. Das Ergebnis der Abstimmung ist auf dem Formblatt 112 des Vergabehandbuchs (VHB) [65] zu dokumentieren. Es wird die Verwendung eines aktuellen AMEV Vertragsmusters empfohlen.

Unterverteilung

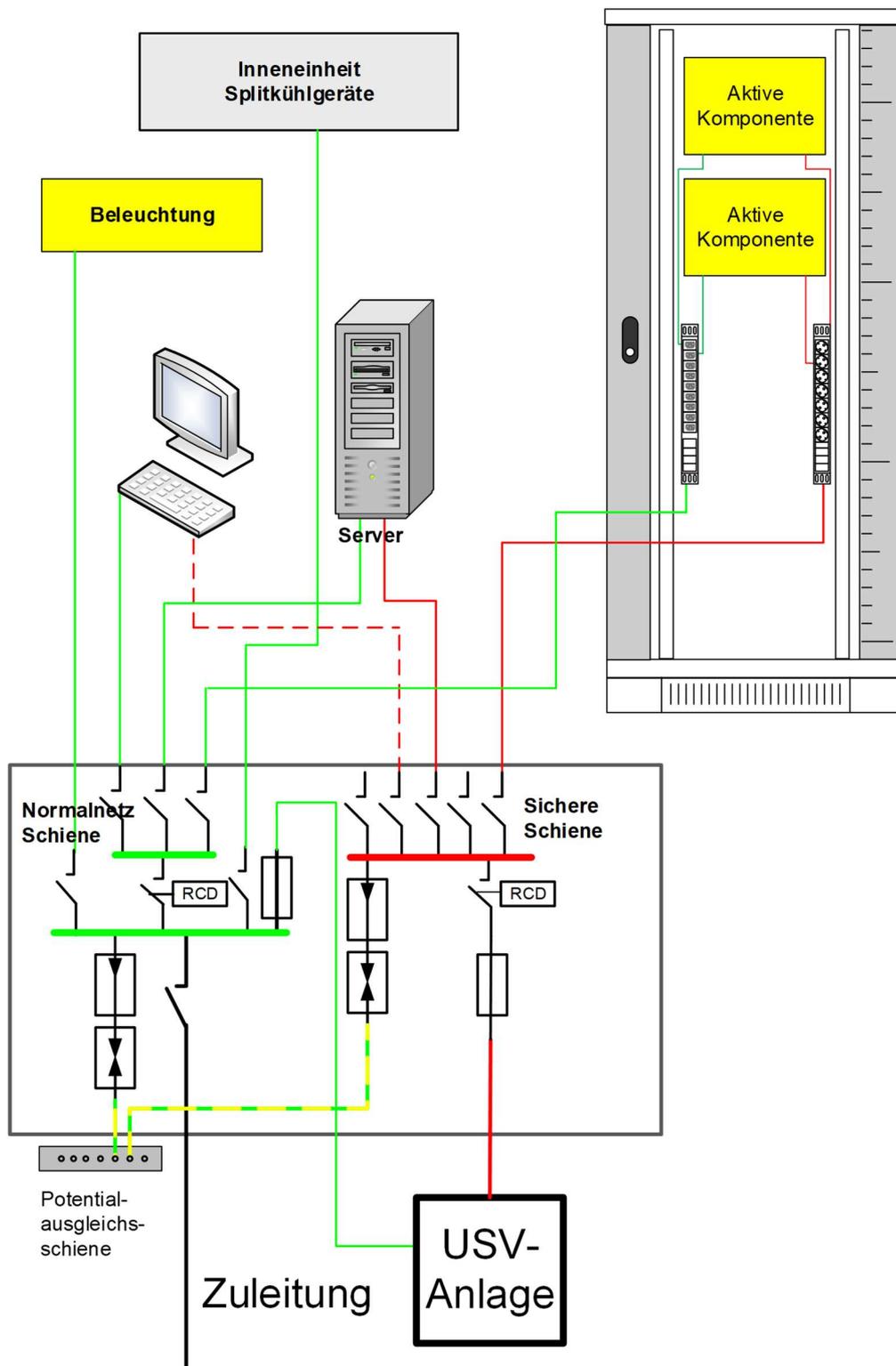


Abbildung 44: Stromversorgung Datenverteiler

4.1.2 Stromversorgung für Büroräume

Der Einsatz von Schutzmaßnahmen (insbesondere RCD), die Aufteilung der Stromkreise für IT- und Allgemeine Verbraucher ist nach AMEV Empfehlung Eit-Anlagen 2020 Pkt. 3.6.1, 3.6.2 bzw. 3.3 [3] auszuführen.

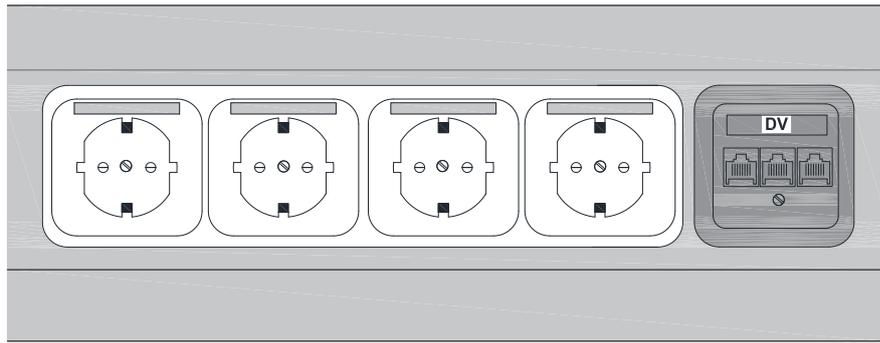


Abbildung 45: Beispielhafte Ausstattung eines Standard-DV-Arbeitsplatzes

Es sind für Schuko-Steckdosen und Kommunikationsanschlüsse getrennte Abdeckrahmen zu verwenden.

Leistungswerte für die Ermittlung einer Leistungsbilanz sind in der AMEV Empfehlung EltAnlagen 2020 im Abschnitt 1.3 enthalten.

4.2 Leitungsverlegung, Kanalsysteme

Die Verlegung von Datenleitungen aus Kupfer richtet sich nach AMEV Empfehlung EltAnlagen 2020 Pkt. 3.5.

Bei dem Einsatz von PoE (siehe Abschnitt 3.3.1) sind die thermischen Auswirkungen (Erwärmung der Datenkabel durch Energieübertragung) insbesondere bei gebündelter Verlegung wie z. B. in Kabelkanälen oder -rinnen zu berücksichtigen. Zulässige Kabeltemperaturen sind nicht zu überschreiten. Auf geeignete Verlegungen (z. B. nicht zu große Bündel, Abstände, Trennstege) ist zu achten.

Die Trennung zwischen Daten- und Energiekabel ist in der EN 50174-2 [18] detailliert beschrieben.

4.3 Elektromagnetische Verträglichkeit, Schirmung und Potentialausgleich

4.3.1 Elektromagnetische Verträglichkeit

Die Einhaltung der Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) gemäß EMVG [43] (Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Geräten) ist durch Auswahl geeigneter Materialien und eine fachgerechte Ausführung sicherzustellen. Im Bereich der EMV sind insbesondere die folgenden Normen zu beachten:

- Störaussendungen DIN EN 61000-6-3 [31]
Fachgrundnorm Störaussendung für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbegebiet sowie Kleinbetriebe,
- Störfestigkeit DIN EN 61000-6-1 [30]
Fachgrundnorm Störfestigkeit für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbegebiet sowie Kleinbetriebe.

Durch das EMVG werden Auflagen gemacht, inwieweit ein vollständiges Netzwerk, einschließlich angeschlossener Netzkomponenten, Störstrahlungen aussenden und gegen Störeinstrahlungen empfindlich sein darf. Nur durch die genaueste

Beachtung der Installationsrichtlinien bezüglich Schirmung und Erdung ist es möglich, diese Vorschriften einzuhalten.

Beim Einsatz von Kupferkabeln kommt der Schirmung und Erdung eine besondere Bedeutung zu. EMV-Störungen sind elektrisch unsymmetrisch, die Störquelle erzeugt eine Interferenz. Ein Geflecht aus feinen Drähten als gemeinsamer Gesamtschirm unterbindet zusammen mit der metallischen Folie um die einzelnen Leiterpaare die elektrostatische Beeinflussung (Faradayscher Käfig), magnetische Felder sind durch Gegeninduktion stark verringert und hochfrequente Strahlungsfelder mit ihrer geringeren Eindringtiefe erreichen so nicht das Innere des abgeschirmten Leiterkreises. Dabei ist jedoch immer das gesamte System, bestehend aus den Anschlussdosen, Kabeln, Verteilern aber auch den aktiven Netzkomponenten, zu betrachten.

Hinweis: Für LAN ist grundsätzlich die Einhaltung der DIN EN 61000-6-3 und der DIN EN 61000-6-1 zu fordern.

Weitere Ausführungen bezüglich der Schutzmaßnahmen gegen elektromagnetische Störungen in Anlagen von Gebäuden enthält AMEV Empfehlung EITAnlagen 2020 Abs. 4.3 [3].

4.3.2 Erdung und Potentialausgleich

Die Grundlagen bezüglich Schirmung und Potentialausgleich sind in der AMEV Empfehlung EITAnlagen 2020 Abs. 4.2.2 und 4.3 enthalten.

Die folgenden zusätzlichen Maßnahmen sollten betrachtet werden:

- In den Kanälen alle 3 m Erdungsklemmen vorsehen.
- Datenanschlussdosen mit mindestens 2,5 mm² Kupfer an die Erdungsklemmen anschließen.
- Die Erdungsleitungen von den Kabelkanälen werden auf die Potentialausgleichsschiene im Datenverteilteraum geführt.
- Einen Erdungspunkt je Datenverteilteraum vorsehen, der mit mindestens 25 mm² Kupfer direkt mit dem zentralen Erdungspunkt (ZEP) des Gebäudes verbunden wird.
- Falls eine direkte Verbindung zum ZEP nicht möglich ist, kann alternativ eine Verbindung mit 16 mm² Kupfer zur Potentialausgleichsschiene in der Etage vorgesehen werden.
- Verbinden der Datenverteilerschränke mit 10 mm² Kupfer mit der Potentialausgleichsschiene im Datenverteilteraum.
- Alle Einbauten (z. B. Patchfelder) und Bauteile (z. B. Seitenwände) in den Datenverteilerschränken mit mindestens 2,5 mm² Kupfer verbinden.

Es sind ausschließlich geschirmte Komponenten einzusetzen → S/FTP-Kabel.

Bei Anschluss an eine geschirmte Verbindungskomponente (z. B. Kabel und Stecker) ist darauf zu achten, dass eine 360° Kontaktierung des Kabelschirms entsteht. Die Schirmung der Netzkabel muss beidseitig angeschlossen werden und durchgängig verlaufen, um eine normenkonforme Abschirmung gegen hochfrequente Störungen zu erreichen. Das gilt auch für die Arbeitsplatz- und Geräteverkabelung (Patchkabel, Anschlusskabel), die nicht zu der Installationsstrecke gehören, aber Teil der Übertragungsstrecke sind.

Erdung und Potentialausgleich ist für die Sicherheit von Personen und Geräten und für die Störfestigkeit gegen elektromagnetische Störungen von großer Bedeutung. Das setzt ein TN-S Netz voraus. Der Potentialausgleich sorgt dafür, dass

keine Potentialdifferenz (Spannung) zwischen den Geräten entsteht und somit keine Ausgleichsströme fließen.

In DIN VDE 0100-540 [41] sind Mindestquerschnitte für den Schutz- und Potentialausgleichsleiter festgelegt. 2,5 mm² bei mechanisch geschützter Verlegung, 4 mm² bei ungeschützter Verlegung.

Weitere Hinweise sind DIN EN 50174 [17-19] und DIN EN 50310 [22] zu entnehmen.

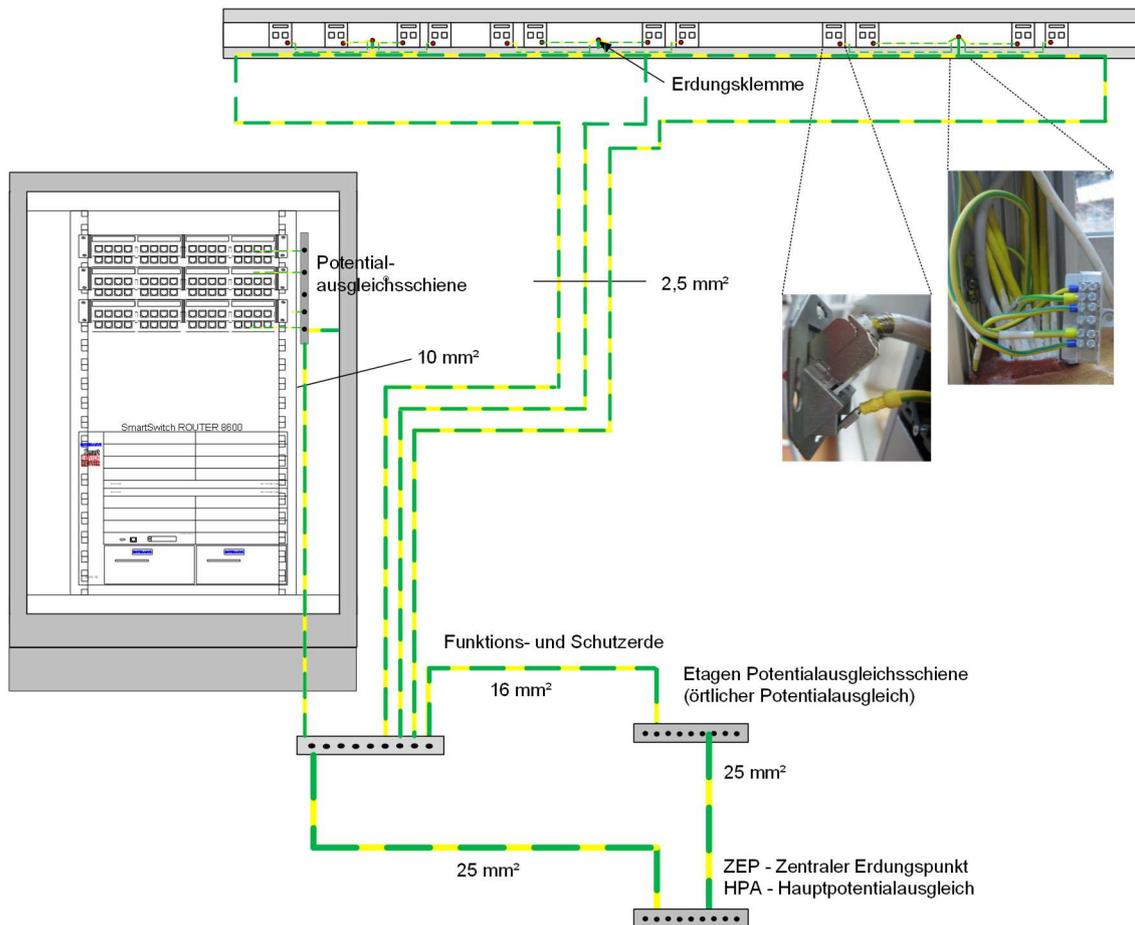


Abbildung 46: Erdungsmaßnahmen mit Beispielfotos

Der Schutzleiter hat den Zweck Personen gegen elektrischen Schlag zu schützen. Durch die Erdung des Schutzleiters sowie von metallischen Bauteilen wird ein Potentialausgleich zwischen allen geerdeten Komponenten hergestellt. Damit werden Personenschäden durch Berühren von Bauteilen mit unterschiedlichen Spannungspotentialen verhindert.

Wenn eine Schutzterde nur auf den Personenschutz ausgelegt ist und nicht auf die Funktion der Anlage/Geräte kann es erforderlich sein, eine zusätzliche Funktionserde anzuschließen, um neben dem Personenschutz die elektromagnetische Verträglichkeit einer elektrischen Anlage zu gewährleisten.

Der Funktionspotentialausgleich ist somit ein Potentialausgleich aus betrieblichen Gründen, der jedoch nicht der Sicherheit von Personen dient. Die Funktionserde ist nicht dafür vorgesehen Schutzleiter-Funktionen zu übernehmen, umgekehrt kann dies jedoch gegeben sein. Bei dem Funktionspotentialausgleich wird das einwandfreie Funktionieren bzw. den störungsfreien Betrieb elektrischer Anlagen gewährleistet. Eine Funktionserdung leitet Störströme und Störquellen ab, erdet Antennen und andere Geräte, die Funkwellen empfangen und legt gemeinsame Bezugspotentiale zwischen elektrischen Einrichtungen und Geräten fest.

4.4 Sicherheitstechnische Maßnahmen

Sicherheitstechnische Maßnahmen müssen ganzheitlich im Rahmen einer Risikoanalyse betrachtet werden. Dazu muss jeder Teilbereich seinen Beitrag leisten und einen Schutz vor unberechtigtem Zugriff auf die Daten, Anwendungen und Geräte sowohl über die Anschlüsse und Netze, als auch über den unberechtigten Zutritt zu den Räumen und Trassen bieten. Das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) hat hierfür in dem IT-Grundschutzkompendium [56] und der Technischen Leitlinie für organisationsinterne TK-Systeme mit erhöhtem Schutzbedarf (TLSTK) [60] Empfehlungen bekannt gegeben. Es sollten Gefährdungen zu folgenden Themen betrachtet werden:

- organisatorische Mängel
- menschliches Fehlverhalten
- technisches Versagen
- höhere Gewalt
- vorsätzliche Handlungen

Die Themen organisatorische Mängel, menschliches Fehlverhalten und technisches Versagen müssen im Betrieb (siehe Abschnitt 7.2) berücksichtigt werden.

Beeinträchtigungen durch höhere Gewalt können nicht völlig ausgeschlossen werden. Eine Minimierung ist durch sorgfältige Auswahl der Standorte, der baulichen Sicherung und durch Redundanzen bei zentralen und peripheren Geräten sowie der Versorgung möglich.

Bei vorsätzlichen Handlungen muss darauf geachtet werden, dass die Einstiegschürden zu den gefährdeten Objekten möglichst hoch sind und sich der Aufwand für einen eventuellen Angreifer nicht lohnt.

4.4.1 Schutz vor unberechtigtem Zutritt zu den Datenverteilteräumen

Der Zugang zu den Server- und Datenverteilteräumen ist auf Personen zu beschränken, die aus Sicht der nutzenden Verwaltung dazu eine Berechtigung haben. Ebenso sind die Komponenten der Energieversorgung vor dem Zugriff von Unbefugten zu schützen. Ein grundlegender Schutz vor unberechtigtem Zutritt kann oft durch bauliche Vorkehrungen erreicht werden. Türen und Fenster zu Räumen mit Servern, aktiven Komponenten und Verteilern müssen eine, ggf. abhängig von örtlichen Gegebenheiten, erhöhte Widerstandsklasse aufweisen und verschlossen sein. Im Schließplan wird für diese Räume die Einrichtung einer separaten Schließgruppe empfohlen. Dazu ist es sinnvoll und konsequent, dass die Zugangstüren selbst von der Flurseite nur mittels Schlüssel zu öffnen sind. Türschilder sollten neutral gehalten werden, so dass die tatsächliche Nutzung nicht sofort erkennbar ist.

Ist im Gebäude eine elektronische Schließanlage vorhanden, ist es sinnvoll, die Türen zu den Datenverteilteräumen in die Schließanlage mit einzubeziehen. Dies bietet eine höhere Sicherheit. Aufgrund der Sicherheit wäre es ratsam eine elektronische Schließanlage für die Türen zu den Datenverteilteräumen zu installieren, auch wenn das Gebäude über keine elektronische Schließanlage verfügt. Der Verlust eines Schlüssels wäre problemlos zu beheben, da das Identmittel dann lediglich ausprogrammiert werden müsste (verschieben in die Blacklist). Bei nur wenigen Türen wäre eine Offline-Schließanlage am wirtschaftlichsten.

Hinweise zu elektronischen Schließanlagen können demnächst der AMEV Empfehlung elektronische Zutrittskontrollanlagen (eZKA 202x) entnommen werden⁸).

Liegt ein höheres Schutzbedürfnis vor, ist zusätzlich zu den besonderen baulichen Maßnahmen der Einsatz von Zutrittskontroll- und Einbruchmeldeanlagen (siehe AMEV Empfehlung EMA/ÜMA 2019 [4], TI-Schließanlagen) bei den entsprechenden Räumen und ggf. Trassen angebracht.

4.4.2 Zusätzliche Schutzmaßnahmen

Die Installation von Datenverteilerschränken, Kabeln und aktiven Komponenten ist im Brandschutzkonzept zu berücksichtigen. Bei dem Austausch von aktiven Komponenten (z. B. beim Einsatz von PoE) kann eine Aktualisierung des Brandschutzkonzeptes erforderlich werden. Dies kann zur Folge haben, dass eine Brandmeldeanlage (siehe AMEV Empfehlung BMA 2019 [2]) geplant und installiert werden muss. Ist in dem Gebäude eine Brandmeldeanlage vorhanden, sind die Datenverteiler- und Serverräume mit in die Überwachung einzubeziehen.

Es ist eine Brandfallsteuermatrix für Datenverteilerräume in Zusammenarbeit mit der nutzenden Verwaltung zu erstellen.

Ist in einem Gebäude eine Gebäudeautomation vorhanden, ist mit dem Nutzer bzw. Betreiber abzustimmen, ob und welche Datenpunkte (z. B. Schrankmanagement, Zutrittskontrolle, Feuchtemelder) aus den Datenverteilerräumen und den dort eingesetzten technischen Geräten aufzuschalten sind.

Hinweis: Not-Aus-Schalter sind in Datenverteilerräumen grundsätzlich nicht zu installieren, können jedoch in begründeten Ausnahmefällen nach Anforderung der nutzenden Verwaltung notwendig werden.

4.5 Lüftung / Kühlung

Die nachfolgenden Ausführungen gelten nicht für Rechenzentren. Hierfür sind detaillierte Einzelplanungen erforderlich.

4.5.1 Datenverteilerräume

Bei Räumen mit Servern oder aktiven Elementen ist aufgrund der Umsetzung der elektrischen Energie in Wärme für eine ausreichende Lüftung/Klimatisierung zu sorgen.

Durch RLT-Anlagen sind in Abhängigkeit der spezifischen Randbedingungen (Raum, Geräte, Arbeitsplätze usw.) folgende Funktionen sicherzustellen:

- Raumbel- und -entlüftung (Sicherstellung Mindestaußenluftanteil)
- Raumkühlung (Sicherstellung Soll-Raumtemperatur)
- Raumklimatisierung (Sicherstellung Soll-Raumtemperatur und Soll-Raumfeuchte)

Auslegungsgrundlagen für die erforderlichen RLT-Anlagen enthält die VDI-Richtlinie VDI 2054 [61], die VDI 2078 [63] sowie die AMEV Empfehlung RLT-Anlagenbau 2018 [5].

Die Erfahrung aus zahlreichen realisierten Projekten hat gezeigt, dass für die Einhaltung der Soll-Raumtemperaturen eine natürliche Querlüftung nicht ausreichend ist und sich Nachteile in Bezug auf die Luftqualität ergeben.

⁸ Bis dahin steht die TI-Schließanlagen 2015 [59] des Landes Niedersachsen weiter zur Verfügung

Für DV-Räume ohne ständige Arbeitsplätze werden in der VDI 2054 Raumtemperaturen von 27°C empfohlen (Messung an der Ansaugseite der aktiven Komponenten). Die Anforderungen sind im Einzelfall auf die geplanten Server und Netzkomponenten abzustimmen und an den oberen Grenzwerten zu orientieren (Energieeinsparung).

Bei DV-Räumen mit ständigen Arbeitsplätzen darf die Raumtemperatur nicht über den Grenzwerten der Arbeitsstättenrichtlinie liegen. Der erforderliche Mindestaußenluftanteil ist sicherzustellen.

Maßnahmen zur Einhaltung spezieller Raumluftfeuchten sollten nur in begründeten Einzelfällen zum Einsatz kommen. In diesen Fällen sind aus wirtschaftlichen Gründen dezentrale Lösungen anzustreben (z. B. Schrankklimatisierung).

Für die Auswahl der raumluft- und kältetechnischen Anlagen sind die Raum- und Geräteaufstellungssituation, die Lasten sowie die akustischen Randbedingungen (Körper- und Luftschall) zu berücksichtigen.

Die Rückkühleinheiten der Kälteanlagen sollen möglichst an einem kühlen Ort mit natürlicher Be- und Entlüftung platziert werden. Optimal sind Aufstellungsorte mit sommerlicher Verschattung.

Mögliche Gerätearten:

- Umluftkühlgeräte; Tauscher beaufschlagt mit Kaltwasser bzw. Wasser/Glykologemisch
- Split-Klimageräte; Beaufschlagung mittels Kältemittel; Innen- und Außeneinheit
- Präzisionsklimageräte (nur in seltenen Ausnahmefällen)

Weitere Planungshinweise

- Aufgrund der Staubempfindlichkeit der DV-Geräte ist die Raumzuluft mindestens mit einem Filter der Klasse ISO COARSE 60% - DIN EN ISO 16890 [38] zu filtern.
- Die Kühllast des Datenverteilterraums errechnet sich aus den inneren Lasten (Zusammenstellung der Leistungsaufnahme im Betrieb von sämtlichen Einzelkomponenten wie Server, Netzwerkkomponenten, USV, Modems, Zubehör usw. einschließlich Reserven für eine mögliche Vollausrüstung) und den äußeren Lasten (gem. VDI 2078 [63]). Bei der Berechnung der Kühllast sind Reserven einzukalkulieren.
- Die Notwendigkeit von Redundanz und Ersatzstromversorgung für die RLT- und kältetechnischen Anlagen sind mit der nutzenden Verwaltung abzuklären.
- Die warme Abluft der Geräte ist auf kürzestem Weg und ohne andere Server thermisch zu beeinflussen abzuführen. Das ungehinderte Nachströmen der gekühlten Zuluft in den Bereich der aktiven Komponenten und Serverschränke ist sicherzustellen (z. B. in Doppelbodenbereichen über Leitbleche oder Kanäle). Ein 60-facher Luftwechsel sollte nicht überschritten werden (Recknagel, Sprenger, Schrameck 2013/14 [58]). Es ist im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit bei der Planung auf eine optimale Luftführung im Raum sowie eine sinnvolle Anbringung von Thermostaten und Lufttemperatursensoren zu achten. „Wärmenester“ und lufttechnische „Kurzschlüsse“ sind durch Optimierung der Luftströmung im Raum zu vermeiden.

Bei Störungen der RLT-Anlage bzw. bei negativer Änderung des Raumklimas (Überschreiten der Grenzwerte) sind entsprechende Schutzmaßnahmen erforderlich, die individuell, gemäß den Anforderungen der nutzenden Verwaltung, festgelegt werden müssen (z. B. Temperaturwächter mit Alarmierung und Weiterleitung zum IT-Administrator und/oder einer ständig besetzten Stelle).

Wirtschaftlichkeit / Energieeffizienz

Die Wirtschaftlichkeit der Nutzung einer direkten freien Kühlung (Raumkühlung mittels Außenluft) oder einer indirekten freien Kühlung (Rückkühlung mittels Außenluft ohne Kältemaschine; Wasser/Glykolegemisch als Kälte-träger) sollte geprüft werden.

Zum Nachweis der Wirtschaftlichkeit der Anlagenkonfiguration ist eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung gem. VDI 2067 [62] zielführend.

Eine Abwärmenutzung aus dem Datenverteilteraum ist im Hinblick auf ihre Wirtschaftlichkeit zu überprüfen (z. B. Einsatz von Wärmepumpen; Beheizung von Nebenräumen).

Vorschläge für Maßnahmen zur Energieeinsparung und Steigerung der Energieeffizienz in Abstimmung mit der nutzenden Verwaltung:

- Möglichst hohe Rücklufttemperaturen
- Beschaffung von IT-Komponenten mit höchster Energieeffizienzklasse
- Durchlüftung bestehender Datenverteilerschränke verbessern
- Für den Betrieb nicht notwendige wärmeemittierende Geräte aus dem Datenverteilteraum entfernen, um die Kühllast zu reduzieren.
- Betrieb der Server-/Rechnerräume im Energiemonitoring/-controlling energetisch abbilden und auf Einsparpotentiale (z. B. bedarfsabhängige Bereitstellung der Kälteleistung, frühzeitiges Erkennen und Beseitigen von Störungen oder auffälligen Abweichungen vom Normalzustand) untersuchen.
- Wahrnehmung der Aufgaben der Betriebsführung (gemäß RBBau, K15)

Instandhaltung

Für einen dauerhaft sicheren Betrieb der RLT- und Kälteanlagen sind regelmäßige Instandhaltungsmaßnahmen vorzusehen. Die Empfehlung für einen Instandhaltungsvertrag (Inspektion, Wartung und Instandsetzung) sollte sich dabei nicht an dem Wert der instand zusetzenden Geräte orientieren. Empfohlen wird die Orientierung an den Kosten, die der nutzenden Verwaltung entstehen, wenn z. B. die PC nicht benutzt werden können, da die aktiven Komponenten wegen Über-temperatur ausgefallen sind. Der nutzenden Verwaltung sollte der Abschluss eines Instandhaltungsvertrages (Inspektion mindestens einmal pro Jahr, besser alle halbe Jahre) der luft- und kältetechnischen Anlagen dringend empfohlen werden.

Bei der Vorbereitung der Ausschreibung ist mit der nutzenden Verwaltung zu klären, ob ein Instandhaltungsvertrag mit ausgeschrieben werden soll. Das Ergebnis der Abstimmung ist auf dem Formblatt 112 des Vergabehandbuches (VHB) [65] zu dokumentieren. Es wird die Verwendung eines aktuellen AMEV Vertragsmusters empfohlen.

4.5.2 Datenverteilerschränke

Dieser Abschnitt gilt für Verteilerschränke, die nicht in einem Rechenzentrum stehen. Zur Wärmeabfuhr innerhalb der Verteilerschränke kommen folgende Systeme zum Einsatz:

- Passive Kühlung
 - statische Lüftung (natürlicher Luftwechsel)
- Aktive Kühlung
 - dynamische Lüftung (erzwungener Luftwechsel durch Ventilatoren)
 - Wärmetauscher
 - Schaltschrank-Kühlgeräte (geschlossener Kältekreislauf)
- Peltier/Thermoelektrik-Kühlgeräte (elektrische Wärmepumpe)

Eine Raumbelüftung oder -kühlung ist Voraussetzung für das Funktionieren der Schrankbelüftung. Die Angaben zur Wärmeabgabe erfolgen durch die nutzende Verwaltung.

Die Wärmeabgabe von aktiven Netzkomponenten wird von den Herstellern üblicherweise in BTU angegeben. Es gelten folgende Umrechnungsfaktoren:

$$\begin{array}{ll} 1 \text{ kW} & = 3.414 \text{ BTU/h} & 1.000 \text{ BTU/h} & = 0,293 \text{ kW} \\ 1 \text{ kWh} & = 3.414 \text{ BTU}^9) & 1.000 \text{ BTU} & = 0,293 \text{ kWh} \end{array}$$

Statische Lüftung

Diese Variante ist nur dann möglich, wenn mit geringen thermischen Lasten zu rechnen ist.

Hinweise zur Ausführung der Schränke:

- Kiemenbleche unten und oben
- Sockelelement mit Lüftungsöffnungen
- Sichttür vorn und Tür hinten mit Lüftungsöffnungen
- Stahlblechtür belüftet mit perforierter Fläche (Lufteintrittsöffnungen)
- Lufteintrittsöffnungen mit Filtermatten

Dynamische Lüftung

Die Notwendigkeit der dynamischen Schrankbelüftung ist grundsätzlich gegeben, wenn aktive Komponenten eingebaut werden.

Der Einbau von Deckenventilatoren mit Anschluss an die Schranküberwachung ist der Standardfall. Zusätzlich kann zur Anpassung des Luftvolumenstromes (und damit der Kühlleistung) ein Drehzahlregler für die Ventilatoren eingebaut werden. Beim Einsatz eines Deckenventilators oder einer Deckenventilatoreinheit handelt es sich um eine Sauglüftung mit Unterdruck im Verteilerschrank. Die Luftnachströmung ist über Filtermatten sicherzustellen.

Die nutzende Verwaltung des Datenverteilterraums hat dafür zu sorgen, dass die Filtermatten im Bedarfsfall gewechselt werden.

Die Verteilerschrankbelüftung ist mit dem gewählten System zur Raumbel- und -entlüftung abzustimmen.

Auf Grund zunehmender Wärmeabgaben der IT-Komponenten können Wirtschaftlichkeitsüberlegungen oder begrenzte Raumkühlmöglichkeiten zusätzliche Kühlsysteme erforderlich machen.

Wärmetauscher

Marktübliche Systeme bestehen aus Luft-Wasser-Wärmetauschern sowie lastabhängig drehzahlgeregelten Ventilatoren. Möglich ist der Einsatz von Wandanbaugeräten. Die Beaufschlagung erfolgt mittels Kaltwasser oder eines Wasser/Glykolgemischs.

Schaltschrank-Kühlgeräte (geschlossener Kältekreislauf)

Schaltschrank-Kühlgeräte verfügen über einen geschlossenen Kältekreislauf. Durch die Funktionsweise ist es möglich, die Innentemperatur des Schaltschran-

⁹ BTU: Britisch thermal unit = Einheit der Energie, Formelzeichen: W

kes auf ein niedrigeres Niveau als die Umgebungstemperatur zu bringen. Als Bauformen werden Anbaugeräte, Einbau- und Halbeinbaugeräte auf dem Markt angeboten. Es ist darauf zu achten, dass die Abluft des Gerätes abgeführt wird. Je nach Größe des Raumes kann sich der Raum ansonsten aufheizen, was sich negativ auf die effektive Kühlleistung des Gerätes auswirkt.

Peltier/Thermoelektrik-Kühlgeräte

Das Prinzip der Peltier-Kühlung entspricht dem einer elektrischen Wärmepumpe. Der Wärmetauscher an der Schaltschrankaußenseite wird mit Umgebungsluft gekühlt. Vorteil der Peltier-Kühlung ist vor allem die Funktionssicherheit. Es gibt keine Flüssigkeiten und somit keine Gefahr von Leckagen. Einen Luftaustausch zwischen Schaltschrankinnenraum und Umgebungsluft gibt es nicht.

5 Systembegleitende bauliche Komponenten

5.1 Allgemeines

Unter systembegleitenden baulichen Komponenten wird im Wesentlichen die bauliche Gestaltung der Räume verstanden, in denen zentrale Einrichtungen zu dem Betrieb von IT-Einrichtungen untergebracht werden. Dies können sein:

- Gebäude- bzw. Standortverteilteräume
- Etagenverteilteräume mit aktiven Netzkomponenten und Servern
- Etagenverteilteräume mit aktiven Netzkomponenten ohne Server

Gebäude- bzw. Standortverteiler müssen in eigenen Räumen untergebracht werden. Türschilder von diesen Räumen sollten neutral gehalten werden, so dass die tatsächliche Nutzung nicht sofort erkennbar ist. Etagenverteiler mit aktiven Netzkomponenten können in Ausnahmefällen, bei kleinen Dienststellen mit nur wenigen Arbeitsplätzen, in einem der Büros untergebracht werden. Eine Kombination mit der Niederspannungshauptverteilung ist aber generell unzulässig.

Die Einbringwege für große oder schwere Schränke, usw. sind zu berücksichtigen.

5.2 Verteilerräume

5.2.1 Größe und Lage

Die notwendige Größe richtet sich primär nach der Anzahl der notwendigen Verteilerschränke. Nach DIN EN 50174-2 [18] wird bei einem Raum mit einem Schrank eine Fläche von 7 m² (optimal 2,2 m x 3,2 m – an drei Seiten sollte zwischen Schrank und Wand 1 m Abstand sein) benötigt. Für jeden weiteren Schrank werden weitere ca. 3,0 m² erforderlich. Zuschläge können für Server (Schränke 1200 mm tief, statt 1000 mm) oder Arbeitsplätze für Bedienpersonal erforderlich werden. Es ist möglich Etagen- und Gebäudeverteilteräume bzw. Gebäude- und Standortverteiler in einem Raum zusammenzufassen.

Optimal sind Räume im Flächenschwerpunkt des Gebäudes (um die Kabellängen zu minimieren) ohne nennenswerte Wärmebelastung durch benachbarte Räume oder Fenster (optimal: fensterlos, Nordseite). Die Räume sollten oberhalb des Erdgeschoßes angeordnet werden. Räume im Untergeschoß sind wegen Überflutungsgefahren, Räume mit Fenstern im Erdgeschoß wegen Einbruchgefahren, zu vermeiden.

Bei Sanierungsmaßnahmen von Bestandsgebäuden kann es unter Umständen schwer zu realisieren sein, dass die Räume im Flächenschwerpunkt (Abbildung 47), fensterlos und nicht im Keller untergebracht werden. Dies ist im Zuge der Planung zu dokumentieren und ggfs. sind Gefahren durch zusätzliche bauliche oder technische Lösungen zu minimieren.

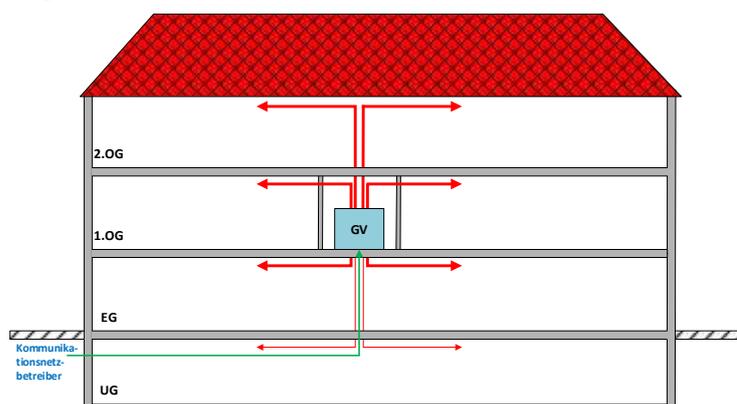


Abbildung 47: Optimal: Gebäudeverteiler im Flächenschwerpunkt

Im Zuge von Neubaumaßnahmen ist bei der Planung auf die optimale Platzierung der Räume zu achten. Sollte bei der Planung aus nicht technischen Gründen, seien es architektonische/gestalterische oder andere Gründe, der Raum nicht im Flächenschwerpunkt oder fensterlos geplant und errichtet werden können, so ist dies zu dokumentieren. Durch den Verursacher ist dies im Zuge einer Gegenüberstellung der Mehrkosten für evtl. längere Kabelwege, höhere Kosten für Klimatisierung der Räume oder damit verbundene Kosten aufzustellen und zu dokumentieren.

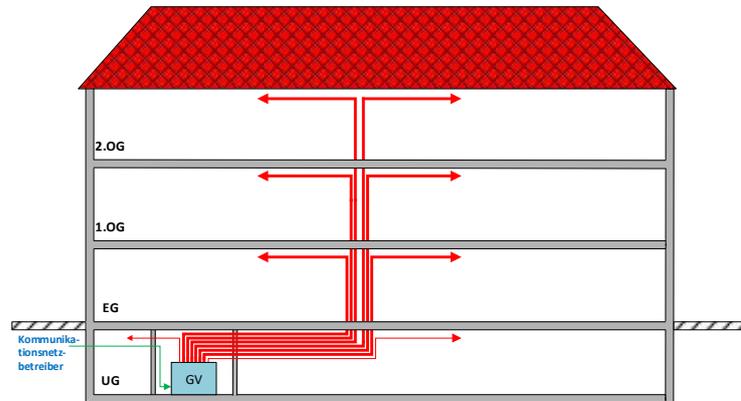


Abbildung 48: Nicht optimal: Gebäudeverteiler im Keller und dezentral

Wasserführende Rohre sind in Verteilerräumen oder in den Räumen darüber zu vermeiden. Ist dies nicht möglich, so sind die Rohre so zu schützen, dass für die installierte Technik keine Gefahr besteht. Eine Heizung ist wegen der hohen inneren Wärmelasten grundsätzlich nicht erforderlich. Der zuständige Fachplaner ist entsprechend zu informieren.

Erfahrungsgemäß wird für jeweils 264 Kommunikationsanschlüsse ein Verteilerschrank benötigt. In diesem Wert sind die für die aktiven Netzwerkkomponenten notwendigen Flächen berücksichtigt. Hinzu kommt der Platzbedarf für Server. Die Verteilerschränke sind so anzuordnen, dass sie von vorn und hinten zugänglich sind. Es sollte möglich sein, bei geöffneten Türen an den Verteilerschränken vorbeizugehen. Bei schmalen Räumen können bei Bedarf Verteiler mit geteilten Türen (siehe Schränke in Abbildung 50) beschafft werden.

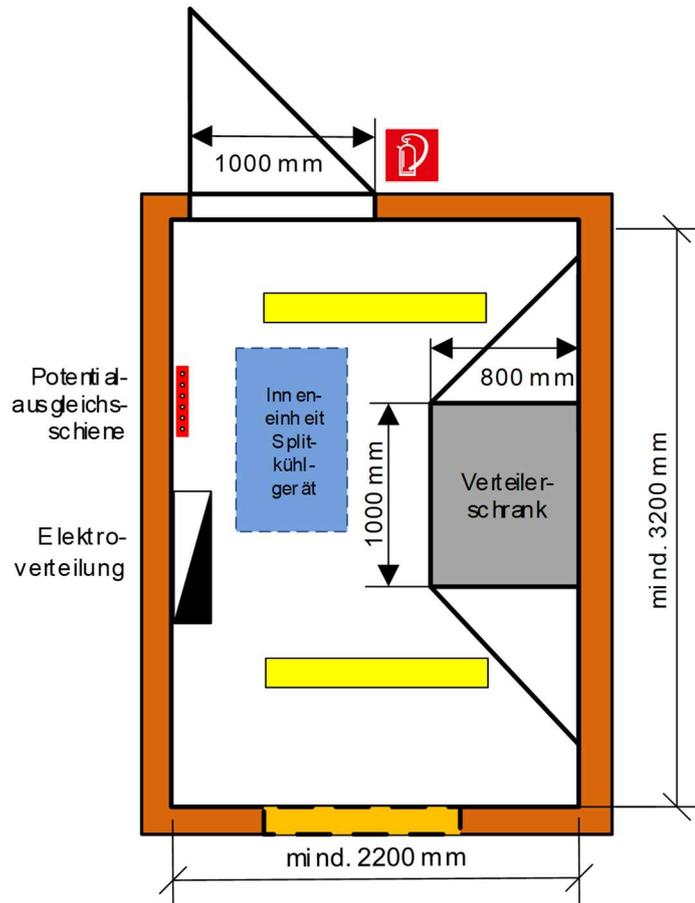


Abbildung 49: Verteilerraum mit einem Etagenverteilerschrank

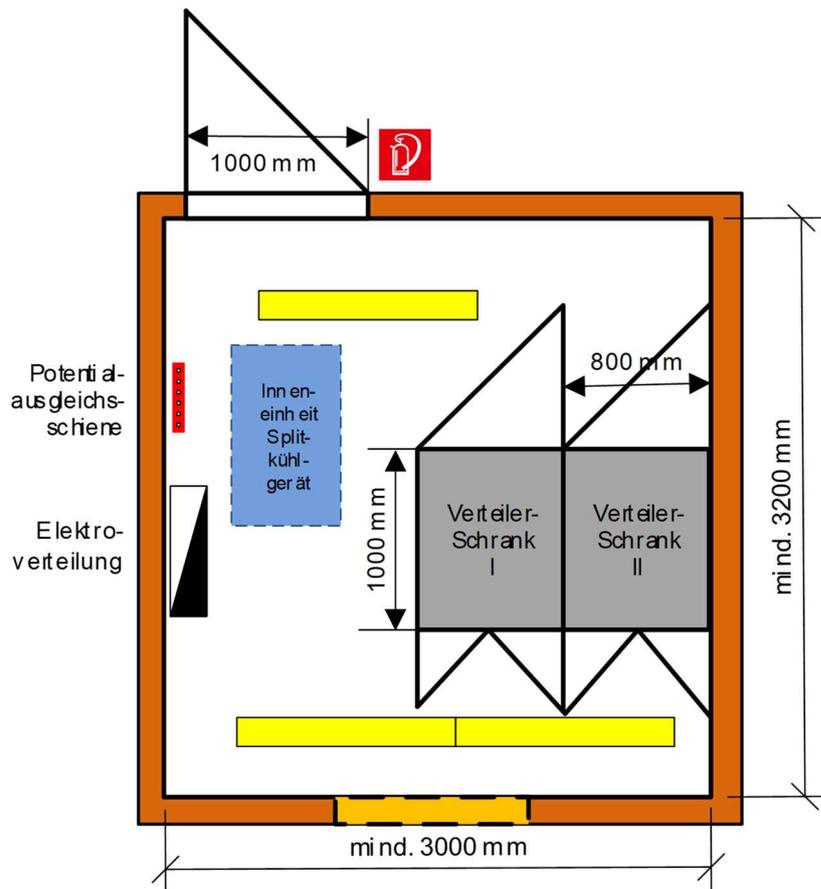


Abbildung 50: Verteilerraum mit zwei Etagenverteilerschränken

5.2.2 Bauliche Gestaltung

Raumhöhe

Mindestens 2,60 m im Lichten nach DIN EN 5017-2 Pkt. 8.3.8.1.4.

Decke und Fußboden

Feuerwiderstandsklasse F90 AB. Die Flächenbelastbarkeit sollte $> 5 \text{ kN/m}^2$, die Punktbelastbarkeit $> 1 \text{ kN}$ betragen.

Wände

Glatte, staubfreie Wände. Feuerwiderstandsklasse F90 AB. Keine auf Putz befindlichen Installationen, welche durchgehende Stellflächen verbauen.

Die Feuerwiderstandsdauer wurde festgelegt, damit nach Möglichkeit Brände in benachbarten Räumen die Verteilerräume nicht schädigen. Ein betriebsbereiter Verteilerraum ist heute für jede nutzende Verwaltung unverzichtbar.

Türen

Türbreite mindestens 1000 mm und 2130 mm hoch nach DIN EN 50173-2 Pkt. 8.3.8.4 [18], für stehenden Transport der Verteilerschränke geeignet (siehe auch Abbildung 51) T30 mit Rauchschutz, Widerstandsklasse RC2 nach DIN EN 1627 [14]. Außen feststehender Griff oder Knauf, abschließbar, innen Drückergarnitur mit Panikverschluss, nach außen aufschlagend, da elektrischer Betriebsraum.

Die Zugangsüberwachung und Absicherung ist zu gewährleisten und in geeigneter Form einzurichten (z. B. Codeschloss, Schlüsselverwaltung).

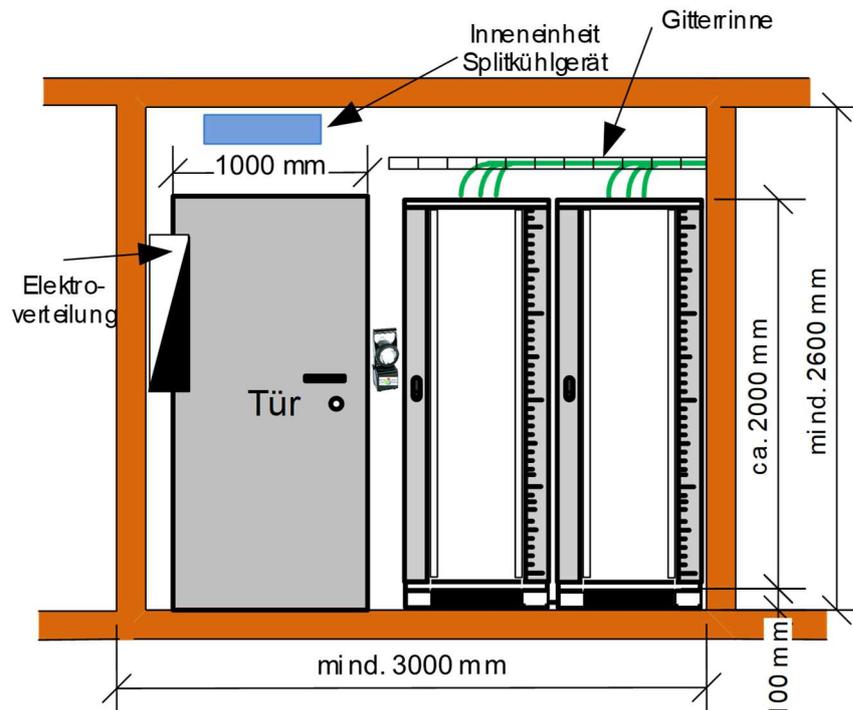


Abbildung 51: Schnitt durch einen Verteilerraum

Fenster

Grundsätzlich sind in Datenverteilerräumen keine Fenster notwendig, sofern in den Räumen keine ständigen Arbeitsplätze eingerichtet sind. Im Erdgeschoß sollte bei den Fenstern Widerstandsklasse P7B und im Obergeschoß (wenn nicht über andere Bauteile zu erreichen) Widerstandsklasse P6B nicht unterschritten werden. Alternativ kann auch eine entsprechende Folierung der Verglasung vorgesehen werden. Bei Bedarf ist Schutz gegen Einsichtnahme durch Jalousien oder Lamel-

len vorzusehen. Bei sonnenseitiger Lage ist ein außenliegender Sonnenschutz erforderlich.

Fußbodenbelag

Wischfähiger, PVC-freier, ableitfähiger Fußbodenbelag mit einem Ableitwiderstand von $< 10^8$ Ohm (siehe Abschnitt 6.4).

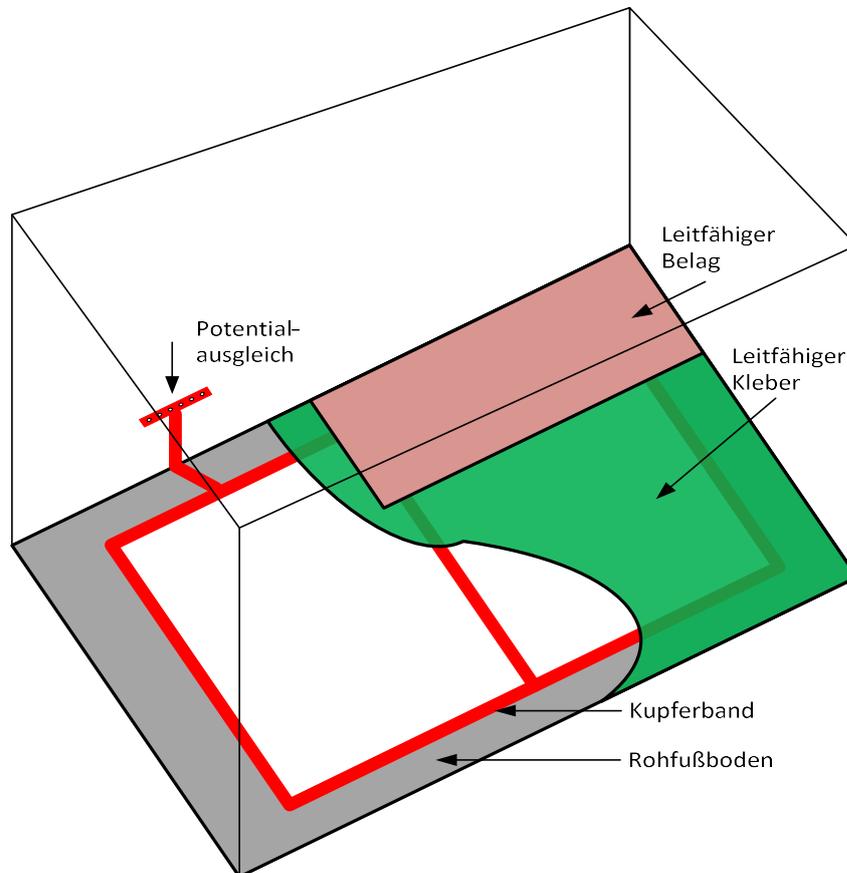


Abbildung 52: Aufbau von ableitfähigem Fußboden auf Kupferbändern

Im Verteilerraum ist ein ableitfähiger Fußbodenbelag erforderlich. Dabei gibt es zwei Arten der Verlegung eines ableitfähigen Fußbodens:

- Verlegen des Bodenbelags auf Kupferbändern
- Verlegen auf einer Leitschicht

Im Fußbodenbelag muss pro 30 m² ein Anschluss an den Potentialausgleich mit ca. 1 m Kupferband eingelegt sein.

Leitungsführung

Bei dem Einsatz von Doppelböden können die Kabel von unten eingeführt werden. Bei Lösungen ohne Doppelboden kann eine Gitterrinne über den Schränken für die Kabelzuführung genutzt werden. Besser ist es jedoch, die Kabel von unten einführen, damit sie nicht mit den Abluftöffnungen der Lüfter kollidieren.

6 Messungen

6.1 Allgemeines

Die Messung aller Kabelstrecken erfolgt vollumfänglich durch die Installationsfirma. Die Messung sollte vor Verschluss der Kabelwege erfolgen. Die Messprotokolle sind Voraussetzung für die Abnahme und dem Auftraggeber mindestens 2 Wochen vorher zur Verfügung zu stellen.

Stichprobenartige Kontrollmessungen der Kabelstrecken erfolgen zeitnah im Beisein des Auftraggebers und unabhängig von den Messungen der Installationsfirma. Grundlage der Messung bildet die EN 50174-1 [15] i. V. m. der DIN EN 50346 [23] in der jeweils gültigen Fassung. Es ist grundsätzlich die Messung der Installationsstrecke als Permanent-Link durchzuführen.

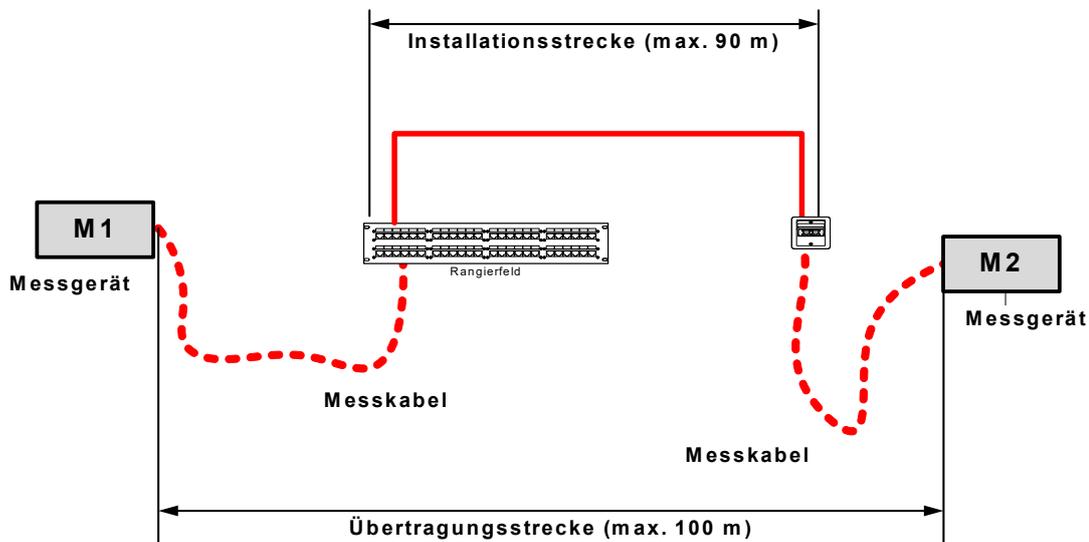


Abbildung 53: Messung der Installationsstrecke (Permanent-Link)

Zum Nachweis der Güte von Lichtwellenleiterfasern und Kupferkabeln sind vor Verlegung das Datenblatt und das Messprotokoll der Kabeltrommel zur Verfügung zu stellen. Sie werden Bestandteil der Dokumentation. Ergänzend sollte von einer Kabeltrommel ein Referenzkabel entnommen, gemessen und Bestandteil der Dokumentation werden.

Alle Messungen sind zu dokumentieren. Diese Dokumentation wird Bestandteil der Bestandsunterlagen.

Folgende Angaben sind den Messprotokollen für Lichtwellenleiter- und Kupferübertragungsstrecken gleichermaßen voranzustellen:

- Ausführende Firma, Name des Projektverantwortlichen, Name des Messenden mit Unterschrift
- Bezeichnung, Hersteller, Seriennummer und Prüfdatum der verwendeten Messausrüstung
- Bezeichnung und Version der verwendeten Auswertesoftware
- graphische Darstellung jedes verwendeten Messaufbaus

6.2 Lichtwellenleiterkabel

Vor der Messung ist ein Dämpfungsplan zu erstellen. Grundlage der Messung bildet die DIN ISO/IEC 14763-3 [39] i. V. m. der DIN EN 61280-4-1 [32] in der jeweils gültigen Fassung.

Die zulässigen Werte für die Spleißdämpfung betragen maximal 0,1 dB und für die Steckerdämpfung maximal 0,2 dB. Für die Rückflussdämpfung bei Einmoden-Lichtwellenleiter ist minimal 50 dB zulässig.

Die Messung hat als Rückstreuungsmessung mit einem Optischen Zeitbereichs-Reflektometer (OTDR), auf jeder Faser einer Übertragungsstrecke, beidseitig mit Vor- und Nachlaufsfaser, unter Ausschluss von Fremdsignalen zu erfolgen.

Die Vorlaufsfaser ist größer als die Totzone zu wählen. Die Stecker der Vor- und Nachlaufsfaser sind regelmäßig durch den Hersteller zu überprüfen. Die Überprü-

fung ist nachzuweisen. Steckerstirnflächen einschließlich der Vor- und Nachlauffaser sind vor der Messung zu kontrollieren und wenn notwendig zu reinigen. Die Verwendung von Adapterkabeln zwischen Vor- und/oder Nachlauffaser und zu messendem Objekt ist nicht zulässig.

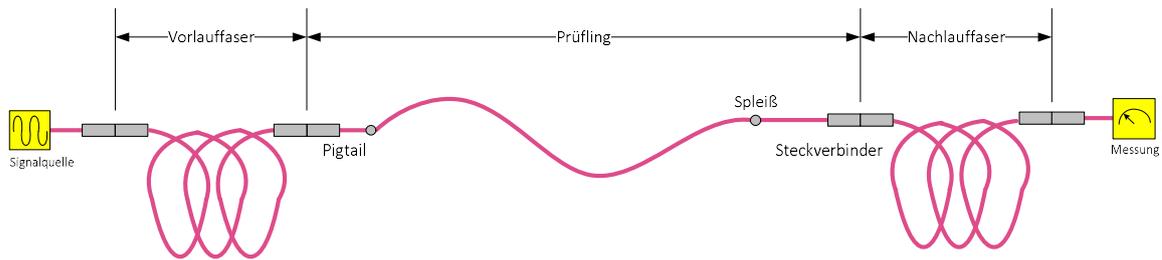


Abbildung 54: Messaufbau LWL

Für Mehrmoden-Lichtwellenleiter sind die Messungen bei Wellenlängen von 850 nm und 1310 nm durchzuführen. Die Länge von Vor- und Nachlauffaser beträgt mindestens 100 m.

Für Einmoden-Lichtwellenleiter sind die Messungen bei Wellenlängen von 1310 nm und 1550 nm oder von 1550 nm und 1625 nm durchzuführen. Die Länge der Vor- und Nachlauffaser beträgt mindestens 1000 m.

Es sind Messgeräte mit mindestens 2 Positionszeigern, welche sich auf beliebige Messpunkte einstellen lassen, zu verwenden. Die Positionszeiger sind am Anfang und Ende der Messstrecke zu positionieren. Das Messgerät ist auf den vom Kabelhersteller angegebenen faserspezifischen Brechungsindex einzustellen. Der Messbereich ist größer als die zu messende Streckenlänge zu wählen.

Es ist mit der kleinstmöglichen Pulslänge und der größtmöglichen Auflösung zu messen, wobei das Rauschen am Ende der Messkurve nicht größer sein soll als am Anfang. Die Messzeit beträgt mindestens 20 s pro Wellenlänge.

Jede Messung ist als Rückstreckkurve auf einem gesonderten Blatt zu dokumentieren. Die Darstellung der Einhaltung aller optischen Parameter der Spleiße erfolgt in einer Tabelle.

Folgende Angaben sind den Messprotokollen für LWL-Übertragungsstrecken voranzustellen:

- Bezeichnung und Hersteller (einschließlich Faserhersteller) des installierten Lichtwellenleiterkabels (bei „verlängerten“ Strecken sind Mehrfachangaben erforderlich)
- Kabelbezeichnung (Gebäude, Verteiler, Patchfeld, Port für beide Enden, vgl. 7.3.1)
- Verwendete Stecker und die Länge der Vor- und Nachlauffaser, einschließlich Nachweis der letzten Überprüfung der Vor- und Nachlauffasern und Messfasern
- Messgeräteeinstellungen mit Skalierungsfaktor, Wellenlänge, Messimpulsbreite und Anzahl der Einzelmessungen bzw. Mittelwertbildungen, einschließlich Kalibrierungsprotokoll.

Das Messprotokoll muss folgende Angaben je Faser enthalten:

- Datum und Zeit der Messung
- Fasernummer und Strangnummer
- Messrichtung von [Standort] nach [Standort]
- Faserlänge (automatisches Auslesen in Tabellenform)
- Lage und Dämpfungswerte der Ereignisse. Beidseitige Ereignisauswertung eines jeden Ereignisses aus den Messkurven der Rückstreuung in Form ei-

nes Soll/Ist-Vergleichs der Grenzwerte mit den Messwerten der eingebauten Komponenten und Verbindungsstellen.

- Streckendämpfung (errechnet). Protokoll der Einfügedämpfungsmessung in Form eines Soll-/Ist-Vergleichs mit dem Dämpfungsbudget.

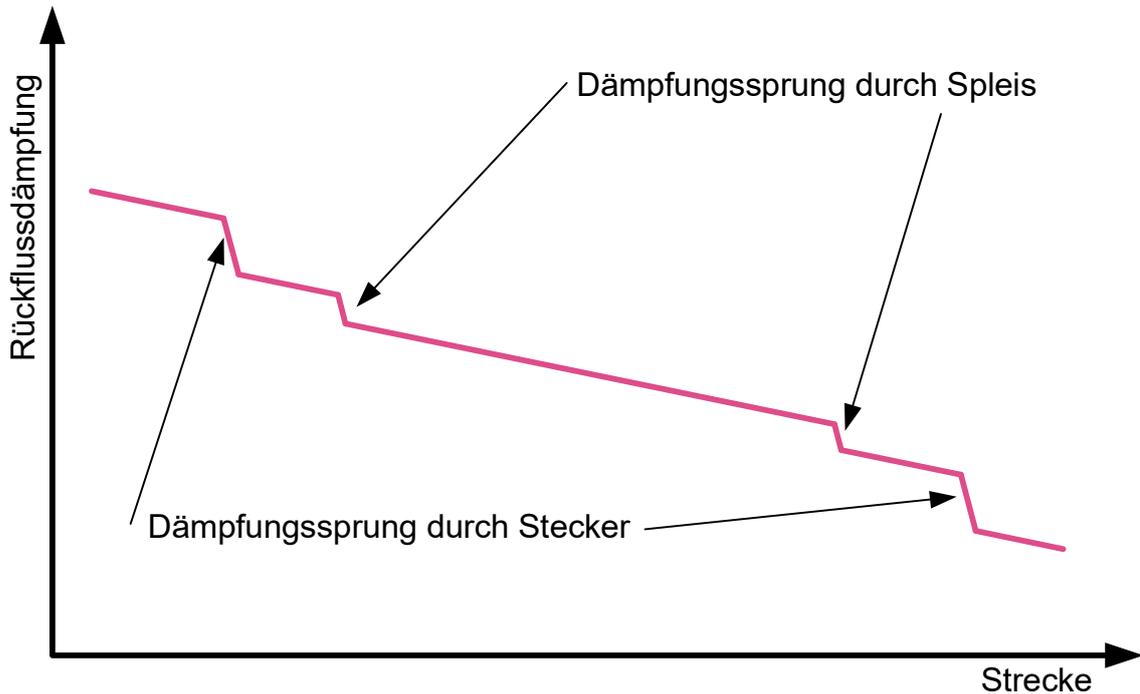


Abbildung 55: Muster LWL Messprotokoll (Schema)

6.3 Kupferkabel des Tertiärnetzes

Grundlage der Messungen bildet die DIN EN 61935-1 [36]. Die einzuhaltenden Grenzwerte sind, in Abhängigkeit von der geforderten Klasse, in DIN EN 50173-1 [15] im Abschnitt 5.2 festgelegt. Die in der DIN EN 61935-1 verwendeten Begriffe weichen in einigen Fällen von den in der DIN EN 50173-1 verwendeten Begriffen ab. Es wurden im Folgenden die Begriffe aus der DIN EN 50173-1 angegeben.

Durch die Messung ist die Einhaltung der Anforderungen der Klasse E_A nachzuweisen. Die Grenzwerte sind durch das Messgerät automatisch zu vergleichen und Fehler anzuzeigen. Eine bloße Linkzertifizierung Klasse E ist nicht ausreichend (siehe Abschnitt 2.2.1).

Die gültigen Normwerte einer Installationsstrecke / Übertragungsstrecke stellen Mindestanforderungen dar. Die Messprotokolle müssen für eine Systemreserve deutlich bessere Kennwerte ausweisen.

Es sind Anschlussschnüre des Geräteherstellers zu verwenden, welche mit dem Messgerät zusammen und entsprechend den Vorschriften des Herstellers kalibriert sind und alle Adern eines Kabels gleichzeitig kontaktieren.

Das Messgerät ist auf den spezifischen NVP-Wert der installierten Kupferleitung einzustellen. Dazu muss das Messgerät eine Auswahlmöglichkeit vorprogrammierter Kabeltypen (Standard-, hersteller-, kundenspezifische Kabel) bieten. Der Wert ist mit einem projektspezifischen Referenzkabel der Länge 50 m +/- 1 cm, angeschlossen an projektspezifischen Leitungsabschlüssen, zu ermitteln. Die Verwendung des vom Kabelhersteller angegebenen NVP-Wertes ist bei Zustimmung des Auftraggebers zulässig.

Alle Messungen mit einem Messgerät, das der Klasse IIIe entsprechen DIN EN 61935-1 [36] Pkt. 5.1 und 6.5 genügen muss, erfolgen automatisch über den gesamten Frequenzbereich und alle Aderkombinationen.

Die Längenmessung ist automatisch mit einer Genauigkeit von 0,1 % bei einer Auflösung von 0,1 m durchzuführen und die Länge der Aderpaare ist in eine Kabelliste einzutragen. Als Einheit der Längenangabe ist Meter zu verwenden.

Der Verdrahtungsplan umfasst mindestens die Messungen für die Vertauschung aller Adern, die Unterbrechung von Adern und Schirm, den Kurzschluss - Ader zu Ader und Ader zu Schirm.

Folgende Angaben sind den Messprotokollen für Kupfer-Übertragungsstrecken voranzustellen:

- Hersteller und Bezeichnung des installierten Kupferkabels
- Hersteller und Bezeichnung der installierten Netzabschlüsse
- Messgeräteeinstellungen mit NVP-Wert, Frequenzbereich und Anzahl der Einzelmessungen bzw. Mittelwertbildungen

Das Messprotokoll muss nach DIN EN 50174-1 [17] F.1.2 nachfolgende Angaben je Anschluss enthalten. Es wurden in folgenden die Begriffe aus DIN EN 50173-1 Tabelle NA [15] verwendet, da diese teilweise von der DIN EN 61935-1 [36] abweichen.

frequenzunabhängige Werte

- Kabelbezeichnung (Gebäude, Verteiler, Patchfeld, Port für beide Kabelenden vgl. 5.2.1)
- Messrichtung von [Standort] nach [Standort]
- Verdrahtungsplan (Wiremap)
- Länge (Length)
- Gleichstrom-Schleifenwiderstand (DC loop resistance, DCLR)
- Gleichstrom-Widerstandsunsymmetrie

frequenzabhängige Werte

- Laufzeit und Laufzeitunterschied (Delay und Delay Skew)
- Rückflussdämpfung (Return loss, RL)
- Einfügungsdämpfung (Insertion loss, IL)
- Nahnebensprechdämpfung (Near-end crosstalk loss, NEXT)
- Fernnebensprechdämpfung (Far-end crosstalk loss, FEXT)

errechnete Werte

- Leistungssummierte Nahnebensprechdämpfung (Power sum near-end crosstalk loss, PSNEXT)
- Dämpfungs-Nahnebensprechdämpfungs-Verhältnis (ACR-N)
- Leistungssummiertes Dämpfungs-Nahnebensprechdämpfungs-Verhältnis (PSACR-N)
- Dämpfungs-Fernebensprechdämpfungs-Verhältnis (ACR-F) oder (ELFEXT)
- Leistungssummiertes Dämpfungs-Fernebensprechdämpfungs-Verhältnis (PSACR-F)

Werte bei mehreren Kabeln

- Fremdnah/fernebensprechdämpfung (Alien near/far-end crosstalk loss, ANEXT/AFEXT)

- Dämpfungs-Fremdfernnebensprechdämpfungs-Verhältnis (Attunation to alien crosstalk ratio at the far-end, AACR-F) und PS AACR-F
- Dämpfungs-Fremdnahnebensprechdämpfungs-Verhältnis (Attunation to alien crosstalk ratio at the near-end, AACR-N) und PS AACR-N

Verdrahtungsplan (Wiremap)

Es werden nach DIN EN 61935-1 [36] Pkt. 5.3.2.2 alle vier Adernpaare und Schirme auf Durchgang, Kurzschluss und Adern- sowie Paarvertauschung geprüft.

Beachte: Adervertauschung zwischen verschiedenen Adernpaaren erkennen einige Messgeräte nicht!

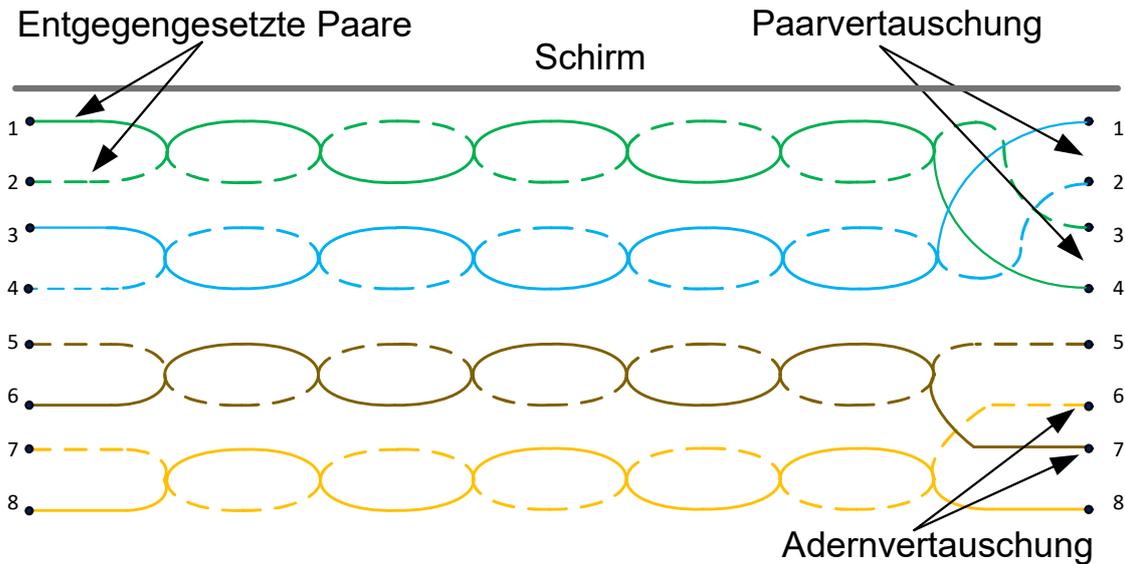


Abbildung 56: Beispiele einer fehlerhaften Verdrahtung

Laufzeit und Laufzeitunterschied (Length, Delay und Delay Skew)

Es wird nach DIN EN 61935-1 [36] Pkt. 4.6, 5.3.4 und 5.3.3 auf allen vier Adernpaaren die Laufzeit und der Laufzeitunterschied bei 10 MHz gemessen. Unter Verwendung des NVP-Wertes ergibt sich daraus die Kabellänge. Auf Grund der unterschiedlichen Verdrillung der vier Adernpaare ergibt sich ein Unterschied, welche für eine parallele Datenübertragung einen bestimmten Wert nicht überschreiten darf.

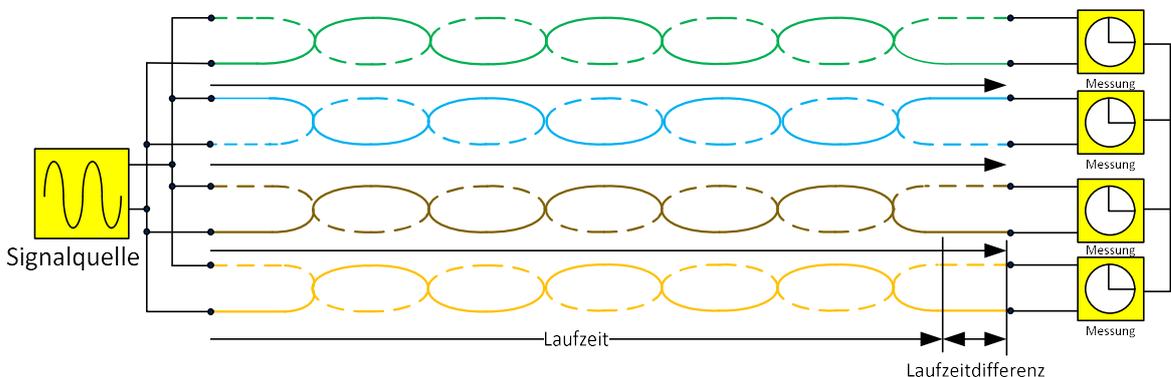


Abbildung 57: Laufzeit und Laufzeitdifferenz

Gleichstrom-Schleifenwiderstand (DC Loop Resistance)

Es wird für alle Paare der ohmsche Widerstand einer Verbindungsschleife bestehend aus Hin- und Rückleitung nach DIN EN 61935-1 Pkt. 4.3 und 5.3.10 gemessen. Die Messung des Schleifenwiderstandes erfolgt am nahen Ende eines jeden Adernpaares, welches dazu am fernen Ende kurzgeschlossen wurde. Der gemess-

sene Wert sollte den Eigenschaften der Kabelstrecke entsprechen, da er direkt vom Material, der Länge und der Querschnittsfläche des Leiters abhängig ist.

Beachte: Der Gleichstrom-Schleifenwiderstand sollte nicht mit der frequenzabhängigen Kabeleigenschaft Impedanz verwechselt werden!

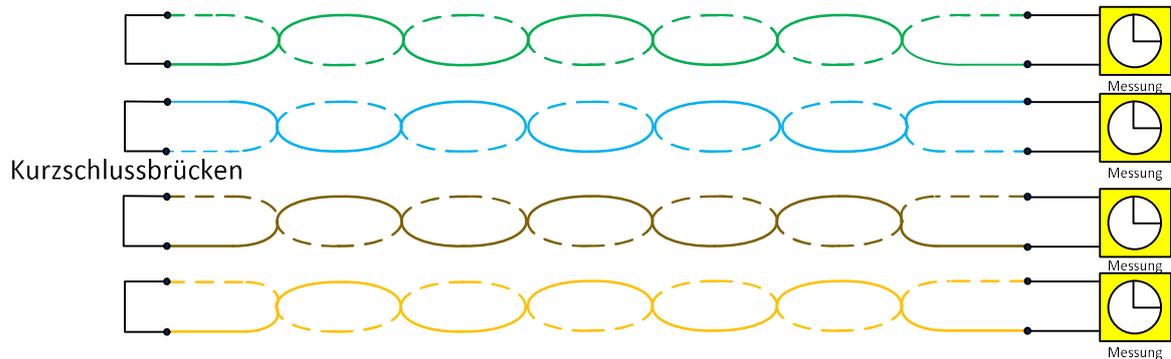


Abbildung 58: Gleichstrom-Schleifenwiderstand

Unsymmetrie des Gleichstromwiderstandes

Um die Unsymmetrie des Gleichstromwiderstandes zu ermitteln, wird nach DIN EN 61935-1 Pkt. 4.4 [36] im Labor der Widerstand jeder Ader gemessen und muss dem Datenblatt entnommen werden. Es gilt dabei:

$$\Delta R = \frac{(R_{max} - R_{min})}{(R_{max} + R_{min})} \times 100$$

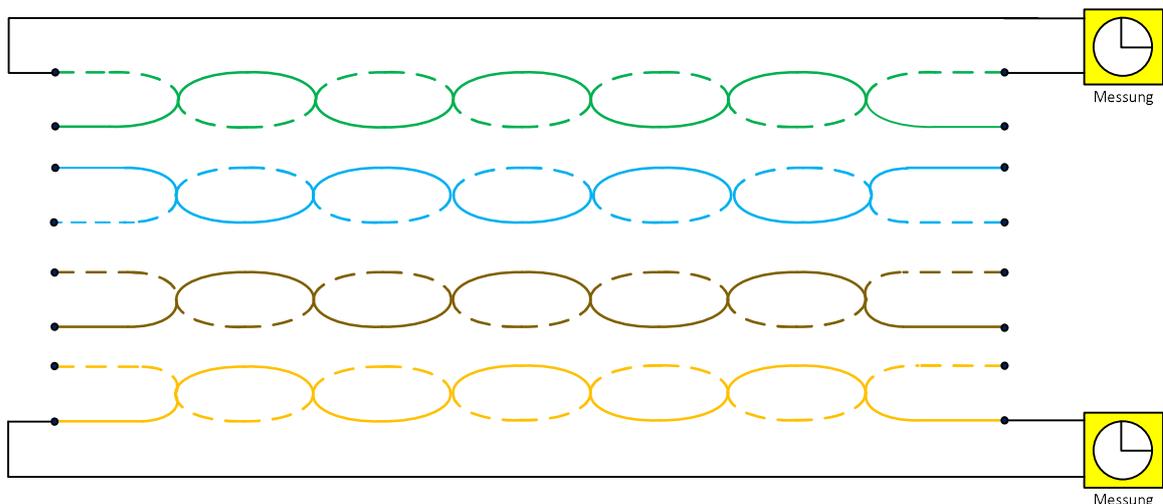


Abbildung 59: Unsymmetrie des Gleichstromwiderstandes, Messung beispielhaft der Adern 1 und 8

Einfügungsdämpfung (Insertion loss, IL)

Die Einfügungsdämpfung spiegelt den frequenzabhängigen Signalverlust über die Länge der Übertragungsstrecke wieder. Die Dämpfung wird nach DIN EN 61935-1 Pkt. 4.5 und 5.3.5 für jedes Adernpaar gemessen und als Verhältnis von Aus- zu Eingangsspannung in Dezibel (dB) angegeben.

$$1 \text{ dB} = 20 \times \log(\text{Eingangsspannung}/\text{Ausgangsspannung})$$

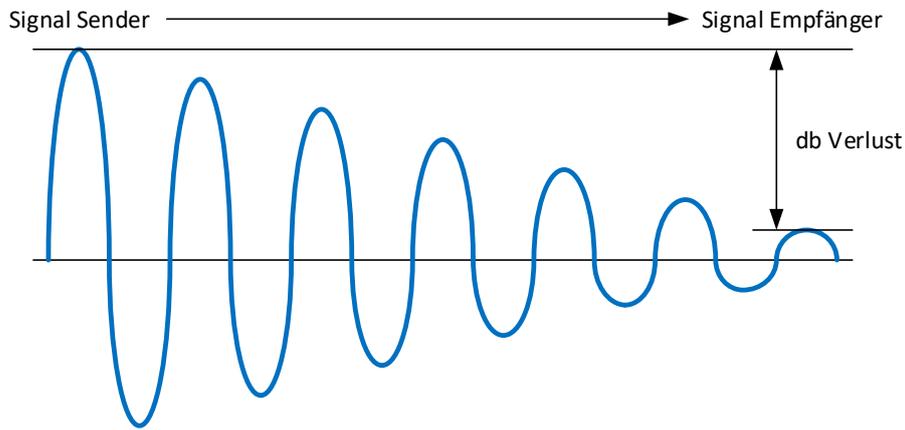


Abbildung 60: Einfügungsdämpfung

Rückflussdämpfung (Return loss, RL)

Die Rückflussdämpfung spiegelt nach DIN EN 61935-1 [36] Pkt. 4.11 und 5.3.9 die frequenzabhängige Dämpfung auftretender Reflexionen über die Länge der Übertragungsstrecke wieder. Die Messung erfolgt beidseitig. Der Wert der Dämpfung wird in Dezibel angegeben und sollte möglichst hoch sein.

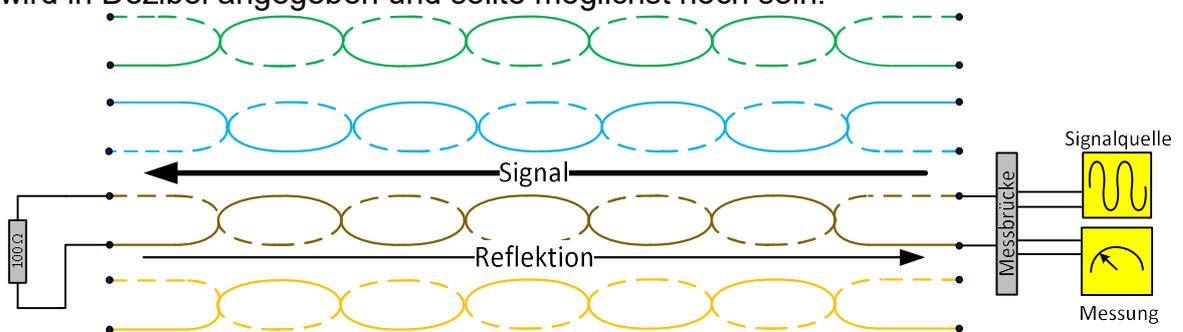


Abbildung 61: Rückflussdämpfung

Nahnebensprehdämpfung (Near-end crosstalk loss, NEXT)

Die Nahnebensprehdämpfung ist nach DIN EN 61935-1 Pkt. 4.7 und 5.3.6 ein Maß für die Unterdrückung des Übersprechens am nahen Ende zwischen zwei benachbarten Adernpaaren. Die Signaleinkopplung erfolgt dabei entgegen der Richtung des Verursachers. Die Messung erfolgt durch Senden eines Signals auf ein Adernpaar und Messung der Einkopplung auf dem nahen Ende der anderen Adernpaare. Der Wert der Dämpfung wird in Dezibel angegeben und sollte möglichst hoch sein. Bei einem vierpaarigen Kabel ergeben sich so sechs Messungen. Da beidseitig zu messen ist ergeben sich somit zwölf Frequenzgangkurven.

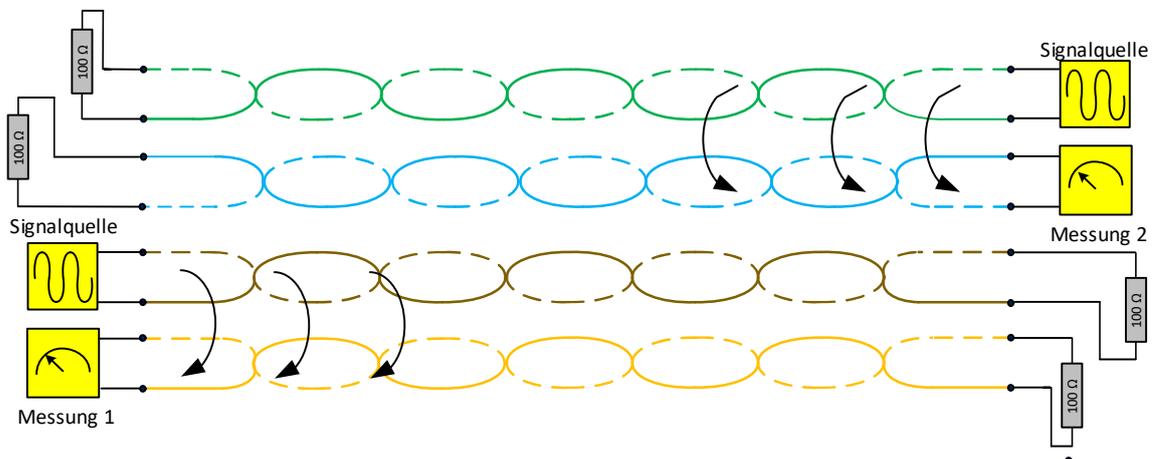


Abbildung 62: Nahnebensprehdämpfung

Fernnebensprehdämpfung (Far-end crosstalk loss, FEXT)

Die Fernnebensprehdämpfung ist nach DIN EN 61935-1 [36] Pkt. 4.9 ein Maß für die Unterdrückung des Übersprechens am fernen Ende zwischen zwei benachbarten Adernpaaren. Die Signaleinkopplung erfolgt dabei in die Richtung des Verursachers. Die Messung erfolgt durch Senden eines Signals auf einem Adernpaar und Messung der Einkopplung auf dem fernen Ende der anderen Adernpaare. Bei einem vierpaarigen Kabel ergeben sich so sechs Messungen. Der Wert der Dämpfung wird in Dezibel angegeben und sollte möglichst hoch sein. Da das FEXT im Gegensatz zum NEXT richtungsabhängig ist, ergeben sich bei beidseitiger Messung somit 24 Frequenzgangkurven.

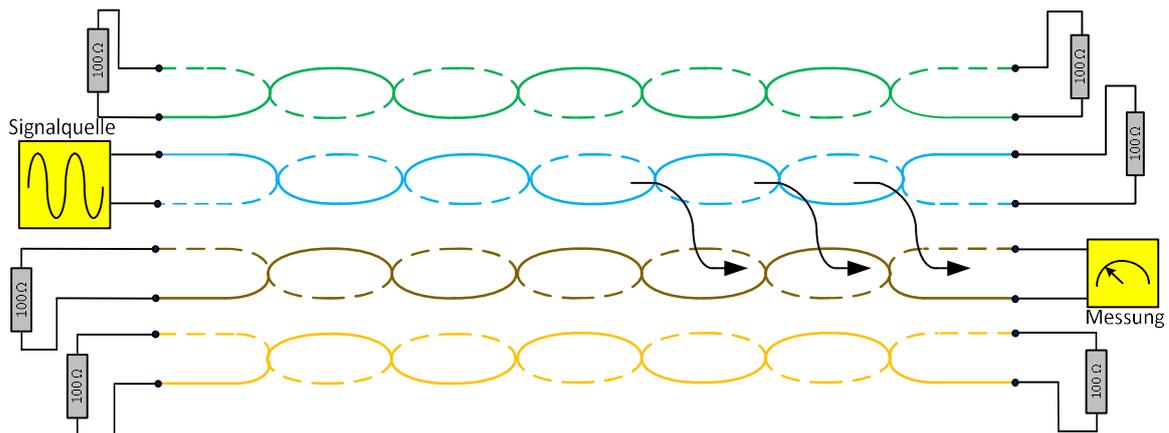


Abbildung 63: Fernnebensprehdämpfung

Dämpfungs-Nahnebensprehdämpfungs-Verhältnis (Attenuation to crosstalk ratio at the near-end, ACR-N)

Dieser nach DIN EN 61935-1 Pkt. 4.8 und 5.3.7.1 errechnete Wert ist die Differenz von Einfügedämpfung und gemessenem NEXT und gibt Auskunft über den Störabstand zwischen dem (gedämpften) Nutzsignal und dem Störsignal NEXT.

Dämpfungs-Fernnebensprehdämpfungs-Verhältnis (Attenuation to crosstalk ratio at the far-end, ACR-F) oder (Equal Level Far End CrossTalk, ELFEXT)

Dieser nach DIN EN 61935-1 Pkt. 4.10 und 5.3.8 errechnete Wert ist die Differenz der Einfügedämpfung und gemessenem FEXT und definiert das Verhältnis des übersprechenden Ausgangspegels zum eigentlichen Ausgangspegel. Der Wert wird in Dezibel angegeben und sollte möglichst hoch sein. Der auf das zweite Leiterpaar eingestreute Störpegel wird ins Verhältnis zum Ausgangspegel gesetzt. Da das ferne Störsignal wie auch das Ausgangssignal am gleichen Ort bestimmt werden, ist der ELFEXT von der Kabellänge unabhängig. Damit sind NEXT und ELFEXT vergleichbare Größen. Das ELFEXT könnte man auch als Far End-ACR bezeichnen, das in etwa dem ACR beim NEXT entspricht.

Summenwerte (Power sum)

Die Power sum Werte werden durch Addition aller Störsignale auf ein Adernpaar ermittelt. Da bei vierpaarigen Kabeln auf allen vier Adernpaaren gleichzeitig Signale in beide Richtungen gesendet und empfangen werden können, kann das auf jedem einzelnen Paar empfangene Signal von den Signalen gestört werden, die gleichzeitig auf den anderen drei Paaren übertragen werden. Die Störwerte addieren sich, was dem tatsächlichen Betrieb sehr nahekommt, wenn über alle Lei-

tungspaare Daten übermittelt werden. Der Wert wird in Dezibel angegeben und sollte möglichst hoch sein.

Leistungssummierte Nahnebensprechdämpfung (Power sum near-end crosstalk loss, PSNEXT) nach DIN EN 61935-1 [36] Pkt. 4.7.

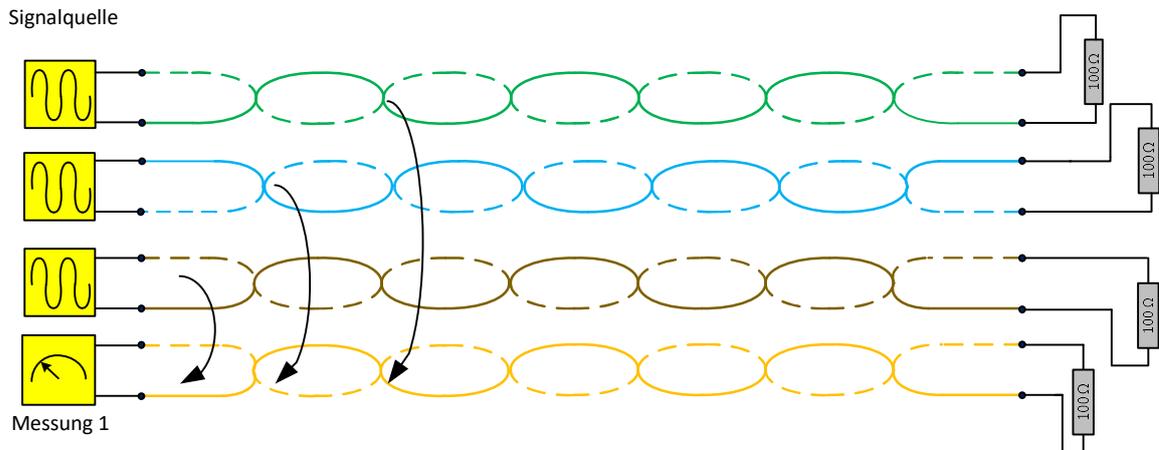


Abbildung 64: Leistungssummierte Nahnebensprechdämpfung (PSNEXT)

Leistungssummiertes Dämpfungs-Nahnebensprechdämpfungs-Verhältnis (Power sum attenuation to crosstalk ratio at the near-end, PSACR-N) nach DIN EN 61935-1 Pkt. 4.8 und 5.3.7.2

Leistungssummierte Fernnebensprechdämpfung (Power sum far-end crosstalk loss, PSFEXT) nach DIN EN 61935-1 Pkt. 4.9.

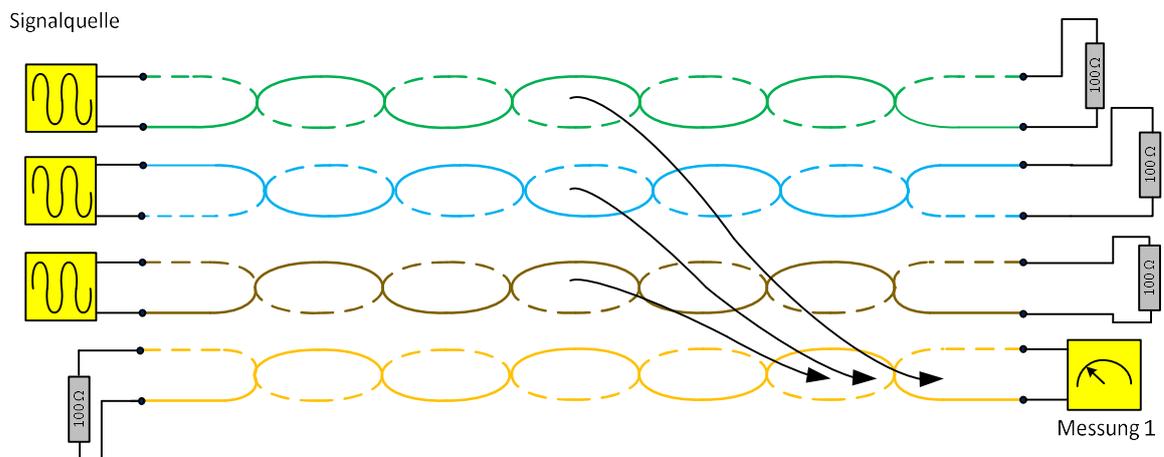


Abbildung 65: Messung der leistungssummierten Fernnebensprechdämpfung

Leistungssummiertes Dämpfungs-Fernebensprechdämpfungs-Verhältnis (Power sum attenuation to crosstalk ratio at the far end, PSACR-F) nach DIN EN 61935-1 4.10 und 5.3.8

Leistungssummierte fremde Nebensprechdämpfung nach DIN EN 61935-1 Pkt. 5.4

Fremdfern/nahnebensprechdämpfung (Alien far/near end crosstalk, ANEXT/AFEXT)

ANEXT und AFEXT beschreiben das Übersprechen von benachbarten Kabeln am Kabelanfang und am Kabelende. Bei geschirmter Verkabelung ist das Fremdnebensprechen näherungsweise vernachlässigbar. Eine Messung ist nur bei Einsatz von High-Speed-Anwendungen wie 10Gigabit-Ethernet zu erwägen.

6.4 Ableitfähige Fußböden

Um sicherzustellen, dass die geforderten Ableitwiderstände bei ableitfähigen Fußbodenbelägen (siehe Abschnitt 5.2) die gesetzten Anforderungen erfüllen, sind vor der Abnahme Messungen an mehreren Stellen durchzuführen. Für die Messung kommen mehrere Normen wie:

- DIN EN 61340-4-1 [33]
- DIN EN 1081 [13]
- DIN 54345-1 [12] (nur für textile Beläge)

in Frage.

Im Messprotokoll ist zumindest zu vermerken:

- verwendetes Messgerät
- angewandte Norm
- Raumtemperatur
- Prüfspannung
- gemessener Ableitwiderstand
- Prüfzeitpunkt
- Prüfer

7 Bedarfsermittlung

Kommunikationsnetzwerke werden grundsätzlich anwendungsneutral nach der Grundlagennorm DIN EN 50173-1 [15] errichtet. Es ist zwingend erforderlich mit der nutzenden Verwaltung im Vorfeld den Bedarf und die Netzwerkstrukturen abzustimmen, um die spezifischen Anforderungen zu berücksichtigen.

Auf besondere Betriebsumgebungen, die bei der Planung und dem Betrieb berücksichtigt werden müssen (z. B. Lager für Gefahrstoffe, Ex-Schutzbereiche, besondere Arbeitsbereiche, Mittelspannungsanlagen, Labore), ist von der nutzenden Verwaltung hinzuweisen.

Vorhandene technische und bauliche Anlagen (z. B. Stromversorgung, Potentialausgleich, BMA, Lüftung- und Klimaanlage, Betriebsräume), welche verwendet werden können, sind von der nutzenden Verwaltung zu benennen.

Für die Dokumentation der Bedarfsermittlung wird in dieser Arbeitshilfe eine Checkliste in einem editierbaren Format zur Verfügung gestellt. Ein Muster ist in Anlage 1 enthalten.

7.1 Definition der Anforderungen und Schnittstellen

Die neutrale Bedarfsplanung wird, ggf. unter zur Hilfenahme Dritter, mit den technischen Informationen des Anforderungsprofils ergänzt, sodass eine Installationspezifikation entwickelt werden kann. Als Instrument der Qualitätssicherung dient der vom Auftragnehmer (lt. Norm Installateur) zur erstellenden Qualitätsplan, der zur Überprüfung der Parameter des Anforderungsprofils herangezogen wird. Weiterführende Informationen zum Inhalt des Qualitätsplans finden Sie in der Norm DIN EN 50174-1 unter Pkt. 5.1.2 [17].

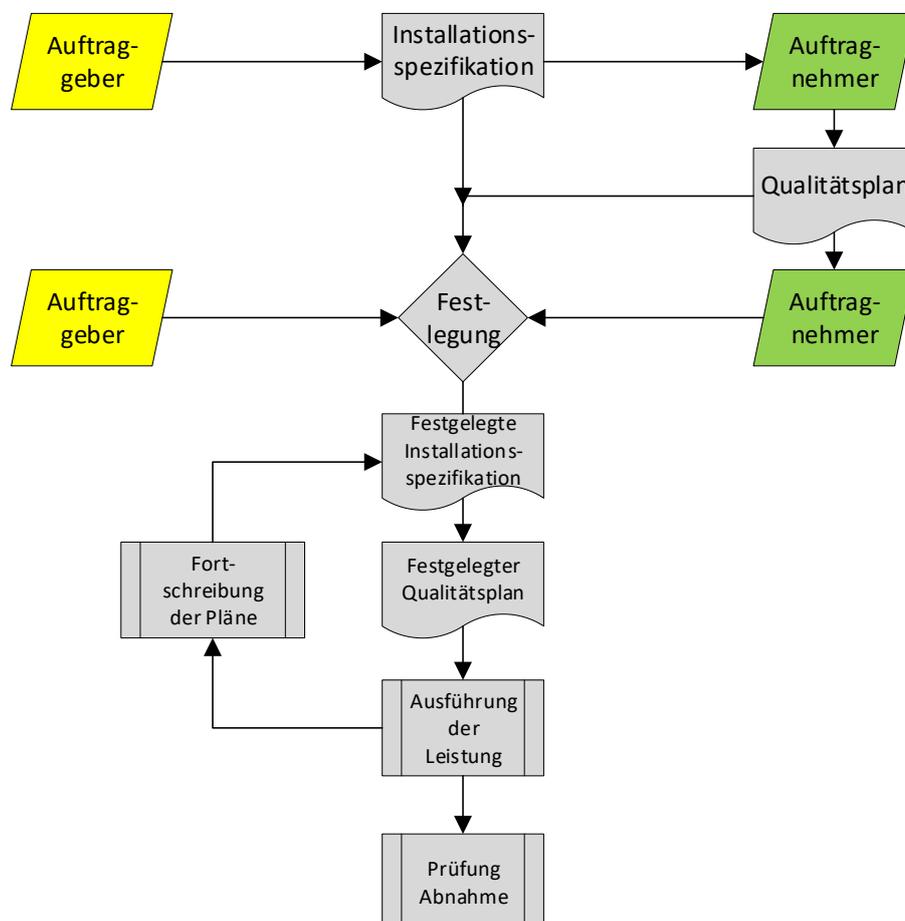


Abbildung 66: Erstellung eines Qualitätsplans in Anlehnung an DIN EN 50174-1

7.1.1 Installationsspezifikation

Die Installationsspezifikation dient im Wesentlichen der Festlegung technischer Parameter sowie der Arbeitsbeschreibung. Die Installationsspezifikation muss detaillierte Merkmale und Inhalte wie folgende berücksichtigen:

- Weitere Gebäudeinfrastrukturen der TGA wie z. B. Stromverteilernetze und Erdungsanlagen
- Gebäudemanagementsysteme und Sicherheitstechnik (Zutrittskontrolle usw.)
- Verkabelungspläne von Brandmeldesystemen einschließlich Löscheinrichtungen
- HLSK - Heizung / Lüftung / Sanitär / Kälte
- Andere wichtige Systeme
- Organisatorische Punkte (Zutrittsberechtigungen, Technische Anforderungen und Besonderheiten)
- Betriebliche Anforderungen
- Besondere betriebliche Sicherheitsaspekte
- Verantwortungen und Gefahrenübergang
- Kompatibilität zu bestehender Infrastruktur
- Zugang zu Bestandsdokumentation
- Installationen durch Dritte
- Anschlusspunkte der Medien

Weiterhin sind in der Installationsspezifikation anzuwendende Gesetze, Vorschriften, Bestimmungen und Qualifikationsnachweise detailliert festzulegen sowie zusätzlich folgende Punkt einschließen:

- die Installation betreffende bauliche Vorschriften
- bestimmte örtliche Vorschriften
- Arbeitsschutzbestimmungen
- Schutz von Fernzugriffen
- Berechtigungen des Auftragnehmers und Qualifikation des Installateurs

Erweiterungsmöglichkeiten und Reserven insbesondere bei Kabelwegsystemen sowie IT-Schränken sind hier ebenfalls zu beschreiben.

7.1.2 Qualitätsplan

Im Qualitätsplan wird festgelegt und beschrieben mit welchen Verfahren und Prozeduren der Nachweis zur Übereinstimmung mit den Anforderungen erreicht und dokumentiert werden. Je nach Vorgaben können die Anforderungsvorgaben aus der DIN EN 50173-2 [18] oder auch aus dem Installationsspezifikationen resultieren.

Weiterhin sind zwischen AG und AN festzulegen:

- Organisatorische Zuständigkeiten sowie Verantwortlichkeiten
- Abnahme (physische, optische, mechanische und elektrische Prüfung)
- Kompatibilität zu evtl. Bestandssystemen
- Umgang mit inkompatiblen Komponenten
- Prüfung von Erwartungswerten zur Erwärmung bei Kabelhäufungen

Der Qualitätsplan muss vor der Installation zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer (lt. Norm: Installateur) abgestimmt und vereinbart werden. Die Zuständigkeit hierfür liegt beim Auftragnehmer.

7.2 Arbeitsplatzausstattung

Die Anzahl der Kommunikationsanschlüsse für Telefon und PC je Arbeitsplatz (z. B. Programmierer, Administration, Monitoring) über den Standard nach Abschnitt 1.5.2 hinaus ist für folgende Geräte festzulegen:

- Arbeitsplatzdrucker mit Netzwerkanschluss
- Weitere Endgeräte an einem Arbeitsplatz

Entsprechend ist auch der Bedarf an Schuko-Steckdosen für die Energieversorgung der v. g. Geräte zu betrachten.

Es ist zu betrachten, ob neben den Kommunikationsanschlüssen für die Arbeitsplätze noch weitere Anschlüsse benötigt werden. Hierzu zählen beispielsweise:

- Netzwerkkameras
- Schließsysteme
- Störmeldesysteme
- WLAN-Access-Points
- Zeiterfassungsgeräte
- Gebäudeautomation

Unter Umständen wird zusätzlich zu diesen Anschlüssen auch noch eine 230 V Versorgung benötigt, wenn nicht eine Energieversorgung über die Datenkabel (PoE) vorgesehen ist.

Art und Umfang zur Beschriftung der Anschlussdosen sind abzustimmen.

7.3 Datenvernetzung

Aus den Anforderungen im Tertiärnetz ergibt sich die Qualität und Architektur für das Sekundär- und Primärnetz.

Die Netzwerkstruktur ergibt sich aus der Qualität und Verteilung der einzelnen Netzwerkanschlüsse im Gebäude. Darüber hinaus können sich erhöhte Anforderungen durch hoch performante Einzelanwendungen ergeben.

Datennetze werden grundsätzlich sternförmig aufgebaut. Dies hat zur Folge, dass bei Störungen im Primär- oder Sekundärbereich größere Bereiche nicht versorgt werden können. Besteht ein erhöhter Bedarf an Ausfallsicherheit, so ist dies bei der Netzwerkarchitektur zu berücksichtigen. Dies kann durch zusätzliche, möglichst georedundante Leitungen erreicht werden (Abbildung 67).

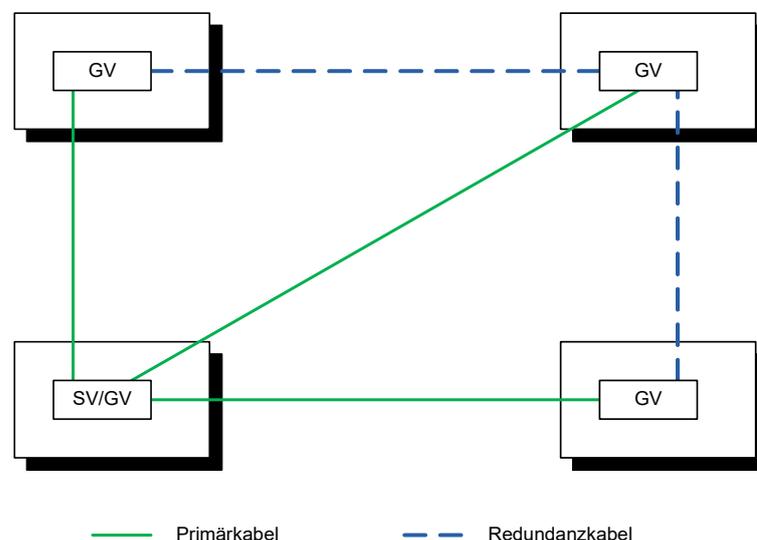


Abbildung 67: Redundantes Netz

7.4 Datenverteilerräume

Aus der Anzahl der von einem Datenverteilerraum aus zu versorgenden Netzwerkanschlüsse ergibt sich die Anzahl der erforderlichen Datenverteilerschränke und daraus resultiert die Mindestgröße des jeweiligen Datenverteilerraums. Spezifischer Bedarf von der nutzenden Verwaltung kann einen Mehrbedarf an Fläche ergeben. Es kann sich dabei um folgende Punkte handeln:

- Notwendiger Arbeitsplatz für Systembetreuer
- Lagermöglichkeiten, z. B. für anlagenspezifisches Zubehör
- Stellfläche für Dokumentationsunterlagen
- Stellfläche für Server
- Stellfläche für Sicherungsmedien, ggf. in Sicherheitsschrank

Unter Umständen sind die Mindestanforderungen an die bauliche Sicherheit der Datenverteilerräume nicht ausreichend. Besonders können z. B. sensible Daten, Verfahren oder Anwendungen höhere Anforderungen seitens der nutzenden Verwaltung, insbesondere an die Tür und deren Schließung (bis hin zu einem Zutrittskontrollsystem), begründen.

Notwendige Brandschutzmaßnahmen für den Datenverteilerraum und die Datenschränke sind festzulegen. Unter Umständen liegt ein Brandschutzkonzept vor, das zu beachtende Anforderungen festlegt. Wenn eine Brandmeldeanlage vorhanden ist, sollten die Datenverteilerräume in den Überwachungsumfang mit einbezogen werden.

Standard sind 1000 mm tiefe Datenverteilerschränke. Wenn die nutzende Verwaltung in den Schränken auch Server unterbringen will, werden 1200 mm tiefe Datenverteilerschränke benötigt.

Die Beschriftung der Schränke und Rangierfelder ist, wie zuvor beispielhaft beschrieben, abzustimmen.

Für die Auslegung der RLT-Anlagen ist die Angabe aller von der nutzenden Verwaltung im Datenverteilerraum vorgesehenen Wärmelasten erforderlich.

Für die Versorgung von aktiven Komponenten können USV-Anlagen erforderlich sein. Es sind alle Verbraucher zu erfassen, die auf die USV-Anlage aufgeschaltet werden sollen. Die Mindestüberbrückungszeit ist von der nutzenden Verwaltung festzulegen. Bei Bedarf sind Schnittstellen für Meldungen aus der USV-Anlage (z. B. Stromausfall) an das Netzwerk vorzusehen.

Für eventuelle Erweiterungen (üblich sind 20%) des zu installierenden Netzwerkes sind Reserven, insbesondere für Datenschränke und Kabelwegsysteme abzustimmen und einzuplanen.

8.1 Abnahme

Der Begriff Abnahme bezeichnet allgemein die Rechtshandlung, dass eine Sache bzw. eine Leistung vorgegebene Kriterien erfüllt und durch den Auftraggeber dokumentiert übernommen wird. Der Auftragnehmer muss dem Auftraggeber seine Leistung zum Zeitpunkt der Abnahme frei von Sachmängeln bereitstellen.

Die Abnahme kann nur erfolgen, wenn der Auftragnehmer gegenüber dem Auftraggeber die Betriebsbereitschaft der Anlage mit Vorlage z. B. der Bestandsunterlagen, Messprotokolle, Dokumentation sowie den technischen Unterlagen erklärt. Von einer Abnahme ohne vorliegende Dokumentation wird abgeraten.

Verantwortlich für die Durchführung der Abnahme ist der Auftraggeber. Die Abnahmeprüfung gliedert sich in Sicht- und Funktionsprüfung. Zur Vorbereitung der Abnahme kann eine Zustandsfeststellung vereinbart werden, bei der die Vollständigkeit von Unterlagen z. B. Produktnachweise, Prüfzeugnisse, Messprotokolle gesichtet werden. Mit Hilfe des Formblatts VHB 441 [Zustandsfeststellung] kann der Zustand der ausgeführten Leistung dokumentiert und Vorgaben für weitere erforderliche Maßnahmen vorgegeben werden. Eine Zustandsfeststellung ist jedoch keine Abnahme. Zur Sicherstellung der gemäß Qualitätsplan festgelegten Anforderungen sind die festgelegten Verfahren (DIN EN 50174-1 [17] Abschnitt 5.1.2) anzuwenden, welche zuvor im Qualitätsplan festgelegt wurden.

Mit der Abnahme:

- wird die erbrachte Leistung des Auftragnehmers als „vertragsgemäß ausgeführt“ gebilligt,
- erfolgt der Gefahrenübergang der Bauleistung auf den Auftraggeber und
- beginnt die Verjährungsfrist für Mängelansprüche.

Die normative Grundlage zur Abnahmeprüfung bietet im Allgemeinen die DIN EN 50174-1. Im konkreten Projekt ist es die Kombination der technischen Grundlage in Form der Installationsspezifikation sowie des Qualitätsplans.

Den wesentlichen Bestandteil dabei bilden der Qualitätsplan (Pflichtenheft) sowie die festzulegenden technischen Spezifikationen (Lastenheft) für die jeweiligen Anforderungen des Kommunikationsnetzes. Die allgemeinen Anforderungen bildet dabei die DIN VDE 50173-1.

Werden bei der VOB-Abnahme¹⁰⁾ Mängel festgestellt, sind diese in das VHB, Formblatt 442 [Abnahme] unter Angabe eines zeitnahen Termins der Mängelbeseitigung einzutragen. Die vom Auftragnehmer angezeigte Mängelbeseitigung ist mit einer weiteren Begehung/Prüfung zu kontrollieren.

Mit der Abnahme, auf Grundlage der Bedarfsplanung, erfolgt die Übergabe der Leistung an die nutzende Verwaltung. Bei der Übergabe sind der nutzenden Verwaltung das Abnahmeprotokoll einschließlich der technischen Unterlagen sowie weitere Dokumentationsunterlagen (Installationspläne, Übersichtsschemen, Funktionsbeschreibungen, Datenblätter und alle vertraglich vereinbarte Dokumentationsunterlagen) auszuhändigen.

8.2 Betrieb

Anwendungsneutrale physische Kommunikationsnetze (LAN) haben eine Lebens-/Nutzungsdauer von mindestens 15 Jahren. Im Gegensatz dazu unterliegt die

¹⁰⁾ Gilt sinngemäß auch für Aufträge nach VOL/B

technische Entwicklung auf Protokoll und Anwendungsebene im LAN einer ständigen Veränderung. Die verzögerungsarme Übertragung zeitkritischer Daten mit garantierter Übertragungsrates steht immer mehr im Fokus. Sollen neben der reinen Datenübertragung andere Dienste ebenfalls über das LAN übertragen werden, wie z. B.:

- Sprachdienste und Videoübertragung
- Fernwirkssysteme
- Gebäudeautomation
- Sicherheitskommunikation (BMA, EMA/ÜMA, Videoübertragung)

müssen diese berücksichtigt werden.

Für den Betrieb müssen organisatorische und administrative Regelungen (z. B. Zuständigkeiten, Abläufe, Zutritte) aufgestellt werden. Dabei müssen neben dem Einsatz von Geräten auch Merkmale und Parameter zur Priorisierung von Datenpaketen, Quality of Service und Sicherstellung der Integrität des Betriebs berücksichtigt werden. Die Berücksichtigung dieser Anwendungen/Dienste ist nicht nur bei der Planung wichtig, sondern auch im laufenden Betrieb durch die nutzende Verwaltung zu gewährleisten. Vor Erweiterungen von anwendungsneutralen Kommunikationsnetzwerken ist der Zustand der Anlage zu dokumentieren und es darf keine Gefahr von Beschädigungen für die Kabel und Kabelwegsysteme ausgehen. Dabei ist auf die max. belegbare Querschnittsfläche der Kabelwegsysteme sowie auf Medientrennung zu Starkstromanlagen zu beachten.

8.2.1 Organisatorische Regelungen

Die Auslegung des Netzwerkes und Berücksichtigung individueller Lösungen im LAN und die sich daraus ergebende Auswahl der umzusetzenden Maßnahmen muss mit der nutzenden Verwaltung in einem Konzept abgestimmt, festgelegt und dokumentiert (siehe Abschnitt 6) werden. Die organisatorischen Regelungen für den späteren Betrieb müssen von der nutzenden Verwaltung aufgestellt und angewendet werden. Die Basis dazu muss schon in der Planungsphase gelegt werden. Insbesondere Auswirkungen von einem möglichen menschlichen Fehlverhalten sind zu berücksichtigen. Es müssen für Personen, Räume und Geräte Berechtigungen für Zutritt, Zugriff und Nutzung geregelt werden. Diese Regelungen bedürfen einer ständigen Beobachtung und Fortschreibung. Neuerungen sind bekannt zu machen und an bestehende Regelungen ist zu erinnern.

8.2.2 Schutz vor unberechtigtem Zugriff

Die nutzende Verwaltung muss darauf achten, dass keine Sicherheitslücken entstehen. Dies kann zum einen dadurch erreicht werden, dass nur die Anschlüsse geschaltet bzw. gepatcht werden, die notwendigerweise im Betrieb benötigt werden. Zum anderen muss durch Parametrierung von Geräten und Einsatz von speziellen Hard- und Softwareprodukten (z. B. Authentifizierung mit Zertifikaten, Autorisierung) darauf geachtet werden, dass fremde Geräte abgewiesen, gemeldet und unerwünschte Zugriffe bzw. Schadsoftware abgewehrt werden.

8.2.3 Instandhaltung

Eine Instandhaltung nach DIN 31051 [11] ist für die Komponenten des Verkabelungssystems (siehe Abschnitt 1) grundsätzlich nicht notwendig.

Bei systembegleitenden technischen Komponenten (siehe Abschnitt 4) ist insbesondere für systemkritische Anlagen (Kühlung, USV) eine Instandhaltung erforderlich.

Für die in dieser Empfehlung nicht betrachteten aktiven Komponenten ist je Standort eine Gegenüberstellung der Bedeutung von Anwendungen, der Netzstruktur und Verfügbarkeit der Geräte zu den Kosten für eine Instandhaltung vorzunehmen. Ergibt sich daraus die Notwendigkeit zum Abschluss einer Vereinbarung, wird die Verwendung der Vertragsmuster nach EVB-IT Instandhaltung¹¹⁾ empfohlen.

Mindestens sollte enthalten sein:

- physikalische Beschädigung von Komponenten
- unterbrochene Verbindungen von symmetrischen Paaren an Anschlusspunkten
- unterbrochene Verbindung von Erdungskomponenten
- fehlende oder unsichere/ nicht lesbare Etiketten
- Veränderungen der umgebungsrelevanten Risikobewertung bezüglich der Verkabelung

Weitere Anforderungen können als Instandsetzung, je nach Anforderungsnotwendigkeit vereinbart werden: vorbeugende Maßnahmen

- die auszuführenden Arbeiten: z. B. Reinigen
- die Häufigkeit durchzuführender Instandhaltungskontrollen
- bei jeder Inspektion zu prüfen: im Gebrauch befindliche Kabel, redundante Verkabelung, Kabelwege, Kabelwegsysteme, Potentialausgleich und Potentialausgleichsverbindungen, Wiederherstellen von Brandschottungen
- den Umfang der zu kontrollierenden Installationspunkte
- der geplante Austausch von Verkabelungskomponenten

Für sehr große Netzwerke, >20.000 Anschlüssen bzw. Ports, sollte zur inhaltlichen Gestaltung von Instandhaltungsmerkmalen die DIN EN 50174-1 [17] herangezogen werden.

8.3 Kennzeichnung von Plänen, Kabeln, Verteilern und Dokumentation

Bei der Planung und im Betrieb ist eine eindeutige Bezeichnung von Anlagen und Betriebsmitteln unumgänglich. Dazu ist vom Auftraggeber ein Kennzeichnungs- und Adressierungssystem vorzugeben, anhand dessen die Bezeichnungen von Anlagen, Betriebsmitteln und Dokumenten, Plänen und Dateien eindeutig bestimmt werden.

In der Planungsphase müssen Ausführungspläne erstellt ggf. Bestandspläne berücksichtigt, auf örtliche Besonderheiten hingewiesen und technische Spezifikationen vorgegeben werden.

Der Errichter muss seine Leistung baubegleitend dokumentieren und diese einschließlich der Messprotokolle zu einer Bestandsdokumentation zusammenführen. Detaillierte Ausführungen und Empfehlungen sind in EN 50174-1 [17] Abschnitt 5 enthalten.

Vorgaben zur Kennzeichnung und Kodierung der Unterlagen sind zu beachten.

Die Vorgabe eines allgemein gültigen Kennzeichnungssystems ist an dieser Stelle nicht möglich, da vielfach bereits entsprechende verwaltungs- oder länderspezifische Festlegungen existieren. Im Abschnitt 7.3.1 sind Beispiele aufgeführt für den

¹¹ http://www.cio.bund.de/Web/DE/IT-Beschaffung/EVB-IT-und-BVB/Aktuelle_EVB-IT/aktuelle_evb_it_node.html

Fall, dass keine Vorgaben existieren. Festlegungen aus übergeordneten Systemen wie z. B. eines Facility Managementsystems sollten in jedem Fall beachtet werden.

8.3.1 Kennzeichnung von Plänen, Kabeln und Verteilern

Definitionen für ein allgemein gültiges Beschriftungsschema sind aus vielerlei Gründen, wie z. B. Standortgegebenheiten, vorhandenen Beschriftungen, verschiedenen Verkabelungssystemen nicht möglich. Für eine konkrete Umsetzung sind Regeln und Festlegungen mit der nutzenden Verwaltung erforderlich.

Ein Bezeichnungsschlüssel bietet eine einheitliche Grundlage für alle Dokumente, die während einer Planung und der anschließenden Ausführung anfallen. Durch diesen Bezeichnungsschlüssel können Planunterlagen und Dateien unabhängig vom verwendeten System nach einer vorgegebenen Systematik eindeutig bezeichnet werden. Die Anzahl der Stellen, deren Position und die Bedeutung muss eindeutig über eine Auflistung definiert werden.

D	1	0	1	1	7	B	M	I		U	1	C	4	5	7	0	2	Beispiel	
D	Länderkennung																		
	1	0	1	1	7													Ortskennung	
						B	M	I										Gebäude	
									U	1								Ebene	
											C							Dokumentationsstand	
													4	5	7				Kostengruppe
															0	2	Ifd. Nr. der Anlage		

Abbildung 68: Beispiel für einen Bezeichnungsschlüssel

- Aussagen bei Plänen gelten für Verteiler und Kabel entsprechend. Für diese Absprachen sollen die nachfolgenden Empfehlungen, neben den Ausführungen in der Normreihe DIN EN 50174 [17-19], eine Orientierungshilfe bieten. Die Kennzeichnung soll dauerhaft, gut lesbar, wasser- und säurebeständig erfolgen.
- Bei der Kennzeichnung sollten, wenn möglich, die Großbuchstaben I und O nicht verwendet werden, um Verwechslungen mit den Ziffern 1 und 0 zu vermeiden.
- Zum Bezeichnen der einzelnen Elemente (Straße, Gebäude, Abteilung, Etage, Raum, Endpunkt) sollten kurze Kennzeichen gewählt werden.
- An dem jeweiligen Kabelendpunkt muss der gegenüberliegende Endpunkt erkennbar sein. Die Reihenfolge der Bezeichnungen auf dem Kabel sollte eindeutig sein.
- Bei Kabeln im Primär- und Sekundärbereich sind Beschriftungen zusätzlich an zugänglichen Stellen, wie z. B. Schächten, Steigetrassen anzubringen, um bei eventuellen Beschädigungen eine einfache Zuordnung und eventuelle Instandsetzung zu ermöglichen.
- Befinden sich in einem Raum mehrere Kommunikationsanschlüsse, ist eine Regel für die Reihenfolge vorzugeben.

Betriebsmittel	Anbringungsort
Verteilerschränke, Gestelle (Racks)	oben, ggf. auf der Tür
Rangierfelder (Panels)	durchgängig, einheitlich, gut lesbar
Kommunikationsanschlüsse	auf Gehäuseoberseite, mittig
Kabel und Leitungen	an beiden Enden, höchstens 300 mm von den Enden entfernt
Aktive Komponenten und Einschübe	im eingebauten Zustand sichtbar
Sonstiges	im eingebauten Zustand sichtbar

Tabelle 11: Beispiel für die Anbringung der Bezeichnung

Bei der Gebäudebezeichnung können eindeutige Identifikationen der Liegenschaft z. B. Straße (in abgekürzter Form) und Hausnummer oder Bezeichnungen aus dem Campus bzw. dem Liegenschaftsplan in möglichst knapper Form verwendet werden.

Zur Bezeichnung der Verteilerschränke innerhalb eines Gebäudes können Raumnummern verwendet werden. Wird diese Bezeichnung, z. B. in größeren Gebäuden, zu lang, kann eine Kombination aus Buchstaben und Zahlen verwendet werden.

Hinsichtlich der Sicherheit empfiehlt es sich, auf Raumbezeichnungen im Klartext zu verzichten und stattdessen ein Verzeichnis zu fertigen, in dem eine Codierung für die tatsächliche Lage der Datenverteileräume vorgenommen wird.

Beispiel für Klartext:

V321 Datenverteiler Raum 3. OG, Raum 21

Beispiel für Codierte Darstellung:

DVR.012 siehe besonderes Verzeichnis (Datenverteilerräume lfd. Nr. 012)

Tertiärbereich

Die Bezeichnungen an Rangierfeldern sollten die Raumnummer enthalten, in dem sich der Kommunikationsanschluss (KA) befindet. Sind in einem Raum mehrere KA installiert, sind diese fortlaufend z. B. innerhalb des Raumes im Uhrzeigersinn (beginnend an der Eingangstüre, links) zu nummerieren. Werden Doppeldosen im Raum installiert, sind die Anschlüsse mit einem Zusatzbuchstaben zu versehen.

Beispiel für die Bezeichnung des Einbauorts eines KA am Rangierfeld

321.4 drittes Obergeschoss, Zimmer 21, vierter KA
E11.2L Erdgeschoss, Zimmer 11, zweiter KA, linke Seite

Die Bezeichnung bei dem KA muss auf den Datenverteiler Raum und die Position des Rangierfeldes verweisen und sollte konsequenterweise die Art der gewählten Bezeichnungsregeln anwenden.

Beispiel für die Bezeichnung des Einbauorts eines Rangierfeldes am KA

012.C05 Datenverteiler Raum lfd. Nr. 012, Rangierfeld C, Port 05

Bei einer Neuinstallation wird oft eine große Anzahl von Kabeln von einem Datenverteiler zu den KA verlegt. Damit diese in der richtigen Folge aufgelegt und am zutreffenden Ort wieder aufgefunden werden können, ist eine Bezeichnung an

beiden Kabelenden erforderlich. An den Kabelenden sollten dabei die Bezeichnungen gewählt werden, die später fest am Rangierverteiler bzw. KA angebracht werden (Beispiele siehe oben).

Primär- und Sekundärbereich

Bei Kabelverlegungen für Verbindungen zwischen Gebäuden im Primärbereich oder zwischen Etagen im Sekundärbereich kann diese Systematik zur Bezeichnung der jeweiligen Kabelenden und einem gegenseitigen Querverweis auch verwendet werden, in dem z. B. die Gebäudebezeichnung in eckige Klammern gesetzt wird.

Beispiel:

[Stre128] Stresemannstraße 128 – 130
[CL 272] Chemische Labore

Empfohlen wird jedoch, die vorgenannte Methodik beizubehalten und die Datenverteileräume nicht nur innerhalb eines Gebäudes, sondern in dem gesamten Zuständigkeitsbereich durchzunummerieren und in einem Gesamtverzeichnis zu pflegen.

Diese Kabel haben üblicherweise eine größere Anzahl von Fasern oder Doppeladern. Für den Aufbau von Kabeln und Leitungen gibt es gängige Kennzeichnungen für Fasern bzw. Adern und Regeln zur Zählweise, damit die Reihenfolge der Fasern bzw. Adern passend und eindeutig aufgelegt werden.

Bei den Bezeichnungen sollten deshalb auf eine weitere Aufschlüsselung von Fasern und dergleichen verzichtet werden, da sonst die Bezeichnung zu unübersichtlich wird. Es ist stattdessen auf Regeln zur Kennzeichnung von Fasern/Adern und Zählweisen von mehrfaserigen/-paarigen Kabeln und Leitungen hinzuweisen.

8.3.2 Dokumentation

Die Erarbeitung der Dokumentation beginnt bereits beim Erstellen der Installationspezifikationen sowie des Qualitätsplans und der darin abgestimmten Anforderungen und Festlegungen.

Für den Betrieb, die Instandhaltung einschließlich Fehlersuche sowie Erweiterungen ist eine vollständige Bestandsdokumentation unerlässlich.

Anforderungen an Bezeichnungsschemata, Aufbauzeichnungen von Verteilerschränken sowie Art und Umfang der Bestandsdokumentation (Art und Anzahl der Dokumente, Festlegungen zu Einträgen, Protokolle, Papier-/digitale Form) sind festzulegen.

Dazu gehören:

Allgemein

- Anschriften der Beteiligten
- Übergabeprotokoll

Komponenten des Verkabelungssystems

- Übersichtsplan des Geländes mit Kabelwegen
- Gebäudepläne, Horizontalschnitt, Kabelwege vertikal
- Etagenpläne, Standorte, Kabelwege horizontal
- Netzwerkübersicht Gesamtsystem
- Gesamtverzeichnis der KA im Kommunikationsnetzwerk

- Verzeichnis der KA je Verteiler
- Stücklisten je Verteiler
- Geräte- und Zubehörliste des Kommunikationsnetzwerks
- Messprotokolle in tabellarischer und grafischer Form (Kurzform der Anforderungen aus Abschnitt 6 – Messungen)

Einzelheiten zum Prüfgerät:

- Typ und Hersteller
- Seriennummer
- Kalibrierungszustand
- Softwareversion

Parameter der installierten Verkabelung:

- Einzelheiten zu den Prüfschnüren und –adaptern (Typ, Ref.-Nr. Hersteller)
- Verkabelungsaufbau (z. B. Installationsstrecke, Übertragungsstrecke)
- das angewandte Prüfverfahren
- Datum der Prüfung (ggf. Uhrzeit der Prüfung)
- Prüfer
- Kennzeichner der geprüften Verkabelung
- Angaben zur geprüften Verkabelung (z. B. Länge, Information zu Kabeln und Verbindungen)
 - das geforderte Ergebnis
 - das gemessene Ergebnis
- Datenblätter der einzelnen Komponenten wie Stecker, Kupplungen, Spleißboxen, Kabel, Fasern
- Nachweis der Kabellängen, soweit möglich an Hand der auf dem Kabelmantel fest angebrachten und gut lesbaren Angaben zur fortlaufenden Länge des Kabels (Metrierung)
- Kabelliste der Kupferkabellängenmessung

Systembegleitende Komponenten

- Messprotokoll zu Prüfungen der Stromversorgung, Potentialausgleichmaßnahmen und Ableitfähigkeit der Böden
- Aktualisierung der Bestandsunterlagen vorhandener Anlagen (z. B. BMA, Feuerlöschsysteme, Elektroversorgung)

Wenn die nutzende Verwaltung ein Dokumentenmanagementsystem bzw. eine Netzwerkmanagement-Software betreibt, ist die Bestandsdokumentation so auszuführen und in den jeweiligen Datenformaten zu erstellen, dass sie nach entsprechender Vorgabe in das System eingebunden werden kann.

9 Abkürzungen /Begriffe

(M)LAR	M uster- R ichtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an L eitungs a nlagen (Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie)
ACR-N	(A ttenuation to C rosstalk R atio n ear/ f ar)
ACR-F	Dämpfungs-Übersprech-Verhältnis am nahen/fernen Ende
AMEV	A rbeitskreis M aschinen und E lektrotechnik staatlicher und kommunaler V erwaltungen
APC	(engl. A ngled P hysical C ontact) Endflächenausführung der LWL Faser mit abgerundetem Faserende (PC) und zusätzlich angewinkelter Endfläche
ASR	Technische Regeln für Arbeitsstätten (A rbeits s tätten R ichtlinie) https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/ASR/ASR.html
AWG	(engl. A merican W ire G auge) Maß für den Aderquerschnitt bei Kupferkabeln, z. B. AWG 23: die Nummer gibt den Durchmesser bzw. Querschnitt eines Drahtes codiert wieder
BauPVO	B auprodukten v erordnung
BMA	B rand m el d e a n l a g e
BMI	B undes m inisterium des I nneren, für Bau und Heimat
BOS	B ehörden und O rganisationen für S icherheitsaufgaben
BSI	B undesamt für S icherheit in der I nformationstechnik – www.bsi.bund.de
BTU	(engl. B ritish t hermal u nit) Einheit der Energie, Formelzeichen: W
Cu	Formelzeichen für Kupfer
CWDM	(eng. C oarse W avelength D ivision M ultiplexing)
DIN	D eutsches I nstitut für N ormung e. V. – www.din.de
DSLAM	(engl. D igital S ubscriber L ine A ccess M ultiplexer) DSL-Zugangsmultiplexer
DV	D aten v erteiler
DWDM	(eng. D ense W avelength D ivision M ultiplexing)
EDV	E lektronische D aten v erarbeitung
ELFEXT	(engl. e qual l evel f ar e nd c rosstalk r atio) Ausgangsseitige Fernnebensprechdämpfung
EMA/ÜMA	E inbruch-/ Ü berfall m el d e a n l a g e
EMV	E lektromagnetische V erträglichkeit
EMVG	G esetz über die e lektromagnetische V erträglichkeit von Betriebsmitteln
EN	E uropäische N orm
EV	E tagen v erteiler
EVB-IT	E rgänzende V ertragsbedingungen für die B eschaffung von I T-Leistungen
FEXT	(engl. F ar E nd C ross T alk or Forward Coupling) Übersprechen/Fernnebensprechdämpfung
FTTD	(engl. F iber t o t he D esk) Lichtwellenleiteranschlusstechnik zum Endgerät Arbeitsplatz (engl. F iber t o t he O ffice)
FTTO	Lichtwellenleiteranschlusstechnik zum Anschlusspunkt im Büro
GMA	G efahren m el d e a n l a g e
GV	G ebäude v erteiler
HE	H öheneinheit – 1 ¾ Zoll = 4,445 cm
IEC	(engl. I nternational E lectrotechnical C ommission) Internationale Normungsorganisation im Bereich der Elektrotechnik

IEEE	(engl. Institute of E lectrical and E lectronics E ngineers) Weltweiter Berufsverband von Ingenieuren aus den Bereichen Elektrotechnik und Informatik
IoT	(engl. I nternet o f T hings) Internet der Dinge; bedeutet Verknüpfung von Geräten und Anwendungen zur Unterstützung des Menschen
IP	I nternet P rotokoll (engl. I nternational O rganization for S tandardization) Internationale Organisation für Normung – www.iso.org
ISO	Organisation für Normung – www.iso.org
IT	I nformationstechnik
k. A.	Keine Angaben
KA	K ommunikations a nschluss
KNX	Feldbus zur Vernetzung von Geräten in der Gebäudeautomation
LAN	(engl. L ocal A rea N etwork) Lokales Datennetz
LC	(engl. L ucent C onnecto r) LWL-Stecker
LED	(engl. l ight- e mitting diode) Leuchtdiode
log	Logarithmus
LSA	Verbindungstechnik, die ohne L öten, S chrauben und A bisolieren funktioniert
LWL	L icht w ellen l eiter
Modem	Gerät für Umwandlung digitaler Daten in für analoge Leitungen geeignete Signale
NEA	N etz e rsat a n a ge
NEXT	(engl. N ear E nd C rosstalk)Übersprechen/Nahnebensprechdämpfung
NVP	(engl. N ominal V elocity of P ropagation) Nennausbreitungsgeschwindigkeit (Verkürzungsfaktor); der NVP-Wert entspricht der Signalgeschwindigkeit bezogen auf die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum
OF	(engl. o ptical f iber) Lichtwellenleiter
OM	(engl. O ptical M ultimode) Mehrmoden- bzw. Multimodefaser (engl. O ptical S ingl e mode) Einmoden-, Monomode- bzw. Singlemodefaser
OS	
OTDR	(engl. O ptical- T ime- D omain- R eflectometry) Optischer Zeitbereichs-Reflektometer
PC	P ersonal c omputer
PD	(engl. P owered D evice) Mit PoE versorgtes Endgerät
PIMF	Paar in Metallfolie
PoE	(engl. P ower o ver E thernet) Stromversorgung von Endgeräten über das Übertragungsnetz (Tertiärebene) durch zentrale Netzwerkgeräte
PSACR	(engl. p owersum A CR) Leistungssummiertes ACR
PSE	(engl. P ower S ourc e E quipment) Energieversorger
PSNEXT	(engl. p owersum N EXT) Leistungssummierte Nahnebensprechdämpfung
PVC	(lat. P oly v inyl ch lorid) amorpher thermoplastischer Kunststoff
RBBau	R ichtlinien für die Durchführung von B auaufgaben des B undes
RCD	(engl. R esidual- C urrent D ivice) Fehlerstrom-Schutzschalter
RL	(engl. R eturn L oss) Rückflusssdämpfung
RLT	R auml u ft t echnik
RMS	R ack- M onitoring- S ystems
S/FTP	(engl. s hielded f oiled t wisted p air) Folie als Paarschirm und Drahtgeflecht als Gesamtschirm
SC	(engl. S ubscriber C onnecto r) LWL-Stecker
SPD	(engl. S urge P rotective D evice s) Überspannungsschutzgerät
STP	(engl. S hielded T wisted P air)

	Geschirmte Adern paarweise miteinander verdreht
SV	Standortverteiler
TK	Telekommunikation
TLSTK	Technischen Leitlinie für organisationsinterne TK -Systeme mit erhöhtem Schutzbedarf
TN-S	Niederspannungsnetz bei dem separate Neutral- und Schutzleiter vom Transformator bis zu den Verbrauchern geführt werden.
TP	(engl. Twisted-Pair) Kabel mit verdrehten Adernpaaren
USV	Unterbrechungsfreie Stromversorgung
VDE	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V. – www.vde.de
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e. V. – www.vdi.de
VFD	(engl. Voltage and Frequency Dependent) Bei diesem Verfahren wird bei einer USV die Versorgung aus Batterie mit Gleichrichter umgeschaltet.
VFI	(engl. Voltage and Frequency Independent) Der Ausgang des batteriegestützten Wechselrichters einer USV versorgt im Normalbetrieb die Verbraucher
VHB	Vergabe- und Vertragshandbuch für die Baumaßnahmen des Bundes
VoIP	(engl. Voice over Internet Protocol) (Sprachübertragung mittels Internetprotokoll)
WAN	(engl. Wide Area Network) Weitverkehrsnetz
WDM	(engl. Wavelength Division Multiplex) Wellenlängenmultiplex
WiFi	Kunstbegriff für IEEE 802.11b
WLAN	(engl. Wireless Local Area Network) Drahtloses lokales Netzwerk
ZEP	Zentraler Erdungspunkt

10 Verzeichnisse

10.1 Auswahl wichtiger Vorschriften, Regelwerke und Arbeitshilfen

1	AMEV Beleuchtung 2019	Hinweise für die Beleuchtung öffentlicher Gebäude
2	AMEV BMA 2019	Planung, Ausführung und Betrieb von Brandmeldeanlagen in öffentlichen Gebäuden
3	AMEV EltAnlagen 2020	Planung und Bau von Elektroanlagen in öffentlichen Gebäuden
4	AMEV EMA/ÜMA 2019	Gefahrenmeldeanlagen für Einbruch, Überfall und Geländeüberwachung in öffentlichen Gebäuden
5	AMEV RLT-Anlagenbau 2018	Planung und Ausführung von Raumlufotechnischen Anlagen für öffentliche Gebäude
6	AMEV-Empfehlung BOS 2017	Konsequenzen der Umstellung von Analogfunk auf Digitalfunk BOS in öffentlichen Gebäuden
7	ANSI/TIA-1057 2006-04	LLDP-MED (<i>MED</i> steht für „ <i>Media Endpoint Detection</i> “)
8	BSI NET.2.1 WLAN- Betrieb	Wireless LAN Betrieb https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Grundschutz/Kompendium Einzel PDFs 2021/09 NET Netze und Kommunikation/NET 2 1 WLAN Betrieb Edition 2021.pdf?__blob=publicationFile&v=2
9	BSI NET.2.2 WLAN- Nutzung	Wireless LAN Nutzung https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Grundschutz/Kompendium Einzel PDFs 2021/09 NET Netze und Kommunikation/NET 2 2 WLAN Nutzung Edition 2021.pdf?__blob=publicationFile&v=2
10	DIN 18251-1: 2002-07	Schlösser - Einsteckschlösser - Teil 1: Einsteckschlösser für gefälzte Türen
11	DIN 31051:2019-06	Grundlagen der Instandhaltung
12	DIN 54345-1: 1992-02	Prüfung von Textilien; Elektrostatisches Verhalten; Bestimmung elektrischer Widerstandsgrößen
13	DIN EN 1081: 2019-03	Elastische Bodenbeläge - Bestimmung des elektrischen Widerstandes
14	DIN EN 1627: 2011-09	Türen, Fenster, Vorhangfassaden, Gitterelemente und Abschlüsse - Einbruchhemmung - Anforderungen und Klassifizierung
15	DIN EN 50173-1: 2018-10; VDE 0800-173-1	Informationstechnik - Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen; Teil 1 Allgemein
16	DIN EN 50173-2: 2018-10; (VDE 0800-173-2)	Informationstechnik - Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen; Teil 2 Bürobereiche
17	DIN EN 50174-1: 2018-10 (VDE 0800-174-1)	Informationstechnik - Installation von Kommunikationsverkabelung - Teil 1: Installationsspezifikation und Qualitätssicherung;
18	DIN EN 50174-2: 2018-10 (VDE 0800-174-2)	Informationstechnik - Installation von Kommunikationsverkabelung - Teil 2: Installationsplanung und Installationspraktiken in Gebäuden

19	DIN EN 50174-2 2015-09 Beiblatt 1 (VDE 0800-174-1 Beiblatt 1)	Informationstechnik - Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen; Teil 2: Installationspraktiken in Gebäuden Beiblatt 1: Fernspeisung
20	DIN EN 50288-4-2: 2014-03 (VDE 0819-4-2)	Mehradrige metallische Daten- und Kontrollkabel für analoge und digitale Übertragung - Teil 4-2: Rahmenspezifikation für geschirmte Kabel bis 600 MHz - Geräteanschlusskabel und Schaltkabel;
21	DIN EN 50290-4-2: 2015-06 (VDE 0819-290-42)	Kommunikationskabel - Teil 4-2: Allgemeine Betrachtungen für die Anwendung der Kabel - Leitfaden für die Verwendung
22	DIN EN 50310: 2017-02 (VDE 0800-2-310)	Anwendung von Maßnahmen für Erdung und Potentialausgleich in Gebäuden mit Einrichtungen der Informationstechnik
23	DIN EN 50346: 2010-02	Informationstechnik - Installation von Kommunikationsverkabelung - Prüfen installierter Verkabelung;
24	DIN EN 60603-7: 2019-11 (VDE 0627-603-7)	Steckverbinder für elektronische Einrichtungen - Teil 7: Bauartspezifikation für ungeschirmte freie und feste Steckverbinder, 8polig
25	DIN EN 60603-7-7: 2011-06 (VDE 0687-603-7-7)	Steckverbinder für elektronische Einrichtungen - Teil 7-7: Bauartspezifikation für geschirmte freie und feste Steckverbinder, 8-polig, für Datenübertragungen bis 600 MHz
26	DIN EN 60603-7-51: 2011-01 (VDE 0687-603-7-51)	Steckverbinder für elektronische Einrichtungen - Teil 7-51: Bauartspezifikation für geschirmte freie und feste Steckverbinder, 8-polig, für Datenübertragungen bis 500 MHz
27	DIN EN 60794-1-1: 2016-10 (VDE 0888-100-1)	Lichtwellenleiterkabel - Teil 1-1: Fachgrundspezifikation – Allgemeines
28	DIN EN 60874-1: 2012-10 (VDE 0885-874-1)	Lichtwellenleiter - Verbindungselemente und passive Bauteile - Steckverbinder für Lichtwellenleiter und Lichtwellenleiterkabel - Teil 1: Fachgrundspezifikation
29	DIN EN 60874-19: 1997-12	Steckverbinder für Lichtwellenleiter und LWL-Kabel - Teil 19: Rahmenspezifikation für LWL-Steckverbinder - Bauart SC-D(uplex) (IEC 60874-19:1995 + Corrigendum 1996)
30	DIN EN 61000-6-1: 2019-11 (VDE 0839-6-1)	EMV - Teil 6-1: Fachgrundnormen - Störfestigkeit für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewebebereiche sowie Kleinbetriebe
31	DIN EN 61000-6-3: 2011-9 (VDE 0839-6-3)	EMV - Teil 6-3: Fachgrundnorm Störaussendung – Wohnbereich, Geschäfts- und Gewebebereiche sowie Kleinbetriebe (IEC 77/487/CDV:2015)
32	DIN EN 61280-4-1: 2020-07 (VDE 0888-410)	Prüfverfahren für Lichtwellenleiter-Kommunikationsuntersysteme - Teil 4-1: Lichtwellenleiter-Kabelanlagen - Mehrmoden-Dämpfungsmessungen
33	DIN EN 61340-4-1: 2016-04 (VDE 0300-4-1)	Elektrostatik - Teil 4-1: Standard-Prüfverfahren für spezielle Anwendungen - Elektrischer Widerstand von Bodenbelägen und verlegten Fußböden
34	DIN EN 61643-11: 2019-03 (VDE 0675-6-11)	Überspannungsschutzgeräte für Niederspannung - Teil 11: Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Niederspannungsanlagen - Anforderungen und Prüfungen
35	DIN EN 61754-20 2013-07	Lichtwellenleiter - Verbindungselemente und passive Bauteile - Steckgesichter von Lichtwellenleiter-Steckverbindern - Teil 20: Steckverbinderfamilie der Bauart LC

36	DIN EN 61935-1: 2020-07 (VDE 0819-935-1)	Spezifikation für die Prüfung der symmetrischen und koaxialen informationstechnischen Verkabelung - Teil 1: Installierte symmetrische Verkabelung nach der Normenreihe EN 50173
37	DIN EN 62040-3: 2011-12; (VDE 0558-530)	Unterbrechungsfreie Stromversorgungssysteme (USV) - Teil 3: Methoden zum Festlegen der Leistungs- und Prüfungsanforderungen
38	DIN EN ISO 16890-1: 2017-08	Luftfilter für die allgemeine Raumluftechnik - Teil 1: Technische Bestimmungen, Anforderungen und Effizienzklassifizierungssystem, basierend auf dem Feinstaubabscheidegrad (ePM)
39	DIN ISO/IEC14763-3: 2019-05 (VDE 0800-763-3)	Informationstechnik - Errichtung und Betrieb von Standortverkabelung - Teil 3: Messung von Lichtwellenleiterverkabelung
40	DIN VDE 0100	Errichten von Niederspannungsanlagen
41	DIN VDE 0100-410: 2018-10	Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 4-41: Schutzmaßnahmen - Schutz gegen elektrischen Schlag
42	EIA/TIA-568A	Standard für die Kontaktierung von achtpoligen RJ-45-Steckern und Buchsen
43	EMVG	Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Betriebsmitteln vom 14.12.2016 https://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/emvg_2016/gesamt.pdf
44	IEC 60320 C13: 2020-02	Gerätesteckvorrichtungen für den Hausgebrauch und ähnliche allgemeine Zwecke -Teil 1: Allgemeine Anforderungen
45	IEEE 802.11ah:2017	Low-Power-WLAN für Funkverbindungen mit hoher Reichweite (bis 1 km), aber niedriger Datenrate
46	IEEE 802.11ax:2021	High Efficiency WLAN mit Übertragungsgeschwindigkeiten im Gigabit-Bereich
47	IEEE 802.1ab-2009	Link Layer Discovery Protocol (LLDP)
48	IEEE 802.1x:2010	Standard zur Authentifizierung in Rechnernetzen
49	IEEE 802.3:2015	Ethernet (10 Mbit/s), benötigt 2 Adernpaare
50	IEEE 802.3af:2003	Power over Ethernet, bis 15,4 W
51	IEEE 802.3at:2009	Power over Ethernet+, bis 25,4 W
52	IEEE 802.3bt:2018	Power over Ethernet++ bzw. 4PPO4, 70 bis 100 W
53	IEEE 802.3u:1995	Fast Ethernet (100 Mbit/s), benötigt 2 Adernpaare
54	IEEE 802.3z	Gigabit Ethernet (100 Mbit/s), benötigt 4 Adernpaare
55	ISO/IEC 11801:2017	Allgemeine Anforderungen für Twisted-Pair-Kabel und Glasfaserkabel
56	IT-Grundschutz-Kompendium Edition 2019	löst die bisherigen IT-Grundschutz-Kataloge des BSI ab https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Grundschutz/Kompendium/IT_Grundschutz_Kompendium_Edition_2019.html
57	ITU-T G.694.2	Standard für einen Kanalabstandsgitter für CWDM (ITU-T G.694.2) mit Wellenlängen von 1270 nm bis 1610 nm und mit einem Kanalabstand von 20 nm
58	Rechnagel Sprenger	Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik ISBN-13: 978-3835671362
59	TI Schließanlagen	Technische Information

	2015	Schließenanlagen des Landes Niedersachsen
60	TLSTK II - Management- Kurzfassung	Technische Leitlinie für organisationsinterne Telekommunikationssysteme mit erhöhtem Schutzbedarf https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Publikationen/TechnischeLeitlinien/TKAnlagen/TLSTK_II-Management-Kurzfassung.html
61	VDI 2054:2019-08	Raumlufttechnische Anlagen für Datenverarbeitung
62	VDI 2067 Blatt 1: 2012-09	Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen - Grundlagen und Kostenberechnung
63	VDI 2078: 2015-06	Berechnung der thermischen Lasten und Raumtemperaturen (Auslegung Kühllast und Jahressimulation)
64	VDI 2569: 2019-10	Schallschutz und akustische Gestaltung in Büros
65	VHB	Vergabehandbuch des Bundes https://www.fib-bund.de/Inhalt/Vergabe/VHB/VHB_2017_Lesefassung_2019.pdf

10.2 Literaturhinweise

Die folgenden Richtlinien wurden bei der Erstellung dieser Empfehlung durchgesehen und gaben Hinweise für Gestaltung und Inhalt.

- Installations-Richtlinien für die Kommunikations-Verkabelung
- IRKoV 2013
Land Hessen
- LAN Konzeption der Landesverwaltung Baden-Württemberg einschl. Hochschulbereich
Stand 15.11.2012 (ersetzt durch LAN 2018)
- Planung und Ausführung der Universellen Kommunikationsverkabelung (UVK) in den Verwaltungsgebäuden der Stadt Zürich
Ausgabe 30.08.2012
- Planungsrichtlinie für Informations- und Kommunikationsnetze in Gebäuden der Landesverwaltung Rheinland-Pfalz
Stand 03/2013 (ersetzt durch LAN 2016)
- Planungsrichtlinien für Kommunikationsnetze beim Freistaat Bayern
BayITR 03, Stand 2010 (ergänzt durch LAN 2016)
- Richtlinie zur Planung von Informations- und Kommunikations-Netzwerken
TR-luK-RL01, Stand 31.01.2014
Stadt Nürnberg
- Richtlinien für Singlemode-Strecken im WAN-Bereich
Ausgabe 6.06.2007
Stadt Zürich
- Technische Information Lokale Datennetze in den Dienststellen des Landes Niedersachsen
TI-LAN 2014 (ersetzt durch LAN 2016)
- Verkabelungssystem der IKT
Freistaat Sachsen (ersetzt durch LAN 2016)
- Vorgaben zum Aufbau von IT-Verteilern und zur strukturierten Verkabelung
Ausgabe 09.04.2013
Universitätsmedizin Göttingen

- Deutsche Bundesbank
Richtlinien Verkabelung und Verteilerräume
Stand: 20.02.2014 (ersetzt durch LAN 2016)
- Verkabelungsrichtlinie 2010 Thüringen
Richtlinie für Verkabelungen zum Aufbau von dienstneutralen Kommunikationsanlagen des Freistaates Thüringen“ Thüringer Staatsanzeiger Nr. 52/2009 vom 28.12.2009 „Verkabelungsrichtlinie 2010 (VKR 2010)“ (ersetzt durch LAN 2018)
- Bundesanstalt für Arbeit
- Technische Richtlinie IT-Verkabelung der Stadt Kassel
(ergänzt durch LAN 2016)

10.3 Quellen

- „IT-Verkabelung, PoE und Beleuchtung, wie passt das zusammen?“
Der Netzwerk Insider März 2018
- Testen der PoE-Tauglichkeit – de 17.2018
- Vorsicht: Überhitzung von Datenkabeln – de 9.2018
- Beleuchtung über Datenverkabelungsnetze (1) – de 4.2018
- Beleuchtung über Datenverkabelungsnetze (2) – de 5.2018
- Funkschau 11/2017 – Licht für Intelligente Gebäude
- Nächste Generation Power over Ethernet
Metz Connect White Paper 03/2018
- Power over Ethernet
Gleichgewicht der Leistung: Vier Paare und die Risiken – LANLine 10/2018
- Geprüfter Datenstrom
PoE-Versorgung im Netzwerk – de 18.2019
- Power over Ethernet (PoE): Strom aus dem Netzwerk
Zwei Fliegen mit einer Klappe – LANLine 2/2020
- WDM - Wavelength Division Multiplex
<https://www.elektronik-kompodium.de/sites/kom/1604211.htm>
- WDM - Wavelength Division Multiplex
<https://www.pandacomdirekt.de/fachwissen-netzwerktechnologien/detail/grundlagen-wdm.html>
- Wave length Division Multiplexing
<https://www.it-administrator.de/lexikon/wdm.html>

11 Mitarbeiter

Thomas Augustin	Bundesamt für Ausrüstung, Informationstechnik und Nutzung der Bundeswehr, Koblenz
Marius Elsner	Stadt Nürnberg, Nürnberg
Ronald Gockel	Ministerium der Finanzen Rheinland-Pfalz, Mainz
Heike Gralla	Niedersächsisches Landesamt für Bau und Liegenschaften (NLBL), Hannover
Mathias Hein	VAF Bundesverband Telekommunikation e. V., Hilden
Robert Höhl	Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr, München
Michael Huber-Mall	Ehrenmitglied des Fernmeldeausschuss, Esslingen
Anne Janssen-Bokämper	Niedersächsisches Landesamt für Bau und Liegenschaften (NLBL), Hannover
René Kaufmann	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Berlin
Jens Kochanow	Sächsischer Landtag, Dresden
Karl-Heinz Kranzsch	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn
Jürgen Kroll	Ministerium für Heimat, Kommunales, Bau und Gleichstellung des Landes Nordrhein-Westfalen (MHKBG NRW), Düsseldorf
Markus Loer	Landesbaudirektion Bayern, München
Stephan Mackert	Vermögen und Bau Baden-Württemberg, Mannheim
Volker Maurer	Landesverwaltungsamt, Staatliche Hochbaubehörde, Saarbrücken
Wilfried Müller, Obmann	Niedersächsisches Landesamt für Bau und Liegenschaften (NLBL), Hannover
Benjamin Pfister	Stadt Kassel, Kassel
Dirk Timmsen	Finanzministerium Schleswig-Holstein, Amt für Bundesbau, Kiel

12 Abbildungen

Fernmeldeausschuss des AMEV, teilweise unter Verwendung von Fotos von:

Thomas Grünhäuser	Staatliches Baumanagement Braunschweig, Braunschweig
-------------------	--

Anlage 1 – Muster-Checkliste für die Bedarfsermittlung

Hinweis: Alle blauen Eintragungen sind als Muster zu verstehen, sie geben keinen allgemeinen Standard wieder!

Die Roten Eintragungen verweisen auf Hinweise in der Empfehlung

Zutreffendes ist anzukreuzen

1 Projekt

Baumaßnahme: [Neubau Amtsgericht Neustadt](#).....

Liegenschaft: [Amtsgericht Neustadt](#)

Ort: [Neustadt](#)

Straße: [Gerichtsweg](#).....

Nutzende Verwaltung: [Amtsgericht Neustadt](#) *siehe Vorwort*

Ort [Neustadt](#)

Straße [Gerichtsweg](#).....

Telefon: [0999 / 9999-0](#)

Ansprechpartner nutzende Verwaltung

Name: [Maier](#)..... Telefon: [0999 / 9999-100](#)

E-Mail: Maier@Amtsgericht-Neustadt.de.....

Ansprechpartner Vergabestelle¹⁾

Vergabestelle: [Bauamt Neustadt](#)

Name: [Müller](#)..... Telefon: [0999 / 8888-200](#)

E-Mail: Mueller@Bauamt-Neustadt.de

Bemerkungen zum Projekt:

Auf besondere Betriebsumgebungen, die bei der Planung und dem Betrieb berücksichtigt werden müssen (z. B. Lager für Gefahrstoffe, Ex-Bereiche, Mittelspannungsanlagen, S4-Labore) ist von der nutzenden Verwaltung hinzuweisen.

.....

[Kabel dürfen nicht durch die Asservatenkammer geführt werden](#).....

¹ Siehe Vergabehandbuch

.....

2 Strukturierte Datenverkabelung

Neubau und/oder Bauen im Bestand

Ist eine strukturierte Datenverkabelung vorhanden? Ja / Nein

Wenn nein, Ausstattung nach LAN-Konzeption und Checkliste.

Wenn ja, das vorhandene Leitungsnetz:

ist ausreichend

muss erweitert werden, Umfang ist festzulegen

muss erneuert werden, weil:

Müssen Anforderungen für eine logische oder physikalische Netztrennung berücksichtigt werden? Ja / Nein

Wenn ja, welche: [Die im Gebäude untergebrachte Außenstelle der Staatsanwaltschaft benötigt ein physikalisch getrenntes Netz. Für das Amtsgericht sind drei logisch getrennte Netze aufzubauen für Verwaltungsnetz, Justiznetz und für den WLAN-Zugang zum Internet für Rechtsanwälte](#)

2.1 Primär- und Sekundärbereich (Verbindungen zwischen Gebäuden und zwischen Etagen)

Der Betrieb folgender Übertragungsverfahren muss möglich sein:

Primärnetz: [entfällt, da nur ein Gebäude siehe 1.1](#)

Sekundärnetz: [10 Gbit/s Ethernet nach IEEE 803.z siehe 1.2](#)

Müssen wegen nicht möglicher LWL-/Kupfer-Strecken drahtlose Verbindungen (z. B. Richtfunk) eingerichtet werden? [siehe 2.3](#) Ja / Nein

Wenn ja, Endpunkte und notwendige Bandbreite/ Übertragungsverfahren angeben:

Werden im Primär- bzw. Sekundärbereich Anforderungen an zusätzliche Redundanzleitungen gestellt? [siehe 1.4 und 8.2](#) Ja / Nein

Wenn ja, bei folgenden Strecken:

Gibt es Vorgaben bezüglich der zu verwendenden LWL-Steckertypen Ja / Nein

Wenn ja, welche für Mehrmodenfaser: [LC-duplex siehe 2.1.5](#)

Wenn ja, welche für Einmodenfaser: [E 2000 siehe 2.1.1](#)

Sind im Primär- bzw. Sekundärbereich ergänzende Kupferkabel notwendig? [siehe 1.2](#)
 Ja / Nein

Wenn ja, wofür, Anzahl und Qualität: [Übertragung von Nicht-IP-Signalen: KNX-Busleitung, Brandmeldeleitung, je 1 x 50 DA Kupfer, Kategorie 3; Brandmeldekabel](#)

2.2 Tertiärbereich

Ggf. bislang verwendete Tertiärkabel:

Kupfer / LWL

Ist im Tertiärbereich ein Link der Klasse E_A (Bandbreite bis 500 MHz, max. 10 GBit/s Übertragungsrate bei Ethernet) ausreichend? **siehe 2.2.2** Ja / Nein

Wenn nein, was ist erforderlich:

Begründung:

Das Tertiärnetz soll abweichend vom Standard in LWL ausgeführt werden, da: **siehe 1.5.3**

Es soll die folgende Variante ausgeführt werden: **siehe 1.5.3** FTTO / FTTD
Müssen einzelne Kommunikationsanschlüsse (z. B. für dezentrale Server, Videoübertragung) gegenüber dem Standard erhöhter Bandbreite oder Übertragungsrate angebunden werden?

..... Ja / Nein

Wenn ja, was ist wo erforderlich: **Server im Schulungsraum 001 mit 40 Gigabit Ethernet, Videoübertragung**

2.3 WLAN **siehe 2.3**

Gibt es Bereiche die ergänzend mit WLAN versorgt werden müssen erforderlich?

Ja / Nein

Wenn ja: Die zu versorgenden Bereiche und die Vorgaben der nutzenden Verwaltung sind auf einem Beiblatt zu protokollieren.

3 Erforderliche Kommunikationsanschlüsse

für die Büros genügt die Standardausstattung entsprechend AMEV LAN 2021. **siehe 1.5.2**

für die Ausstattung der Büros ist vorzusehen:

die Ausstattung – der übrigen Räume²⁾ - erfolgt entsprechend der beigefügten Raumlis-te. Weitere Anschlüsse (z. B. Zeiterfassungsterminals, WLAN-APs) sind in der Raumlis-te mit aufzuführen. Auf besondere Anforderungen (z. B. Kommunikationsanschlüs-se mit einer höheren Schutzart, Ex-Schutzanforderungen) ist hinzuweisen.

4 Stromversorgung der Endgeräte **siehe 3.1**

Die Energieversorgung der Kommunikationsanschlüsse ist wie folgt vorzusehen:

- Netzwerkkameras PoE, Klasse ..6.. 230 V

² ggf. streichen

- Schließsysteme PoE, Klasse ..4.. 230 V
- Sprachendgeräte PoE, Klasse ..3.. 230 V
- Störmeldesysteme PoE, Klasse 230 V
- Telefaxgeräte PoE, Klasse 230 V
- WLAN-Access-Points PoE, Klasse ..3.. 230 V
- Zeiterfassungsgeräte PoE, Klasse 230 V
- Zentrale Netzwerkdrucker PoE, Klasse 230 V
- ... PoE, Klasse 230 V

Sind verschiedenfarbige Rangierkabel erforderlich? Ja / Nein

Wenn ja, welche: **Telefonie blau, Daten gelb, Video grün, Zutrittskontrolle rot**.....

Gibt es Gründe die separate Stromkreise für DV-Endgeräte erforderlich machen?

Ja / Nein

Wenn ja, warum und für welche Endgeräte:

5 Datenverteilerräume **siehe 4.4.1 und 5.2**

5.1 Allgemein

Sind in Datenverteilerräumen Doppelböden erforderlich? Ja / Nein

Wenn ja, warum und in welchen:

..... Höhen: cm

Sind in Datenverteilerräumen neben den Datenverteilerschränken noch weitere Flächen zu berücksichtigen? Ja / Nein

Wenn ja, was in Raum: ..007..

- Arbeitsplatz für Systembetreuer 5 m²
- Lagermöglichkeiten, z. B. anlagenspezifisches Zubehör 1 m²
- Stellfläche für Dokumentationsunterlagen m²
- Stellfläche in Datenverteilerschränken z. B. für systemfremde Server m²
- Stellfläche für Sicherungsmedien, ggf. in Sicherheitsschrank 2 m²
- USV nicht im Datenverteilerschrank m²

5.2 Kühlung

Folgende Umgebungsbedingungen bezogen auf: **siehe 4.5.**

den Raum Nr.: **alle**..... den Schrank die Geräte

sind für die vorgesehenen aktiven Netzkomponenten/ Server notwendig:

Temperatur:**10**..... °C bis**30**..... °C

Relative Luftfeuchte: :**45** % bei**20** °C bis**80** % bei**25** °C

Ist eine zentrale Kälteversorgung vorhanden, die genutzt werden kann? Ja / Nein

Wenn ja:.....

Die permanente **Wärmeabgabe** aller aktiven Netzkomponenten/Server/USV beträgt:

Raum 007 5000 W	bzw. BTU/h
Raum 008 1500 W	bzw. BTU/h
Raum 205 1000 W	bzw. BTU/h
Raum 405 100 W	bzw. BTU/h

Blasrichtung der Lüfter: von vorn nach hinten / von hinten nach vorn / unbekannt

Müssen Heizkörper zurückgebaut werden? Ja / Nein

Müssen wasserführende Leitungen geschützt werden? Ja / Nein

5.3 Türen [siehe 5.2.2](#)

In der Standardausstattung sind die Türen zu den Datenverteilteräumen nach Klasse RC2 auszuführen.

Sind höhere Anforderungen erforderlich? Ja / Nein

Bei welchen Räumen: **008 der Staatsanwaltschaft**.....

Wenn ja, wie (Begründung): **RC3, besonders sensible Daten**.....

Ein Zutrittskontrollsystem ist / ist nicht vorzusehen. [siehe 4.4.1](#)

Ausführungsart:

Eine besondere Schließung ist / ist nicht vorzusehen.

Ausführungsart:

5.4 Fenster [siehe 5.2.2](#)

In der Standardausstattung werden die Fenster der Datenverteilteräume im Erdgeschoß nach Klasse P7B, ansonsten nach Klasse P6B ausgelegt.

Bestehen höhere Anforderungen Ja / Nein

Wenn ja, welche?

Für folgende Räume gelten weitergehende Anforderungen:

Raum **008** , erforderliche Klasse: **P8B**

5.5 Brandmeldeanlage [siehe 4.4.2](#)

Im Gebäude ist eine Brandmeldeanlage vorhanden nicht vorhanden
(Fabrikat: **AMEV** / Typ: **FMA**)

Folgende Datenverteilteräume müssen mittels Brandmeldern überwacht werden:

alle

5.6 Einbruchmeldeanlage [siehe 4.4.1](#)

Im Gebäude ist eine Einbruchmeldeanlage vorhanden nicht vorhanden.
(Fabrikat: / Typ:)

Folgende Räume müssen gesichert werden (Notwendigen Grad nach VDE 0833-3 angeben):

Raum 008 der Staatsanwaltschaft, Grad 3.....

5.7 Stromversorgung siehe 4.1.1

Für die Stromversorgung der aktiven Netzkomponenten/Server/USV sind für die Datenverteilerschränke folgende Leistungen vorzuhalten:

Raum 007 10 kW, aufgeteilt auf 12 Stromkreise 1~ und 1 Stromkreise 3 ~

Die Stromkreise sind wie folgt auf die einzelnen Schränke aufzuteilen:

AV 7 Stromkreise 1~ und 1 Stromkreise 3 ~

USV 5 Stromkreise 1~ und - Stromkreise 3 ~

Raum 008 3 kW, aufgeteilt auf 8 Stromkreise 1~ und Stromkreise 3 ~

Die Stromkreise sind wie folgt auf die einzelnen Schränke aufzuteilen:

AV 5 Stromkreise 1~ und Stromkreise 3 ~

USV 3 Stromkreise 1~ und Stromkreise 3 ~

Raum 205 2 kW, aufgeteilt auf 3 Stromkreise 1~ und Stromkreise 3 ~

Die Stromkreise sind wie folgt auf die einzelnen Schränke aufzuteilen:

AV 2 Stromkreise 1~ und Stromkreise 3 ~

USV 1 Stromkreise 1~ und Stromkreise 3 ~

Raum 405 2 kW, aufgeteilt auf 3 Stromkreise 1~ und Stromkreise 3 ~

Die Stromkreise sind wie folgt auf die einzelnen Schränke aufzuteilen:

AV 2 Stromkreise 1~ und Stromkreise 3 ~

USV 1 Stromkreise 1~ und Stromkreise 3 ~

In den Datenverteilerschränken werden benötigt:

Schuko Steckdosen oder Kaltgerätesteckdosen

Schuko Steckdosen und Kaltgerätesteckdosen im Verhältnis: 50 / 50

5.8 USV-Anlagen siehe 4.1.1

Gibt es ein USV-Konzept Ja / Nein

Wenn ja: als Anlage beifügen.

Erforderliche Klasse³ der USV-Anlagen: VFI-SS-111

³ Entsprechend DIN EN 62040-3

In folgenden Räumen ist eine USV-Anlage vorzusehen:

Die USV Versorgung von Raum 007 erfolgt: dezentral Raum /Schrank zentral

Erläuterungen:

Wenn dezentral: Im Datenverteilerschrank im Datenverteilteraum

als 19" Gerät / Standgerät

Überbrückungszeit 15 / Minuten notwendig:

USV mit 8 kW Leistung

Eingang 1~ 3~

Ausgang 1~ 3~

Die USV soll auf eine NEA mit ausreichender Reserve aufgeschaltet werden.
Aufschaltung: 1~ 3~

Die USV Versorgung von Raum 008 erfolgt: dezentral zentral

Erläuterungen: [erhöhte Anforderungen der Staatsanwaltschaft](#)

Wenn dezentral: Im Datenverteilerschrank im Datenverteilteraum

als 19" Gerät / Standgerät

Überbrückungszeit 15 / 30 Minuten notwendig:

USV mit 2,5 kW Leistung

Eingang 1~ 3~

Ausgang 1~ 3~

Die USV soll auf eine NEA mit ausreichender Reserve aufgeschaltet werden.
Aufschaltung: 1~ 3~

Die USV Versorgung von Raum ...205 erfolgt: dezentral zentral

Erläuterungen:

Wenn dezentral: Im Datenverteilerschrank im Datenverteilteraum

als 19" Gerät / Standgerät

Überbrückungszeit 15 / Minuten notwendig:

USV mit 1,5 kW Leistung

Eingang 1~ 3~

Ausgang 1~ 3~

Die USV soll auf eine NEA mit ausreichender Reserve aufgeschaltet werden.
Aufschaltung: 1~ 3~

6 Einbaufläche / Schranktiefe [Siehe 2.4.1 und 2.4.2](#)

In den Datenverteilerschränken sind für aktiven Netzkomponenten/Server folgende Höheneinheiten freizuhalten:

Raum 007 40 HE:

Erforderliche Schranktiefe 800 mm / 1000 mm / 1200 mm
Tür vorne: Glas / geteilt / Stahlblech / perforiert,
Tür hinten: geteilt / Stahlblech / perforiert

Raum 008 12 HE:

Erforderliche Schranktiefe 800 mm / 1000 mm / 1200 mm
Tür vorne: Glas / Stahlblech / perforiert,
Tür hinten: geteilt / Stahlblech / perforiert

Raum 205 8 HE:

Erforderliche Schranktiefe 800 mm / 1000 mm / 1200 mm
Tür vorne: Glas / Stahlblech / perforiert,
Tür hinten: geteilt / Stahlblech / perforiert

Raum 405 8 HE:

Erforderliche Schranktiefe 800 mm / 1000 mm / 1200 mm
Tür vorne: Glas / Stahlblech / perforiert,
Tür hinten: geteilt / Stahlblech / perforiert

7 Betrieb, Organisation und Dokumentation **siehe 7**

Der mögliche Einbringweg, insbesondere für die Verteilerschränke, ist zu beachten. Gibt es Einschränkungen (z. B. unzureichende Höhen⁴, Türbreiten)? Ja / Nein

Wenn ja, was ist zu beachten:

Steht Fachpersonal für den Betrieb (z. B. RLT, USV) zur Verfügung Ja / Nein

Wenn ja, für was und in welchem Umfang: [Hausmeister ist Elektrofachkraft](#)

Für die einzelnen Technischen Anlagen (z. B. USV-Anlagen, Kühlgerät) ist vor der Ausschreibung das Instandhaltungskonzept mit Bezug auf die v. g. Antwort abzustimmen und die Ergebnisse je Anlage im VHB-Formblatt 112 zu dokumentieren.

Gibt es Vorgaben bezüglich der Beschriftung der Kommunikationsanschlüsse und der Einrichtungen? Ja / Nein

Wenn Ja, welche: [Siehe anliegende Beschreibung](#)

Sind **Bestandsunterlagen** vorhanden Ja / Nein

Beigefügte **Planunterlagen**:

⁴ Einige Datenverteilerschränke dürfen nur senkrecht stehend transportiert werden.

Keine

Weitere Anlagen

- WLAN Bedarf bezüglich Quantität und Qualität WLAN-Versorgung
- USV-Konzept
- Raumliste

Bemerkungen nutzende Verwaltung

Keine

Bemerkungen Vergabestelle

Keine

Aufgestellt Vergabestelle

Aufgestellt nutzende Verwaltung

Neustadt, den 07.10.2021

.....
(Müller)

.....
(Maier)