

# **LAN-Konzeption 2009**

## **der Landesverwaltung**

### **Baden-Württemberg einschließlich**

### **Hochschulbereich**

Stand 01/2009

abrufbar über das Landes-Intranet unter:

[www.lvn-id.bwl.de](http://www.lvn-id.bwl.de)  
[www.verwaltungsreform-bw.de](http://www.verwaltungsreform-bw.de)

Zustimmung des AK-IT am: 24.03.2009  
Vom LSA beschlossen am: 15.09.2009



# **Baden-Württemberg**

## Impressum

### AG - LAN Konzeption:

Philipp Deutsch, Informatikzentrum Landesverwaltung Baden-Württemberg (IZLBW)

Jens Göhler, Innenministerium Baden-Württemberg - Stabsstelle für Verwaltungsreform (IM StaV)

Dr. Bernhard Hall, Vermögen und Bau Baden-Württemberg (VB BW)

Bernd Straub, Finanzministerium Baden-Württemberg (FM)

Andreas Siegfried, Informatikzentrum Landesverwaltung Baden-Württemberg (IZLBW)

Klaus Illert, Informatikzentrum Landesverwaltung Baden-Württemberg (IZLBW)

Daniel Thomé, Koordination der Campusvernetzungen in Baden-Württemberg (LanKo) am Rechenzentrum der Universität Karlsruhe

Wolfgang Müller, Staatliche Hochschule für Gestaltung Karlsruhe (HfG)

Hans-Rudi Rach, Innenministerium Baden-Württemberg - Stabsstelle für Verwaltungsreform (IM StaV)

### Kontakt:

Innenministerium Baden-Württemberg  
- Stabsstelle für Verwaltungsreform -

Dorotheenstr. 6

70173 Stuttgart

[poststelle@im.bwl.de](mailto:poststelle@im.bwl.de)

## Inhaltsverzeichnis:

<b>1</b>	<b>Ausgangslage und Ziel</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen und Standards</b>	<b>9</b>
2.1	Physikalische Netzstruktur	9
2.1.1	Weitverkehrs- (WAN) und Metro-/Stadtnetze (MAN)	10
2.1.1.1	Richtfunk	10
2.1.1.2	DSL-Modems	10
2.1.1.3	Anmietung	10
2.1.2	Lokale Netze (LAN)	10
2.1.2.1	Primärverkabelung, Gebietsnetz	11
2.1.2.2	Sekundärverkabelung, Steigbereich	11
2.1.2.3	Tertiärverkabelung, Anschlussbereich	11
2.2	Übertragungsverfahren	12
2.2.1	Begriffsdefinitionen	12
2.2.1.1	LAN	12
2.2.1.2	Broadcast, Broadcast-Domäne	12
2.2.1.3	Kollisionsdomäne, CSMA/CD	12
2.2.1.4	VLAN	12
2.2.1.5	Subnetz	13
2.2.2	Ethernet	13
2.2.3	Token Ring	14
2.2.4	Fiber Distributed Data Interface (FDDI)	14
2.2.5	Asynchronous Transfer Mode (ATM)	14
2.2.6	Multiprotocol Label Switching (MPLS)	14
2.2.7	Funknetze (WLAN: Wireless LAN)	15
2.2.7.1	Punkt-zu-Punkt-Verbindungen (Richtfunk)	15
2.2.7.2	Punkt-zu-Mehrpunkt-Netze	15
2.2.8	xDSL-Technik	17
2.2.9	Entwicklungstrends	17
2.2.9.1	Sprach- und Datenkonvergenz, Voice over IP, IP-Telefonie	18
2.2.9.2	Video over IP	19
2.2.9.3	Power over Ethernet (PoE)	19
2.3	Logische Netzstruktur	20
2.3.1	Sicherheit	20
2.3.2	Fehlerbegrenzung	20
2.3.3	Lastentkopplung	21
2.4	Aktive Netzkomponenten	21
2.4.1	Bauformen	21
2.4.1.1	Festkonfigurierte Geräte (Stand-Alone-Geräte)	21
2.4.1.2	Stapelbare Systeme	21
2.4.1.3	Modulare Systeme	21
2.4.2	Funktionstypen aktiver Komponenten	22
2.4.2.1	Medienwandler	22
2.4.2.2	Switches	22
2.4.2.3	Router	25
2.4.2.4	Firewalls	25
2.5	Beispielnetze	28
2.5.1	Beispielnetz: kleine bis mittelgroße Dienststelle	28

2.5.2	Beispielnetz: Dienststelle mit mehreren Verteilern oder Gebäuden	29
2.6	Redundantes Netzdesign	30
2.7	Kopplung LAN-LVN-LAN	30
2.7.1	Beispielkonfiguration: Kopplung LAN - LVN - LAN	31
2.8	Netzmanagement-Systeme	32
<b>3</b>	<b>Planungsrichtlinien</b>	<b>33</b>
3.1	Passive Komponenten	35
3.1.1	Aufbau von IuK-Netzen	35
3.1.1.1	Weitverkehrs- (WAN ) und Metro-/Stadtnetze (MAN)	35
3.1.1.2	Primärverkabelung	36
3.1.1.3	Sekundärverkabelung	36
3.1.1.4	Tertiärverkabelung	36
3.1.1.5	Sonderfälle	37
3.1.2	Übertragungsmedien, Technik und Klassifizierung	38
3.1.2.1	Kupferkabel	39
3.1.2.2	Lichtwellenleiter (LWL)	41
3.1.2.3	Verlegevorschriften für Kabel	41
3.1.2.4	Kabelführung	42
3.1.2.5	Anschlussstechnik	44
3.1.3	Messungen	46
3.1.3.1	(Einfüge-)Dämpfung	47
3.1.3.2	Nah- und Fernnebensprechdämpfung (NEXT / FEXT)	47
3.1.3.3	PowerSum-Messungen	47
3.1.3.4	Laufzeit, Laufzeitunterschied	47
3.1.4	Dokumentation, Netzverwaltung	48
3.1.5	Erhöhte Bandbreitenanforderungen für Arbeitsplätze in bestehenden IuK-Netzen	48
3.2	Infrastruktur	49
3.2.1	DV-Arbeitsplätze	49
3.2.2	Serverräume	49
3.2.3	Verteilerräume IuK, Verteiler	50
3.2.4	Raumlufttechnische Anlagen	54
3.2.5	Trassen, Kanalsysteme	55
3.2.5.1	Hauseinführungen	55
3.2.6	Niederspannungsversorgung	56
3.2.6.1	Energiebilanz für die IuK-Versorgung	56
3.2.6.2	Installation	56
3.2.6.3	Sicherungsautomaten	57
3.2.6.4	Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) für IuK und IuK-Netz	57
3.2.6.5	Power over Ethernet (PoE)	58
3.2.6.6	Überspannungsschutz und Potentialausgleich	58
3.2.7	Beleuchtung	58
3.2.8	Elektromagnetische Verträglichkeit	58
3.2.9	Bauliche IuK-Sicherheit	59
3.2.10	Brandschutz	59
3.3	Aktive Komponenten	60
3.3.1	Grundanforderungen	60
3.3.2	Vorbereitung zur Sprach-Daten-Integration	60
3.3.3	Sicherheit	61

3.3.4	Vorsorge	61
3.4	Zusammenfassung der Richtwerte	62
3.4.1	Nutzungsdauer der einzelnen Komponenten	62
3.4.2	LuK-Anschlüsse	62
3.4.3	Dimensionierung der LWL-Trassen	63
3.4.4	LWL-Kabel: technische Daten	63
3.4.5	Kupfer-Kabel: technische Daten	64
3.4.6	Verteiler, Verteilerräume	64
3.4.7	Niederspannungsanschlüsse	64
3.4.8	Aktive Komponenten	64
3.5	Ausnahmen und Besonderheiten	64
3.5.1	Polizei	64
<b>4</b>	<b>Verfahrensfragen</b>	<b>65</b>
4.1	Planungsverfahren, Haushaltsmittel	66
4.1.1	Nutzungsanforderung (NAF)	66
4.1.2	Bauunterlage-Bau (BU) und GBK-Zusammenstellung	66
4.1.3	Beratungs- und Planungsleistungen	67
4.1.4	Mittelveranschlagung	67
4.1.5	Gestattungsverträge	68
4.2	Ausführung	68
4.2.1	Ausschreibung	68
4.2.2	Abnahme	68
4.2.3	Gewährleistung	69
4.3	Instandhaltung	69
<b>5</b>	<b>Anhang</b>	<b>70</b>
5.1	E-Government-Konzept, Standards und Festlegungen	70
5.2	Besondere Verfahren	70
5.2.1	Verfahren im Hochschulgesamtbereich	70
5.2.1.1	Mittelveranschlagung/Abstimmung	70
5.2.1.2	Bauunterlage / HU-Geräte	70
5.2.1.3	Aktive Komponenten	70
5.2.1.4	Zeitlicher Ablauf bis zur Realisierung einer Vernetzungsmaßnahme	71
5.3	Managementsysteme	72
5.3.1	Funktionen	72
5.3.1.1	Fehlerverfolgung und -lokalisierung	72
5.3.1.2	Protokollierung	72
5.3.1.3	Sicherheit	72
5.3.1.4	Dokumentation	72
5.3.1.5	Inventarisierung und Wartung	72
5.3.2	Managementstandard	73
5.3.3	Managementobjekte	74
5.3.4	Managementprotokoll	74
5.3.5	Managementapplikationen	74
5.3.6	Weitere Entwicklung	75
5.3.7	Empfehlung	75
5.4	Berechnung der zulässigen Länge einer Installationsstrecke	76
5.5	Ergänzende Informationen	78
5.8	Glossar	79

## Einführung

Die Landesverwaltung kann ihre Leistungsfähigkeit nur voll entwickeln, wenn elektronische Informationen und Rechnerleistung am Arbeitsplatz zur Verfügung stehen. Die Versorgung der Arbeitsplätze mit Informationen wird über das LAN (Local Area Network) sichergestellt. Das LAN hat dabei mehrere Dienste (u. a. elektronische Post, Zugriff auf Intranet-Server und auf Großrechnerverfahren und zukünftig verstärkt auch multimediale Anwendungen) zu unterstützen.

Ziel einer LAN-Planung in der Landesverwaltung Baden-Württemberg ist, dass ein LAN anwendungsunabhängig, universell einsetzbar ist und zukünftige Anforderungen ohne größere zusätzliche finanzielle Mittel abdecken kann. Dabei sind die Faktoren Wirtschaftlichkeit und Produktneutralität bei der Planung zu berücksichtigen. Die Unterbringung von Landesdienststellen kann kostengünstiger gestaltet werden, wenn die Verkabelung nach einem Nutzerwechsel weiterhin genutzt werden kann.

Die LAN-Konzeption wurde so gehalten, dass Leser

- ohne größere Vorkenntnisse im LAN-Bereich darin lesen und
- mit Fachwissen gezielt nach Informationen suchen können.

Es werden Aussagen getroffen:

- zur wirtschaftlichen Nutzungsdauer von LAN-Systemen,
- zu Verfahrensfragen (Planungsverfahren, Haushaltsfragen und Ausführung),
- zur Bedarfsmessung,
- zu infrastrukturellen Maßnahmen und
- zum Datenschutz und Datensicherheit.

Das Kapitel 2: Grundlagen und Standards vermittelt Grundwissen über heute verfügbare LAN-Technologien und -systeme. Darauf bauen die anderen Kapitel auf.

Die Kapitel

3 Planungsrichtlinien und

4 Verfahrensfragen

sind für die Landesverwaltung obligatorisch.

Die anderen Kapitel dienen der Einführung und der Erläuterung. Empfehlungen sind nicht zwingend und gesondert gekennzeichnet.

Die Technologie im LAN-Bereich ist schnelllebig. Um mit der neuen Technologie Schritt zu halten, wird die LAN-Konzeption ab dieser Ausgabe nur noch elektronisch geführt.

Unter [www.lvn-id.bwl.de](http://www.lvn-id.bwl.de) ist das Dokument im Landes-Intranet abgelegt. Unter [www.verwaltungsreform-bw.de](http://www.verwaltungsreform-bw.de) ist es im Internet zugänglich.

Ihre Anregungen und Hinweise zur Verbesserung der Konzeption interessieren uns.

Bitte senden Sie diese an:

Innenministerium Baden-Württemberg  
- Stabsstelle für Verwaltungsreform -  
Dorotheenstr. 6  
70173 Stuttgart

Internet Mail: [poststelle@im.bwl.de](mailto:poststelle@im.bwl.de)

Wir hoffen und wünschen, dass diese Ausarbeitung unseren Kolleginnen und Kollegen eine wertvolle Hilfe bieten kann.

Die Verfasser

# 1 Ausgangslage und Ziel

Seit der letzten Konzeption für lokale Netzwerke in der Landesverwaltung von 2006 haben sich die Anwendungen und Technik der LuK weiter entwickelt. Mit der Fortschreibung der LAN-Konzeption werden die Planungsgrundlagen für die LuK-Netze Landesverwaltung auf einen zukunftssicheren Stand angepasst.

Ziel der LAN-Konzeption ist der Aufbau einer anwendungsneutralen, zukunftssicheren und wirtschaftlichen Kommunikationsinfrastruktur und Netzwerkarchitektur, die gleichermaßen für die Sprach- wie auch für die Datenkommunikation verwendet werden kann. Hierdurch werden

- vorhandene Verkabelungen besser ausgenutzt,
- wirtschaftlicher betrieben,
- Neuverkabelungen kostengünstiger gestaltet sowie
- die Nutzungsdauern verlängert.

Die LAN-Konzeption ist Bestandteil der Standards des E-Government-Konzepts Baden-Württemberg.

Die Anforderungen von Datenschutz und IT-Sicherheit müssen bei der Modellierung, Konzeption und Realisierung von lokalen Netzen mit besonderer Dringlichkeit berücksichtigt werden. Datenschutz- und Sicherheitsmaßnahmen müssen dabei jedoch im konkreten Einzelfall unter Beteiligung des jeweiligen IT-Sicherheitsbeauftragten abgestimmt werden. Bindende Festlegungen werden deshalb hier nicht getroffen.

Aufgrund des Umfangs und der Komplexität des Themengebiets wird an dieser Stelle ausdrücklich auf die IT-Grundschutz-Kataloge des BSI verwiesen, speziell auf folgende Bausteine:

## **B 1.5 Datenschutz**

## **B 2 Infrastruktur**

- B 2.2 Elektrotechnische Verkabelung
- B 2.12 IT-Verkabelung
- B 2.6 Raum für technische Infrastruktur

und **B 4 Netze**

- B 4.1 Heterogene Netze
- B 4.2 Netz- und Systemmanagement
- B 4.6 WLAN
- B 4.7 VoIP

Hilfreiche Hinweise dazu finden sich auch auf der Internet-Seite des Landesbeauftragten für den Datenschutz Baden-Württemberg (etwa die Hinweise zur Datensicherheit beim Einsatz von PC und lokalen Netzwerken).

Local Area Networks sind im **baulichen** und betrieblichen Teil zu untersuchen.

Die bauliche Sicherheit von LANs wird ausführlich im Abschnitt 3.2 beschrieben.

## 2 Grundlagen und Standards

In diesem Kapitel werden die technischen Grundlagen, Standards und Komponenten allgemein beschrieben. Es dient der Vermittlung der notwendigen Grundlagen für die Planung von Netzen.

### 2.1 Physikalische Netzstruktur

Das IuK-Netz ist hierarchisch aufgebaut und besteht, abhängig von der Größe des Netzes und den örtlichen Gegebenheiten, aus mehreren Netzebenen. Der Aufbau von Netzen innerhalb einer Liegenschaft (Primär-, Sekundär- und Tertiärverkabelung) wird in DIN EN 50173 beschrieben, die zuerst 1995 erschien und zuletzt im Dezember 2007 fortgeschrieben wurde.

In der untenstehenden Grafik sind die Netzebenen dargestellt. In den folgenden Abschnitten werden diese beschrieben:

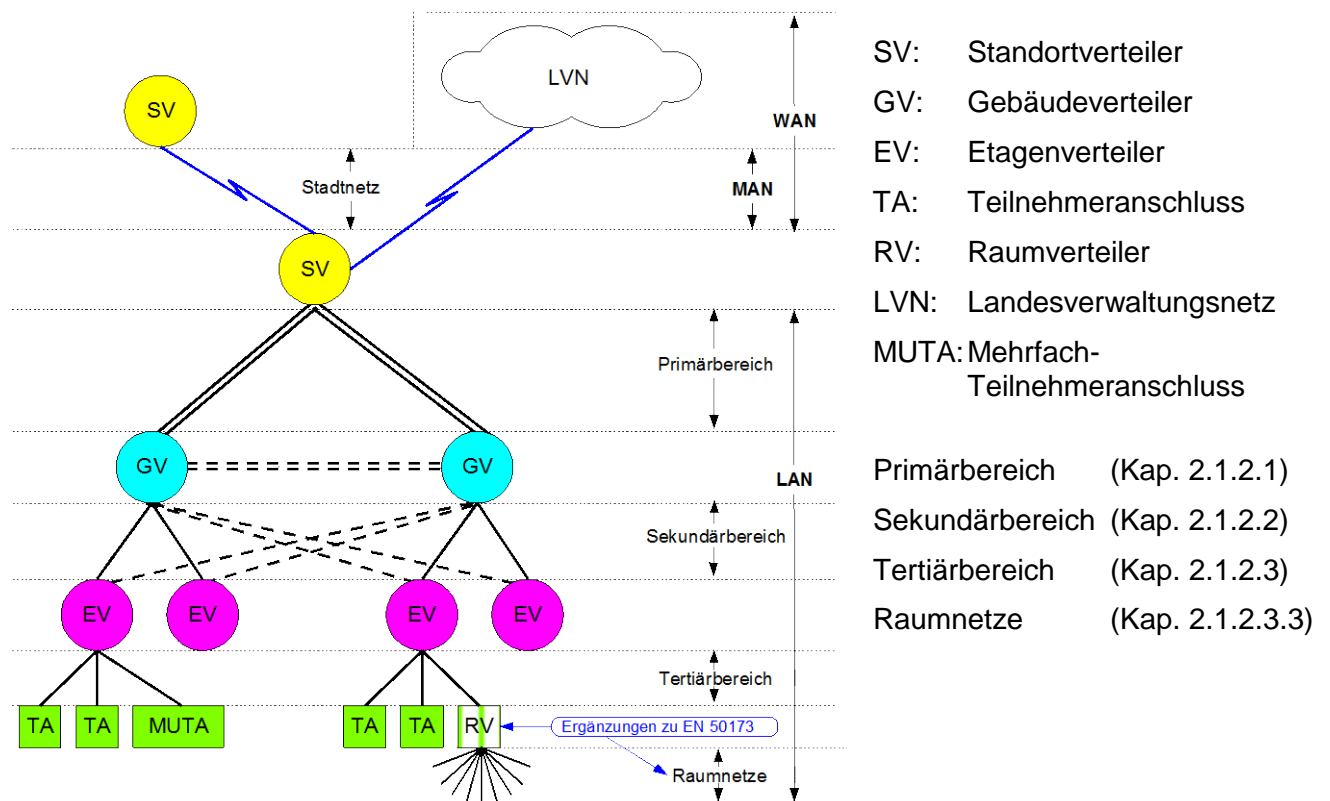


Abbildung 2.1-1 Netzebenen

## **2.1.1 Weitverkehrs- (WAN) und Metro-/Stadtnetze (MAN)**

Für die liegenschaftsübergreifende Kommunikation zwischen Dienststellen werden WANs (Wide Area Network, Weitbereichsnetz) bzw. MANs (Metropolitan Area Network, Stadtnetz) aufgebaut. Das Weitverkehrsnetz (WAN) verbindet Regionen, Städte und Gemeinden. Innerhalb einer Stadt/Gemeinde oder eines Ballungsraumes kann ein Stadtnetz (MAN) aufgebaut werden, um die Areale und Gebäude untereinander zu verbinden. Nachfolgend werden verschiedene Möglichkeiten zum Aufbau eines WAN/MAN dargestellt.

### **2.1.1.1 Richtfunk**

Richtfunkverbindungen (Kapitel 2.2.7.1) sind die auf Dauer gesehen kostengünstigste Alternativen zu Anmietungen (Kapitel 2.1.1.3). Ihr Einsatz erfordert allerdings direkte Sichtverbindung, es sei denn, es wird mit Umlenkspiegeln gearbeitet oder die Übertragungstrecke wird in Teilstrecken aufgebrochen. In beiden Fällen ist neben technischen und finanziellen Problemen auch die Standortfrage zu lösen. Zu beachten ist jedoch, dass der störende Einfluss von Starkregen, Nebel und Schneefall zu vorübergehenden Ausfällen führen kann. Dabei ist HF-Richtfunk gegen atmosphärische Störungen weitaus unempfindlicher als optische, auf IR-Laser oder Leuchtdioden (LED) basierende Systeme.

Die Komponenten für HF-Richtfunkstrecken müssen von der Bundesnetzagentur zugelassen sein. Bei der zuständigen Außenstelle der Bundesnetzagentur ist eine Anmeldung erforderlich. Für Behörden und Hochschulen fallen in der Regel keine Gebühren an.

### **2.1.1.2 DSL-Modems**

Kleinere Außenstellen, die kostengünstig angeschlossen werden sollen und zu denen eigene/angemietete (Kupfer-)Telefonleitungen führen, können über xDSL-Modems (s. Kapitel 2.2.8) mit Übertragungsgeschwindigkeiten bis zu 100 Mbit/s angeschlossen werden. Dies darf nicht verwechselt werden mit den seit 2005 erhältlichen DSL-Zugängen zum LVN (vgl. Kapitel 2.7).

### **2.1.1.3 Anmietung**

Die Anmietung von Übertragungskapazität in Form unbeschalteter LWL-Verbindungen (dark fiber) oder als Ethernet-Direktverbindung von Netzanbietern ist eine weitere Möglichkeit, Stadtnetze aufzubauen, die in die Überlegungen mit einzubeziehen ist (siehe Kapitel 3.1.1.1, Abschnitt Anmietungen).

## **2.1.2 Lokale Netze (LAN)**

Das Kommunikationsnetz innerhalb einer Liegenschaft oder eines Campus wird als LAN bezeichnet. Es wird hierarchisch in drei Verkabelungsebenen unterteilt.

### **2.1.2.1 Primärverkabelung, Gebietsnetz**

Die Primärverkabelung erschließt die Gebäude einer in sich geschlossenen Liegenschaft bzw. eines Campus. Dabei werden, ausgehend von einem Standortverteiler (SV)<sup>1</sup>, die zentralen Gebäudeverteiler (GV) sternförmig redundant, im Ring oder in einer Baumtopologie per LWL angefahren.

### **2.1.2.2 Sekundärverkabelung, Steigbereich**

Die Sekundärverkabelung verbindet den zentralen Gebäudeverteiler (GV) sternförmig über LWL-Kabel mit den Etagenverteilern (EV). Bei großen oder lang gestreckten Gebäuden können mehrere EV pro Etage notwendig werden. Die Anbindung kann je nach Anforderung an die Ausfallsicherheit redundant erfolgen.

### **2.1.2.3 Tertiärverkabelung, Anschlussbereich**

Die Tertiärverkabelung verbindet die Etagenverteiler (EV) mit dem informationstechnischen Anschluss (TA) für die Endgeräte.

Die Anschlussdosen für die Endgeräte werden in der Regel sternförmig vom Etagenverteiler (EV) über hochwertige vierpaarige Twisted Pair (TP-) Kupferkabel angefahren. In Ausnahmefällen erfolgt die Versorgung der Endgeräte über Lichtwellenleiter, wobei die nachfolgend beschriebenen Lösungsansätze zu unterscheiden sind.

#### **2.1.2.3.1 Fiber to the Wall (FTTW)**

Aus Endgerätesicht ist die FTTW-Lösung nicht von einer Kupfer-Verkabelung zu unterscheiden. Das LWL-Kabel wird an der Wand oder im Kanal auf eine aktive Komponente mit elektro-optischer Wandlung geführt damit den Endgeräten eine elektrische Schnittstelle zur Verfügung steht. Die Unterstützung mehrerer Kupfer-Ports an einem LWL-Faserpaar ist ebenso möglich wie die Unterstützung von SNMP, IEEE 802.1X-Zugangskontrolle und Power over Ethernet (PoE).

#### **2.1.2.3.2 Fiber to the Desk (FTTD)**

Bei dieser Ausführung des Netzes werden LWL-Kabel bis zu einer optischen Steckvorrichtung am Arbeitsplatz verlegt. Von dort erfolgt der Anschluss der Endgeräte, die mit einer optischen LAN-Schnittstelle oder Medienwandlern ausgerüstet sein müssen, über optische Rangierkabel.

Die aktiven Komponenten zur Versorgung der Endgeräte sind bei dieser Lösung zentral im Gebäudeverteiler angeordnet. Die Etagenverteiler sind rein passive Rangierverteiler für den Übergang der hochfasrigen Sekundär- zu den Tertiärbereichskabeln.

#### **2.1.2.3.3 Raumnetze**

Die Ausbildung einer zusätzlichen Netzebene unterhalb des Etagenverteilers kann in Ausnahmefällen sinnvoll sein, z. B. um ein nutzerspezifisches Netz mit einem Zugang zum Intra-/Internet zu Verfügung zu stellen oder um den Etagenverteiler zu entlasten.

---

<sup>1</sup> Die in geschweifte Klammern gesetzten Abkürzungen und Begriffe sind der DIN EN 50173 entnommen.

## 2.2 Übertragungsverfahren

### 2.2.1 Begriffsdefinitionen

#### 2.2.1.1 LAN

LAN ist die Abkürzung für "Local Area Network" und bezeichnet ein Netzwerk-System, das liegenschaftsintern i. d. R. ohne öffentliche Leitungen zur Verfügung steht.

LANs unterscheiden sich u. a. in:

- der Topologie (Bus, Ring, Stern, Baum),
- der Verkabelungsart (Glasfaserkabel, Twisted Pair),
- den Zugriffsverfahren,
- den einsetzbaren Protokollen und
- den erreichbaren Übertragungsgeschwindigkeiten

#### 2.2.1.2 Broadcast, Broadcast-Domäne

Ein Broadcast (Rundruf) ist eine Nachricht an alle angeschlossenen Teilnehmer eines Netzes. Jeder Empfänger eines Broadcasts muss die Nachricht entgegennehmen und entscheiden, ob er die Nachricht verarbeiten muss. Falls der Empfänger sich als nicht zuständig erkennt, verwirft er die Nachricht stillschweigend.

Eine Broadcast-Domäne ist ein logischer Verbund von Endgeräten in einem lokalen Netz, der sich dadurch auszeichnet, dass ein Broadcast alle Domänenteilnehmer erreicht. Eine Broadcast-Domäne besteht aus einer oder mehreren Kollisionsdomänen.

#### 2.2.1.3 Kollisionsdomäne, CSMA/CD

Mit dem Begriff Kollisionsdomäne wird in einem Computernetz ein Bereich bezeichnet, in dem Kollisionen auftreten können. Sie entstehen, wenn zwei Stationen gleichzeitig versuchen, auf einem einzigen physikalischen Medium (Segment) etwas zu senden. Die Signale werden im Übertragungsmedium vermischt und die Signale somit zerstört.

Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection (CSMA/CD) ist ein Verfahren, um auf Kollisionen zu reagieren und zu verhindern, dass sie sich wiederholen.

#### 2.2.1.4 VLAN

Mit VLAN (Virtual Local Area Network) nach IEEE 802.1Q ist es möglich, mehrere unabhängige LANs über denselben Switch zu führen. Dies bedeutet, VLANs dienen der logischen Segmentierung des Netzes.

Durch die Bildung von VLANs wird es möglich, innerhalb *eines* physikalischen Netzes mehrere broadcastbasierte Dienste (DHCP, RIS...) zu betreiben, ohne dass sich diese gegenseitig beeinflussen. Über geeignete Geräte (i. d. R. Layer-3-Switches) können die VLANs wieder flexibel miteinander in Verbindung gebracht werden.

Für ausführlichere Informationen siehe Kapitel 2.4.2.2.3.

### 2.2.1.5 Subnetz

Der Begriff Subnetz ist eng mit IP-Protokollen verbunden. Innerhalb eines Subnetzes können Daten direkt von Rechner zu Rechner übertragen werden, ohne eine Verbindung über ein Layer-3-Gerät herstellen zu müssen. Ein Subnetz entsteht durch die Unterteilung des IP Adressbereiches in Teilnetze.

### 2.2.2 Ethernet

Das Ethernet-Protokoll (IEEE 802.3) hat sich als Standardprotokoll im LAN-Bereich durchgesetzt. Ein Überblick über die möglichen Übertragungsgeschwindigkeiten und -medien findet sich in der untenstehenden Tabelle.

Norm	Bezeichnung	Übertragungsgeschwindigkeit, Medium	Reichweite
IEEE 802.3	10Base-T	10 Mbit/s Twisted Pair 2 DA Kat. 3	100 m
IEEE 802.3	100Base-FX	100 Mbit/s Mehrmodenfasern 50/125 µm	2 km *
	100Base-TX	100 Mbit/s Twisted Pair 2 DA Kat. 5	100 m
IEEE 802.3	1000Base	1 Gbit/s	
	1000Base-SX **	Mehrmodenfasern 50/125 µm (850 nm)	500 m
	1000Base-LX	Mehrmodenfasern 50/125 µm (1310 nm)	550 m
	1000Base-EX	Einmodenfasern 9/125 µm (1550 nm)	10 km
	1000Base-ZX	Einmodenfaser 8-10 µm (1550nm)	70-100 km
	1000Base-T	1 Gbit/s Twisted Pair 4 DA Kat. 5e	100 m
IEEE 802.3ae	10GBase-X	10 Gbit/s 3 Glasfasertypen S, L, E ** ergeben mit den 3 Codierungstypen R, W, X4 *** die Varianten: ER, EW, EX4, LR, LX4, LW, SR und SW. - im LAN-Bereich (Mehrmodenfasern) (Einmodenfasern) - im WAN-Bereich (Einmodenfasern)	300 m 10 km 40-50 km
IEEE 802.3an	10Gbase-T	10 Gbit/s Twisted Pair 4 DA Kat. 7	100 m
IEEE 802.3ba	40/100GBase-T	40/100 Gbit/s Twisted Pair 4 DA Kat. 7	10 m
	40/100GBase-X	40/100 Gbit/s Glasfaser - im LAN-Bereich (Mehrmodenfasern) - im WAN-Bereich (Einmodenfasern)	100 m 10-40 km

\* Bei Vollduplexübertragung

\*\* Wellenlänge: S: Short (850 nm); L: Long (1310 nm); E: Extra Long (1550 nm)

\*\*\* Codierung: R: 64B/66B ohne Anpassung an ein WAN-Frameformat,  
W: Anpassung an das SDH/SONET-WAN-Frameformat,  
X4: 8B/10B (wie Gigabit-Ethernet)

Tabelle 2.2-1 IEEE 802.3 Übertragungstechniken

Die Längenangaben sind Orientierungswerte, je nach Situation und Kabelqualität sind auch größere Längen möglich.

Ein Nachteil von Ethernet ist, dass wegen des Broadcast-Verfahrens zwischen zwei Stationen im Netz nur ein einziger Weg existieren darf. Sonst würden beim Empfänger identische Datenpakete mehrfach eintreffen, schlimmstenfalls würde das Netz sogar zusammenbrechen. Für vermaschte Netzstrukturen erlaubt der genormte (Rapid) Spanning-Tree-Algorithmus (IEEE 802.1D-2004) passive Verbindungen, die im Fehlerfall automatisch aktiviert werden.

### **2.2.3 Token Ring**

Die Taskforce der IEEE 802.5 hat die Arbeit eingestellt, neue Entwicklungen sind nicht mehr zu erwarten. Bestehende Token-Ring-Netze wurden durch Ethernet-Kommunikationsnetze abgelöst.

### **2.2.4 Fiber Distributed Data Interface (FDDI)**

Der Status entspricht dem des Token-Ring.

### **2.2.5 Asynchronous Transfer Mode (ATM)**

ATM ist ein verbindungsorientiertes Protokoll. Für jede Übertragung wird zwischen der Sende- und der Empfangsstation eine logische Verbindung aufgebaut und nach Beendigung der Übertragung wieder abgebaut. Diesen logischen Verbindungen kann eine bestimmte Übertragungsgeschwindigkeit garantiert werden, wodurch sich dieses deterministische Verfahren für isochrone Dienste (Multimedia) gut eignet.

ATM konnte sich aufgrund der Komplexität und der Kosten im LAN-Bereich nicht durchsetzen. Im WAN-Bereich ist ATM nach wie vor präsent.

### **2.2.6 Multiprotocol Label Switching (MPLS)**

Das Multiprotocol Label Switching (MPLS) ist ein Netzzugangsprotokoll, das sowohl verbindungsorientierte als auch paketbasierte IP-Routing-Eigenschaften vereinigt. Im Vergleich zu ATM ist es einfacher zu verwalten, bietet aber die gleichen Vorteile wie QoS (Quality of Service<sup>2</sup>) und Bandbreitenverwaltung. Es wird in großen Carrier-Backbones mit hohen Geschwindigkeiten eingesetzt und ermöglicht die Bildung von VPNs (Virtual Private Networks, verschlüsselter Transport von Daten durch ein öffentliches Netz), die dann z. B. die verschiedenen LANs eines Eigentümers problemlos miteinander verbinden. Im ISO/OSI-Protokollstapel liegt MPLS zwischen den Schichten 2 und 3 und damit unterhalb von IP. TCP/IP-Datenverkehr wird nur gekapselt und ohne Übersetzung weitergeleitet. MPLS eignet sich sowohl für die Daten- wie auch für Sprachübertragung.

---

<sup>2</sup> Die "Quality of Service" (Dienstgüte) bezeichnet in IP-Netzen ursprünglich die Gesamtheit der Qualitätsmerkmale Latenz, Jitter, Verlustrate und Durchsatz. Im LAN-Bereich wird der Begriff jedoch meist als Synonym für die Priorisierung der Datenpakete verwendet. Für IP-Telefonie maßgeblicher Parameter.

## **2.2.7 Funknetze (WLAN: Wireless LAN)**

Funk-LANs sind in speziellen Fällen eine Ergänzung zu kabelgebundenen Netzen. Sie bringen jedoch auch besondere Probleme mit sich, die vor dem Einsatz sorgfältig abzuwägen und bei der Planung entsprechend zu berücksichtigen sind (Funkzellenbildung, Roaming, Störungen, Abhörsicherheit).

Bei der drahtlosen Datenübertragung ist zu unterscheiden zwischen Punkt-zu-Punkt-Verbindungen (siehe Kapitel 2.2.7.1), vorwiegend für Verbindungen zwischen Gebäuden, und Punkt-zu-Mehrpunkt-Netzen (siehe Kapitel 2.2.7.2) zur flächenhaften LAN-Bereitstellung.

### **2.2.7.1 Punkt-zu-Punkt-Verbindungen (Richtfunk)**

Es existieren verschiedene Verfahren für Punkt-zu-Punkt-Funk-Verbindungen. Die erzielbaren Reichweiten sind abhängig von der Antenne und den örtlichen Gegebenheiten.

Verschiedene Hersteller bieten Richtfunklösungen mit Datenraten bis zu 622 Mbit/s für Reichweiten über 30 km in verschiedenen Frequenzbändern von 3,8 bis 38 GHz an.

Auf kurzen Strecken bis ca. 500 m können auch optische Systeme, in der Regel mit IR-Lasern, eingesetzt werden. Die Datenübertragung durch die Atmosphäre (Richtfunk, opt. Laser) ist im Gegensatz zu kabelbasierter Übertragung witterungsabhängig. Starke Niederschläge, bei optischen Systemen auch Nebel, können die Übertragungsleistung reduzieren oder die Übertragung ganz unterbrechen. Dies kann auch durch Sturmwindwirkung geschehen, wenn die Sende- oder Empfangsantenne durch die Windkräfte aus ihrer Ruhelage ausgelenkt werden und die gebündelte Strahlung ihr Ziel verfehlt.

Durch den Verlust der Synchronisation führen in bestimmten Fällen selbst kurze Unterbrechungen der Funkverbindung zu Verbindungsausfällen von mehreren Minuten.

Der WLAN-Standard IEEE 802.11 (siehe Tabelle 2.2-2) lässt sich ebenfalls für Punkt-zu-Punkt-Verbindungen einsetzen. Hierbei ist darauf zu achten, dass auf beiden Seiten der Verbindung Systeme des gleichen Herstellers eingesetzt werden.

### **2.2.7.2 Punkt-zu-Mehrpunkt-Netze**

WLANs können die kabelgebundene Infrastruktur ergänzen, z. B. zur Versorgung von Bereichen, die über Kabel technisch oder wirtschaftlich nur schwierig zu erschließen sind. Darüber hinaus ermöglichen sie als Erweiterung der Tertiärverkabelung mobile Anwendungen. Sie können – auch unter Berücksichtigung der notwendigen Sicherheitsmaßnahmen – wirtschaftlich sein, zum Beispiel für

- mobile Arbeitsplätze (z. B. im Klinikbereich)
- großflächige Räume, z. B. Ausstellungsflächen, Lese- und Hörsäle, Besprechungsräume
- denkmalgeschützte Gebäude
- zeitlich befristete Vernetzungen.

Derzeit angebotene standardisierte Systeme bieten Bandbreiten bis 54 Mbit/s.

Alle Endgeräte innerhalb des Versorgungsbereichs einer Basisstation müssen sich die verfügbare Datenübertragungsrate teilen. Weiterhin ist zu beachten, dass zwischen der Basisstation (Access Point) und dem Teilnehmer für das Erreichen der in der nachfolgenden Tabelle genannten Werte für maximalen Datendurchsatz und Reichweite Sichtverbindung bestehen muss. Über Reflexion an Wänden oder Decken ist die Übertragung nur mit geringerer Übertragungsgeschwindigkeit und durch dicke (Stahlbeton-) Wände oder Decken normalerweise gar nicht möglich, da die Sendeleistung nach ETS 300328 auf 0,1 W begrenzt ist.

Geräte nach IEEE 802.11n können aufgrund der Mehrantennentechnik und spezieller Modulationsverfahren auch reflektierte Wellen auswerten, wodurch Flächenabdeckung und Übertragungsrate verbessert werden.

Standard	verfügbar	Datenrate	Durchsatz	Frequenzband	max. Sendeleistung	Reichweite
802.11	veraltet	2 Mbit/s	1-2 Mbit/s	2,4 GHz	0,1 W EIRP	300 m – 2 km *
802.11a	Ja	54 Mbit/s	20 Mbit/s	5 GHz	0,06 W EIRP	15 m – 25 m nur in geschlossenen Räumen zulässig (Bundesnetzagentur)
802.11b	Ja	11 Mbit/s	6,5 Mbit/s	2,4 GHz	0,1 W EIRP	300 m – 4 km *
802.11g	Ja	54 Mbit/s	20 Mbit/s	2,4 GHz	0,1 W EIRP	15 m – 25 m
802.11h	Ja	54 Mbit/s	26 Mbit/s	5,2 GHz	0,2 W EIRP	30 – 50 m nur in geschlossenen Räumen
				5,5 – 5,7 GHz	1 W EIRP	im Freien zulässig
802.11n	Ja (nach Draft-Standard)	300 Mbit/s*		2,4 und 5 GHz		Kompatibel zu 802.11a/b/g/h Freigabe vorauss. Ende 2009
802.15.1 (Bluetooth)	Ja	1 Mbit/s, 3 Mbit/s	764 kbit/s, 2,1 Mbit/s	2,4 GHz	1/2,5/100 mW EIRP	10 – 100 m
802.16 (WiMAX)	Ja	75 Mbit/s		2 – 11 GHz	0,1..4 W EIRP	bis 50 km
* Mit zunehmender Entfernung reduziert sich die Übertragungsgeschwindigkeit ** Maximalwerte nur bei Punkt-zu-Punkt-Verbindungen mit speziellen Verstärkern erreichbar *** im 5-GHz-Band; bis 600 Mbit/s bei gleichzeitiger Nutzung beider Frequenzbänder (concurrent mode)						

Tabelle 2.2-2 Funknetzstandards

In der Regel sichern die Hersteller zu, dass die Geräte nach dem IEEE 802.11n Draft-Standard durch ein Software-Update an den Stand des endgültigen Standards angepasst werden können. Die Verabschiedung des Standards wird im November 2009 erwartet.

Die erzielbare Nettodatenrate ist bei WLANs wesentlich geringer als die angegebene Bruttodatenrate. Sie ist stark von den Empfangsbedingungen abhängig.

## 2.2.8 xDSL-Technik

Durch Einsatz hoch entwickelter Kodier- und Modulationsverfahren können über vorhandene Fernsprechkabel Datenraten bis 16 Mbit/s (ADSL) oder 52 Mbit/s (VDSL) erreicht werden. Neben dem symmetrischen Übertragungsverfahren SDSL, das in beide Übertragungsrichtungen gleiche Datenraten ermöglichen, gibt es auch unsymmetrische Verfahren (ADSL, VDSL), bei denen die Übertragungsgeschwindigkeit für beide Richtungen unterschiedlich ist. Bei den xDSL-Techniken wird die Übertragungsgeschwindigkeit dynamisch an die Leitungsqualität und an die Störsignalsituation angepasst.

Für die LAN-LAN-Kopplung kommen ADSL- oder SDSL-Strecken in Frage, die mit Modem-Paaren aufgebaut werden. Hierbei ist zu beachten, dass lediglich Punkt-zu-Punkt-Verbindungen zwischen zwei Dienststellen realisiert werden dürfen. Die übliche LVN-Anbindung erfolgt gemäß den Konditionen des LVN-Vertrags. Unverschlüsselte Verbindungen über das öffentliche Internet sind streng untersagt.

Untenstehend sind die xDSL-Techniken und Übertragungsraten gemäß der nationalen und internationalen Normen dargestellt.

Technologie	SDSL	ADSL2(+)	VDSL1 (2)	ISDN S <sub>0</sub> / digit. Festverbindung
<b>Theoretische max. Datenrate (Downstream)</b>	2,304 Mbit/s, 2 DA: 4 Mbit/s	bis 12 (25) Mbit/s	bis 52 (100) Mbit/s	0,144 Mbit/s
<b>Theoretische max. Datenrate (Upstream)</b>	2,304 Mbit/s, 2 DA: 4 Mbit/s	bis 3,5 (1) Mbit/s	bis 11 (100) Mbit/s	0,144 Mbit/s
<b>maximale Leitungslänge</b>	bis 8 km	bis 6,4 km	bis 1 (3) km Datenraten bei 300 m	bis 6 km
<b>benötigte Adernpaare</b>	1	1	1	1
<b>Frequenzbereich/Bandbreite</b>	bis ca. 240 kHz	bis 1,1 (2,2) MHz	12 (30) MHz	120 kHz
<b>POTS im Basisband</b>	nein	ja	ja	-
<b>ISDN im Basisband</b>	nein	ja (in D)	ja	
<b>Anwendungen</b>	WAN/LAN, Ersatz für T1- und HDSL- Leitungen	Internet, Intranet, IPTV	WAN/LAN, Multimedia, IPTV	Datenübertragung, Faxdienste, Sprache
<b>Verfügbarkeit in Deutschland</b>	Verfügbar	Verfügbar	Verfügbar	Verfügbar

Tabelle 2.2-3 DSL-Varianten (Werte in Klammern beziehen sich auf die entspr. Angaben im Spaltentitel)

Das Einsatzgebiet von ADSL ist, wegen der asymmetrischen Bandbreitenaufteilung, typischerweise die Internet-Anbindung bei einem Netzbetreiber. Für die hier beschriebenen Einsatzfälle empfiehlt sich der Einsatz von SDSL-Strecken.

Die xDSL-Komponenten werden in der Regel als Kombigerät mit zusätzlicher Bridge- oder Routingfunktionalität und Ethernet-Schnittstelle angeboten.

Seit Mai 2006 gibt es in ausgewählten Städten, darunter auch Stuttgart, bereits die VDSL2 (Very High Speed Digital Subscriber Line) nach ITU-T G.993 mit einer maximal erreichbaren Datenrate von 200 Mbit/s. Diese Technologie bildet das zukünftige „Triple Play“, d. h. die gemeinsame Verwendung der Datenleitung für Daten, Telefon und Fernsehen (IPTV, Video on Demand).

## 2.2.9 Entwicklungstrends

Für die gesicherte und vor allem verzögerungsarme Übertragung zeitkritischer Daten werden die Switching-Technologien weiterentwickelt. Durch Priorisierung (QoS, *Quality of Service*) wird einzelnen Anwendungen eine höhere Priorität oder eine garantierte Übertragungsrate zugewiesen.

Durch den Einsatz von VLANs wird eine Unabhängigkeit von logischer und physikalischer Netzstruktur erreicht.

Durch den Einsatz von optischen Verstärkern und Switches ist die optisch-/elektrische Umsetzung der Signale in Vermittlungseinrichtungen nicht mehr notwendig. Durch das Vermeiden der mehrfachen Signalumwandlung erreicht man mit diesen reinen Glasfasernetzen (AON: All Optical Networks) kleine Signallaufzeiten.

Zum Aufbau von ausfallsicheren Netzen existieren Standards (z. B. IEEE 802.17 RPR, Resilient Packet Ring), die unter Verwendung des Ethernet-Protokolls elastische Ringstrukturen ermöglichen.

Aufgrund der Entwicklung von Endgeräten und Anwendungen sowie der Nutzungsdauern (Kapitel 3) ist der Einsatz von Ethernet mit den unten angegebenen Übertragungsgeschwindigkeiten für einen Zeitraum von mindestens 5 Jahren ausreichend:

Clients:	100 Mbit/s (Bürokommunikation), in Sonderfällen 1 Gbit/s
Server:	1 Gbit/s
Backbone	1 Gbit/s – 10 Gbit/s

Zur Auswahl der aktiven Komponenten siehe Kapitel 3.3.

### **2.2.9.1 Sprach- und Datenkonvergenz, Voice over IP, IP-Telefonie**

Die Sprach-Daten-Konvergenz, auch unter IP-Telefonie, Voice over IP (VoIP) und Internet-Telefonie bekannt, ermöglicht die Telefonie über das Datennetz. Der Transport der Sprach- wie auch der Steuerungsdaten erfolgt über das IP-Protokoll. In der Anwendungsebene wird zur Übertragung der Sprachdaten das Real Time Protocol (RTP) genutzt, als Steuerungsprotokoll wird überwiegend das Session Initiation Protocol (SIP) verwendet.

VoIP kann im Weitverkehrsbereich und zur Verbindung von Telefonanlagen/Vermittlungssystemen ebenso genutzt werden, wie zur Anbindung von Endgeräten.

IP-Telefone werden mit IP-Adressen versehen und wie normale Datenendgeräte angeschlossen. Die Energieversorgung erfolgt nicht wie bei üblichen Telefonapparate zentral durch die Telekommunikationsanlage, sondern durch ein Netzteil oder mittels Power over Ethernet (PoE) über die Datenleitung.

Für eine störungsfreie Kommunikation ist eine qualitativ hochwertige Ende-zu-Ende-Übertragung der Sprachdaten notwendig. Deshalb müssen Sprachdaten im Netz mit einer hohen Priorität übertragen werden - das Netz muss Datenpriorisierung (Quality of Service, QoS) unterstützen.

Die benötigte Bandbreite pro Verbindung liegt bei unkomprimierter Übertragung der Sprachdaten (nach ITU-T G.711a) brutto bei ca. 87-100 kBit/s, im Fall der komprimierten Übertragung (z. B. nach ITU-T G.729) bei ca. 31 kBit/s.

Mit VoIP ist es möglich, aus einer IP-Umgebung mit Endgeräten im konventionellen Telekommunikationsnetz zu telefonieren, indem ein Gateway genutzt wird.

### **2.2.9.2 Video over IP**

Video over IP ermöglicht den Austausch von Life-Videodaten innerhalb eines IP-Netzes parallel zu einem Chat oder zu IP-Telefonie. Allerdings erzeugt die Bildübertragung in Abhängigkeit von der Bildqualität einen sehr hohen Datentransfer. Zum Erreichen von D1-Qualität (Farb-Vollformatanzeige mit 720 x 576 Pixel gemäß der europäischen Fernsehnorm PAL) wird eine Übertragungsrate von 165 Mbit/s benötigt. Dies kann durch geeignete Komprimierungsverfahren, z. B. MPEG4, erheblich reduziert werden (Videokonferenzen in HD-Qualität mit Übertragungsraten von ca. 1 Mbit/s sind möglich).

### **2.2.9.3 Power over Ethernet (PoE)**

Um Netzwerk-Endgeräte mit geringer Leistungsaufnahme, wie WLAN Access Points, Voice-over-IP-Geräte und Videoüberwachungskameras, ohne Anschluss an das elektrische Versorgungsnetz direkt über das Datenkabel mit Energie versorgen zu können, wurde der Ethernet-Standard erweitert um IEEE 802.3af (Power over Ethernet, PoE). Dem Endgerät stehen bei 48 V Gleichspannung maximal 13 W zur Verfügung, gemäß Entwurf IEEE 802.3at (PoE Plus) bis zu 25 W.

Die Energieübertragung kann über zwei unterschiedliche Methoden erfolgen. Zum einen die Versorgung über die vier bei Fast Ethernet (100 Mbit/s) nicht belegten Adern (4,5 und 7,8), zum anderen die Versorgung über die Daten übertragenden Adern (1,2 und 3,6). Die zweite Variante eignet sich auch ohne weitere Anpassung für Cable-Sharing-Netze sowie für Gigabit-Ethernet. Normkonforme Endgeräte unterstützen beide Methoden, das versorgende Gerät darf nur nach einer Methode Leistung einspeisen.

## 2.3 Logische Netzstruktur

Die in Kapitel 1 aufgeführten Planungsziele werden auf Basis der in den Kapiteln 2.1 und 2.2 beschriebenen Grundlagen und Standards umgesetzt. Durch eine universelle, flächendeckende und anwendungsneutrale Verkabelung wird bei einer eventuellen Nachnutzung durch eine andere Organisationseinheit keine Anpassung der Kabelinfrastruktur notwendig. Die Anpassung des LuK-Netzes an die Nutzeranforderung erfolgt durch die logische Netzstruktur, die durch den Einsatz von aktiven Komponenten über die universelle physikalische Infrastruktur gelegt wird.

Neben der Nutzungsflexibilität können durch die eine logische Strukturierung des Netzes weitere Anforderungen umgesetzt werden:

### 2.3.1 Sicherheit

Es ist oft erforderlich oder zumindest wünschenswert, dass Gruppen von Netzteilnehmern vollständig oder partiell von anderen Gruppen abgeschottet werden. Diese Trennung ließe sich auch auf der physikalischen Ebene durch entsprechende Rangierungen (patches) in den (Etagen-)Verteilern vornehmen. Änderungen sind dann aber immer mit größerem Aufwand verbunden. Eleganter kann derselbe Effekt über entsprechend managebare aktive Komponenten erzielt werden. Die Zuordnung der Endgeräte zu bestimmten Gruppen ist dann per Managementkonsole von einer zentralen Stelle aus durchzuführen. Mit dieser Methode lassen sich auch sehr individuelle und flexible Lösungen realisieren, z. B. ein von der Tageszeit abhängiger Zugriff auf bestimmte Ressourcen (Backup) im Netz.

Die Zugriffssteuerung im Netz erfolgt anhand von Policies (Richtlinien) mit datenbankgestützten Accesslisten.

Reicht die Abschottung von Netzteilnehmern gegen andere Gruppen als Sicherheitsmaßnahme nicht aus, können zusätzlich Verschlüsselungsmaßnahmen zur Sicherung der Vertraulichkeit ergriffen werden. Je nach Art der eingesetzten aktiven Komponenten kann dabei eine Verschlüsselung in den aktiven Komponenten selbst erfolgen (z. B. mittels IPsec im Router) oder es können zusätzliche Verschlüsselungs-Boxen eingesetzt werden. Bei der Wahl der geeigneten Verschlüsselungslösung ist darauf zu achten, dass diese über eine dem Schutzbedarf entsprechende Zertifizierung verfügt (vgl. auch die Hinweise unter Kapitel 1).

### 2.3.2 Fehlerbegrenzung

Durch den Einsatz von Switches erfolgt eine Mikrosegmentierung der Netze, so dass sich Fehler am Leitungsnetz nicht mehr so dramatisch wie früher auswirken. Viele Ausfälle im Tertiärbereich betreffen nur den angeschlossenen Teilnehmer, Schäden im Sekundär- oder Primärbereich die dahinter liegenden Verteiler.

Mit redundanten Verbindungen können viele Ausfälle im Primär- und Sekundärbereich durch Kabel- oder Interfaceschäden abgefangen werden, siehe Kapitel 2.6.

Die häufigsten Fehlerquellen liegen heute im Bereich der Konfiguration von Rechnern, Komponenten und Applikationen. Um diese zu beherrschen sind geeignete Managementtools zur Überwachung der Komponenten und Dienste in Verbindung mit dem entsprechenden Fachwissen für deren Bedienung notwendig (Siehe Kapitel 2.8).

### **2.3.3 Lastentkopplung**

So unterschiedlich die Netze auch sein mögen, so vielfältig die Anwendungen auch sind, eins ist allen Netzen gemeinsam: stetiges Wachstum! Dieses Wachstum ist einerseits in der Anzahl der angeschlossenen Geräte, andererseits in der erhöhten Netzbelastung begründet. Die Netzlast steigt im Bereich der Server deutlich schneller als im Endgeräte-Bereich durch den kumulierten Effekt der zugehörigen Arbeitsplätze.

Durch den Einsatz von Switches, VLANs und Priorisierung (siehe Kapitel 2.4.2.2) sowie einer intelligenten Struktur des Netzes mit Lasttrennung und Geschwindigkeitserhöhungen an den richtigen Stellen kann die Leistung der Netze optimiert werden.

Der flächendeckende Einsatz von Übertragungsgeschwindigkeiten größer 100 Mbit/s an den Arbeitsplätzen ist nicht sinnvoll.

## **2.4 Aktive Netzkomponenten**

Erst die aktiven Komponenten ermöglichen die Nutzung der Verkabelung zur Datenübertragung.

Die erste Unterscheidung kann bei der Bauform getroffen werden.

### **2.4.1 Bauformen**

#### **2.4.1.1 Festkonfigurierte Geräte (Stand-Alone-Geräte)**

Festkonfigurierte Geräte sind auf einen bestimmten Einsatzzweck ausgerichtete, nicht-modulare Komponenten (z. B. 24 Kupferports und ein Uplinkport), die nur die notwendigen Leistungsmerkmale enthalten.

Festkonfigurierte Geräte sind meist sehr preiswert und werden typischerweise als Etagenverteiler oder als nicht-verwaltbare Komponenten für Raumnetze verwendet.

#### **2.4.1.2 Stapelbare Systeme**

Seit mehreren Jahren sind Systeme verfügbar, bei der mehrere der oben beschriebenen Einzelgeräte zu einem Stapel (Stack) zusammengefasst und damit als eine Komponente im Managementsystem verwaltet werden können.

In der Regel verfügen diese Geräte über spezielle Stacking-Ports mit mehreren Giga-bit/s Übertragungsgeschwindigkeit. Bei manchen Modellen erfolgt das Zusammenschalten der Komponenten über Uplink-Ports, die damit nicht mehr für andere Zwecke zur Verfügung stehen.

Von allen relevanten Herstellern werden stapelbare Systeme angeboten. Diese Geräte stehen in der Leistungsfähigkeit für die meisten Anwendungsfälle den modularen Systemen nicht nach. Durch den auf das Einsatzgebiet optimierten Funktionsumfang sind diese Geräte deutlich preiswerter und wirtschaftlicher.

Einsatzbereich ist typischerweise der Gebäude- und Etagenverteiler und abhängig von der Liegenschaftsgröße auch der Standortverteiler.

#### **2.4.1.3 Modulare Systeme**

Hier wird ein Grundgehäuse mit Netzteil(en) und einer Busplatine mit Einschubkarten für Management, Ein- und Ausgangsports und weiteren Leistungsmerkmalen erweitert.

Die große Flexibilität, Portdichte und Leistungsfähigkeit dieser Systeme werden über einen höheren Preis erkauft, da auch die nicht genutzten Leistungsmerkmale und vor allem die großen Entwicklungskosten finanziert werden müssen. Oft sind die in so einem System enthaltenen Leistungsmerkmale zu dem Zeitpunkt, wenn sie wirklich benötigt werden, mit einer neuen Komponente preiswerter zu realisieren.

Einsatzbereiche dieser Systeme können beispielsweise Standortverteiler oder Gebäudeverteiler eines großen Gebäudes sein.

## **2.4.2 Funktionstypen aktiver Komponenten**

### **2.4.2.1 Medienwandler**

Medienwandler, auch Konverter genannt, werden eingesetzt für den Wechsel des Übertragungsmediums, beispielsweise für die Umsetzung von Twisted-Pair auf LWL oder von LWL-Mehrmodenfasern auf LWL-Einmodenfasern. Hierbei ist besonders der Übertragungstyp (siehe Tabelle 2.2-1) zu beachten. Die meisten Medienwandler übertragen nur eine maximale Paketgröße von 1.522 Bytes gemäß Ethernet-Standard, was beim Einsatz übergroßer Paketlängen (Jumbo Frames) zu schwer lokalisierbaren Übertragungsproblemen führt.

Im LAN-Bereich sollte auf den Einsatz von Medienwandlern verzichtet und stattdessen eine geeignete Switch-Infrastruktur geplant werden, da jeder Medienwandler eine zusätzliche Fehlerquelle darstellt.

### **2.4.2.2 Switches**

#### **2.4.2.2.1 Layer-2-Switches**

Switches stellen das grundlegende aktive Element im LAN dar und verbinden wechselseitig verschiedene LAN-Segmente miteinander. Sie werden zur Lasttrennung und damit zur Durchsatzsteigerung im Netz eingesetzt. Datenpakete werden nicht mehr, wie es dem zugrunde liegenden Ethernet-Protokoll entspricht, an alle Teilnehmer im Netz verteilt (Broadcast-Charakteristik), sondern zielgerichtet nur in das Segment / an den Anschluss gesendet, in dem sich der Empfänger (PC, Drucker, ...) befindet. Ein Switch arbeitet Hardware-basiert, wodurch kürzeste Schaltzeiten möglich sind.

Switches filtern auf dem Link Layer (Datensicherungsschicht, Schicht 2) Datenverkehr aus, bei dem Ursprungs- und Zielsegment gleich sind. Muss ein Datenpaket nun einen Switch passieren und ist die Empfänger-MAC-Adresse bekannt, dann leitet der Switch das Paket über die korrekte Schnittstelle (und nur über diese) weiter. Weiß der Switch nicht, wo sich der Empfänger befindet, sendet er das Paket an alle Ports in der Broadcast-Domäne mit Ausnahme des Herkunftsports. Dies erfolgt völlig transparent für die höheren Protokolle.

Switches können LAN-Segmente mit unterschiedlicher Übertragungsgeschwindigkeit miteinander verbinden. Bekanntestes Beispiel dafür sind Ethernet/Fast-Ethernet/Gigabit-Ethernet (10/100/1000 Mbit/s)-Switches, die es in allen Port-Kombinationen gibt. Damit lassen sich kleinere Backbones aufbauen und schnelle Serveranbindungen realisieren. Am flexibelsten sind Switches mit Autosensing/Autonegotiation Ports, welche die Geschwindigkeit der angeschlossenen Geräte erkennen und sich automatisch darauf einstellen. Neben der Geschwindigkeit wird auch noch der Übertragungsmodus (Voll- oder Halbduplex) und (nicht) gekreuzte Kabel (AutoPolarity/ AutoMDI-X) erkannt und eingestellt.

Die wichtigsten Kenngrößen von Switches sind die Forwarding Rate, die ausdrückt wie viel Datenpakete pro Sekunde weitergeleitet werden, die Backplane-Geschwindigkeit, die Rückschlüsse zulässt, wie viele Ports gleichzeitig mit der maximalen Geschwindigkeit betrieben werden können und die Anzahl der verwaltbaren MAC-Adressen.

Switches unterstützen in der Regel auch den Standard IEEE 802.1P. Hier können Datenpakete bestimmter Anwendungen priorisiert übertragen werden. Dies ist sinnvoll für verzögerungsempfindliche Anwendungen wie z. B. IP-Telefonie.

Die im Abschnitt 2.2.1.4 beschriebenen VLANs lassen sich auch mit managebaren Layer-2-Switches realisieren, für den Übergang zwischen den VLANs werden jedoch Layer-3-Switches oder Router benötigt. Bei Verwendung von standardisierten Protokollen können Komponenten unterschiedlicher Hersteller zusammengeschaltet werden.

Für vermaschte Netzstrukturen erlaubt der standardisierte Spanning-Tree-Algorithmus (IEEE 802.1D) passive Verbindungen, die im Fehlerfall automatisch aktiviert werden.

Zwischen Komponenten können mit Link Aggregation (802.3ad) mehrere Leitungen parallel betrieben werden, wobei die Übertragungsgeschwindigkeiten addiert werden.

#### **2.4.2.2.2 802.1X Authentifizierungsverfahren**

Der Standard IEEE 802.1X wird auch als „Port Based Network Access Control“ bezeichnet. Grundlage bilden das Extensible Authentication Protocol (EAP) nach RFC 3748 und der Remote Authentication Dial-In User Service (RADIUS) gemäß RFC 2865 (Aktualisierungen: RFC 2868 / 3575 / 5080). Über IEEE 802.1X ist eine Authentifizierung eines Gerätes bzw. Nutzers direkt am Netzzugang (also am Switchport) möglich. Damit wird erst nach erfolgreicher Authentifizierung die Verbindung auf Layer 2 frei geschaltet, andernfalls wird die Kommunikation blockiert.

802.1X wird von nahezu allen Herstellern von Layer-2-Switches und Radius-Servern unterstützt. Auf Endgeräte-Seite sind die meisten modernen Betriebssysteme von Windows XP bis zu Linux kompatibel. Durch die mit 802.1X verfügbaren standardisierten Technologien kann die Sicherheit im LAN signifikant erhöht werden<sup>3</sup>.

#### **2.4.2.2.3 Virtuelle LANs (Virtual LAN, VLAN)**

In einem traditionellen Shared Media LAN bilden die Endgeräte eines physikalischen Verkabelungsbereichs, z. B. einer Etage oder eines Gebäudes, eine Netzgruppe. Damit ist die Netzstruktur vom Standort der Endgeräte abhängig. Mit IEEE 802.1Q existiert ein Standard, der herstellerübergreifend und unabhängig vom physikalischen Aufbau eine logische Strukturierung des Netzes auf einem Switch oder über mehrere Switches hinweg mit Hilfe so genannter VLANs ermöglicht. Hierbei werden LuK-Endgeräte, Server oder eine bestimmte Gruppe von Benutzern zu logischen Gruppen zusammengefasst.

---

<sup>3</sup> Eine umfassende Sicherheit ist mit 802.1X alleine dennoch nicht gewährleistet. Drucker, Scanner o. ä., welche nicht über eine Supplicantimplementierung verfügen, können über die MAC-Authentication-Bypass-Funktion ins Netz gebracht werden. Dabei wird über die (unsichere) Hardware-Adresse authentifiziert. 802.1X wird gerne in Verbindung mit WLANs verwendet.

Geräte in einem VLAN können zunächst ausschließlich mit den anderen Stationen im eigenen VLAN kommunizieren, sodass das geschaltete Netz wie eine Anzahl mehrerer, nicht verbundener LANs zu betrachten ist. Dazu wird jedes am Switch eintreffende Datenpaket mit einer eindeutigen VLAN-ID („Tag“ = Markierung), versehen, welches bei ausgehenden Paketen wieder entfernt wird. Ein Uplink-Port, in Verbindung mit VLANs auch „Trunk“ genannt, belässt die Markierung in den Paketen und ist dadurch in der Lage, mehrere VLANs gleichzeitig über dieselbe Leitung zu führen. Pro Trunk ist zwar ein VLAN ohne Markierung (= *Native VLAN*, VLAN-ID 1) erlaubt, jedoch wird dringend empfohlen, **sämtliche** VLANs auf dem Trunk mit Tags zu versehen.

Zusätzlich enthält der Standard die Datenpriorisierung nach IEEE 802.1p, wodurch die Möglichkeit besteht, Anwendungen, die besondere Anforderungen an die Bandbreite (CoS, Class of Service) oder Dienstgüte (QoS, Quality of Service) haben, wie z. B. IP-Telefonie oder Videokonferenzen, in einem VLAN zusammenzufassen und bevorzugt zu behandeln.

Durch die Segmentierung in VLANs wird der Großteil des Datenverkehrs lokal gehalten und damit die Leistungsfähigkeit des gesamten Netzes verbessert. Um die Integrität der Broadcast-Domäne zu erhalten, muss der Datenverkehr zwischen VLANs immer geroutet werden. Meist ist dazu einem VLAN eine eindeutige Schicht-3-Netz- oder Subnetzadresse zugeordnet. Dabei können Layer-3-Switches bzw. Router Broadcast-Filterung, Sicherheits- und Datenflussmanagement-Funktionen übernehmen.

VLANs bieten – im Vergleich zu physikalisch getrennten LANs – folgende Vorteile:

- Durch die Möglichkeit der Fernadministration wird aufwändiges Umpatchen auf ein Minimum reduziert
- Es muss nicht für jedes weitere Netzsegment neue Hardware beschafft werden
- Je nach Switchtyp kann die Zuweisung zu einem VLAN statisch (Port-basiert) oder dynamisch (MAC-basiert über die Hardware-Adresse oder Anwendungs-basiert, z. B. bei IP-Telefonen) erfolgen
- Für Benutzer, die von einem Standort an einen anderen verlegt werden, ändern sich die Gruppenberechtigungen nicht, solange sie im selben VLAN verbleiben.

Bei gemeinsam genutzten LANs kann ein Angreifer, der einen physikalischen Zugriff auf das Netz hat, den gesamten Datenverkehr im Segment mitlesen. Mit wachsender Gruppengröße erhöht sich folglich die Menge der auswertbaren Daten. VLANs bieten die Möglichkeit,

- die Anzahl der Benutzer pro VLAN-Gruppe zu beschränken,
- Zugriffe granular zu steuern,
- alle nicht benutzten Ports abzuschalten.

Sensible Ressourcen und Anwendungen werden üblicherweise in geschützten VLAN-Gruppen separiert und der Zugriff auf diese Gruppen durch Access-Listen oder eine Firewall (siehe Kapitel 2.4.2.4) eingeschränkt.

Nicht VLAN-fähige Switches, die an einem VLAN-Switch-Port angeschlossen sind, können nur einem einzigen VLAN zugeordnet werden. Für dieses Segment gelten dann dieselben Restriktionen wie für traditionelle Shared Media LANs.

#### **2.4.2.2.4 Layer-3-Switches**

Layer-3-Switches kombinieren, die Vorteile von Switches (Geschwindigkeit + hohe Portdichte) mit denen von Routern (Kapitel 2.4.2.3) (Möglichkeit der Subnetz- bzw. Broadcastdomain-Bildung) in einem Gerät.

Sie erlauben eine sehr viel weitergehende Netzstrukturierung als Layer-2-Switches und auch als Router mit der Subnetzbildung. Gängige Strukturierungsmöglichkeiten sind Gruppierungen nach Protokolladressen oder auch die Zusammenfassung mehrerer Switchports zu einem virtuellen LAN.

#### **2.4.2.3 Router**

Übergänge von einer Netzwerktechnologie in eine andere sind mit Switches nicht möglich. Mit Routern kann man diese Systemgrenzen überwinden. Voraussetzung ist allerdings ein einheitliches Protokoll auf OSI-Schicht-3 (Netzwerkebene).

Einsatzgebiete von Routern:

- Die Anbindung des lokalen Netzes an Weitverkehrsnetze
- Netzübergänge (z. B. Ethernet auf ADSL)
- Strukturierung von Netzen durch IP-Subnetzbildung. Hier werden jedoch heute in der Regel Layer-3-Switches eingesetzt.

Durch das Bilden von Broadcastdomains kann die Netzlast reduziert werden. In großen Netzen wird durch diese Broadcasts, ein erheblicher Teil der Bandbreite belegt. Der Nachteil dabei ist, dass diese Art der Subnetzbildung abhängig ist von der physikalischen Infrastruktur (der Topologie der Verkabelung), denn die Subnetze sind an die Routerports gebunden. Einen Ausweg aus dieser starren Zuordnung bieten VLANs.

- Sicherheitsaspekte  
Abschottung von Netzen, Access-Listen, Verschlüsselung (IPsec), Firewallfunktionalitäten

#### **2.4.2.4 Firewalls**

Ein Firewallsystem dient der Absicherung der lokalen Netze gegen unberechtigten Zugriff. Die Firewall überprüft jedes Datenpaket auf Herkunft, Ziel, das verwendete Protokoll sowie optional eine Reihe weiterer Eigenschaften, bevor sie anhand eines Regelwerks entscheidet, ob das Paket weitergeleitet oder verworfen wird. Grundsätzlich werden nur solche Pakete weitergeleitet, für die zuvor eine explizite Zulassungsregel konfiguriert wurde.

Firewall-Systeme können in drei Kategorien eingeteilt werden:

##### **Paketfilter**

Erlauben das Filtern von Paketen auf Basis von Quell- und Zieladressen sowie Portnummern.

Neben detaillierten Protokollkenntnissen ist für eine komplexe Filterung auch eine umfangreiche Regelliste (Access-Liste) erforderlich. Wenn zu viele Filter definiert sind, sinkt der Datendurchsatz.

## **Stateful Inspection Firewalls / Circuit Level Gateways**

Unter Stateful Packet Inspection (SPI) versteht man eine dynamische Paketfiltertechnik, bei der jedes Datenpaket einer bestimmten aktiven Session zugeordnet wird. Die Regeln für Antwortpakete werden dynamisch erzeugt und nach Eintreffen der Antwort oder nach einem Timeout automatisch gelöscht.

Verbindungen können nur aus dem lokalen Netz heraus aufgebaut werden, Zugriffe von außen werden erst nach erfolgtem Verbindungsaufbau erlaubt.

## **Application Level Gateways / Proxy Server**

Für jede eingesetzte Anwendung (Applikation) wird ein eigenes Gateway-Programm (Proxy) installiert. Anwendungen, für die kein Gateway installiert ist, sind gesperrt.

Nach Anmeldung am Gateway übernimmt dieser die Transaktion. Für den lokalen Client stellt sich der Proxy wie ein Webserver dar, gegenüber dem entfernten Server tritt er wie ein Webclient auf. Der lokale Client hat somit keinen direkten Zugriff auf andere Netze.

Zugangs- und Verbindungsprofile lassen sich benutzer- und anwendungsbezogen definieren. Nur explizit erlaubte Zugriffe und Funktionen werden zugelassen.

In der Praxis werden Proxy-Server für die Verbindungen ins LAN benutzt, während man Verbindungs-Gateways für den Datenverkehr nach außen einsetzt.

Aus diesen Komponenten lassen sich folgende Firewall-Systeme aufbauen:

### **Hybrid-Firewalls**

Hybrid-Firewalls verbinden Paketfilter mit einem Application Level Gateway, wobei das Gateway die Filterregeln des Paketfilters dynamisch ändern kann.

Gegenüber einem Application Level Gateway verfügt eine Hybrid-Firewall über einen höheren Durchsatz, allerdings mit gewissen Einbußen an Sicherheit, da der Proxy die Kontrolle über die geöffnete Verbindung an den Paketfilter abgibt.

### **Bastion-Hosts**

Unter einem Bastion-Host versteht man einen besonders gesicherten Rechner, der das LAN abschottet. Der Bastion-Host sollte bei minimalen Zugriffsrechten gerade so viele Dienste anbieten, wie er für die Rolle als Firewall unbedingt braucht. Meist wird ein Router als Paketfilter dem Aus- und Eingang vorgeschaltet. Kommunikation findet ausschließlich über den Bastion-Host statt.

Das System lässt sich so einrichten, dass Dienste nur via Authentifizierung abrufbar sind. Einzelne Bestandteile dieser Dienste können abgeschaltet werden, etwa der put-Befehl für FTP-Server. Die voneinander unabhängigen Proxy-Dienste sollten unter einer nichtprivilegierten Benutzerkennung in separaten Verzeichnissen laufen, so dass ein Angriff über diese Dienste erschwert wird. Alle anderen Dienste werden auf dem System deaktiviert.

## Hochsicherheits-Firewalls

Hochsicherheits-Firewalls können aus einem Firewall-Subnetz mit zwei Paketfilterungs-Routern und einem Bastion Host (Proxy) bestehen. Ein solches Firewall-System stellt von außen zugängliche Anwendungen in einer "entmilitarisierten Zone" (demilitarized zone, DMZ) bereit. Zugriffe aus dem LAN und anderen Netzen können nur auf Server in der DMZ erfolgen. Direkte Verbindungen durch die DMZ hindurch sind nicht möglich.

Bei eingehenden Datenpaketen schützt das externe Portal gegen Angriffe und überwacht gleichzeitig den Zugriff auf das DMZ-Netz. Externe Rechner dürfen nur auf den Bastion-Host zugreifen. Durch das interne Portal wird eine zweite Verteidigungslinie aufgebaut. Dieser Router steuert den Zugriff aus der DMZ in das LAN, indem nur Pakete des Bastion Hosts weitergeleitet werden. So gelangen ausschließlich Benutzer in das interne Netz, die sich vorher am Bastion-Host authentifiziert haben.

Die Firewall selbst muss immun gegen unberechtigte Zugriffsversuche sein, da sie keinen Schutz mehr bietet, sobald einem Angreifer der Systemzugriff gelungen ist und er die Regelwerke ändern kann. Daher ist für die Absicherung der Firewall ebenso viel Sorgfalt zu verwenden, wie auf die Absicherung des privaten Netzes selbst.

Auf dem Markt werden vorinstallierte Firewallssysteme auf besonders gehärteten Hardware-Plattformen angeboten, die so genannten Firewall-Appliances. Auf diesen Geräten können keine weiteren Anwendungen gestartet werden. Das Betriebssystem bleibt für den Anwender transparent.

In der unten stehenden Abbildung ist die Funktion eines Firewallsystems am Beispiel der Anbindung eines LANs ans Internet dargestellt:

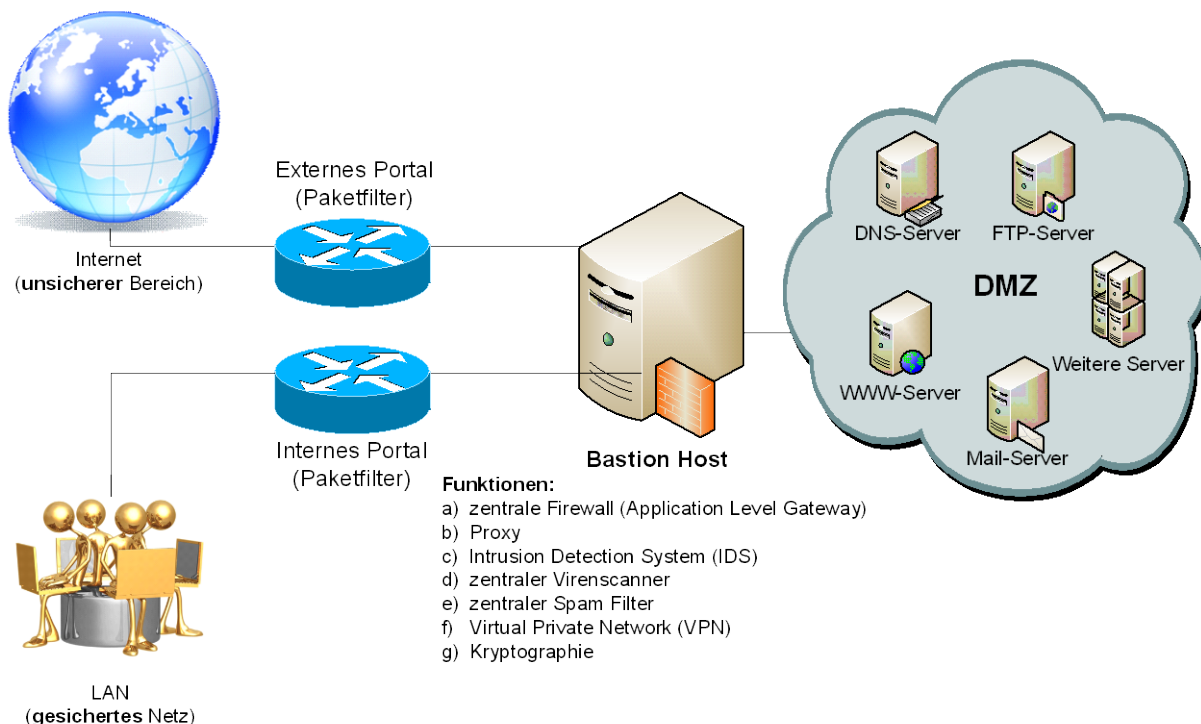


Abbildung 2.4-1 Beispiel Firewallsysteme

Im einfachsten Fall kann eine Abschottung des Netzes durch einen Router mit zusätzlichen Filterfunktionen realisiert werden. Für eine sichere Lösung sind jedoch dedizierte, eventuell mehrstufige Firewallssysteme einzusetzen.

Eine wichtige Grundregel ist beim Einsatz von Firewallssystemen zu beachten: Jeglicher Zugang aus einem geschützten Netzbereich in ein anderes Netz darf exklusiv über das Firewallsystem erfolgen. Einzelrechner, die sowohl am LAN als auch z. B. über ein Modem oder eine ISDN-Karte am Internet angeschlossen sind, stellen ein nicht kalkulierbares Sicherheitsrisiko dar. Bei einer solchen Konstellation kann ein Angreifer die Firewall umgehen und hat direkten Zugriff auf das LAN.

## 2.5 Beispielnetze

In diesem Kapitel werden anhand von Beispielen typische Designvarianten von Netzen sowie die Anbindung an das LVN nach dem Stand der Technik dargestellt:

### 2.5.1 Beispielnetz: kleine bis mittelgroße Dienststelle

In der untenstehenden Grafik ist ein Beispielnetz für eine mittelgroße Dienststelle mit 50 bis 100 Mitarbeitern dargestellt.

Typischerweise ist hier nur ein Verteilerstandort notwendig bzw. vorhanden, in dem alle Tertiärkabel des Gebäudes aufgelegt sind.

Im Beispiel wird mit stapelbaren Layer-2-Switches ein Stack mit der notwendigen Portanzahl aufgebaut und die Clients über 100-Mbit/s-Ethernet an diesen Stack angeschlossen. Die Switches innerhalb des Stacks sollten mit mindestens 1 Gbit/s verbunden sein. Server werden mit Gigabit-Ethernet angebunden.

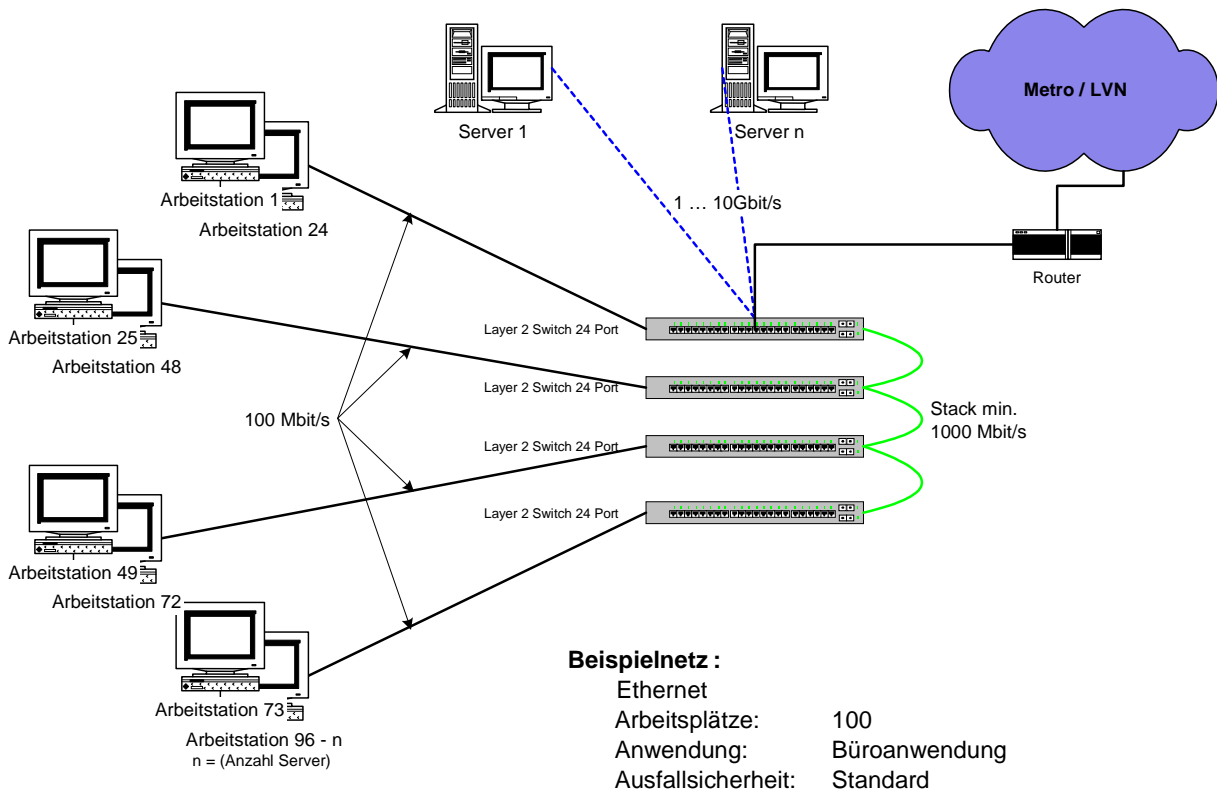


Abbildung 2.5-1: Beispielnetz 1, kleines Gebäude mit einem zentralen Verteiler

Besondere Vorkehrungen bei Geräte- oder Serverausfall werden nicht getroffen. Bei Ausfall eines Switches sind die daran angeschlossenen Endgeräte oder Server nicht mehr erreichbar. Für diesen Fall sollten auf den anderen Switches so viele Ports frei sein, dass die Server und die wichtigsten Endgeräte an eine andere Komponente angeschlossen und so die Ausfallzeit gering gehalten werden kann. Wo möglich, wird ein baugleiches, vorkonfiguriertes Ersatzgerät vorgehalten und im Fehlerfall in Betrieb genommen.

Diese Vorgehensweise ist für die Vernetzung von Arbeitsplätzen, bei denen keine permanente Serveranbindung vorausgesetzt wird (meist Textverarbeitung, Tabellenkalkulation usw.) oder wenn nur ein Teil der Tätigkeiten rechnergestützt durchgeführt werden, ausreichend.

## 2.5.2 Beispielnetz: Dienststelle mit mehreren Verteilern oder Gebäuden

Sind wie untenstehend dargestellt, mehrere Gebäude oder Verteiler einzubeziehen, wird in jedem Verteiler ein Stack mit 100-Mbit/s-Layer2-Ethernet-Switches aufgebaut. Diese Stacks werden über Gigabit-Ethernet-LWL-Strecken redundant mit dem zentralen Verteiler verbunden. Hierbei muss Spanning Tree oder LACP aktiviert werden.

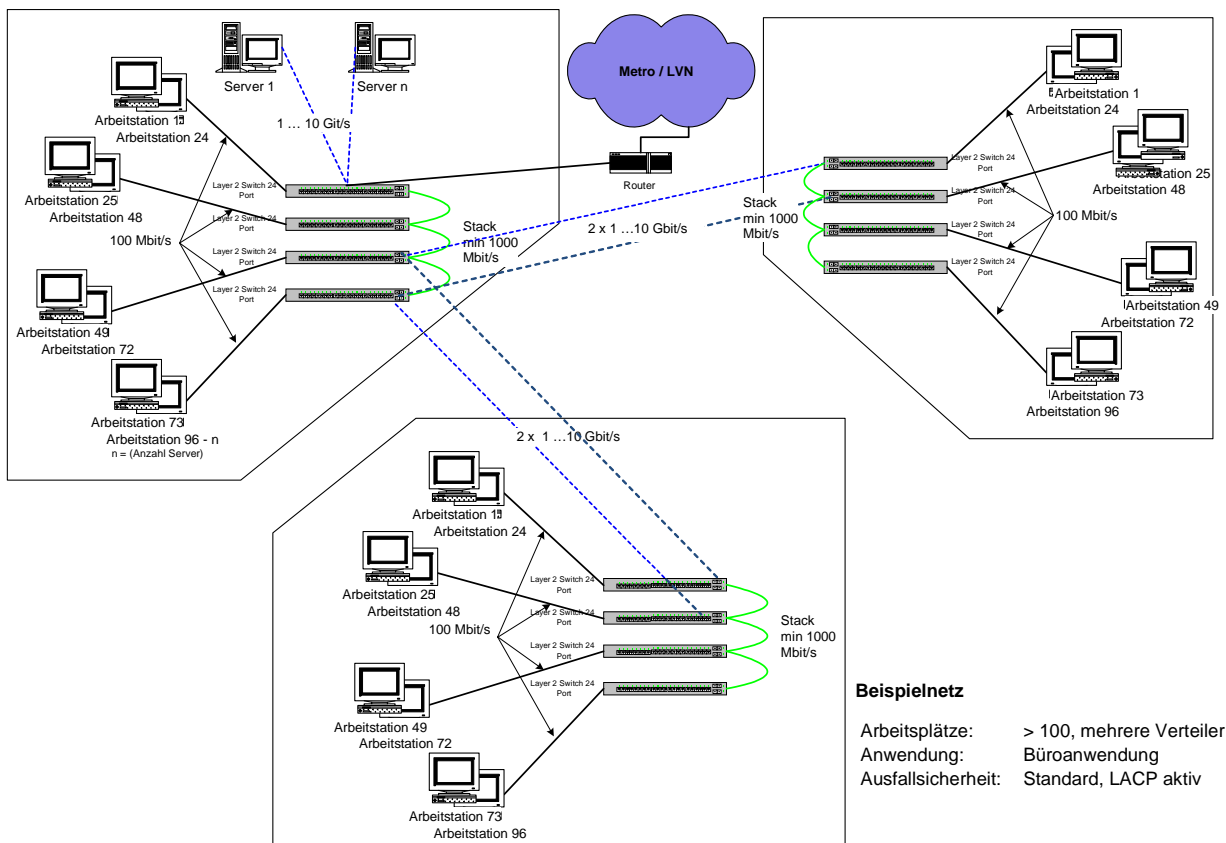


Abbildung 2.5-2: Beispielnetz 2, Dienststelle mit mehreren Gebäuden bzw. Verteilern.

Die Anbindung abgesetzter Gebäude kann, wie in den Kapiteln 2.2.7 und 2.2.8 beschrieben, auch über Richtfunk- oder xDSL-Strecken erfolgen.

Als Vorsorge für den Ausfall einer Komponente sollte ein baugleiches, vorkonfiguriertes Ersatzgerät vorgehalten und im Fehlerfall in Betrieb genommen werden.

## 2.6 Redundantes Netzdesign

Bei großen Anforderungen an die Ausfallsicherheit eines Netzes kann dieses redundant aufgebaut werden. In der Regel bietet sich eine solche Auslegung schon für mittelgroße Netze an, da die Preise für die Komponenten moderat sind.

Die untenstehend dargestellten Verfahren sind bedarfsgerecht und sinnvoll auszuwählen beziehungsweise zu kombinieren:

- Redundante Anbindung der Server
- Redundante Auslegung der zentralen Komponenten
- Redundante Anbindung von Gebäude- oder Etagenverteilern

Auf eine geeignete Auswahl von Loadbalancing-Verfahren ist zu achten.

## 2.7 Kopplung LAN-LVN-LAN

Das Landesverwaltungsnetz (LVN) wird zur LAN-LAN-Kommunikation mittels des IP-Protokolls genutzt. Hierzu richten die Geschäftsbereiche ressortspezifische Intranets ein und benennen dafür einen Benutzergruppenverantwortlichen.

Dienststellen, die keinem spezifischen Intranet zugeordnet werden können oder sollen, können über das Landesintranet (LIN) kommunizieren. Das Informatikzentrum Landesverwaltung Baden-Württemberg (IZLBW) ist der für das LIN zuständige Benutzergruppenkoordinator.

Aufträge für die Anbindung von Dienststellen werden von den jeweiligen Benutzergruppenverantwortlichen an den Zentralen Service des IZLBW übermittelt, welcher nach einer Plausibilitätsprüfung den Antrag an das Outsourcing-Unternehmen weiterleitet. Eine Liste der Benutzergruppenverantwortlichen kann im Intranet unter <http://www.lvn-id.bwl.de/> oder beim Zentralen Service des IZLBW (Mail: [zentraler-service@iz.bwl.de](mailto:zentraler-service@iz.bwl.de), Tel. 0711/8910-575) abgefragt werden.

Ein Intranet besteht aus einer Menge von lokalen Netzen (LAN). Jedes LAN ist über einen Router an das LVN/Metronetz angeschlossen. Die Anschlüsse an das LVN werden Ports genannt. Es gibt folgende Arten von Ports:

- managed LVN-Ports:  
Bei den managed LVN-Ports installiert und betreibt der Outsourcer den LVN-Router. Der Anschluss an das LAN erfolgt über eine Ethernet-Schnittstelle.
- unmanaged LVN-Ports:  
Bei den unmanaged LVN-Ports stellt der Outsourcer nur die Übertragungsleitung (ohne Router) zur Verfügung. Der LVN-Router wird von den Benutzergruppenverantwortlichen bzw. deren Rechenzentren selbst betrieben. Die Schnittstelle zum LAN ist Ethernet.
- Metroports:  
Metroports stellen Übertragungsbandbreiten von 10 Mbit/s bis 1.000 Mbit/s zur Verfügung und sind vor allem in den großen Städten eine Alternative zu den LVN-Ports. Die Metroports werden vom IZLBW eingerichtet und betrieben. Die Schnittstelle zum LAN ist Ethernet.

Die verschiedenen LVN-Ports sind in der aktuellen Anlage 4 des LVN-Vertrags aufgeführt.

Im IZLBW werden die Intranets für die Benutzergruppen über Firewall-Systeme miteinander gekoppelt. Benutzerübergreifender Verkehr wird immer über die zentralen Firewall-Systeme des IZLBW geleitet. Auf diesem Weg ist auch die Verbindung zum Internet oder zu speziellen Anwendungen (z. B. Hostzugriff beim IZLBW) möglich.

Bezüglich der Regelung von Zuständigkeiten, organisatorischen Festlegungen, Sicherheitsregeln und Unterstützungsleistungen wird auf die einschlägigen Leistungsbeschreibungen des IZLBW und des Outsourcing-Partners verwiesen. Bei Bedarf berät der Zentrale Service des IZLBW.

### 2.7.1 Beispielkonfiguration: Kopplung LAN - LVN - LAN

In der untenstehenden Abbildung ist eine LAN-LAN-Kopplung und die Zuständigkeiten bei managed- und unmanaged-Ports dargestellt.

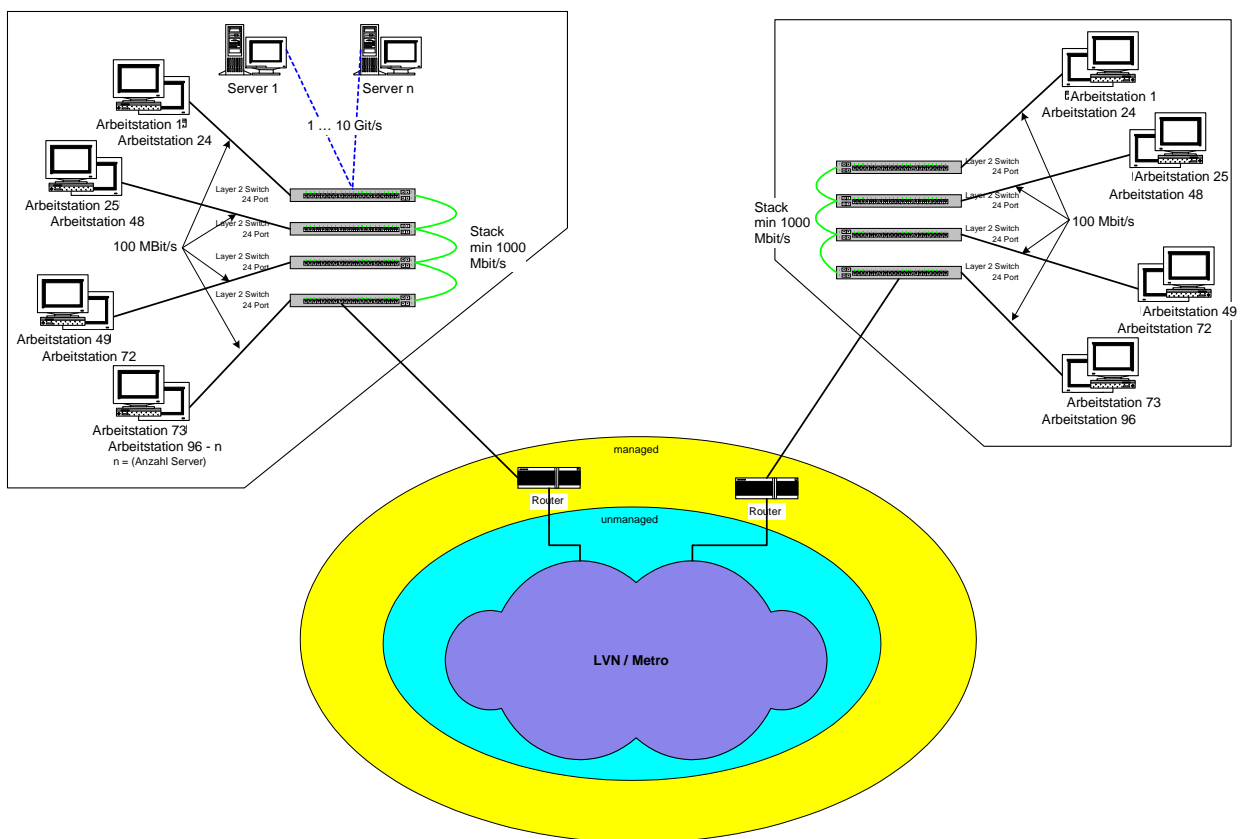


Abbildung 2.7-1 Beispielkonfiguration Kopplung LAN - LVN – LAN

## 2.8 Netzmanagement-Systeme

Für die Verwaltung von Datennetzen ab einer gewissen Größe werden Managementsysteme eingesetzt.

Im LAN-Bereich hat sich **SNMP (Simple Network Management Protokoll)** der IETF (Internet Engineering Task Force) zusammen mit RMON (Remote Monitoring) als Standard etabliert. Einen aktuellen Standard zur Überwachung von Rechnernetzen bietet Sflow, der im Jahr 2001 im RFC 3176 vorgestellt wurde.

In Kapitel 5.3 werden Managementsysteme am Beispiel von SNMP detailliert beschrieben.

Für die Konfiguration und zur Abfrage von Systeminformationen ist bei allen managbaren Komponenten ein webbasiertes Interface – je nach Hersteller mit eingeschränktem Funktionsumfang im Vergleich zur Kommandozeile – integriert, das mit einem Browser bedient werden kann. Steht kein dedizierter Management-Anschluss zur Verfügung, wird die Web-Adresse auf einem virtuellen Interface konfiguriert und ist damit aus dem LAN für alle Benutzer erreichbar. Zur Erhöhung der Sicherheit wird empfohlen, diese Management-Web-Adresse in ein separates VLAN zu stellen und ggf. über eine Zugriffsliste abzusichern oder zu deaktivieren.

Mit spezieller Management-Software erhält man unterschiedliche Ansichten des Netzes und seines Zustands, wie z. B. eine generelle Übersicht, Detailansichten zur Fehlerverfolgung, Auslastungsgrad einzelner Komponenten u. dgl. m. Voraussetzung dafür sind aktive Komponenten, die diese Daten sammeln und weitergeben können.

Die Bedienung eines Managementsystems setzt erhebliche Fachkenntnis voraus. Sinnvoll sind daher die nicht unerheblichen Investitionen in ein Managementsystem erst, wenn geschultes Personal zur Verfügung steht. Alternativ kann das Management von zentraler Stelle oder durch Outsourcing erfolgen.

### 3 Planungsrichtlinien

In diesem Kapitel werden die Vorgaben für die technische Ausführung von LuK-Netzen und durch sie bedingte Infrastrukturmaßnahmen festgelegt. Sie gelten für grundsätzlich für alle Bereiche der Landesverwaltung.

In Kapitel 3.4 werden die Vorgaben kompakt zusammengefasst. Ausnahmen und Besonderheiten sind in Kapitel 3.5 festgehalten.

Diese Planungsrichtlinien beschreiben eine Idealvorstellung, die in der Realität häufig nur eingeschränkt umgesetzt werden kann. Der Planer ist daher gefordert, kreative und intelligente Lösungen für die jeweilige konkrete Aufgabenstellung im Sinne der in Kapitel 1 genannten Ziele zu entwickeln. Die notwendigen Abweichungen von den Richtlinien sind als Kompromiss zwischen den aktuellen und absehbaren zukünftigen funktionalen Anforderungen des Nutzers und der gebotenen Wirtschaftlichkeit zwischen Bauherr/Planer und Nutzer/Betreiber abzustimmen und schriftlich festzuhalten.

Technische Grundlage für den Bau von lokalen LuK-Netzen sind DIN EN 50173 und DIN EN 50310, für Planung, Installation und Betrieb DIN EN 50174-1 und -2.

Die IT-Sicherheit ist durch die Umsetzung einer dem Schutzbedarf angemessenen Auswahl von Bausteinen aus den BSI-Grundschutzkatalogen herzustellen. Es wird empfohlen, den jeweils zuständigen IT-Sicherheitsbeauftragten im Planungs- und ggf. auch im Bauprozess zu beteiligen. Für den Bereich der Polizei ist diese Beteiligung verbindlich vorgegeben.

#### Bandbreitenanforderungen

Wesentliche Planungsgrundlage für LAN-Vorhaben ist der Bedarf an Übertragungsleistung (Bandbreite). Bei Maßnahmen des Landes sind folgende Anforderungen zugrunde zu legen:

- a) Server-Anbindung 1 Gbit/s bis 10 Gbit/s

Für Standardanwendungen ist eine Übertragungskapazität von 1 Gbit/s ausreichend. Ein höherer Bandbreitenbedarf ist unter Berücksichtigung der Anwendungssoftware rechnerisch oder durch Messungen zu begründen.

- b) Primär- und Sekundärbereich 1 Gbit/s bis 10 Gbit/s

Für Standardanwendungen ist eine Übertragungskapazität von 1 Gbit/s ausreichend. Ein höherer Bandbreitenbedarf ist unter Berücksichtigung der Anwendungssoftware rechnerisch oder durch Messungen zu begründen.

- c) Arbeitsplatzrechner 100 Mbit/s

Für die überwiegende Zahl der Anwendungen am Arbeitsplatzrechner reicht diese Bandbreite auch zukünftig aus.

Höhere Bandbreite-Anforderungen können sich ergeben, wenn automatisierte Verfahren mit Rechner-Rechner-Kopplungen zum Einsatz kommen, die ohne menschliches Eingreifen arbeiten.

Die Autoren weisen darauf hin, dass Arbeitsplatzrechner mit 1 Gbit/s-Netzwerkkarte auch dann optimal genutzt werden, wenn an der Anschlussdose eines LANs 100 Mbit/s bereit gestellt werden. Vom Nutzer empfundene langsame Reaktionszeiten netzbasierter Anwendungen sind häufig Folge von Überlastungen im Serverbereich oder auf Datenfernleitungen. Messungen im Tertiärbereich des LANs ergeben in aller Regel nur sehr geringe Auslastungswerte der verfügbaren Bandbreite.

### **Vorhandene Netzwerkinfrastrukturen**

Vorhandene Lichtwellenleiter (LWL) bis zum Etagenverteiler unterstützen in der Regel Bandbreiten bis zu 10 Gbit/s und sind – in Kombination mit leistungsfähigen aktiven Komponenten – für alle aktuellen Anforderungen geeignet.

Die im Tertiärbereich (Verbindungsstrecken vom Etagenverteiler bis zum Arbeitsplatz) eingebauten Twisted-Pair-Kabeln lassen Übertragungsraten von mindestens 100 Mbit/s zu, so dass alle Standardanforderungen für die Anbindung von Arbeitsplätzen abgedeckt werden. Ein (Teil-)Austausch bestehender Tertiärverkabelungen ist nur in besonderen Einzelfällen, z. B. zur Anbindung von abgesetzten Servern oder Raumnetzen und nach Prüfung der Leistungsfähigkeit der vorhandenen Kabel, erforderlich. Die Notwendigkeit ist vom Anwender detailliert zu begründen.

## 3.1 Passive Komponenten

### 3.1.1 Aufbau von IuK-Netzen

Aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen in den einzelnen Hierarchieebenen kommen unterschiedliche Übertragungsmedien zum Einsatz, die nachfolgend festgelegt werden.

#### 3.1.1.1 Weitverkehrs- (WAN ) und Metro-/Stadtnetze (MAN)

Zur Erstellung von liegenschaftsübergreifenden Kommunikationsverbindungen zwischen Dienststellen innerhalb des Stadtgebiets (MAN) oder darüber hinaus (WAN) stehen die folgenden Varianten zur Verfügung:

##### Eigene Trassen

- Die kostengünstigste Variante ist die Nutzung vorhandener eigener Kabel oder Kabelwege. Soweit keine landeseigenen Trassen vorhanden sind, ist zu prüfen, inwieweit die zwischen Landesverwaltung und Kommunen vereinbarten Gestattungsverträge eine Verlegung von Leitungsanlagen erlauben, vgl. Kapitel 4.1.5.
- Es sollten LWL-Kabel mit Einmodenfasern verlegt werden. Bei Entfernungen  $\leq 2$  km können zusätzlich Mehrmodenfasern, bei Entfernungen  $> 2$  km sollten nur Einmodenfasern verwendet werden.

##### Anmietungen

Soweit keine eigenen Kabeltrassen zur Verfügung stehen, können Übertragungswege von überregional oder regional arbeitenden Carriern i. d. R. längerfristig (ab 5 Jahre) angemietet werden als:

- unbeschaltete Glasfaserstrecken (dark fiber) und als
- Transportleistung (mit definierter Bandbreite und Schnittstelle, z. B. SDH oder das kostengünstigere Ethernet).

Unbeschaltete Leitungen sind oft die kostengünstigere Variante. In diesem Fall muss das Land die aktiven Komponenten selbst beschaffen und ist für den Netzbetrieb verantwortlich. Die dafür anfallenden Kosten sind bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zu berücksichtigen.

Um die vor allem in größeren Städten vorhandene landeseigene Infrastruktur an Kabeln und Trassen möglichst effizient zu nutzen, wird bei der VB BW eine zentrale Koordinierungsstelle eingerichtet. Diese Stelle hat die Aufgabe, alle landeseigenen und langfristig angemieteten liegenschaftsübergreifenden Trassen und Kabel zu dokumentieren. Sie ist bei der Planung von MAN-/WAN-Verbindungen frühzeitig zu beteiligen und ermittelt, ob und zu welchen Kosten bestehende Verbindungen genutzt werden können bzw. zu welchen Bedingungen eine landeseigene Verbindung eingerichtet werden kann. Auf der Basis dieser Informationen wird die Entscheidung über Anmietung oder Bau einer Verbindung getroffen. Die Koordinierungsstelle arbeitet in enger Abstimmung mit IZLBW.

### **3.1.1.2 Primärverkabelung**

Vorhandene Gebäude sollten über landeseigene Trassen erschlossen werden, in denen eigene LWL-Kabel gemäß Abschnitt 3.4.3 und 3.4.4 zu verlegen sind. Dabei können Standortverteiler (SV) und erster Gebäudeverteiler (GV) zusammengefasst werden. Eine redundante Auslegung der Leitungen zum zentralen Verteiler (SV) wird empfohlen. Dabei ist darauf zu achten, dass die Leitungen auf getrennten Wegen geführt werden, um zu gewährleisten, dass nicht beide Verbindungen durch dasselbe Schadensereignis zerstört werden.

In ausgedehnten Arealen, wie einem Universitätscampus, wird die Bildung von leicht vermaschten Netzen empfohlen.

In kleinen Liegenschaften kann auf die Primärverkabelung verzichtet werden; einzelne Arbeitsplätze in abgesetzten Gebäuden werden über LWL-Kabel als Teil der Sekundär- bzw. Tertiärverkabelung angeschlossen.

Für den Investitionsschutz bestehender TK-Anlagen oder bei entsprechenden Nutzeranforderungen (z. B. für Zwecke der Gefahrenmeldungsübertragung) können parallel verlegte hochpaarige Cu-Kabel notwendig sein. Die Wirtschaftlichkeit ist im Einzelfall zu prüfen.

### **3.1.1.3 Sekundärverkabelung**

In kleinen Gebäuden können oft GV und Etagenverteiler (EV) zusammengelegt und damit auf den Sekundärbereich verzichtet werden. Dabei ist allerdings eine mögliche zukünftige (etagenweise) Aufteilung des Gebäudes unter verschiedene Nutzer zu berücksichtigen. In solchen Fällen sollte darauf geachtet werden, dass die Möglichkeit zur späteren Nachrüstung zusätzlicher EV erhalten bleibt.

Die Sekundärverkabelung ist mit LWL-Kabeln nach Abschnitt 3.1.2.2 und 3.1.2.5.2 auszuführen. Von der Verlegung von geerdeten Kupferkabeln parallel zur LWL-Sekundärverkabelung wird aus Gründen möglicherweise über die Kabelschirme fließender vagabundierender Ausgleichsströme des Energieversorgungsnetzes abgeraten. Eine parallele geerdete Kupfer-Verkabelung kann installiert werden, wenn die Stromversorgung als TN-S-System ausgeführt ist und über eine Überwachungsmöglichkeit mit RCM (*Residual Current Monitor* = Differenzstrom-Überwachungsgerät, nach DIN EN 62020 / VDE 0663) verfügt, vgl. Kapitel 3.2.6 Niederspannungsversorgung. Soweit notwendig, sind für die Versorgung von analogen oder digitalen Telefonen, Faxgeräten oder für Melde- und Steuerleitungen hochpaarige ungeerdete Cu-Kabel parallel zu verlegen. Fernmeldekabel sind im Verteiler auf separate Kat 3-Verteilerfelder aufzulegen.

### **3.1.1.4 Tertiärverkabelung**

Bei Neubaumaßnahmen und Gesamtanierungen oder bei Neuinstallation eines Datennetzes in Verbindung mit einer abgängigen TK-Verkabelung (z. B. Alter > 20 Jahre) ist eine integrierte Verkabelung mit einheitlichen S/FTP-Kabeln und Anschlussdosen für Telefon- und Datendienste nach Abschnitt 3.1.2.1 und 3.1.2.5.1 aufzubauen.

Für das „Rangieren“ der analogen oder digitalen Telefonanschlüsse zu den Endgerätenanschlüssen ist auf Rangiersicherheit bei den Patchkabeln zu achten (farbig gekennzeichnete Kabel, codierte Stecker u. ä.), um mögliche Schäden oder Beeinträchtigungen an den LAN-Endgeräten bzw. der TK-Anlage zu vermeiden.

Empfohlen wird der Einsatz von gelben Kabeln für Telefon- und grauen Kabeln für Datenanschlüsse.

### **3.1.1.4.1 Raumnetze**

Sollen in einem Raum sehr viele Endgeräte (PCs, Drucker, ...) betrieben werden, wie z. B. in einem DV-Schulungsraum, ist zu prüfen, ob die Ausbildung eines Raumnetzes durch Einsatz eines nicht managebaren Switches im Raum gegenüber der Versorgung aller Endgeräte aus dem Etagenverteiler vorteilhaft ist. Es ist zu beachten, dass dadurch jedoch gewisse Sicherheitsmaßnahmen (z. B. MAC-Adress-Filterung) eingeschränkt werden.

### **3.1.1.5 Sonderfälle**

#### **3.1.1.5.1 LWL-Verkabelung im Tertiärbereich**

Sowohl aus technischen wie aus finanziellen Gründen ist eine flächendeckende LWL-Verkabelung im Tertiärbereich nur als Lösung für spezielle Ausnahmefälle in Erwägung zu ziehen. Eine Entscheidung zugunsten einer LWL-Verkabelung ist mit einer Wirtschaftlichkeitsberechnung zu begründen. Darin sind auch diejenigen Kosten zu berücksichtigen, die außerhalb der Baumaßnahme anfallen z. B. bei den Endgeräten (optische Schnittstellen).

In folgenden beispielhaft genannten Sonderfällen kann eine Wirtschaftlichkeit erwartet werden:

- denkmalgeschützte Gebäude mit räumlichen Einschränkungen für die Installation von Kabeltrassen bzw. -kanälen.
- aus Platz- oder Kostengründen können keine Verteilerräume in den Etagen geschaffen werden.
- beim Anschluss einzelner Gebäude mit wenigen Anschlussdosen.
- bei kritischen Bedingungen hinsichtlich EMV.

In manchen Fällen können Mischformen die wirtschaftlich und technisch sinnvollste Lösung ergeben: z. B. flächendeckende Installation mit TP-Kabeln, jedoch in bestimmten Räumen (z. B. Serverräume mit langfristiger Nutzung, Hörsäle) LWL-Anschlüsse und/oder Funk-Netze (Laboratorien, ...).

Die Installation einer LWL-Tertiärverkabelung kann in zwei Ausprägungen erfolgen:

#### **3.1.1.5.2 Fiber to the Wall (FTTW)**

Bei der Realisierung von FTTW-Lösungen ist darauf zu achten, dass nur standardkonforme aktive Komponenten eingesetzt werden. Lösungen mit herstellerspezifischen und nicht genormten Komponenten sind abzulehnen.

Aufgrund der direkten Auswirkungen auf den Netzbetrieb, z. B. hinsichtlich des Netzmanagements, ist eine solche Lösung in jedem Fall mit dem Netzbetreiber abzustimmen.

#### **3.1.1.5.3 Fiber to the Desk (FTTD)**

Es sind je Arbeitsplatz zwei Fasern vorzusehen und zusätzlich als Reserve zwei Fasern pro Raum. Bei einer mit dem Kupfernetz nach Abschnitt 3.1.2.1 exakt vergleichbaren Ausstattung wären sogar 6 Fasern pro Arbeitsplatz notwendig.

Die Reservefasern sind am Arbeitsplatz und im Verteilerraum funktionsfähig aufzulegen. Eine Abnahmemessung ist durchzuführen.

Bei einer Realisierung des LAN als FTTH ist das Telefonnetz mit ungeerdeten Kategorie-3-Kabeln auszuführen. Der alternativ mögliche Einsatz von VoIP ist nur bei der Verwendung von Softphones (PC als Telefon) oder mit Hilfe von elektro-optischen Wandlern möglich.

#### **3.1.1.5.4 Drahtlose Netze (Wireless-LAN, WLAN)**

WLANs können die kabelgebundene Infrastruktur ergänzen, z. B. zur Versorgung von Bereichen, die über Kabel technisch oder wirtschaftlich nur schwierig zu erschließen sind. Parallele, flächendeckende WLAN- und kabelgebundene Netzwerk-Infrastrukturen werden bei Universitätskliniken u. a. für Personensuchsysteme und die mobile Sprach- und Datenkommunikation eingesetzt. In anderen Bereichen der Landesverwaltung sind sie wirtschaftlich nicht begründbar.

Die Nutzung von WLAN für die kritischen Infrastrukturen der Polizei ist aus Sicherheitsgründen ist nicht zugelassen.

WLANs können in Ausnahmefällen mit Hilfe von Richtantennen zur Außenstellenanbindung alternativ zum LWL eingesetzt werden. Dabei sind die Sicherheits- und Wirtschaftlichkeitsaspekte zur berücksichtigen.

### **3.1.2 Übertragungsmedien, Technik und Klassifizierung**

Nachfolgend wird die bei Baumaßnahmen des Landes zu realisierende Ausführung und Qualität der LuK-Verkabelung beschrieben, die für die weit überwiegende Zahl der mitarbeiterbezogenen Arbeitsplätze in der Landesverwaltung eine zukunftssichere Ausstattung gewährleistet.

Es kann davon ausgegangen werden, dass die Bandbreitenanforderungen an die Endgeräte am Nutzerarbeitsplatz wie Drucker und VoIP-Telefon auch langfristig 100 Mbit/s nicht übersteigen werden. Diese Bandbreite wird auf absehbare Zeit auch für die überwiegende Zahl von Arbeitsplatzrechnern ausreichen. Längerfristig ist jedoch eine zunehmende Zahl von Arbeitsplatzrechnern zu erwarten, die mit 1 Gbit/s anzubinden sind. Darüber hinaus gehende Anforderungen im Arbeitsplatzbereich sind weder technisch noch anwendungsbezogen in Sicht.

Für den Sekundär- bzw. Primärbereich ergibt sich daraus, dass die Verkabelung für Übertragungsgeschwindigkeiten von 10 Gbit/s und mehr geeignet sein muss. Daher werden Lichtwellenleiterkabel mit hochwertigen Einzel- und Mehrmoden-Fasern eingesetzt, die für wirtschaftliche Vernetzungsmöglichkeiten sorgen, sowohl zwischen den Verteilerräumen eines Gebäudes als auch gebäudeübergreifend.

Im Tertiärbereich werden die mitarbeiterbezogenen Arbeitsplätze jeweils mit zwei hochwertigen 8-adrigen Cu-Datenkabeln versorgt. Über ein Kabel wird standardmäßig ein vollbelegter LuK-Einzelanschluss zur Verfügung gestellt, über den beliebige Anwendungen auch mit sehr hohen Datenübertragungsraten betrieben werden können. Das zweite Kabel endet an einer Doppelanschlussdose, über die zwei weitere LuK-Dienste bereit gestellt werden können. Bei mehr als 2 Arbeitsplätzen pro Raum ist die Anschlusszahl zu reduzieren (siehe Tabelle 3.4-2).

Funktionsbezogene, d. h. nicht mitarbeiterbezogene Arbeitsplätze (z. B. zentrale Scanner, Serveranschlüsse) sind anforderungsbezogen auszustatten. Eine Reserve von 25 % der Anschlussanzahl sowie eine Bandbreitenreserve bis zur nächsten Stufe sollte vorgesehen werden.

Datenanschlussdosen sind bevorzugt in modularer Technik auszuführen, um sowohl die Anzahl als auch die Art der zur Verfügung gestellten LuK-Anschlüsse flexibel anpassen zu können.

Für den Aufbau von Kommunikationsnetzen gilt die Norm DIN EN 50173 Anwendungsneutrale Kommunikationskabelanlagen. In dieser Norm werden die technischen Spezifikationen der Übertragungsstrecken, Kabel und Stecker für LuK-Leitungsnetze festgelegt. Standardarbeitsplätze in Büros und vergleichbaren Umgebungen sind hinsichtlich der mechanischen (M), Eindringen (I), klimatischen und chemischen (C) und elektromagnetischen Anforderungen der Umgebungsklassifikation  $M_{11}C_1E_1$  zuzuordnen. Treten im Umgebungsbereich einer Verkabelungsanlage höhere Leistungsanforderungen auf, so ist bei der Planung eine entsprechend höherwertige Umgebungsklassifikation festzulegen.

### 3.1.2.1 Kupferkabel

Nach DIN EN 50173 sind symmetrische Kabel gemäß DIN EN 50288 als Twisted-Pair-Kabel oder als Sternvierer-Kabel (Quad) mit einer Impedanz von 100 Ohm bei 4 Kabelpaaren einzusetzen.

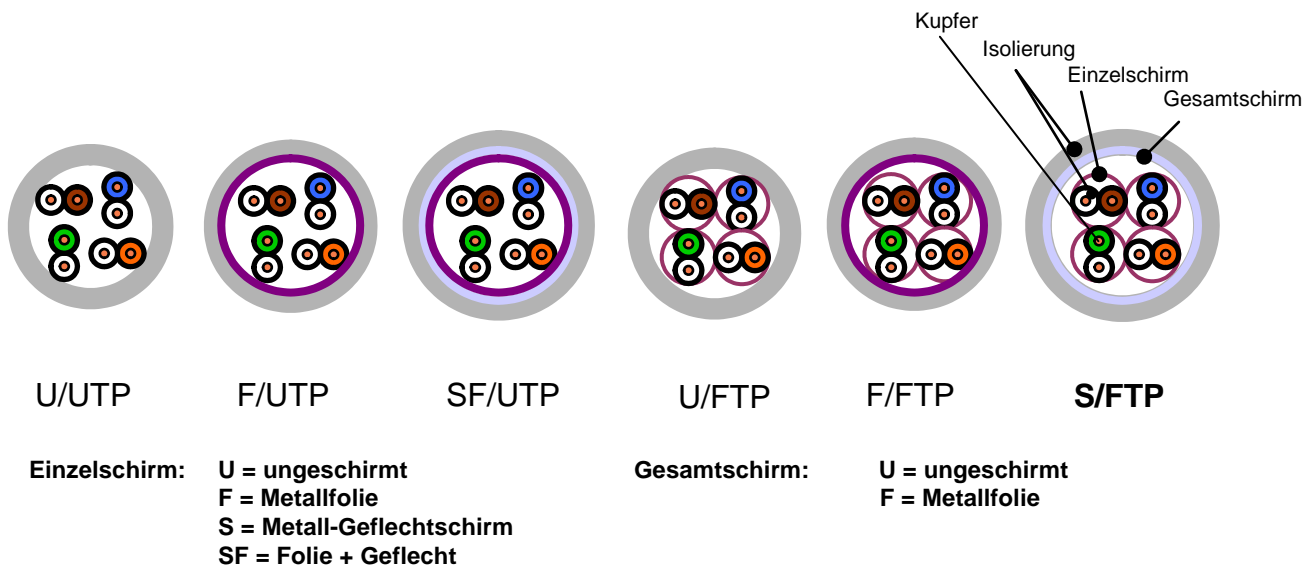


Abbildung 3.1-1 Abschirmvarianten beim 4-paarigen Kabeltyp Twisted Pair

In der oben stehenden Abbildung ist der Aufbau von Twisted-Pair-(TP)-Kabeln dargestellt. Der Buchstabe vor und hinter dem Schrägstrich gibt den Aufbau des Schirmes an.

Für Übertragungsstrecken werden in der DIN EN 50173 unterschiedliche Übertragungsklassen von A bis F beschrieben. Für neu aufzubauende Gebäudeverkabelungen des Landes kommen nur die Übertragungsklassen E und F in Frage. Klasse D-Verkabelungen wurden vor dem Aufkommen der höherwertigen Klassen E und F für LuK-Verbindungen eingesetzt und erfüllen in vielen Gebäuden des Landes ihre Funktion. Auf die nähere Betrachtung der Klassen A bis C wird verzichtet<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Vorhandene Verkabelungen der Klassen A bis C dienen i. d. R. der Übertragung von Telefon-(analog, digital, ISDN)-signalen.

Zum Erreichen einer gewünschten Verkabelungsklasse dürfen ausschließlich Komponenten entsprechender Qualität eingesetzt werden. Für die Klassen E und F sind dies Komponenten der Kategorien 6 und 7. In Tabelle 3.1-1 und Tabelle 3.1-3 sind die Übertragungsklassen mit den vorgesehenen Einsatzgebieten sowie die notwendigen Komponentenkategorien dargestellt.

Klasse	Frequenzbereich	unterstützte Anwendungen	Kategorie
A	bis 100 kHz	analoge Telefonie	
B	bis 1 MHz	zusätzlich ISDN (S <sub>0</sub> , S <sub>2</sub> )	
C	bis 16 MHz	zusätzlich Token Ring 4 Mbit/s, Ethernet 10BASE-T	Kat 3
D	bis 100 MHz (125 MHz)	zusätzlich Token Ring 16 Mbit/s, Ethernet 100BASE-T (1000BASE-T, ATM-155)	Kat 5, (Kat 5e)
E	bis 250 MHz	zusätzlich Ethernet 10GBASE-T, ATM-1,2 Gbit/s	Kat 6
E <sub>A</sub>	bis 500 MHz	zusätzlich Ethernet 10GBASE-T	Kat 6 <sub>A</sub>
F	bis 600 MHz	zusätzlich Fiber Channel FC-100-TP, CATV (Kabelfernsehen)	Kat 7
F <sub>A</sub>	bis 1.000 MHz		Kat 7 <sub>A</sub>
RuK-S	bis 1.200 MHz	Zusätzlich CATV-Anlagen (Video) bis 1200 MHz bei max. 50 m Kabellänge	RuK-S

Tabelle 3.1-1 Übertragungsklassen

Die Realisierung aller geplanten Netze ist unter Einhaltung der Mindestkriterien nach Klasse E mit Kabeln des Aufbaus S/FTP mindestens nach Kategorie 7 mit 4 Doppeladern durchzuführen.

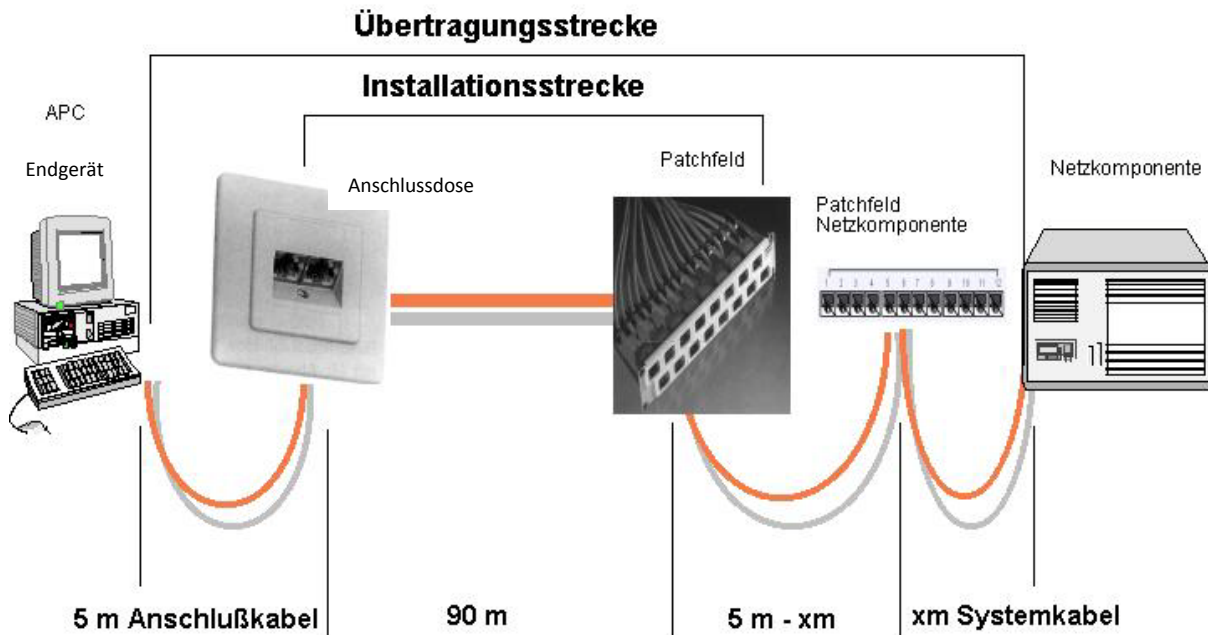
Die DIN EN 50173 unterscheidet im Tertiärbereich zwischen:

- **Übertragungsstrecke**  
als Verbindung zwischen zwei aktiven Netzwerkkomponenten. Sie besteht aus der Installationsstrecke zuzüglich aller Geräteanschluss- und Verbindungskabel zwischen den Komponenten. Die zulässige Länge der Übertragungsstrecke ist abhängig von der Länge und Qualität des Installationskabels und der Patchkabel, von der Anschlusstechnik sowie von der Temperatur. Die Leistungsfähigkeit der Verbindung wird durch die Qualität der Übertragungsstrecke bestimmt.
- **Installationsstrecke/Verkabelungsstrecke**  
als Verbindung zwischen Anschlussdose und Patchfeld. Sie ist fest mit dem Gebäude verbunden. Soweit die Länge der Installationsstrecke 90 m nicht übersteigt, ist davon auszugehen, dass die Netzfunktion erfüllt ist.

**Größere Längen** sind möglich, wenn die in der Norm geforderten Übertragungsparameter für die Verkabelungsstrecke eingehalten werden. In der Planungsphase kann der Nachweis durch Rechnung geführt werden (vgl. Anhang 5.4). Es wird empfohlen, die rechnerisch möglichen Längen maximal zu 90 % auszunutzen, um Reserven für den Betrieb (z. B. höhere Temperaturen, Alterungseffekte) zu berücksichtigen.

Unabhängig von der Länge der Installationsstrecken muss sichergestellt sein, dass die Anforderungen an die Klasse E eingehalten werden. Der Nachweis hat durch eine Messung zu erfolgen, vgl. Kapitel 3.1.3.

Die Strecken für Datennetze nach DIN EN 50173 sind in der folgenden Abbildung dargestellt.



**Längenberechnung:** 90 m (Horizontal) + 5 m (Anschluß) + (5 m - xm) + xm = 100 m

xm ( Systemkabel) = 0 m - 5 m

Abbildung 3.1-2 Definition einer Strecke

Aus der Abbildung ist einfach erkennbar, dass Qualität der Ende-zu-Ende-Übertragung nicht nur von der Qualität der Installationstrecke abhängt, sondern auch wesentlich durch Geräteanschluss- und Rangierschnüre (häufig als Patchkabel bezeichnet) bestimmt ist. Es sind daher nur qualitativ hochwertige Schnüre einzusetzen.

### 3.1.2.2 Lichtwellenleiter (LWL)

Eingesetzt werden Einmoden- und Mehrmodenfasern nach DIN EN 50173-1. Als Mehrmodenfasern sind ausschließlich laseroptimierte 50-µm-OM3-Fasern einzusetzen, mit dem Ziel im Sekundärbereich eine 10-Gbit/s-Übertragung zu ermöglichen.

Es ist ein metallfreier Kabelaufbau, bei Außenkabeln zusätzlich ein Nagetierschutz, vorzusehen.

### 3.1.2.3 Verlegevorschriften für Kabel

Bei der Bauausführung sind die Verlegerichtlinien, vgl. DIN EN 50174-2, zu beachten. Es gilt für

#### TP-Kabel:

- Kein Abknicken, kein Quetschen und kein Verdrehen der Kabel.
- Zulässige Biegeradien ( $\geq 8 \cdot$  Außendurchmesser) und maximale Zugkräfte nach Kabelspezifikation sind zu beachten.
- Der Kabelschirm ist beidseitig aufzulegen. Auf einen großflächigen Anschluss des Schirms über dessen ganzen Umfang ist zu achten. Die Einzelschirmung der Aderpaare ist bis zu den Anschlusspunkten der Adern beizubehalten.

### **LWL-Kabel:**

- LWL-Innenkabel sind gegen Feuchtigkeit zu schützen.
- Die Kabelenden von LWL-Außenkabeln sind bei Transport und Lagerung wasserdicht zu verschließen.

### **Außenkabel:**

Beim maschinellen Einziehen von LWL- oder Kupferaußenkabeln in Rohrsysteme sind Messprotokolle zu erstellen. Dies ermöglicht die Dokumentation der maximal aufgetretenen Zugkräfte. Innerhalb von Schächten und Gebäuden sind für das Einziehen alle Winkel mit Kabelführungen oder Rollen so auszurüsten, dass die minimalen Biegeradien nicht unterschritten werden.

Das Einziehen von LWL-Außenkabeln sollte nicht bei Temperaturen unter 0°C durchgeführt werden. Zu berücksichtigen sind außerdem die Verlegevorschriften des Kabelherstellers.

### **Beschriftung:**

Alle verlegten TP- und LWL-Kabel sind an beiden Enden mit einer dauerhaften und eindeutigen Beschriftung nach Vorgabe des Auftraggebers zu versehen.

### **Nicht mehr benötigte Kabel alter Netze:**

Diese Kabel sind u. a. wegen der Brandlast zu demontieren.

### **3.1.2.4 Kabelführung**

Bei der Beschaltung von Anschlussdosen (Patchen) hilft eine aufgeräumte Kabelführung, den Überblick zu bewahren und bei Änderungen Fehler zu vermeiden.

Kabel sollten immer in der passenden Länge gewählt werden, ggf. in der nächst größeren Konfektionierung. Bei Kabelschleifen oder straff gespannten Leitungen ist die Länge falsch gewählt. Die Führung erfolgt durch den nächstgelegenen Rangierbügel auf möglichst direktem Weg zum Ziel. Dabei sind die Mindestbiegeradien einzuhalten. Besonders beim Stecken von LWL-Verbindungen sollte ein Abknicken oder zu starkes Verdrehen der Kabel vermieden werden. Frei fliegende Leitungen sind tabu. Farbige Leitungen helfen bei der Identifizierung, z. B. nach Diensten oder Anwendungen. Kabelbinder oder Klettband helfen, die Kabelbäume kompakt zu halten.

Grundsätzlich kann unterschieden werden zwischen einer reinen Kupferverkabelung und einer gemischten Verkabelung mit Kupfer und LWL.

Bei einer ausschließlichen Bestückung mit Kupferkabeln werden die Anschlusspanels jeweils mittig aufgeteilt und die Leitungen nach rechts und links heraus geführt. Die obere Anschlussreihe wird auf der oberen Panele geführt, die untere Reihe unten.

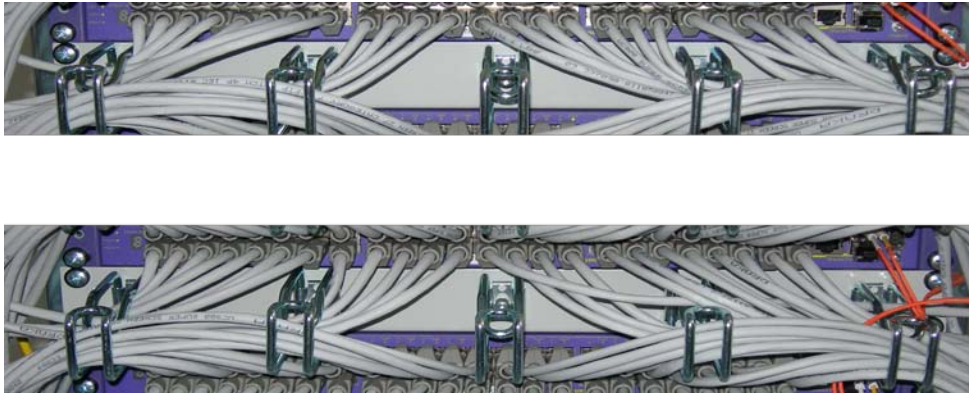


Abbildung 3.1-3 Kabelführung bei (fast) reiner Kupferverkabelung

Kommen Kupferkabel und LWL zum Einsatz, wird Kupfer links geführt und Glas rechts.

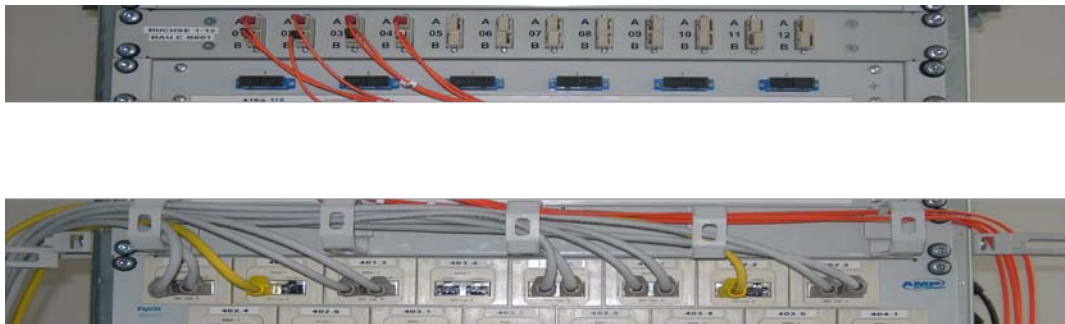


Abbildung 3.1-4 Kabelführung bei gemischter Verkabelung

Ein solches Kabelwirrwar macht eine Fehlersuche unmöglich:

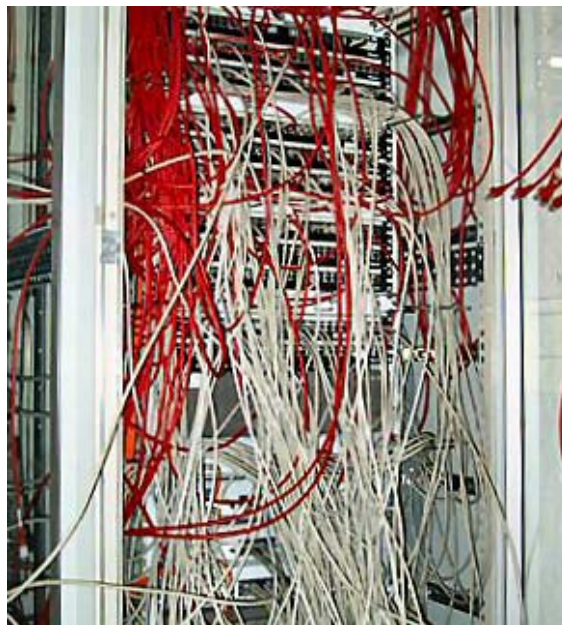


Abbildung 3.1-5 Unübersichtliche Kabelverwaltung

### 3.1.2.5 Anschlussstechnik

#### 3.1.2.5.1 Kupferkabel

Der informationstechnische Anschluss (TA) nach DIN EN 50173 ist bis einschließlich Kat 6<sub>A</sub> /Class E<sub>A</sub> mit dem RJ-45-Steckverbinder nach EN 60603-7 zu realisieren. Die Anschlussdosen sind in geschirmter Ausführung mit Schrägauslass einzusetzen. Die Belegung der Steckverbinder mit den Adern des Kabels erfolgt nach EIA/TIA 568B, die Erweiterung einer bestehenden Verkabelung ist entsprechend der Festlegung im Bestand auszuführen. Eine andere Ausführung darf nur in Absprache mit dem Auftraggeber erfolgen. Sie ist aktenkundig zu machen und in der Netz-Dokumentation explizit anzugeben.

Pin	Farbe		
1	Weiß/Orange		Orange
2	Orange	Orange	Orange
3	Weiß/Grün		Grün
4	Blau	Blau	Blau
5	Weiß/Blau		Blau
6	Grün	Grün	Grün
7	Weiß/Braun		Braun
8	Braun	Braun	Braun

Tabelle 3.1-2 Steckerbelegung nach EIA/TIA 568B

Derzeit werden für alle gebräuchlichen Dienste mit Ausnahme von Gigabit-Ethernet nur 2 Doppeladern (DA) benötigt. Die Verwendung von Switches sichert mit 2 DA an den Arbeitsplätzen mit 100 Mbit/s-Ethernet eine ausreichende Übertragungsgeschwindigkeit. Gigabit-Ethernet wird für die Verbindung zwischen den Switches und zu den Servern eingesetzt. Der Einsatz von Gigabit-Ethernet an den Arbeitsplätzen ist nur in Ausnahmefällen sinnvoll.

Da paargeschirmte Kabel mit 4 DA verlegt werden, ist die Möglichkeit des „Cable Sharing“, d. h. die Führung von zwei oder mehr Diensten über ein Kabel, zu nutzen. Dazu sind modularer Dosensysteme – bestehend aus einem fest ans Kabel montierten Anschlusssteil und einem austauschbarem Doseneinsatz (Modul, Insert) – zu verwenden. Durch den Einsatz entsprechender Inserts können die 4 DA mehreren Dienste (z. B. 2 x Ethernet 100BaseTX, 4 x digitales Systemtelefon - ISDN U oder 1 x 1000BaseTX + ISDN S<sub>0</sub>) zugeordnet werden. Die Pinbelegung der einzelnen Dienste an den Anschlussbuchsen ist Standard-konform (gemäß Tabelle 3.1-3), so dass die Verwendung von einheitlichen 1:1 verdrahteten Patchkabeln ermöglicht wird. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Portgeschwindigkeiten auf den aktiven Komponenten fest auf 100 Mbit/s eingestellt werden müssen, da die automatische Aushandlung der Leitungsgeschwindigkeit bei Gigabit-Ethernet-Ports über 2 DA nicht möglich ist.

Durch Austausch der Kat 6 RJ-45-Module durch Kat 7-Module mit GG-45- oder TERA-Technik kann die Installationsstrecke bei Bedarf von Klasse E auf Klasse F hochgerüstet werden (s.u.).

Nichtmodulare Lösungen mit vollständiger Anschlussbelegung bieten den Vorteil, dass sämtliche Dienste ohne Wechsel eines Einsatzes unterstützt werden. Dem steht ein höherer Material- und i. d. R. auch Kostenaufwand gegenüber. Solche Lösungen sollten aus Gründen des Umwelt- und Ressourcenschutzes nur eingesetzt werden, wenn ein umfassender Wirtschaftlichkeitsvergleich mit der Cable-Sharing-Lösung keine Mehrkosten ergibt. Dabei sind neben den direkten Verkabelungskosten (Kabel und Anschlusstechnik) auch die indirekten Kosten z. B. für die Installationssysteme (Kabelkanäle, Pritschen), Brandschutz- und andere bauliche Maßnahmen zu berücksichtigen.

Eine gemischte Installation von modularen und nichtmodularen Systemen innerhalb eines Gebäudes ist zu vermeiden.

PIN	Paar	Telefon				LAN	
		2-Draht analog	4-Draht analog	ISDN So	ISDN U.:	100BaseTX	1000BaseTX
1	3a					TX +	RX/TX
2	3b					TX -	RX/TX
3	2a		c	RX +		RX +	RX/TX
4	1a	a-Draht	a	TX +	a-Draht		RX/TX
5	1b	b-Draht	b	TX -	b-Draht		RX/TX
6	2b		d	RX -		RX -	RX/TX
7	4a						RX/TX
8	4b						RX/TX

Tabelle 3.1-3 Pinzuordnung RJ-45 für verschiedene Dienste

Der RJ-45-Stecker erfüllt die Anforderungen bis hin zur Kategorie 6A. Darüber hinaus gehende Anforderungen an die Übertragungseigenschaften (Kategorie 7) lassen sich derzeit nur mit neuen Steckertypen realisieren. Die Norm gibt dazu die Stecker nach DIN EN 60603-7-7 (GG-45-Stecker) und DIN EN 61076-3-104 (TERA-Steckverbinder) vor. Während der GG-45-Stecker abwärtskompatibel zu RJ-45 ist, handelt es sich beim TERA-Stecker um eine komplett neue Steckertechnologie, die konstruktionsbedingt eine maximale Flexibilität der Nutzung des Installationskabels durch Cable Sharing gewährleistet.



Abbildung 3.1-6 In DIN EN 50173-1 vorgesehene Steckertypen für Kat 5, 6 und 7: RJ-45, TERA und GG-45

### 3.1.2.5.2 Lichtwellenleiterkabel (LWL)

LWL-Kabel sind mit gemäß DIN EN 50173 -1 Nr. 8.5.1.2 farblich codierten Duplex-SC oder -LC-Steckverbindern abzuschließen; es wird die Verwendung vorkonfektionierter Verbinder (Pigtails) mit thermischen Spleißen empfohlen. Vorhandene Anlagen mit ST-Steckern können entsprechend erweitert werden. Innerhalb einer Liegenschaft sollte nach Möglichkeit eine einheitliche Steckverbindertechnik eingesetzt werden.

Für den Einsatz von LWL im Tertiärbereich ist es meist wirtschaftlicher, im Bereich der Anschlussdosen die Stecker mit Klebe- oder Crimpstechniken statt über Pigtails mit Spleiß anzuschließen, sofern für die eingesetzten Komponenten eine Systemgarantie für 10 Jahre gegeben wird und die Monteure vom Hersteller zertifiziert sind.

### 3.1.3 Messungen

Vom Auftragnehmer sind vor Abnahme (siehe Abschnitt 4.2.2) Messungen der in Tabelle 3.1-4 genannten Größen gemäß DIN EN 50346 durchzuführen, dabei sind die frequenzabhängigen Größen bis 500 MHz zu messen.

Die Dokumentation ist 2 Wochen vor der Abnahme vorzulegen. Die Messungen sind über alle LWL-Fasern und alle Cu-Doppeladern durchzuführen. Die Messung erfolgt bei modularen Dosensystemen **vor** dem Einbau der Einsätze. Die verwendeten Messgeräte müssen mindestens der Klasse III, DIN EN 61935-1 entsprechen.

Die Messprotokolle sind stichprobenartig zur Abnahme durch eigene Messungen - ggf. durch den beauftragten Ingenieur - zu kontrollieren. Die Messgeräte werden vom Auftragnehmer gestellt.

Messergebnisse, die im Toleranzbereich (des Prüfgeräts) liegen, sind zurückzuweisen. Wenn eine erneute Messung nach Normalisierung des Prüfgeräts oder einem Prüfaufbau mit verbesserter Messgenauigkeit kein eindeutig korrektes Ergebnis bringt, ist die entsprechende Verbindung nachzubessern.

TP (Cu)	
	Verdrahtungsplan
	Laufzeit und Laufzeitunterschied
	Einfügedämpfung und Dämpfungsabweichung
	Nahnebensprechdämpfung (NEXT und PS-NEXT)
	Ausgangsseitige Fernnebensprechdämpfung (ELFEXT und PS-ELFEXT)
	Dämpfungs-Nebensprech-Verhältnis (ACR und PS-ARC)
	Rückflusdämpfung
	Gleichstrom-Schleifenwiderstand und Widerstandsunterschied
	Widerstand Schirm/PE
	Spannung Schirm/PE
LWL	
	Dämpfung
	Laufzeitverzögerung

Tabelle 3.1-4 Zur Abnahme durchzuführende Messungen

Bei vermuteten Netzwerkstörungen durch elektromagnetische Beeinflussung durch externe Störquellen wird zusätzlich eine Störimpulsmessung und die Messung des Mittelwertrauschens empfohlen.

Bei Problemen bei der Datenübertragung ist neben der LuK-Verkabelung ggf. auch das elektrische Versorgungsnetz zu untersuchen. Ein nicht korrekt aufgebautes TN-S-Netz kann vagabundierende Ströme zur Folge haben, die auch auf den Schirmen der Datenkabel fließen und Störungen verursachen können.

Unten ist eine kurze Beschreibung der wichtigsten Messungen angegeben. Detailliertere Informationen können der DIN EN 50346 entnommen werden.

### **3.1.3.1 (Einfüge-)Dämpfung**

Frequenz- und längenabhängige Abschwächung des Signals auf der Übertragungsstrecke.

### **3.1.3.2 Nah- und Fernnebensprechdämpfung (NEXT / FEXT)**

Frequenz- und längenabhängiges Übersprechen eines Signals auf die benachbarten Doppeladern einer Übertragungsstrecke.

### **3.1.3.3 PowerSum-Messungen**

Die Übertragung von Gigabit-Ethernet über Twisted-Pair-Kabel erfolgt über alle 4 Doppeladern. Daher ist die Nahnebensprechdämpfung nicht nur für das Übersprechen zwischen zwei Doppeladern sondern auch für das Übersprechen aller anderen Doppeladern auf eine Doppelader zu messen, das PowerSum-NEXT (PS-NEXT, PS-ELFEXT).

### **3.1.3.4 Laufzeit, Laufzeitunterschied**

Die Messung der Signallaufzeit dient der Längenbestimmung des Kabels. Bei manchen Übertragungsverfahren wie Ethernet CSMA/CD müssen bestimmte maximale Laufzeiten eingehalten werden. Beim Einsatz der Switching-Technologie / Mikrostrukturierung entfallen diese Beschränkungen.

Bei der parallelen Übertragung über 4 Doppeladern (z. B. Gigabit-Ethernet) ist der Laufzeitunterschied zwischen den Paaren von Bedeutung. Bei zu großem Laufzeitunterschied ist die Übertragung nicht mehr gesichert.

Der Verzögerungsfaktor  $V_p$  des eingesetzten Kabeltyps ist dem Datenblatt des Herstellers zu entnehmen und beim Messgerät vor der Messung einzustellen.

Bei LWL-Fasern mit Längen größer als 300 m sowie bei Außenkabeln hat eine OTDR in beiden Übertragungsrichtungen zu erfolgen. Bei kleineren Längen ist eine Pegelmessung (Dämpfungsmessung) ausreichend. Gemessen werden bei Mehrmodenfasern die optischen Fenster 850 nm und 1310 nm, bei Einmodenfasern die optischen Fenster 1310 nm und 1550 nm.

Bei vorkonfektionierten LWL-Kabeln werden die Messungen ab Werk vom Hersteller durchgeführt und protokolliert, so dass sich eine nachträgliche Messung erübrigt. Die meisten Fehler werden beim Einbau festgestellt und defekte Kabel zurückgenommen.

### 3.1.4 Dokumentation, Netzverwaltung

Spätestens 2 Wochen vor der Abnahme sind von den Auftragnehmern für aktive und passive Komponenten folgende Unterlagen bereitzustellen:

#### Aufbauunterlagen:

- Trassenpläne
- Installationspläne (mit Bezeichnung der Auslässe)
- Aufbaupläne der LuK-Verteiler, Belegungspläne
- Messprotokolle
- Montageanleitungen
- Gerätehandbücher der aktiven Komponenten

#### Betriebsunterlagen:

- Bedienungshandbücher für aktive Komponenten
- Serviceunterlagen
- Backup der Betriebssoftware und Konfigurationsdaten

Die Planunterlagen sind in Papierform und auf Datenträger zu liefern. Das Format der Planunterlagen ist auf der Basis der Richtlinienammlung „Pläne und Daten“ der VB-BW mit dem Auftragnehmer zu vereinbaren.

Bei der Planung größerer Netze ab ca. 500 Anschlüssen ist während der Planungsphase mit dem Nutzer/Betreiber die Notwendigkeit eines **Netzverwaltungssystems** bzw. das Einbringen der Netzdaten in ein vorhandenes **Facility-Management** abzustimmen.

Ein rechnergestütztes Netzverwaltungssystem besteht in der Regel aus einer relationalen Datenbank, die mit einer graphischen Darstellung gekoppelt ist. Es ist so zu dimensionieren, dass die Daten sämtlicher vorhandener LuK- und sonstiger Netze verwaltet werden können. Die Beschaffung erfolgt zu Lasten des Nutzerhaushalts.

### 3.1.5 Erhöhte Bandbreitenanforderungen für Arbeitsplätze in bestehenden LuK-Netzen

Übersteigt die notwendige Datenübertragungsrate in einem bestehenden LAN-Anschluss den Standardwert von 100 Mbit/s, so sind nachfolgende Hinweise zu berücksichtigen.

Anspruchsvolle Applikationsumgebungen mit erhöhtem Bandbreitenbedarf oder/und Parallelbetrieb mehrerer Arbeitsplatzrechner werden über einen im Raum installierten Gigabit Ethernet-Switch versorgt, der an eine modulare Anschlussdose angeschlossen wird. Diese wird mit einem Einfacheinsatz ausgestattet und im Verteilerraum auf einen Gigabit-Ethernet-Anschluss gepatcht.

Nur im Falle eines vom Anwender detailliert begründeten Bedarfs für mehrere parallel zu betreibende Anwendungen mit Übertragungsraten >100 Mbit/s darf die bestehende Netzwerkinfrastruktur gezielt um neue Leitungswege ergänzt werden. Die restliche Kabelinfrastruktur bleibt unberührt und weiter in Betrieb.

## 3.2 Infrastruktur

### 3.2.1 DV-Arbeitsplätze

An jedem DV-Arbeitsplatz ist neben den IuK-Anschlussdosen eine Dreifach-Steckdose zur Stromversorgung der Datenendgeräte und anderer Verbraucher einzurichten. Diese ist so zu kennzeichnen, dass sie Stromkreis und Verteiler zugeordnet werden kann. Zur Weiterleitung und –verteilung der Energie an Endgeräten werden zweipolig schaltbare Tischverteiler ggf. mit Überspannungsableiter und Master-Slave-Schalter empfohlen. Durch die Abschaltung der Verbraucher außerhalb der Dienstzeit werden Standby-Verluste vermieden und gleichzeitig das Brandrisiko verringert.

Die Steckdosen werden bei einer Fensterbankkanalinstallation in Kombinationen wie in Abbildung 3.2-1 und Abbildung 3.2-2 aufgebaut. Bei Unterflurinstallation ist eine räumliche Zuordnung der Bodentanks zu den Arbeitsplätzen vorzusehen.

#### Einzelarbeitsplatz

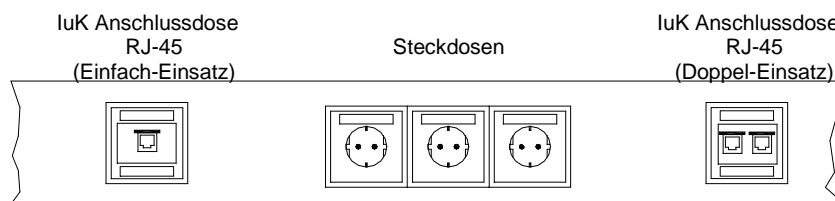


Abbildung 3.2-1 Bestückung des Kabelkanals: Einzelarbeitsplatz, integriertes Daten- und Fernsprechnet

#### Doppelarbeitsplatz

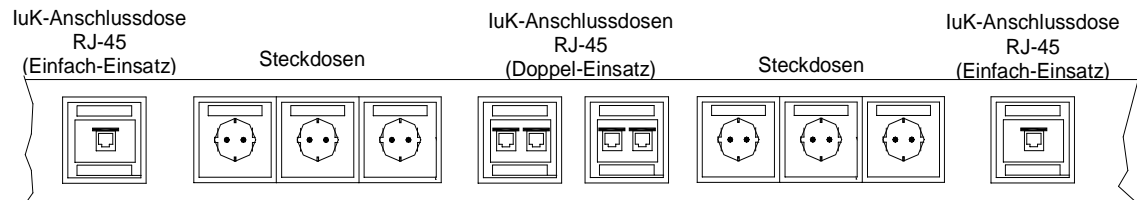


Abbildung 3.2-2 Bestückung des Kabelkanals: Doppelarbeitsplatz, integriertes Daten- und Fernsprechnet

Die Zahl IuK-Anschlussdosen ist angemessen zu verringern, wenn eine getrennte TK-Verkabelung vorhanden ist (siehe Kapitel 3.4.2).

Für spezielle Arbeitsplätze ist ggf. eine höhere Dosenanzahl vorzusehen. Bereits in der Planungsphase sollten mögliche Erweiterungen berücksichtigt werden, um kostenintensive Nachverkabelungen zu vermeiden.

### 3.2.2 Serverräume

Serverräume sind nicht Bestandteil dieser Konzeption.

Häufig werden jedoch Serverraum und IuK-Verteilerraum zusammengefasst. In diesen Fällen gelten für diese Räume die nachfolgend für Verteilerräume genannten Bedingungen, soweit nicht für den Serverbetrieb höhere Anforderungen gelten.

### 3.2.3 Verteilerräume luK, Verteiler

Der Zugang zu den luK-Verteilern ist auf Personen zu beschränken, die von der Dienststelle eine Berechtigung erhalten haben.

Nach Möglichkeit sind geschlossene Verteilerräume einzurichten, deren Nutzung auf die luK-Technik beschränkt ist.

Die Raumgröße ist möglichst so zu wählen, dass die Verteiler nachträglich erweitert werden können. Die Unterbringung von USV (vgl. Kapitel 3.2.6.4) sowie Möglichkeiten zur Archivierung und Bearbeitung von Unterlagen sind zu berücksichtigen.

#### Anforderungen an den Verteilerraum:

- Trockener Innenraum nach DIN VDE 0800
- Unterbringung möglichst nicht im Untergeschoss
- Keine Installationen von Wasser- oder Heizungsrohren im luK-Verteilerraum, bereits vorhandene Leitungen sind abzuschotten
- Mindestfläche: für bis zu 200 luK-Anschlüsse genügen ca. 6 m<sup>2</sup> Fläche (bei Einsatz von Rahmen); für 400 Anschlüsse sollten ca. 8 m<sup>2</sup> zur Verfügung stehen. Die Anzahl der Verteilerräume richtet sich nach der maximal zulässigen Kabellänge.
- Beleuchtung nach DIN EN 12464-1,  $E_m = 200 \text{ Lx}$
- Telefon mit Freisprecheinrichtung

#### Wann immer möglich:

- Lage nicht in unmittelbarer Nähe zu Räumen mit hoher Brandlast (Gastanks) oder hohen elektromagnetischen Emissionen, (Transformatorenräume usw.)
- Lage im Flächenschwerpunkt der erfassten Gebäudeteile zur Optimierung der Kabellängen
- Ausrichtung zur Nordseite, keine Fenster

#### Erforderliche Maßnahmen:

- Brandschutz:
  - Falls im Gebäude eine Brandmeldeanlage mit automatischen Meldern installiert ist, ist der Verteilerraum auf diese aufzuschalten
- Sicherheit (bei geschlossenen Verteilerräumen):
  - Einbruchhemmende Tür
  - Panikschloss
  - kein oder neutrales Türschild
  - gesonderter Schließbereich
- Bodenbelag:
  - Ableitwiderstand  $\leq 10^8 \Omega$  gemäß DIN EN 1081
- Stromversorgung:
  - Eine ausreichende Zahl von Stromkreisen zur Versorgung der luK-Komponenten ist getrennt von anderen Verbrauchern aufzubauen.
  - Es ist eine ausreichende Anzahl von Steckdosen für Werkzeuge und Geräte vorzusehen, die von einem von den luK-Geräten getrennten Stromkreis versorgt werden

Sofern bei der Installation in vorhandene Gebäude keine ausreichenden Flächen für Verteilerräume bereitgestellt werden können, sind verschließbare Verteilerschränke zu verwenden. Bei der Wahl des Aufstellorts ist die Lärm- und Wärmeemission ebenso zu beachten wie die Anforderungen des Brandschutzes. Die Schränke sollen auf Flächen untergebracht werden, die dem Publikumsverkehr nicht zugänglich sind.

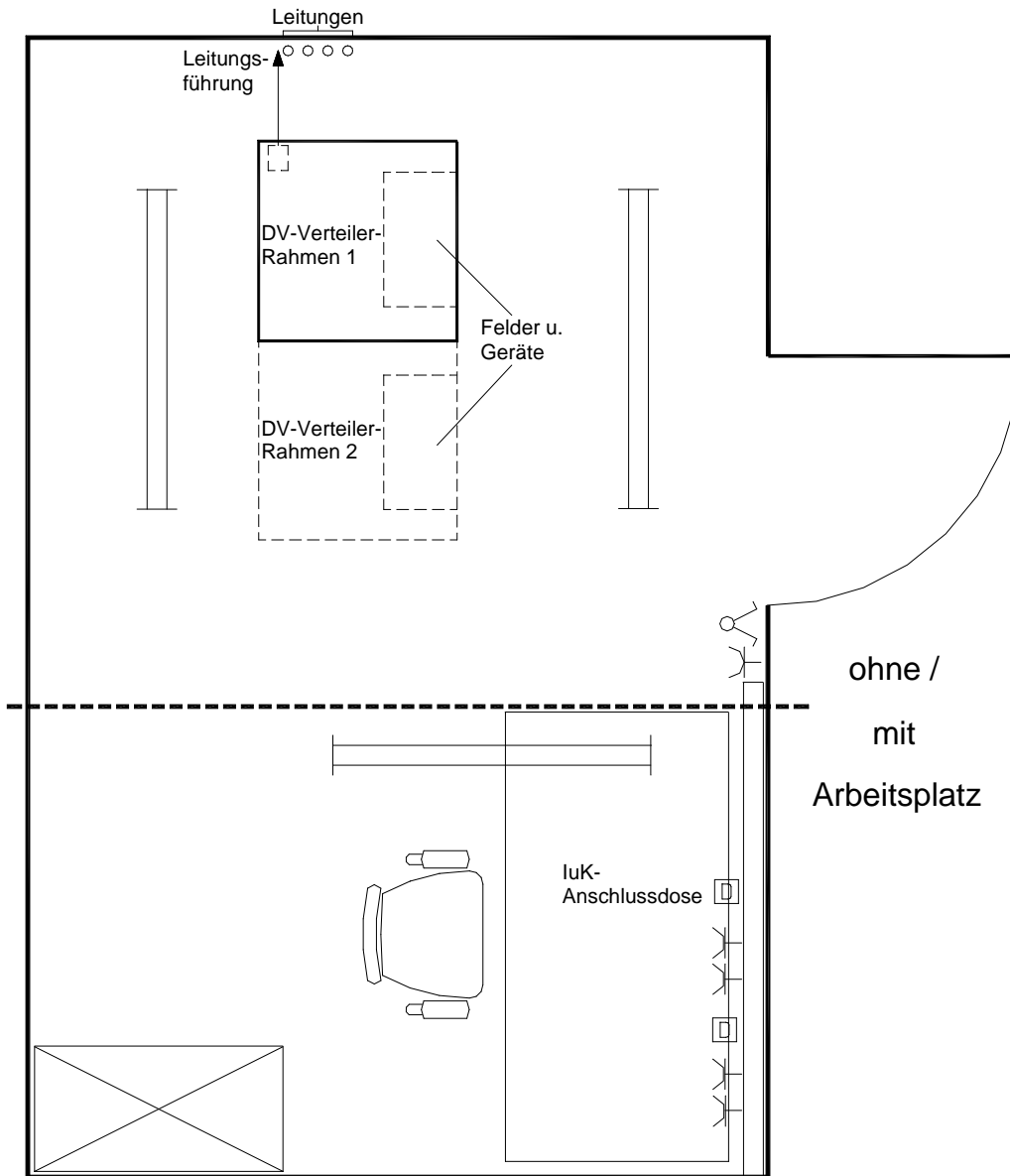


Abbildung 3.2-3 Aufbau LuK-Verteilerraum, Beispiel zentraler Verteiler, z. B. kombinierter EV und GV

### **luK-Verteiler (SV, GV, EV)**

An Ausführung und Aufstellung der luK-Verteiler sind folgende Anforderungen zu stellen:

- Bei geschlossenen Verteilerräumen sind Rahmen (19“-Gestelle ohne Seitenwände und Türen) mit vorzugsweise 42 Höheneinheiten (HE) einzusetzen.
- Außerhalb geschlossener Verteilerräume sind 19“-Schränke mit 42 Höheneinheiten (HE), bei Kleinanlagen bis 20 luK- Anschlussdosen Wandverteiler mit 15-20 HE, und HE-Lineal für Dokumentation und Fehlersuche einzusetzen. Bei kleineren Räumen können Wandverteiler mit senkrecht zur Wand angeordneter 19“-Ebene eingesetzt werden.
- Zugangsmöglichkeit zum Verteiler von mindestens zwei Seiten, vorzugsweise von vorne und hinten, d. h. Aufstellung mit der „Schulter“ zur Wand.
- Grundsätzliche Bestückung nach Abbildung 3.2-4. Bei Neuplanung sind ca. 25 % Platzreserve für Erweiterungen vorzusehen, je Verteilerrahmen/-schrank sollen nur in Ausnahmefällen mehr als 100 Kabel mit 4 DA aufgelegt werden.
- Keine Schwenkrahmen, um Torsion der Kabel zu vermeiden.
- Kabelführung seitlich, so dass die 19“-Ebene in voller Tiefe frei zugänglich ist. Der Zugang zu Patchfeldern und Geräterückseiten darf nicht behindert werden.
- Kabeleinführung wahlweise von oben oder/und unten.
- Vermeiden von Quetschbeanspruchung der Kabel durch Kabelbinder.
- Anzahl der Verteilerrahmen/-schränke in Anlehnung an Kapitel 3.4.6

Allerdings sollte im Hinblick auf die betriebliche Bedeutung dieser Knotenpunkte die Zahl der Anschlüsse je Verteilerraum auf etwa 400 begrenzt werden, sofern die verfügbaren Gebäudeflächen dies zulassen. Bei höheren Portanzahlen wird das Handling schlecht und es entsteht ein zentraler Fehlerpunkt. Wegen des hohen Schadens bei Ausfall des Verteilers sind zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen (Löscheinrichtungen usw.) zu prüfen.

- Temperaturregelte, wartungsfreie Lüfter (Begrenzung der Schrankinnentemperatur auf ca. 35°C), soweit die Kühllastberechnung diese erfordert; Zuluft über Steckfilter.
- Erdung von Rahmen/Schrank und allen Einbauteilen nach DIN EN 50310.

Eine Schranküberwachung (Temperatur, Überspannungsschutz, Türkontakt) entsprechend Nutzerforderung kann eingebaut werden, sofern eine Gebäudeleittechnik oder ein anderes Störmeldesystem vorhanden ist. Ist ein SNMP-basierendes Netzmanagementsystem im aktiven Einsatz, so sollte ein diesem Standard entsprechendes Schranküberwachungssystem eingesetzt und in das allgemeine Netzmanagement integriert werden.

Hinweis: Von mehreren Herstellern werden USV-Systeme mit potentialfreien Kontakten und SNMP-Agenten zum Preis eines Schranküberwachungssystems angeboten, die als Ersatz für ein Schranküberwachungssystem eingesetzt werden können.

Beispiel für Etagenverteiler (Einfachschränk)

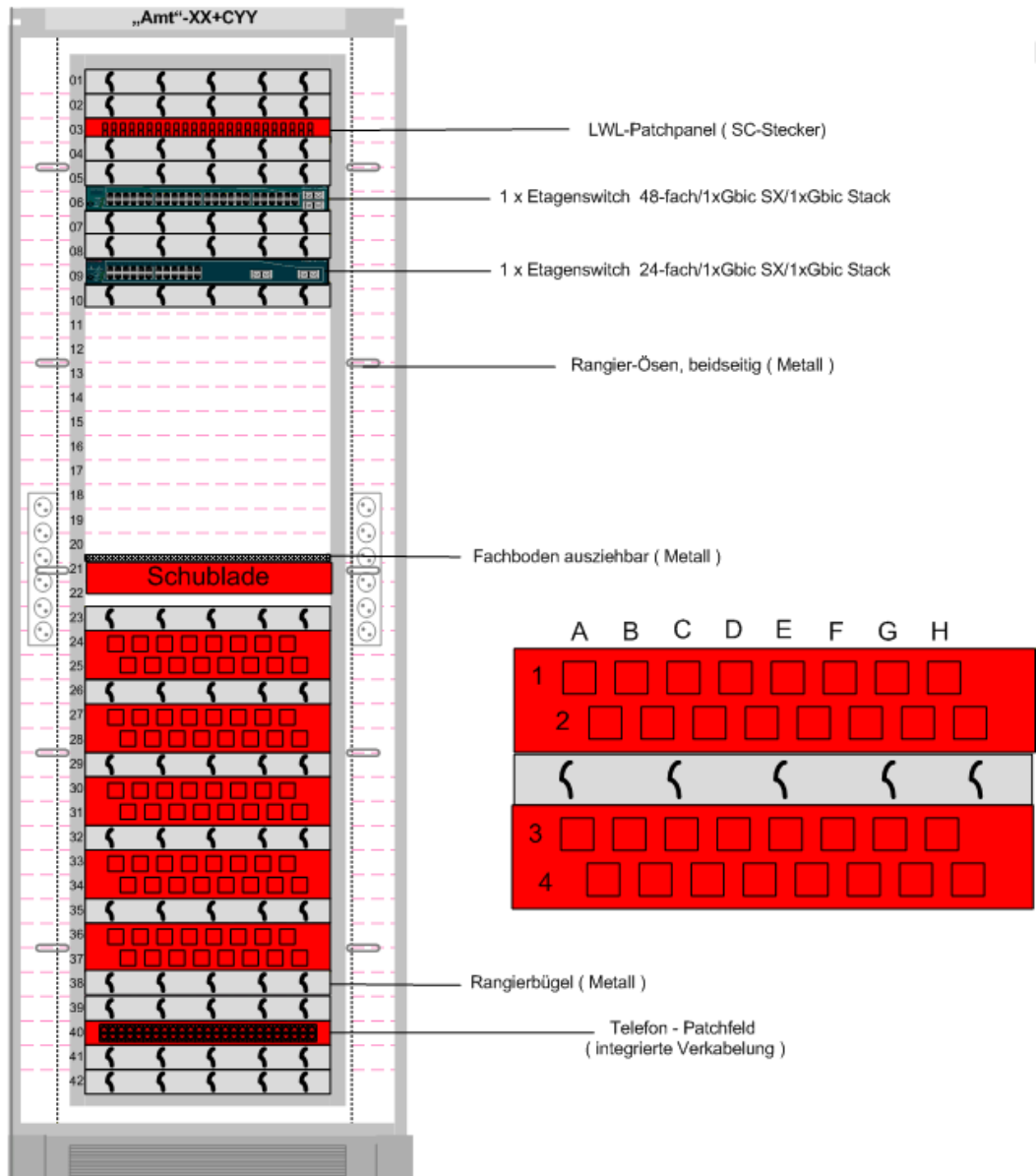


Abbildung 3.2-4 Schematische Bestückung eines luK-Verteilers

Bei der Beschaffung der Verteilerrahmen/-schränke sind die unterschiedlichen erhältlichen Schranktiefen zu beachten, speziell wenn der Einbau von Servern vorgesehen ist.

### 3.2.4 Raumluftechnische Anlagen

Es wird davon ausgegangen, dass die eingesetzten LuK-Einrichtungen in den in DIN EN 300019 Teil 1-3 Klasse 3.1 genannten Bereichen für Lufttemperatur und -feuchte schadlos betrieben werden können. Sollte dies nicht der Fall sein, sind in der Nutzungsanforderung die notwendigen Raumlufzustände aufzuführen.

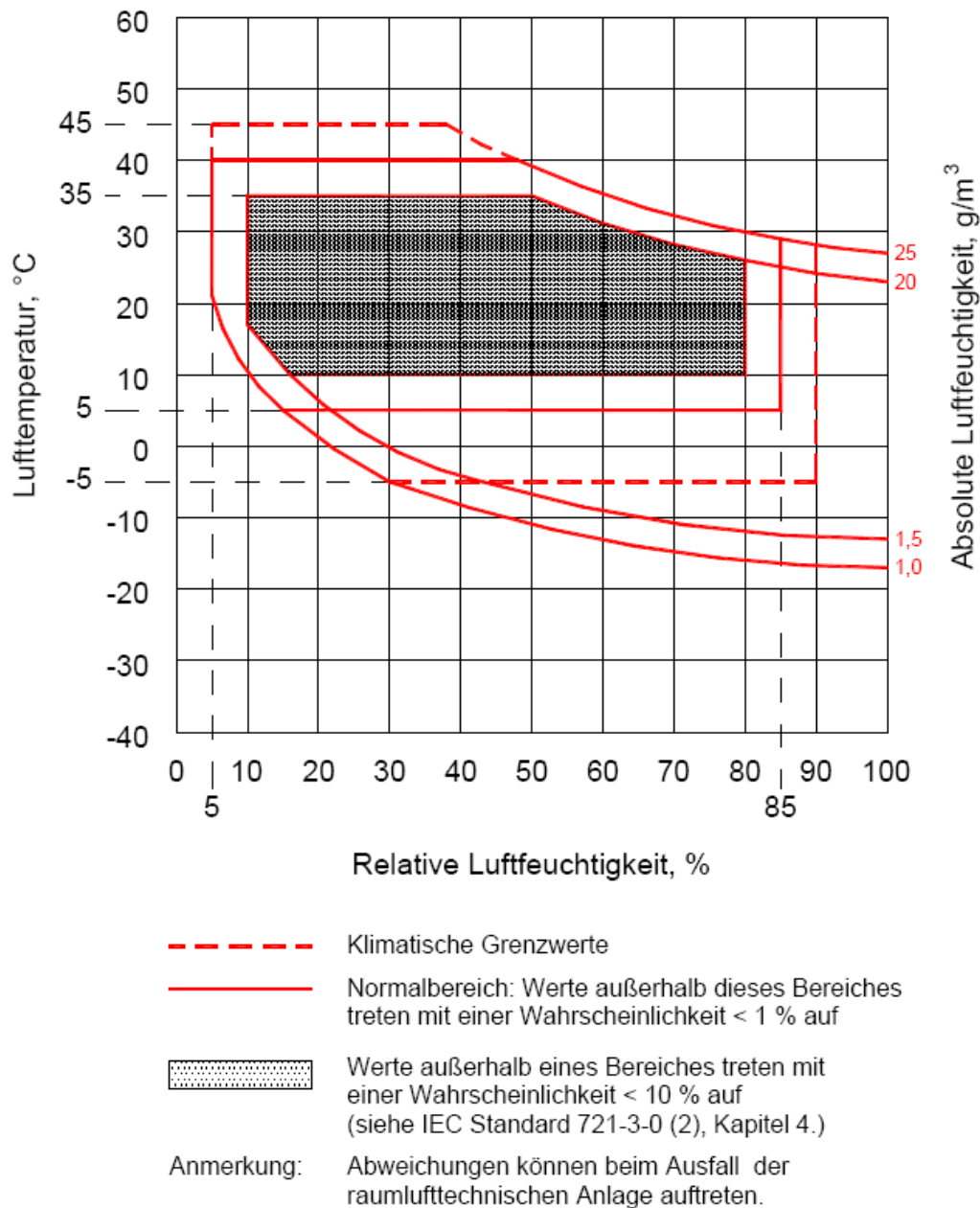


Abbildung 3.2-5 Verhältnis der Luftfeuchtigkeit zur Lufttemperatur

In den Verteilerräumen können unzulässig hohe Temperaturen vermieden werden durch

- große Lüftungsgitter in den Türen,
- Abluftanschluss mit Luftnachströmung aus kühlerem Bereich,
- eine Lüftungsanlage.

Die Aspekte des Brandschutzes sind dabei angemessen zu berücksichtigen.

In Ausnahmefällen können Geräte zur Kühlung vorgesehen werden. Hierbei ist der Einsatz von Schrankkühlsystemen mit außerhalb des Verteilerraums angeordneten Verflüssigungssätzen im Vergleich zur Kühlung des Raumes meist die wirtschaftlichere Lösung.

### **3.2.5 Trassen, Kanalsysteme**

Jedes Gebäude erhält einen oder mehrere Steigbereiche, die zu den Etagenverteilern führen. Von diesen Etagenverteilern werden die Arbeitsplätze und Verteilerräume versorgt.

Die Steigtrassen liegen zweckmäßigerweise in der Nähe der zentralen Verteilerräume. Vorhandene Steigtrassen sind zu verwenden.

Die Stromversorgungs- und IuK-Leitungen verlaufen in einer Trasse. Der Abstand zwischen Stromversorgungsleitungen und den IuK-Leitungen ist mit 10 mm (DIN VDE 0100-520) oder durch Anbringung einer Schottung aus verzinktem Stahlblech mit 2 mm Stärke ausreichend. Durch die parallele Führung von Stromversorgungs- (PE- und N-Leiter) und Datenkabeln (mit ihrem auf Erdpotential liegenden Schirm) auf einer gemeinsamen Trasse wird vermieden, dass Induktionsflächen entstehen, die auch bei entferntem Blitzschlag zur Einkoppelung gefährlicher Spannungsspitzen führen würden.

Die Auswahl des Kabelkanalsystems ist unter bautechnischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu treffen. Bei der Erstinstallation sind die Kanalquerschnitte für eine Kabelreserve von ca. 25 % auszulegen; die Nachinstallation von Kabeln muss möglich sein.

Bewährt haben sich lackierte Stahlblechkanäle, insbesondere Fensterbankkanäle. Aus Kostengründen ist der Einsatz von stranggepressten Aluminium-Kanälen auf begründete Ausnahmen zu beschränken. Bei der Anordnung von Kanälen neben Heizkörpern und Klimageräten ist für ausreichende Wärmeableitung zu sorgen. Die Kanäle sind zu erden, auftretende Trennstellen sind niederohmig zu überbrücken.

#### **3.2.5.1 Hauseinführungen**

Hauseinführungen sind vor dem direkten Zugriff Unbefugter durch unterirdische Verlegung oder durch eine Panzerung zu schützen. Sie sind gegen eindringendes Wasser abzudichten bzw. mit einer wasserdichten Kabeldurchführung zu versehen. Wenn mehrere Kabel in das Gebäude eingeführt werden, sind diese zu beschriften.

Im Sinne der integrierten Verkabelung sind IuK- und Fernmeldekabel in einen gemeinsamen Hauseinführungsraum zu führen.

### 3.2.6 Niederspannungsversorgung

Die AMEV Hinweise Elt-Anlagen 2007 sind zu berücksichtigen.

Die Komponenten der Energieversorgung sind vor dem Zugriff von Unbefugten zu schützen. Daher sind Verteiler und USV-Anlagen in gesicherten Bereichen zu installieren. Alternativ können abschließbare Elektroverteiler eingesetzt werden.

#### 3.2.6.1 Energiebilanz für die IuK-Versorgung

In nachfolgender Tabelle sind Leistungsrichtwerte typischer IuK-Geräte für die Erstellung einer Energiebilanz angegeben.

	Leistung [W]	abhängig von	Gleichzeitigkeitsfaktor
Arbeitsplatzrechner (Notebook, Desktop)	40 – 200	Monitor, CPU-, Grafikkarten- und Festplattenausstattung	0,7 ... 0,9
Server	400 – 600	CPU- und Festplattenausstattung, redundante Netzteile	1
stapelbare Switches	20 – 200	Anzahl und Art der Anschlüsse	1
modulare Switches	300 – 1500	Anzahl der eingesetzten Module	1
Laserdrucker	60/110/500*	Betriebsmodus	0,1 ... 0,2
Tintenstrahldrucker	6/10/50*	Betriebsmodus	0,1 ... 0,2

Tabelle 3.2-1 Leistungsrichtwerte

\* Leistungsangaben für Leerlauf/Betrieb/Typenschild; die Leistungsangabe im Typenschild berücksichtigt anscheinend den Einschaltstromstoß. Für die Leistungsbilanz sind die Betriebsleistungen anzusetzen!

Je Arbeitsplatz ist ein Leistungsmittelwert von 200 VA anzusetzen, falls vom Nutzer keine detaillierten Leistungsangaben zu erhalten sind. Die Anschlusswerte für Datenverteilerschränke, Server und dgl. sind geräteweise zu ermitteln.

#### 3.2.6.2 Installation

**Neubauten:** Das Netz ist als TN-S-System bereitzustellen. Eine Trennung der Steckdosen-Stromkreise für die IuK-Endgeräte von der allgemeinen Stromversorgung ist nur dort vorzunehmen, wo der Einsatz leistungsstarker Verbraucher oder Verbraucher mit hohem EMV-Störpotential zu erwarten ist (z. B. Werkstätten, Labore).

Es sind bis zu drei Räume mit maximal 10 Steckdosen auf einen Stromkreis zusammenzufassen und über einen RCD (Fehlerstrom-Schutzschalter) abzusichern. Deckenleuchten und Putzsteckdosen sind ab Geschossverteiler getrennt von den Endgeräten zu versorgen.

Um die Einhaltung der im TN-S-System notwendigen strengen Trennung zwischen PE- und N-Leiter auch im laufenden Betrieb nachweisen zu können, ist das Versorgungsnetz für die aktiven Netzkomponenten und Endgeräte mit Messstromwandler für eine RCM-Einrichtung auszustatten. Bei Abnahme und nach allen Arbeiten am Versorgungsnetz ist eine Messung der Ausgleichsströme notwendig, die zu dokumentieren ist.

**Bestehende Gebäude:** Die Niederspannungsinstallation ist zu überprüfen hinsichtlich:

- Belastung je Stromkreis
- verfügbare Trafoleistung
- Querschnitt der Steigleitungen

- verfügbare Anzahl von Steckdosen in Anlehnung an Tabelle 3.4-4
- mit der DIN VDE 0100-410 konforme Installation
- Art des Installationssystems (TN-S oder TN-C-System)

Sofern diese Gesichtspunkte keine die übliche Verfügbarkeit von Niederspannungsnetzen beeinträchtigenden Nachteile aufweisen, kann auf die Installation eines eigenen Netzes für Endgeräte verzichtet werden. Bei Neuinstallation der Niederspannungsversorgung der Endgeräte in bestehenden Gebäuden ist es in der Regel wirtschaftlicher, die bestehenden Verteiler nicht zu erweitern, sondern über neue E-Verteiler neben den IuK-Verteilern ein TN-S-Netz zu errichten.

Geerdete Cu-Verbindungen zwischen Gebäuden sind zu vermeiden. Ansonsten können Potentialdifferenzen zwischen den Gebäuden über den Kabelschirm in den Verteiler verschleppt werden und zu störenden Ausgleichsströmen führen.

### **3.2.6.3 Sicherungsautomaten**

Für die Absicherung der IuK-Stromversorgungskreise sind Sicherungsautomaten mit Kennlinie B einzusetzen. Diese garantieren einerseits eine kurze Abschaltzeit und können kurzzeitig ein Mehrfaches des Nennabschaltstroms tragen, so dass auch bei der Wiederkehr des Netzes nach einer Netzunterbrechung die Automaten nicht auslösen, obwohl in diesem Fall viele Endgeräte zwangsläufig gleichzeitig „eingeschaltet“ werden.

An allen Steckdosen ist eine eindeutige, aussagekräftige und auch dem Laien verständliche Beschriftung anzubringen, die Auskunft über den Standort des zugehörigen Sicherungsautomaten gibt. Im Etagenverteiler muss für jeden Sicherungsautomaten eindeutig zu erkennen sein, welche Stromkreise und damit Räume durch ihn abgesichert werden.

Jeder neu installierte oder erweiterte Steckdosenstromkreis ist nach DIN VDE 0100 Teil 410 mit einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) auszustatten. Dies gilt auch in bestehenden Gebäuden. Der Betreiber/Nutzer ist darauf hinzuweisen, dass er das RCD halbjährlich zu testen hat, wobei der Stromkreis kurzzeitig unterbrochen werden muss.

### **3.2.6.4 Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) für IuK und IuK-Netz**

Bei begründeten Sicherheits- und Verfügbarkeitsanforderungen (z. B. zur Abwehr von Gefahren für Leib und Leben – medizinischer Bereich) kann für IuK- und Netzkomponenten eine unterbrechungsfreie Stromversorgung bereitgestellt werden. Die Batteriekapazität ist auf eine Überbrückungszeit von 15 min auszulegen. Die Batterien müssen gegen Tiefentladung geschützt werden. Dezentrale Geräte sind in die Verteiler- bzw. Server-Schränke einzubauen.

Um die einfache Nachrüstung einer ausfallsicheren Energieversorgung der IuK-Komponenten zu ermöglichen, sind bei Neubauten und bei tiefgreifenden Elektrosanierungen zusätzliche Versorgungsleitungen von der Niederspannungshauptverteilung (NSHV) zu den Elektroverteilern zu führen. Eine zentrale USV-Versorgung ist bei der Planung konzeptionell zu berücksichtigen (z. B. durch Ausweisen von Reserveflächen zur Unterbringung der USV in der Nähe der NSHV).

Zur Überbrückung länger anhaltender Stromausfälle können vorhandene Sicherheitsstromversorgung (SV) und zusätzliche Sicherheitsstromversorgung (ZSV) genutzt werden, wenn ausreichende Reserven zur Verfügung stehen oder wirtschaftlich geschaffen werden können. In diesem Fall kann die Batteriekapazität der USV auf 5 min reduziert werden.

### **3.2.6.5 Power over Ethernet (PoE)**

Sollen die Endgeräte über PoE versorgt werden, ist die Entscheidung, ob die Energieeinspeisung direkt im Switch oder über ein Midspan-Power-Injection-Panel erfolgt, unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu treffen. Zu berücksichtigen sind dabei u. a. die Zahl der zu versorgenden Endgeräte sowie die voraussichtliche Nutzungsdauer dieser Geräte. Grundsätzlich soll die Versorgung von Endgeräten nur dann über PoE erfolgen, wenn die Wirtschaftlichkeit bei Betrachtung der Investitions- und Betriebskosten gegeben ist.

### **3.2.6.6 Überspannungsschutz und Potentialausgleich**

#### **3.2.6.6.1 Niederspannungsnetz**

Den besten Schutz bietet ein dreistufiges Konzept, bestehend aus:

- Schutzzone 1 (früher: Grobschutz) an der Netzeinspeisung als Blitzstromableiter
- Schutzzone 2 (Mittelschutz) in Etagenverteilern als Überspannungsableiter (z. B. Varistor)
- Schutzzone 3 (Feinschutz) an den Steckdosen als Geräteschutz (z. B. Supressordiode)

Soweit eine Risikoabschätzung nach VDE 0185 Teil 2 keine außerordentlichen Risiken ergibt, kann auf den Feinschutz verzichtet werden.

#### **3.2.6.6.2 IuK-Leitungsnetz**

Primär- und Sekundärnetz sind nach Abschnitt 3.1 als LWL-Netz ausgeführt. Damit beschränkt sich die Frage des Überspannungsschutzes auf die Telefonleitungen. Diese werden an der Zentraleinrichtung und an den Gebäudehauptverteilern mit Überspannungsableitern bestückt.

Aufgrund der Verwendung von durchgängig geerdeten Metall-Kabelkanälen ist eine Einkopplung von schädlichen Überspannungen in die Tertiärkabel auch bei Direkteinschlägen nicht zu erwarten. Von kritischen Sonderfällen abgesehen, kann auf den Überspannungsschutz im Tertiärnetz verzichtet werden.

Der Potentialausgleich als innerer Überspannungsschutz ist nach DIN VDE 0185 Teil 2 auszuführen.

### **3.2.7 Beleuchtung**

Bei der Planung sind die AMEV-Hinweise „Beleuchtung 2006“ zu beachten; Die darin beschriebenen besonderen Anforderungen zur Vermeidung von Direkt- und Reflexblendung werden in Standardbüroräumen mit normalen Rasterleuchten ausreichend erfüllt, so dass sich der Einsatz spezieller Bildschirmarbeitsplatz (BAP)-Leuchten auf große Räume beschränkt.

### **3.2.8 Elektromagnetische Verträglichkeit**

Es ist davon auszugehen, dass ein gemäß den Vorgaben nach Abschnitt 3.1.2 aufgebautes, normkonformes passives Verkabelungssystem in Verbindung mit CE-konformen aktiven Netzkomponenten und Endgeräten die Anforderungen an die elektromagnetische Verträglichkeit erfüllt.

Die DIN EN 50310 –Anwendung von Maßnahmen für Potentialausgleich und Erdung in Gebäuden mit Einrichtungen der Informationstechnik ist zu beachten.

Jede Planung eines IuK-Netzes muss ein Erdungs- und Potentialausgleichskonzept enthalten, das Aussagen trifft zu:

- Trassen- und Leitungsführung
- Schirmung der Signalleitungen
- Potentialausgleich und Erdung
- Überspannungsschutz

### **3.2.9 Bauliche IuK-Sicherheit**

Diensträume mit Endgeräten sind außerhalb der Arbeitszeit zu verschließen. Darüber hinausgehende Maßnahmen der elektronischen Absicherung sind nur in besonders begründeten Einzelfällen vorzunehmen.

### **3.2.10 Brandschutz**

Bei der Verkabelung sind in der jeweils gültigen Fassung zu berücksichtigen:

- Landesbauordnung (LBO) mit
- Leitungsanlagenrichtlinie (LAR),
- Systemböden-Richtlinie – SysBöR,
- Liste der Technischen Baubestimmungen LTB und
- Bauregelliste A.

Das Brandschutzkonzept für das Gebäude ist zu berücksichtigen und zu aktualisieren.

Weiter sei hier auf die Hinweise des BSI zum Stichwort „Brandabschottung von Trassen“ verwiesen.

Kabeltrassen über Fluchtwege (Treppenhäuser, Flure) und in Aufzugsschächte sind zu vermeiden. Wo dies nicht möglich ist, sind die notwendigen brandschutztechnischen Maßnahmen entsprechend dem Brandschutzkonzept einzuplanen. Die die Art der Trassenführung in Installationsschächten und -kanälen, über Unterdecken, in Unterflurkanälen oder in Systemböden ist nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten festzulegen.

Bei der Abnahme der Kabeltrassen ist die fachgerechte Ausführung der Kabelschottungen zu kontrollieren.

Datenkabel nach Abschnitt 3.1.2.1 werden heute nahezu ausschließlich als halogenfreie Kabel geliefert. Für die elektrischen Leitungen der Niederspannungsversorgung sind halogenfreie Kabel mit verbessertem Verhalten im Brandfall einzusetzen, wenn im Vergleich zur Verwendung halogenhaltiger Kabel eine zumindest kostenneutrale Lösung ermöglicht wird.

Weitere Hinweise zum Stichwort „Brandabschottung von Trassen“ sind in den Grundschutzkatalogen des BSI zu finden.

### 3.3 Aktive Komponenten

Die Planung der in Kapitel 2.4 technisch beschriebenen aktiven Netzkomponenten ist auf Basis der folgenden Richtwerte vorzunehmen.

#### 3.3.1 Grundanforderungen

Die nachfolgend aufgeführten Grundanforderungen beschreiben einen Standard, der für den weit überwiegenden Teil der Arbeitsplätze in der Landesverwaltung mittelfristig vollständig ausreichend ist.

- Übertragungsverfahren Ethernet
- Übertragungsgeschwindigkeit
  - Primärbereich (LWL-Ports): 1 Gbit/s ... 10 Gbit/s
  - Sekundärbereich (LWL-Ports): 1 Gbit/s ... 10 Gbit/s
  - Tertiärbereich: 100 Mbit/s mit Layer-2-Switching pro Port, in begründeten Einzelfällen auch 1 Gbit/s.
  - Servereinbindung: 1 Gbit/s ... 10 Gbit/s

Da die Endgeräte zwar mit 100 Mbit/s in das LAN eingebunden werden, aber in der üblichen Umgebung nur mit geringer Gleichzeitigkeit auf zentrale Dienste zugegriffen wird, können i. d. R. bis zu 100 Endgeräte über einen Port an den Primär-/Sekundärbereich angeschlossen werden.

- Unterstützung von VLANs nach IEEE 802.1Q.
- Unterstützung von Priorisierung nach IEEE 802.1p
- Unterstützung von Link Aggregation nach IEEE 802.3ad
- Unterstützung der Netzwerkzugangskontrolle nach IEEE 802.1X
- Spanning Tree nach IEEE 802.1D-2004

Zur überschlägigen Bestimmung der Anzahl der notwendigen Anschlussports ist ein Aktivierungsgrad der informationstechnischen Anschlüsse (i. d. R. RJ-45-Anschlüsse) von bis zu

- 75 % für den wissenschaftlichen Bereich von Universitäten
- 50% für alle sonstigen Bereiche

anzusetzen. Höhere Aktivierungsgrade sind zu begründen.

#### 3.3.2 Vorbereitung zur Sprach-Daten-Integration

Die Sprach-Daten-Integration, d. h. die gemeinsame Nutzung der IuK-Infrastruktur auf Basis des IP-Protokolls für Sprach- und Datendienste, ist mit dem beschriebenen Konzept grundsätzlich ohne weitere Anpassungsmaßnahmen realisierbar.

Soweit allerdings für die VoIP-Versorgung ein vom allgemeinen Datennetz physikalisch getrenntes Netz unumgänglich ist, muss je Raum mindestens ein zusätzlicher aktiver Port bereit gestellt werden über den die VoIP-Endgeräte im Raum kommunizieren. In den Verteilerrahmen/-schränken muss dann Platz eingeplant werden, um die Etagenswitches für die Sprachanwendung unterzubringen.

### **3.3.3 Sicherheit**

Zur sicheren Verwaltung der aktiven Komponenten wird empfohlen, ein dediziertes Management-Netz bzw. -VLAN aufzubauen, in dem nur dedizierte Management-Ports plus das Netzmanagementsystem (NMS) angeschlossen sind. Zugriffe von außen in dieses Netz dürfen nicht möglich sein. Die meisten Geräte bieten auch eine gesicherte Übertragung per SSH anstelle von Telnet an. Die Passworte sollten den üblichen Konventionen nach den IT-Grundschutz-Katalogen des BSI oder der StaV-Schriftenreihe Band 26 "Leitfaden für die Sicherheit stationärer und mobiler persönlicher IuK beim Einsatz in der Landesverwaltung Baden-Württemberg (PC-Sicherheitsleitfaden)" entsprechen.

Das Sicherheitskonzept der betroffenen Verwaltung ist zu berücksichtigen.

Auf den Switches sollten nicht benötigte Ports deaktiviert (sog. „Admin Down“) und ggf. aus sämtlichen VLANs entfernt werden, um Gefährdungen durch unkontrolliertes Umstecken zu vermeiden.

### **3.3.4 Vorsorge**

Im Umgang mit den aktiven Komponenten ist es extrem wichtig, den Einsatz von privaten Endgeräten grundsätzlich zu verbieten, um die Verschleppung von Störfaktoren (z. B. Viren) zu vermeiden. Dies gilt sowohl für Switches, Hubs als auch für die Server, Notebooks, PCs, Access Points usw.

Für die Sprachkommunikation gilt die Dienstanschlussvorschrift (DAV), Abs. 8.6, wonach der Anschluss selbst beschaffter Telefone, Adapter, Basis-Stationen usw. nicht gestattet ist.

### 3.4 Zusammenfassung der Richtwerte

#### 3.4.1 Nutzungsdauer der einzelnen Komponenten

Bei Planungen und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen sind folgende Nutzungsdauern zugrunde zu legen:

	Wirtschaftliche Mindestnutzungsdauer
LWL-Kabel und -Anschlussdosen	15 Jahre
Kupfer-Kabel nach Abschnitt 3.1.2.1	12 Jahre
Anschlussdosen nach Abschnitt 3.1.2.5	12 Jahre
Aktive Komponenten	3 bis 5 Jahre
Netzmanagement	3 bis 5 Jahre

Tabelle 3.4-1 Planungswerte- wirtschaftliche Nutzungsdauer

#### 3.4.2 luK-Anschlüsse

	Bei integrierter Verkabelung						Bei VoIP oder vorhandener Telefonverkabelung										
	Cable Sharing			Anschlussvollbelegung			Cable Sharing			Anschlussvollbelegung							
	Kabel	Dosen	RJ-45-Anschlüsse	Kabel	Dosen	RJ-45-Anschlüsse	Kabel	Dosen	RJ-45-Anschlüsse	Kabel	Dosen	RJ-45-Anschlüsse					
Arbeitsplätze pro Raum			Anzahl	4 DA	2 DA			Anzahl			Anzahl	4 DA	2 DA			Anzahl	
1 AP	2	2	3	1	2	3	3	3	2	2	3	1	2	2	2	2	2
2 AP	4	4	6	2	4	5	5	5	3	3	4	2	2	3	3	3	3
3 AP	5	5	7	3	4	7	7	7	4	4	5	3	2	4	4	4	4

Bei nachgewiesenem Bedarf ist für einzelne Arbeitsplätze ggf. eine höhere Anschlussanzahl vorzusehen, wenn kostengünstigere Alternativen nicht umsetzbar sind.

Bei Realisierung FTTD:  
 Je AP: 2 Fasern und 2 Doppeladern Cu-Kabel (Kategorie 7)  
 plus 2 Fasern Reserve pro Raum  
 Bezugsfläche je AP gemäß DAW 2009, Anl. 1.

Tabelle 3.4-2 Bedarfsbemessung luK-Anschlüsse

Betriebsräume für die Haustechnik sind mit mindestens einer luK-Anschlussdose auszustatten.

Bei der Bedarfsbemessung ist zu berücksichtigen, dass bei vorhandener oder geplanter WLAN-Versorgung die Zahl der Anschlussdosen reduziert werden kann, da z. B. Netzwerkdrucker über WLAN kommunizieren können.

### 3.4.3 Dimensionierung der LWL-Trassen

Die Anzahl der Fasern und die Auswahl der LWL-Typen sind abhängig von:

- Anzahl und Art der bereitzustellenden Dienste
- Anzahl der Anschlüsse pro Dienst
- Bitraten und
- Entfernungen

Daher ist zur Kabeldimensionierung eine detaillierte Planung notwendig.

In der Regel werden für LAN-Verkabelungen Mehrmoden-Fasern verwendet, im WAN-Bereich dagegen Einmoden-Fasern, da diese größere Entfernungen überbrücken können. Handelsübliche LWL-Kabel bestehen aus 4, 8 oder 12 Fasern sowie Vielfachen davon.

In einer hierarchisch aufgebauten Verkabelungsstruktur ohne besondere zusätzliche Anforderungen ist die nachfolgend beschriebene Ausstattung zu wählen:

	<b>Einmodenfasern</b>	<b>Mehrmodenfasern</b>
Primärbereich bis 500 m	8	4
Primärbereich ab 500 m	12	0
Sekundärbereich	0	12

Tabelle 3.4-3 Dimensionierung der LWL-Verbindungen

Es ist darauf zu achten, dass die Faserzahl so gewählt wird, dass eine Faserreserve von mindestens 50% besteht. Gegebenenfalls ist ein Kabel mit der nächst höheren Standard-Faserzahl (16, 24 usw.) zu wählen.

Zu konfektionieren sind die Fasern für alle bekannten oder konkret geplanten Anwendungen und zusätzlich 50 % davon, aber mindestens ein weiteres Faserpaar. Die restlichen Fasern verbleiben unkonzentriert und ungemessen als Reserve.

Die in der Planungsphase vorgesehene Nutzung der Fasern ist in den Bestandsunterlagen zu dokumentieren, um spätere Nutzungsansprüche klären zu können.

### 3.4.4 LWL-Kabel: technische Daten

Es sind Mehrmodenfasern zu verwenden, die mindestens der Kategorie OM3 entsprechen.

### 3.4.5 Kupfer-Kabel: technische Daten

Es sind S/FTP-Kabel zu verwenden, die den Anforderungen der Kategorie 7 (DIN EN 50288-4-1) entsprechen.

### 3.4.6 Verteiler, Verteilerräume

Zahl der Verteilerräume ist aus Gründen der Wirtschaftlichkeit so gering wie möglich zu halten, die Versorgung mehrerer Etagen über einen Verteiler ist möglich. Dabei sind jedoch die Längenrestriktionen der Kabel zwingend einzuhalten.

Je Verteilerraum sollten maximal 200 Cu-Kabel zusammengeführt werden. Je Rahmen/Verteilerschrank sind maximal 100 Kabel entsprechend bis zu 200 TA aufzulegen.

### 3.4.7 Niederspannungsanschlüsse

Anzahl Steckdosen

Einzelarbeitsplatz siehe Abbildung 3.2-1	3
Doppelarbeitsplatz siehe Abbildung 3.2-2	2 x 3

Tabelle 3.4-4 Planungswerte - 230-V-Steckdosen

Auf einen mit Sicherungsautomaten Kennlinie B und RCD 30 mA abgesicherten Stromkreis können bis zu 3 Räume mit max. 10 Steckdosen geschaltet werden.

### 3.4.8 Aktive Komponenten

Übertragungsprotokoll: IEEE 802.3 (Ethernet)

Übertragungsgeschwindigkeit:

Clients: 100 Mbit/s (Bürokommunikation), in Sonderfällen 1 Gbit/s

Server: 1 Gbit/s ... 10 Gbit/s

Backbone 1 Gbit/s ... 10 Gbit/s

Zur Auswahl der aktiven Komponenten siehe Abschnitt 3.3.

## 3.5 Ausnahmen und Besonderheiten

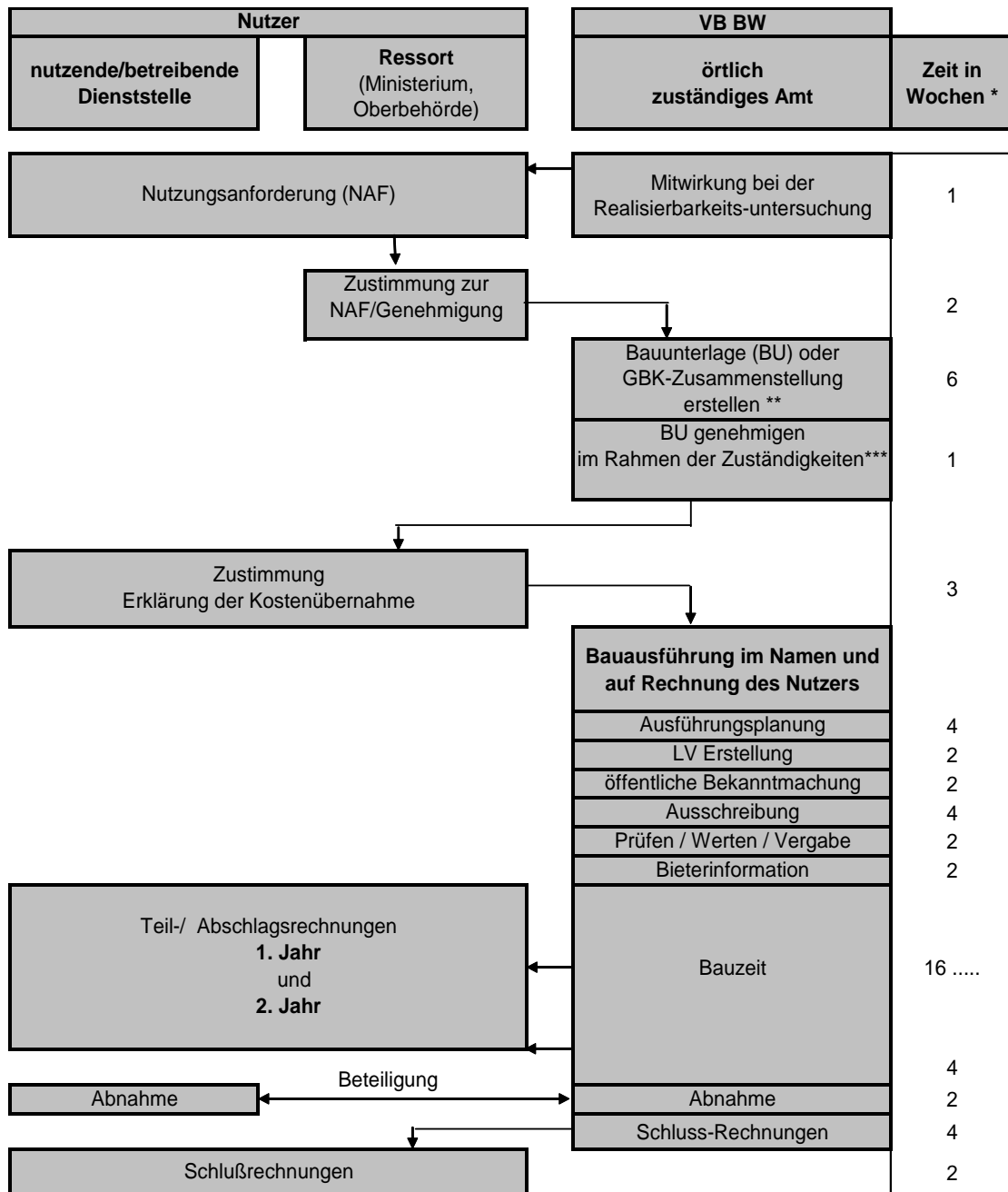
### 3.5.1 Polizei

Die Festlegungen dieser LAN-Konzeption werden für den Bereich der Polizei ergänzt durch die Landesrichtlinie Polizei (LRL-P) in ihrer aktuellen Fassung.

## 4 Verfahrensfragen

Die nachfolgend aufgeführten Verfahren gelten für Maßnahmen aller Ressorts; ressort-typische Besonderheiten sind dem Kapitel 5.2 zu entnehmen.

Verfahrensablauf und Zuständigkeiten entsprechen grundsätzlich dem Teil C der Dienstanweisung der Staatlichen Vermögens- und Hochbauverwaltung Baden-Württemberg (DAW). Darüber hinaus ist hinsichtlich der Sprachkommunikation die Dienstanchlussvorschrift (DAV) zu beachten.



\* geschätzte Zeitangaben im Normalfall

\*\* je nach Höhe der Gesamtbaukosten (GBK)

- Bauunterlage (GBK über 75.000 €)

- GBK-Zusammenstellung (GBK bis 75.000 €)

\*\*\* Genehmigung Großer Baumaßnahmen ab 1,25 Mio € im Einzeltitel durch das FM

Abbildung 3.5-1 Ablauf- und Zeitplan

## 4.1 Planungsverfahren, Haushaltsmittel

### 4.1.1 Nutzungsanforderung (NAF)

Ergänzend zu DAW C 1.2 und 1.5 enthält die Nutzungsanforderung:

- Beschreibung des Sollkonzepts
  - Darstellung der Netzstruktur, Netzübergänge LAN - WAN
  - Begründung bei Abweichung von Vorgaben dieser Richtlinie
  - ressortspezifische Anforderungen an die aktiven Komponenten (Leistungsmerkmale, Produktbindungen) und deren Beschaffung (Sammelausschreibungen, Rahmenverträge), vgl. Kapitel 4.2.1.
- Einführungsstrategie mit Angaben zu
  - der Bildung von Bauabschnitten
  - Zeitvorgaben

Für eine erste grobe Kostenschätzung können pro Datenanschlussdose angesetzt werden:

- passives Netz pro Datenanschlussdose (mit je 2 Anschlüssen) 200 €
- aktive Netzwerkkomponenten pro Port 100 €

dazu kommen i. d. R. für

- bauliche Nebenkosten pro Datenanschlussdose 150 €

Je nach vorhandenen Voraussetzungen fallen zusätzlich an

- Kabelführungssysteme pro Datenanschlussdose 100 €
- Starkstrominstallation pro Datenanschlussdose 200 €
- BAP-Beleuchtungsinstallation pro Datenanschlussdose 200 €

Weiterhin sind zu berücksichtigen

- Honorare für Planungsleistungen 15 % des Gesamtpreises
- Brandschutztechnische Ertüchtigung

Bei Sanierungsmaßnahmen in älteren Gebäuden ist zu prüfen, ob durch die Verkabelungsmaßnahme eine brandschutztechnische Ertüchtigung notwendig wird. Die anfallenden Kosten sind in der Kostenschätzung mit aufzunehmen.

### 4.1.2 Bauunterlage-Bau (BU) und GBK-Zusammenstellung

Bauausgaben sind in einer Bauunterlage (BU) gemäß DAW C 4.2.4 darzustellen. Bei kleinen Maßnahmen unter 75.000 € ist eine Gesamtbaukosten (GBK)-Zusammenstellung ausreichend.

In den Gesamtbaukosten der BU/GBK-Zusammenstellung sind nicht aufzuführen: IuK- und anwendungsspezifische Maßnahmen (z. B. Anwendersoftware, Druckserver).

### **Bauunterlage (BU)**

Bei Verkabelungsmaßnahmen muss die BU zur Kostengruppe 400 Erläuterungen und Kostenermittlungen für folgende Bestandteile enthalten:

- passiven Komponenten, aufgeteilt in Primär-, Sekundär- und Tertiärnetz (KG 457)
- Niederspannungsversorgung und USV-Anlagen (KG 442, 443, 444 und 446)
- Beleuchtung (KG 445)
- RLT- und Kälte-Anlagen KG 430

Darüber hinaus sind die sich aus der Maßnahme ergebenden Folgekosten (z. B. Netzkosten an Carrier) aufzuführen. Eine Aussage zu den vorgesehenen aktiven Komponenten (KG 457) sowie deren Kosten ist erwünscht.

Soweit keine genaueren Angaben vorliegen, können Kostenangaben dem Kostenplanungsinstrument TGA-Ko der VB BW entnommen werden.

Mehrere nutzeinheitliche Gebäude innerhalb eines Vermögens- und Bauamtsbereichs (z. B. verschiedene Polizeigebäude) können getrennt nach Gebäuden in einer Bauunterlage zusammengefasst werden, sofern die Gesamtbaukosten der einzelnen Gebäude jeweils unter 75.000 EUR liegen.

### **GBK-Zusammenstellung**

Für Maßnahmen unter 75.000 EUR ist eine Zusammenstellung der Gesamtbaukosten (GBK-Zusammenstellung) mit einer Aufteilung der Kosten für LAN (passive Komponenten; aktive Komponenten informativ), Starkstrom und bauliche Maßnahmen ausreichend. Besonderheiten sind zu erläutern. Aufwendungen für USV-, RLT- und Kälte-Anlagen sowie für Beleuchtung sind in jedem Fall besonders zu begründen.

#### **4.1.3 Beratungs- und Planungsleistungen**

Bei der Einschaltung freiberuflich Tätiger (fbT) sind die „Richtlinien der Staatlichen Hochbauverwaltung Baden-Württemberg (RifT)“ zu beachten. An Suchverfahren sind nur fbT zu beteiligen, die über nachgewiesene Erfahrungen bei der Planung von IuK-Netzen verfügen.

#### **4.1.4 Mittelveranschlagung**

Die Mittelveranschlagung ist in DAW Anlage 2 geregelt:

Bei Neubauten und Gesamtsanierungen wird die IuK-Infrastruktur (nur passive Komponenten) mit der Baumaßnahme bei den jeweiligen Titeln veranschlagt. Die aktiven Komponenten sind vom Nutzer bereit zu stellen.

Für **bestehende Gebäude** werden die Aufwendungen für infrastrukturelle Maßnahmen gemäß Abschnitt 3.2.1 bis 3.2.6 einschließlich Ersatzbeschaffungs-, Erweiterungs- und Instandsetzungsmaßnahmen **im Ressorthaushalt** veranschlagt.

Einmalige Netzkostenbeiträge und Baukostenzuschüsse an Carrier sowie Gestattungskosten für die Verlegung von Datenleitungen und laufende Entgelte wie z. B. Netzanchlusskosten gehen zu Lasten des Nutzerhaushalts.

### **4.1.5 Gestattungsverträge**

Zwischen dem Land und verschiedenen Kommunen und Firmen bestehen Gestattungsverträge über die Einrichtung und Nutzung von Verlegetrassen und Kommunikationsverbindungen. Sofern für Trassen öffentliche Verkehrsflächen und/oder Grundstücke Dritter in Anspruch genommen werden sollen, sind die zuständigen Liegenschafts-abteilungen der Ämter der VB BW rechtzeitig zu beteiligen.

## **4.2 Ausführung**

### **4.2.1 Ausschreibung**

Das VB BW Amt schreibt die Leistungen, nach Abstimmung mit der nutzenden Verwaltung ggf. einschließlich der aktiven Komponenten, aus (vgl. hierzu Anlage 1 für den Hochschulgesamtbereich). Es entscheidet, ob eine Loseilung und losweise Vergabe sinnvoll ist.

Die aktiven Komponenten werden vom Nutzer bereit gestellt und installiert.

Die Vergabe ist nach den Grundsätzen der VOB/VOL als öffentliche Ausschreibung bzw. als offenes Verfahren durchzuführen. Dabei ist grundsätzlich von Fabrikats- bzw. Typen-Vorgaben Abstand zu nehmen. Ist eine Fabrikatsvorgabe aus übergeordneten Gründen notwendig, ist diese Entscheidung schriftlich zu begründen und/oder vom zuständigen Fachministerium der VB BW Betriebsleitung mit Nennung der Gültigkeitsdauer mitzuteilen.

Bei einer Loseilung sowie im Fall einer getrennten Ausschreibung der passiven und aktiven Netzkomponenten hat der Auftragnehmer der aktiven Komponenten und Endgeräte zu gewährleisten, dass seine Geräte an dem installierten Netz die vertragsgemäßen Leistungen erbringen.

### **4.2.2 Abnahme**

Die passiven Komponenten der luK-Netze sollen während ihrer langen Nutzungsdauer die physikalisch möglichen Übertragungsraten der Übertragungstreckengarantieren. Daher kommt der Abnahme besondere Bedeutung zu. Die nutzende / betreibende Dienststelle ist an der Abnahme zu beteiligen.

Der Auftragnehmer führt die in Tabelle 3.1-4 angegebenen Messungen durch. Die Messprotokolle sind Voraussetzung für die Abnahme. Sie sind mindestens 2 Wochen vor der Abnahme der Bauleitung und dem Nutzer/Betreiber in Papierform und auf Datenträger zur Verfügung zu stellen.

Im Zuge der Abnahme ist die Qualität der Kabelverlegung und des Anschlusses der luK-Dosen stichprobenweise zu prüfen. Die Richtigkeit der Messprotokolle ist durch stichprobenartige Nachmessungen zu belegen. Die notwendigen Messgeräte stellt der Auftragnehmer zur Verfügung.

Sofern im Einzelfall (z. B. bei umfangreichen Netzen oder neuen Protokollen) spezielle Messgeräte (z. B. Protokolltester oder Lastgeneratoren) benötigt werden, ist deren Bereitstellung durch den Auftragnehmer in die Ausschreibung aufzunehmen. Mit der Abnahme und Übergabe geht die Verantwortung für den Betrieb des LAN auf die nutzende / betreibende Dienststelle über.

### 4.2.3 Gewährleistung

Die Verjährungsfrist für Mängelansprüche beträgt bei Bauleistungen nach VOB 4 Jahre, für Leistungen nach VOL 2 Jahre. Ein Einfluss einer Wartung auf die Funktionsfähigkeit der aktiven und passiven Netzkomponenten gemäß § 13 VOB/B ist nicht gegeben.

Werden für aktive Komponenten erweiterte Gewährleistungszeiten angeboten, sind diese in Absprache mit dem Nutzer/Betreiber ohne den Abschluss von Wartungsverträgen zu beauftragen.

### 4.3 Instandhaltung

Der Begriff Instandhaltung umfasst nach DIN 31051

- Inspektion,
- Instandsetzung,
- Wartung und
- Verbesserung.

#### Wartung:

Die Erfahrung mit ausgeführten Anlagen zeigt, dass weder aktive noch passive Komponenten des LAN vorbeugende Wartungsleistungen erfordern.

#### Instandsetzung:

Sofern beim Nutzer/Betreiber eine eigene Benutzerservice-Organisation besteht, erbringt diese die notwendigen Instandsetzungsleistungen.

Sofern diese Organisationseinheiten nicht zur Verfügung stehen oder bei komplexen Fehlern sind Instandsetzungsleistungen an Fachfirmen oder den Gerätelieferanten zu vergeben. In untergeordneten Verwaltungseinheiten bzw. bei kleinen Netzen (< 50 Anschlüsse) können diese Leistungen per Einzelauftrag auf Nachweis vergeben werden. Darüber hinaus oder bei begründet kurzen Reaktionszeiten bis zur Fehlerbeseitigung (z. B.  $\leq 4$  h) empfiehlt sich die Ausschreibung eines Service-Vertrags im Zuge des Wettbewerbs zur Gerätebeschaffung. In diesem ist insbesondere zu regeln:

- eine niedrige monatliche Grundpauschale für Personalvorhaltung, Hotline-Service u. ä. Dabei sind 0,25 bis 1 % der Gerätekosten als angemessen anzusehen.
- Stundenverrechnungssätze für vor Ort-Leistungen auf Nachweis. In der Ausschreibung ist ein Rabattsatz auf die entsprechenden Listenverrechnungssätze abzufragen.
- Prioritäten von verschiedenen Störungsarten und zugehörige Störungsantritts- und Reaktionszeiten
- Ferndiagnose, Fernwartung
- Ersatzteilbevorratung (Hinweis: Ersatzteile sind i. d. R. wirtschaftlicher an der Dienststelle auf Vorrat zu halten)

Sonderleistungen wie Netzwerkoptimierung oder Personalschulung sind in getrennten Aufträgen pauschal zu vergeben; Gegenangebote sind einzuholen.

## 5 Anhang

### 5.1 E-Government-Konzept, Standards und Festlegungen

- E-Government-Konzept und Standards des E-Government-Konzepts Baden-Württemberg, jeweils gültige Fassung
- IT-Grundschutz-Kataloge des BSI (<http://www.bsi.de/>)

### 5.2 Besondere Verfahren

#### 5.2.1 Verfahren im Hochschulgesamtbereich

**Abweichend von dem in Kapitel 4 aufgeführten Verfahrensabläufen ist, bedingt durch eine besondere Finanzierungsgrundlage bei Vernetzungsmaßnahmen an den Hochschulen des Landes, nachfolgendes zu beachten:**

##### 5.2.1.1 Mittelveranschlagung/Abstimmung

Die Mittelveranschlagung für Vernetzungsmaßnahmen an den Hochschulen erfolgt auch **bei bestehenden Gebäuden** aus dem **Bauhaushalt**.

Die Planung der logischen Netzstruktur und der zugehörigen aktiven Komponenten obliegt dabei der Hochschule mit Unterstützung der LanKo.

Die dem MWK unterstellten Einrichtungen haben bei Vernetzungsmaßnahmen und Neubeschaffungen im Netzbereich eine Haushaltsunterlage Geräte (HU-Geräte) zu erstellen. Die LanKo berät und unterstützt die Einrichtungen bei der Erstellung dieser Anträge.

Wird von einer Einrichtung eine HU-Geräte erstellt, so wird diese von der LanKo begutachtet. Bei Unklarheiten wird Rücksprache mit der stellenden Einrichtung genommen. Eine abgeschlossene Begutachtung wird mit einer Stellungnahme, gegebenenfalls auch mit Empfehlungen und Auflagen, an das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst weitergeleitet.

##### 5.2.1.2 Bauunterlage / HU-Geräte

Die vom VB BW Amt aufgestellte Bauunterlage wird vom Nutzer (Rechenzentrum, IuK-Beauftragter) gegengezeichnet und nachrichtlich um die „HU-Geräte“ ergänzt.

Bei umfangreichen Maßnahmen hat sich die Aufstellung von Teil-BUs bis 1,25 Mio. € bewährt, die gemäß DAW C 4.3.2 vom VB BW Amt genehmigt werden können.

Die HU-Geräte wird in Zusammenarbeit mit der LanKo erstellt und von ihr geprüft.

##### 5.2.1.3 Aktive Komponenten

Die aktiven Komponenten beschafft die Hochschule nach einem formellen Ausschreibungsverfahren.

### 5.2.1.4 Zeitlicher Ablauf bis zur Realisierung einer Vernetzungsmaßnahme

Schritt	Hochschule	MWK+LanKo	FM	VB BW Betriebsleitung	VB BW Amt
1 NAF	erstellt	unterstützt			unterstützt
2		genehmigt			
7 Planungsauftrag			erteilt		
8				(erteilt)	erhält
10 BU (passiv)		unterstützt			erstellt
11	stimmt zu				genehmigt*
12 (Teil-) BU-Geräte (aktiv)	erstellt	unterstützt			wird informiert
13		genehmigt			erstellt
14 Gesamt BU		wird informiert		wird informiert	
15 Mittelplanung		Abstimmung	Abstimmung	Abstimmung	
16 Mittelbereitstellung	aktive Komponenten			passive Komponenten	
17 Durchführung	zust.: aktiv	unterstützt			zust.: passiv
19 Verwendungsnachweis		wird informiert			erstellt passiv
20	erstellt aktiv	wird informiert			
21 (Teil-) Abrechnung		wird informiert			erstellt passiv
22	erstellt aktiv	wird informiert			
23 Sachstand	wird informiert	erstellt	wird informiert	wird informiert	wird informiert

**Die Schritte:**

1 - 14 sind in der Regel einmal zu durchlaufen.  
 15 -23 sind jährlich zu durchlaufen.

\* Im Rahmen der Zuständigkeiten

Tabelle 5.2-1 Verfahren im Hochschulbereich

## **5.3 Managementsysteme**

Fehlerlokalisierung und -behebung, Pflege und Weiterentwicklung sind ohne sorgfältige Dokumentation und ohne rechnergestützte Verfahren in Netzen ab einer bestimmten Größenordnung undenkbar. Diese rechnergestützten Systeme, die eine Vielzahl von Funktionen beinhalten (können), fasst man unter dem Oberbegriff "Netzmanagementsystem" (NMS) zusammen. Deren sinnvoller Einsatz setzt geschultes Personal mit einem hohen Maß an Sachkenntnis voraus.

### **5.3.1 Funktionen**

Dem Netzbetreiber bieten gut ausgestattete Managementsysteme in allen "Lebenslagen" Unterstützung bei der Lösung seiner vielfältigen Aufgaben an. Ein profundes Wissen ist Voraussetzung zur Bedienung und Auswertung der vielfältigen Möglichkeiten und Daten. Das wird leider oft übersehen, auch ist der anfängliche Aufwand bei der Erhebung der notwendigen Basisdaten, dazu gehören Geräte-, Lokations- und Zuständigkeitsdaten, nicht zu unterschätzen. Was nutzt letztendlich eine detaillierte Fehlermeldung des Managementsystems, möglicherweise sogar verbunden mit einem Aktionsplan eines angekoppelten Expertensystems, wenn nicht genau bekannt ist, wo das betroffene Gerät steht und wer dafür verantwortlich ist.

#### **5.3.1.1 Fehlerverfolgung und -lokalisierung**

Es wird nicht nur gemeldet, dass ein Fehler aufgetreten ist, sondern intakte Systeme aus der Umgebung der gestörten Komponenten geben Hinweise auf die Lokalisation und auf die Art des aufgetretenen Fehlers. Daraus lassen sich gezielte Vorschläge zur Fehlerbehebung, die teilweise automatisch ablaufen können, ableiten.

#### **5.3.1.2 Protokollierung**

Die Aufzeichnung von Netzwerkdaten im Normalbetrieb nennt man Baselining. Damit erhält man wichtige Vergleichswerte, die bei (vermuteten) Anomalitäten und Fehlern zum Vergleich herangezogen werden können. Aber auch für Trendanalysen und Planspiele bilden diese Daten eine solide, unverzichtbare Basis.

#### **5.3.1.3 Sicherheit**

Entsprechend konfigurierte Managementsysteme melden Angriffe und Sicherheitsverstöße.

#### **5.3.1.4 Dokumentation**

Am augenfälligsten wird der Einsatz der Managementsysteme durch die "Echtzeit"-Dokumentation des gesamten Netzwerks in unterschiedlichen Ansichten. Mit Hilfe so genannter Zoom-Funktionen kann, ausgehend von wenig detaillierten Gesamtansichten, in schrittweiser Vergrößerung der aktuell interessierende Detailbereich des Netzes vergrößert werden. Unterschiedliche Einfärbung der Komponenten (z. B. rot=Fehler, grün=Normalbetrieb, gelb=derzeit nicht erreichbar) und kontextsensitive Informationen geben dem geschulten Netzwerkoperator ein ständig aktuelles Bild vom Netzstatus.

#### **5.3.1.5 Inventarisierung und Wartung**

Der Online-Zugriff auf alle Netzressourcen erlaubt eine ständig aktuelle Inventarisierung der aktiven Netzkomponenten inklusive automatischer Konfigurationsverwaltung und Firmwaredistribution.

### 5.3.2 Managementstandard

Seit 1991 existiert der Standard **Simple Network Management Protokoll**, kurz **SNMP**, der sich trotz bekannter Schwächen in kürzester Zeit etablieren konnte und bis heute der de facto Standard geblieben ist.

SNMP wurde nach dem Client / Server Modell konzipiert und ermöglicht es einer Management Station (Client), Statusinformation und Konfigurationsdaten von (notwendigerweise im Netz adressierbaren) Netzwerkknoten (Servern) abzufragen und in Ausnahmesituationen von diesen Alarmmeldungen (Traps) zu empfangen. Dazu sind in der Management Standard Suite (RFC 1155, 1156, 1157, 1441; RFC 2578, 2579, 2580; RFC 3410, 3418, 3548) das Protokoll, nach dem der Informationsaustausch zwischen Client und Server abläuft und die Namen der zu managenden Objekte sowie ihre Bedeutung und Inhalte spezifiziert. Im Netzwerk- Managementumfeld werden der Management-Client im allgemeinen Manager oder nicht ganz korrekt Managementstation und die Server Agenten genannt.

Weitere wichtige Standards befassen sich mit der Analyse von Verkehrsbeziehungen und Dateninhalten (Remote MONitoring: RFC 1271, 1757 und 2819; Switch MONitoring: RFC 2613).

Einen aktuellen Mechanismus um Datenströme, die über einen Switch oder Router fließen, statistisch zu erfassen und zur Analyse an einen zentralen Server weiterzuleiten, beschreibt Sflow. Die Datenflussanalyse erfasst dabei nicht jedes einzelne Paket, sondern den Gesamtfluss. Für die Implementierung von Quality-of-Service-Mechanismen (QoS) sind diese Informationen nahezu unerlässlich.

Das ursprünglich von Cisco Systems entwickelte Verfahren "Netflow" ermöglicht eine Verfeinerung der IP-Volumenstatistiken durch die Zuordnung zu Protokollarten sowie die Ermittlung weiterer Parameter. Das Konzept beruht darauf, dass Pakete anhand von Protokollparametern eindeutig einem Verkehrsfluss zugeordnet werden können. Zudem gibt Netflow für jeden Verkehrsstrom den Zeitpunkt von Beginn und Ende der Übertragung an.

Alternativ dazu haben mehrere Hersteller den Standard "Sflow" ins Leben gerufen und in RFC 3176 spezifiziert. Sflow definiert einen Sampling-Mechanismus, der nicht jedes Paket misst und dem jeweiligen Fluss zuordnet, sondern Stichproben nimmt, mit denen sich ähnliche Aussagen treffen lassen. Hierfür wird zunächst ein Intervall festgelegt, zum Beispiel dass jedes tausendste Paket eine Messrate für die Messung darstellt. Dann erzeugt Sflow zufällig Zahlen um dieses Intervall herum, die als Intervallgröße dienen. Über die SNMP-Zähler lässt sich diese Interface-Statistik auslesen. Aus den resultierenden Daten kann man ähnlich wie bei der Wahlforschung gewisse Prognosen ableiten. Jedoch schleicht sich auch hier ein statistischer Fehler ein. Deshalb ist Sflow für Accounting und Abrechnungsverfahren nur bedingt geeignet.

### 5.3.3 Managementobjekte

Das Format, der Wertebereich und die inhaltliche Bedeutung der vom Agent an den Manager gelieferten Information sind in einer Art Datenbankstruktur beschrieben. Diese Struktur wird Management Information Base (MIB) genannt. Zur Abfrage der Objekte bedient man sich einer genormten formalen Beschreibungssprache ASN.1 (Abstract Syntax Notation one). Diese Objekte können Zähler, Adressen, Texte usw. repräsentieren. Beispiele wären die Zahl der weitergeleiteten Datenpakete in einem bestimmten Zeitintervall, Datum und Uhrzeit des letzten Neustarts, Name und Telefonnummer des zuständigen Netzverantwortlichen und vieles mehr. Ein Vorteil dieser Struktur ist ihre grenzenlose Erweiterbarkeit. So findet sich darin die Möglichkeit der standardkonformen, nicht standardisierten Erweiterungen, von denen in Form der privaten MIBs ausgiebig Gebrauch gemacht wird. Diese privaten MIBs enthalten herstellerspezifische Managementinformation.

### 5.3.4 Managementprotokoll

Für die Kommunikation zwischen Manager und seinen (den von ihm gemanagten) Agenten wurde ein einfaches (daher der Namen *Simple*), nur wenige Elemente enthaltendes Protokoll definiert. Mit diesen Protokollelementen wird die in den Managementobjekten enthaltene Information zwischen Manager und Agent ausgetauscht, entweder wird Statusinformation ausgelesen (get, get-next, response) oder es werden Konfigurationsdaten (set) eingeschrieben. In all diesen Fällen geht die Aktivität vom Manager aus. Einzige Ausnahme von dieser Frage-Antwort-Regel ist die spontane Alarmmeldung des Agenten an den Manager in Krisensituationen (trap).

Die in der **ersten Version von SNMP** definierten Protokollelemente sind:

1. get-request zum Auslesen einer einzelnen MIB-Variablen
2. get-next-request zum sequentiellen Auslesen von MIB-Variablen, die ja in einer Baumstruktur angeordnet sind
3. set-request zum Setzen von MIB-Variablen
4. get-response die Antwort auf get und get-next-requests. Enthält die angefragte Information. Als Antwort auf ein set-request wird nur zurückgemeldet, ob die Aktion erfolgreich oder nicht erfolgreich war.
5. trap Alarmmeldung des Agenten an seinen Manager, um diesen über Ausnahmesituationen zu informieren

Mit diesen wenigen Befehlen werden nicht nur Information abgefragt und Alarme gemeldet. Durch das Setzen bestimmter Variablen wird das Verhalten der Netzwerkknoten beeinflusst, z. B. Ports abgeschaltet oder komplexe Routingeinträge vorgenommen oder verändert.

### 5.3.5 Managementapplikationen

Die Rohdaten, die zwischen Manager und Agent ausgetauscht werden, können von Netzmanagementapplikationen graphisch aufbereitet, mit Schwellwerten abgeglichen, zu Statistiken zusammengefasst, archiviert, verknüpft und vielfältig weiterverarbeitet werden. Oft ist eine Vielzahl dieser Applikationen zu einem kompletten Netzmanagementsystem zusammengefasst.

### **5.3.6 Weitere Entwicklung**

Es gibt nichts, was nicht noch verbessert werden könnte. Bekannte Schwächen der ersten Version von SNMP V1 liegen im Sicherheitsbereich, in der weniger effizienten Übertragung großer Datenmengen und in der fehlenden Möglichkeit, mehrere Managementstationen (redundante und/oder arbeitsteilige Manager) zu betreiben. Die am häufigsten eingesetzte Community-Based SNMP Version 2c erlaubt die einfache Abfrage ganzer Tabellen (getBulk). Die derzeitige Fassung, SNMP V3, wurde hinsichtlich der Sicherheitsmechanismen verbessert und ermöglicht auch verschlüsselte Zugriffe, ist aber aufgrund der damit einhergehenden gestiegenen Komplexität nicht so weit verbreitet.

Die meisten Managementsysteme können über (mit Java-Applets angereicherte) Webbrowser bedient werden, welche zur Standardausstattung aktueller Arbeitsplatzrechner gehören.

### **5.3.7 Empfehlung**

Der Einsatz eines Management-System setzt geschultes Personal zur Betreuung und Bedienung voraus. Allein aus diesem Grund ist der Einsatz umfassender und komplexer Netzmanagement-Systeme in kleineren LAN-Systemen (<100 Anschlüsse) nicht zu empfehlen.

In größeren Netzen (> 500 Anschlüsse) ist der Einsatz von Netzmanagement-Systemen dann zu empfehlen, wenn vor Ort entsprechendes Know-how vorhanden ist um aus den auflaufenden Meldungen (u.a. Alarme, Statistiken, Statusinformationen) sinnvolle Aktionen abzuleiten.

Wo dies wegen Personalmangel oder Netzwerkproblemen nicht sichergestellt werden kann, werden der Einsatz von so genannten managebaren aktiven Komponenten und die Übertragung des Netzmanagements, der Fehlerbehebung usw. an zentrale Einrichtungen empfohlen.

Auf jeden Fall sollten alle Netzmanagement-Systeme unabhängig von der Größe des zu betreuenden LAN-Systems zumindest das SNMP-Protokoll in der Version 2c unterstützen und einfache Verläufe von Datenströmen und Fehlern über die Zeit graphisch darstellen können. In größeren Netzen oder wenn das Netzmanagement durch zentrale Einrichtungen erfolgt, kann eine umfassende Sflow-Implementierung in Betracht kommen. Hinzu kommen noch bilaterale Absprachen der zu kontrollierenden und zu überwachenden Bereiche.

## 5.4 Berechnung der zulässigen Länge einer Installationsstrecke

Aus funktionalen und baulichen Gründen wird häufig eine möglichst geringe Anzahl von Verteilerstandorten gewünscht. In der Regel wird der Standort der Verteiler durch die in der DIN EN 50173-1 genannte Längenrestriktion der Installationsstrecke im Tertiärbereich von 90 m diktiert. Die o. g. Norm ermöglicht jedoch auch Installationsstrecken größer als 90 m. In diesem Fall ist jedoch der Nachweis zu führen, dass diese Strecken die Anforderungen für Verkabelungsstrecken der Klasse E erfüllen. Dieser Nachweis kann in der Planungsphase nur rechnerisch erfolgen:

Ausgehend von den vom Hersteller garantierten Parametern des Kabels und den in der Norm aufgeführten Parameter-Grenzwerten für die Verbindungstechnik kann die mögliche Länge einer Verkabelungsstrecke bestimmt werden. Die wesentlichen längenabhängigen Parameter sind Dämpfung, PSELFEXT und Laufzeit. Bei ordnungsgemäßer Montage werden sich diese Parameter für die Verbindungsstrecke im schlechtesten Fall als Summe der auf die Länge des verlegten Kabels umgerechneten Kabelparameter und der Grenzwerte für die Verbindungstechnik ergeben. Umgekehrt lässt sich in Verbindung mit den Norm-Grenzwerten für die Verbindungsstrecke die maximale Kabellänge errechnen.

### Beispiel:

Es werden Verbindungen mit zwei unterschiedlichen Kabeln verglichen. Kabel 1 ist ein ungeschirmtes Kat 6 Kabel, Kabel 2 ein geschirmtes Kat 7 Kabel. Als Verbindungstechnik kommen (grenzwertige) Komponenten der Kategorie 6 zum Einsatz.

#### Kabel 1

	Frequenz Kabel		Verbindungs- technik		Verbindung Kabel mit 2 Enden		Verbindung Kabel mit 2 Enden		Verbindung mit 2 Enden	
	in MHz	Hersteller- angaben	je Ende	EN 50173 Grenzwerte Kategorie 6	EN 50173 Grenzwerte Klasse E	berechnet	berechnet	berechnet	berechnet	
Länge in m		100				100	100	100	101	101
Einfügedämpfung in dB	250 100	33 19,9	0,32 0,20	36,41 21,75	33 19,9	33,63 20,30	33,33 20,099	33,96 20,50		
PSELFEXT in dB	250 100	17 25	32,14 40,10	14,28 22,23	17,00 25,00	16,74 24,74	16,83 24,75	16,58 24,51		
Laufzeit in µs	250 100	0,535 0,535	0,0025 0,0025	0,541 0,543	0,5350 0,5350	0,5400 0,5400	0,5404 0,5480	0,5454 0,5530		

**Kabel 2**

	Frequenz Kabel		Verbindungs- technik		Verbindung Kabel mit 2 Enden		Verbindung Kabel mit 2 Enden		Verbindung mit 2 Enden	
	in MHz	Hersteller- angaben	je Ende		berechnet	berechnet	berechnet	berechnet	berechnet	berechnet
			EN 50173 Grenzwerte Kategorie 6	EN 50173 Grenzwerte Klasse E						
Länge in m		100		100	100	100	128	128		
Einfügedämpfung in dB	250	27,8	0,11	36,41	27,8	28,01	35,584	35,79		
	100	16,4	0,08	21,75	16,4	16,56	20,992	21,15		
PSELFEXT in dB	250	79	42,15	14,28	79,00	39,14	61,72	39,11		
	100	90	41,02	22,23	90,00	38,00	70,31	38,00		
Laufzeit in $\mu$ s	250	0,420	0,0025	0,541	0,4200	0,4250	0,5376	0,5426		
	100	0,420	0,0025	0,543	0,4200	0,4250	0,5376	0,5426		

Mit Kabel 1 können die Klasse E Anforderungen an eine Verbindung mit 100 m gerade noch erfüllt werden. Bereits bei 101 m wird der Laufzeitgrenzwert verletzt. Eine Verbindung mit Kabel 2 dagegen verletzt den Laufzeitgrenzwert erst bei einer Länge über 127 m. Die anderen Parameter verfügen noch über Reserven.

## 5.5 Ergänzende Informationen

### Internetseiten:

<http://www.din.de>

<http://www.iso.org>

<http://www.bsi.de>

<http://www.standards.ieee.org/>

<http://www.ITU.ORG>

<http://de.wikipedia.org>

<http://www.itwissen.info>

<http://www.it-administrator.de/>

<http://www.amev-online.de/>

## 5.8 Glossar

### A

ACL	Access Control List, Zugriffskontrollliste
ACR	Attenuation to Crosstalk Ratio, Dämpfung-Nebensprech-Verhältnis
ADSL	Asynchronous Digital Subscriber Line
ANSI	American National Standards Institute
AP	Arbeitsplatz
API	Application Program Interface, Schnittstelle für Programm-zu-Programm-Kopplungen
ATM	Asynchronous Transfer Mode, Verfahren zur Übertragung von Sprache und Daten über ein Netzwerk

### B

BD	Building Distributor, Gebäude-Verteiler
BelWü	Baden-Württembergs extended LAN, das Hochschulnetz von Baden-Württemberg

### C

CD	Campus Distributor, Gelände-Verteiler
Client/Server-Architektur	Architektur für verteilte Systeme
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection, Ethernet-Protokoll zum Zugriff auf eine gemeinsame genutzte Leitung
CU-Kabel	Kupferkabel

### D

DA	Doppeladern
DAW	<u>Dienstanweisung der Staatlichen Vermögens- und Hochbauverwaltung Baden-Württemberg</u>
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
DKE	Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informatik- und Nachrichtentechnik im DIN und VDE

DoD	Department of Defense (Amerikanisches Verteidigungsministerium)
DSL	Digital Subscriber Line
<b>E</b>	
EIA	Electronics Industries Association
EIA/TIA 568	Amerikanischer Installationsstandard zum Aufbau strukturierter Datennetze
ELFEXT	Equal Level Far End Crosstalk, dämpfungskorrigiertes Fernnebensprechen, eine Messgröße für die Qualität eines Datenkabels
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
EN 50173	Europäischer Verkabelungsstandard zum Aufbau strukturierter Datennetze
ETS	Durch das ETSI (European Telecommunications Standards Institute, Europäisches Institut für Telekommunikations-Standards) entwickelte Norm
EV	Etagenverteiler
EVU	Elektroversorgungsunternehmen
<b>F</b>	
FD	Floor Distributor, Etagenverteiler
FEXT	Far End Crosstalk, Fernnebensprechen, eine Messgröße für die Qualität eines Datenkabels
FTD	Fiber To the Desk
FTTW	Fiber To The Wall
<b>G</b>	
GBK	Gesamtbaukosten
GLT	Gebäudeleittechnik
GV	Gebäudeverteiler

## H

HDSL	High (Data Rate) Digital Subscriber Line
HE	Höheneinheit in Datennetz-Verteilerschranken, 1 ¾ Zoll
HF-Richtfunk	Hochfrequenz-Richtfunk

## I

IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers; amerikanisches Normungsgremium
IETF	Internet Engineering Task Force
IT	Informations-Technik
IP	Internet Protocol(s), Internet-Protokolle (s. o.)
IPX	Internet Protocol Exchange, ein Übertragungsprotokoll, steht nicht in direkter Beziehung mit IP.
IR-Laser	Infrarot-Laser
IS	International Standard
ISDN	Integrated Services Digital Network, diensteintegrierendes, digitales Netzwerk
ISO	International Standardization Organization
ISO/IEC 11801	Internationaler Installationsstandard zum Aufbau strukturierter Datennetze
IT-Netz	Elektrotechnische Netzform nach DIN VDE 0100 Teil 300
ITU	International Telecommunication Union
IZLBW	Informatikzentrum Landesverwaltung Baden-Württemberg
ITU	International Telecommunication Union

## K

KG	Kostengruppe
----	--------------

## L

LAN	Local Area Network
LED-System	Light Emitting Diode - System

LVN	Landesverwaltungsnetz
LWL	Lichtwellenleiter
<b>M</b>	
MAC	Media Access Control, der Sicherungsschicht zugeordnet
MAN	Metropolitan Area Network, Stadtnetz
MIB	Management Information Base
MLAR	Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie
MUTA	Mehrfachteilnehmeranschluss
<b>N</b>	
NAF	Nutzungsanforderung
NEXT	Near End Crosstalk, Nahnebensprechen, eine Messgröße für die Qualität eines Datenkabels
N-Leiter	Neutralleiter
<b>O</b>	
OFD	Oberfinanzdirektion
OSI	Open Systems Interconnection
<b>P</b>	
PE-Leiter	Protective Earth, Schutzleiter
PEN-Leiter	Kombinierter PE- und N-Leiter
PiMf	Paar in Metallfolie (Adernpaar in einem STP-Kabel)
PS-ELFEXT, -FEXT, -NEXT	Power Sum ELFEXT, FEXT, NEXT (s. dort)
<b>R</b>	
RFC	Request for Comment
RLT-Anlagen	Raumlufttechnische Anlagen
RMON	Remote Monitoring, RFCs 1271, 1757 und 2819
RPR	Resilient Packet Ring, IEEE 802.17
RV	Raumverteiler

## S

SDH	Synchrone Digitale Hierarchie
SDSL	Synchronous Digital Subscriber Line
SNMP	Simple Network Management Protocol
SRL	Structural Return Loss, Rückflusdämpfung
STP	Shielded Twisted Pair cable
SV	Standortverteiler
S/STP	Screened Shielded Twisted Pair; Kabel mit Gesamt- und Paarschirm
S/UTP	Screened Unshielded Twisted Pair; Kabel mit Gesamtschirm ohne Paarschirm

## T

TCP, TCP/IP	Transmission Control Protocol, verbindungsorientiertes Internet-Protokoll (s. dort)
TA	Teilnehmeranschluss
TIA	Telecommunications Industries Association
TN-C-System	frz. <b>T</b> erre <b>N</b> eutre- <b>C</b> ombiné, Niederspannungsnetz mit kombiniertem Neutral- und Schutzleiter
TN-S-System	frz. <b>T</b> erre <b>N</b> eutre- <b>S</b> eparé, Niederspannungsnetz mit vom Neutralleiter getrenntem Schutzleiter
TP-Kabel	Twisted Pair Kabel
TT-Netz	Elektrotechnische Netzform nach DIN VDE 0100 Teil 300

## U

UDP, UDP/IP	User Datagram Protocol, verbindungsloses Internet-Protokoll (s. dort)
UTP	Unshielded Twisted Pair cable
USV	Unterbrechungsfreie Stromversorgung
U/xTP	Unscreened xTP cable (xTP = UTP oder STP, s. dort)

**V**

VA	Volt-Ampere, Einheit der Leistung, entspricht Watt (W)
VB-BW	Vermögen und Bau Baden-Württemberg
VDE	Verband Deutscher Elektrotechniker
VDSL	Very high data rate Digital Subscriber Line
VLAN	Virtual Local Area Network, Virtuelles Netz, mit dem eine Unabhängigkeit von physikalischer und logischer Netzstruktur erreicht wird
VOB	Verdingungsverordnung Bauwesen
VOL	Verdingungsordnung für Leistungen

**W**

WAN	Wide Area Network
-----	-------------------

**X**

XDSL	Allgemeine Bezeichnung für alle DSL-Varianten, wie ADSL, HDSL, SDSL oder VDSL (s. dort)
------	---