Datenkommunikation über Ethernet

Alfred Läpple
Leibniz-Rechenzentrum
Barer Str. 21, 80333 München
Tel: (089) 289-28706, E-Mail: laepple@lrz.de

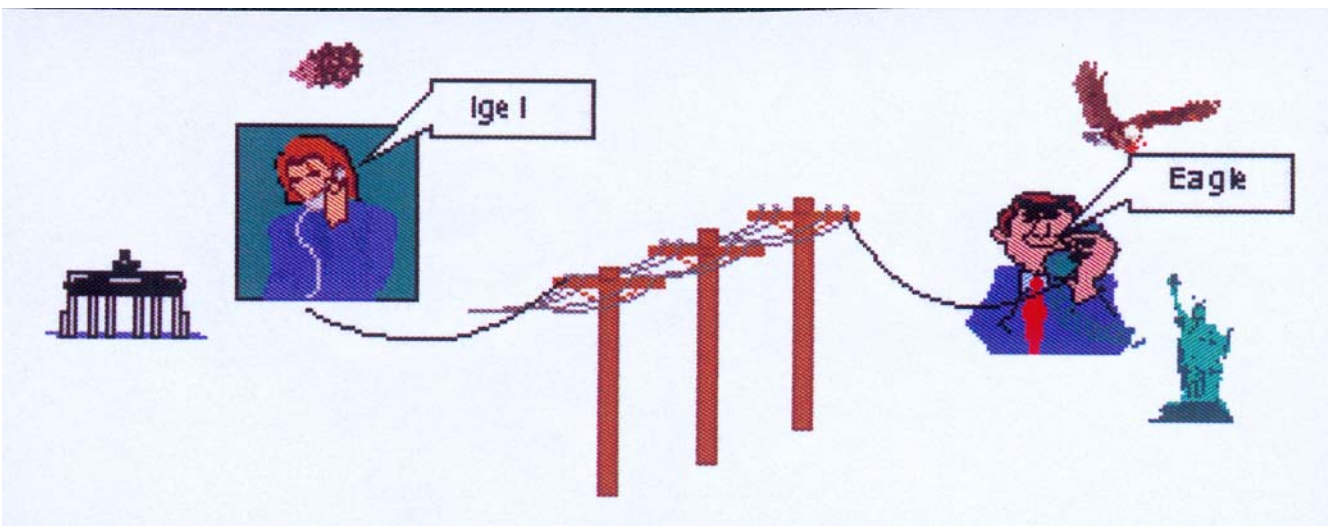
http://www.lrz-muenchen.de/services/schulung/dvseminar/vortraege

Gliederung

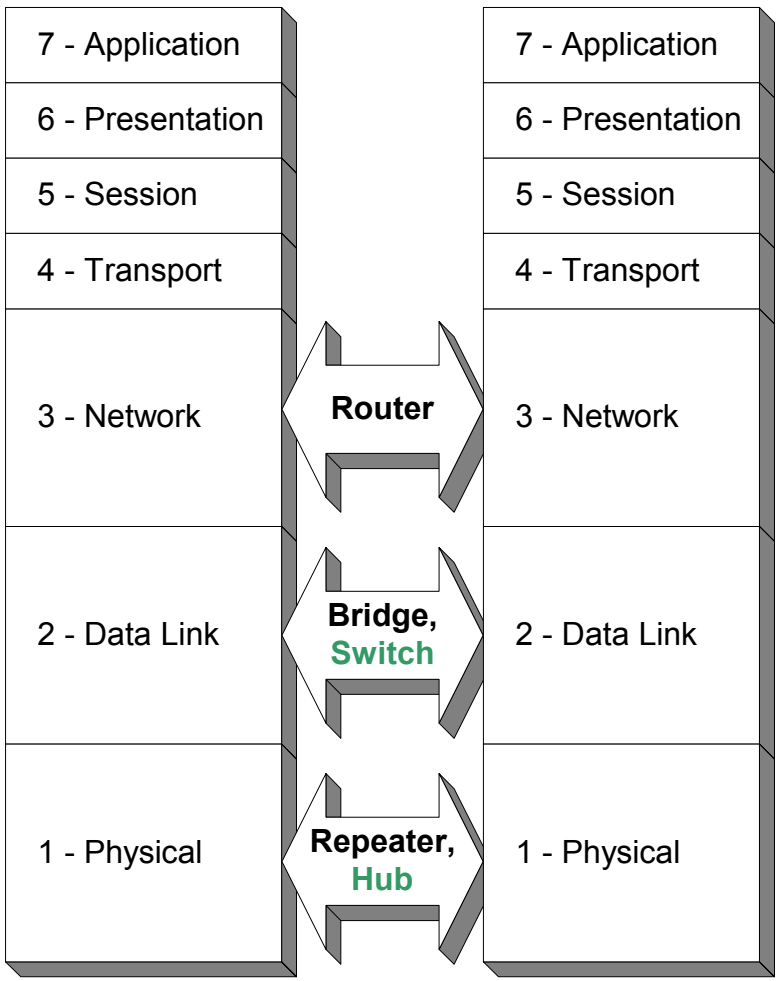
- **Grundlagen**
- **Strukturierte Verkabelung**
  - Normen, Bereiche
  - Medien
- **Ethernet**
- **Verbindungskomponenten**
  - Switches
  - Router
- **TCP/IP**
  - Einordnung in Schichtenmodell
  - Protokolle der Schicht 3, IP-Adressen
  - Protokolle der Schicht 4, Ports
- **VLANs**
- **Literatur**

Grundlagen
Kommunikation

- **Netze sind Verbindungssysteme, an die Teilnehmer zum Zweck der Kommunikation angeschlossen sind**
- **Kommunikation zwischen zwei Partnern bedarf Regeln**
  - Kompatible Schnittstellen (Hardware)
  - Art und Weise des Informationsaustausches (= Protokolle)
- **Festlegung von Schnittstellen und Protokollen durch Normen oder Standards**
- **Die reine Verbindung ist nicht gleich Kommunikation**



Grundlagen
OSI-Modell

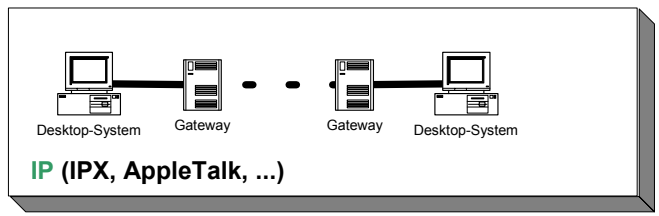


Dialog der Anwenderprogramme

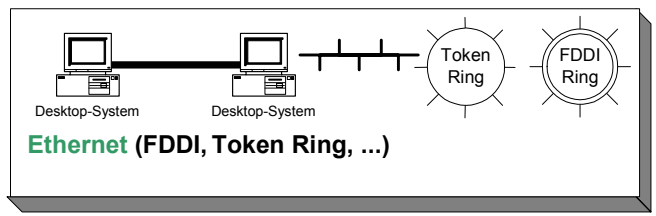
Darstellung/Codierung

Kommunikationssteuerung

Transportfunktion



Paket-Vermittlung



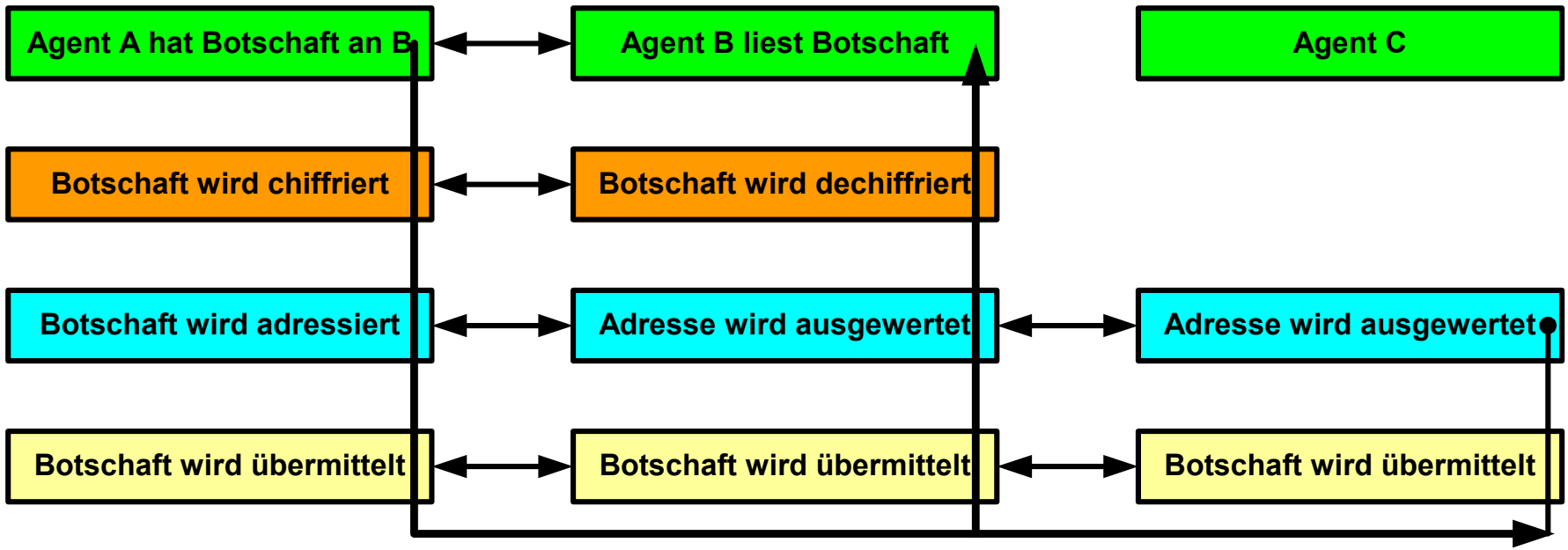
Sicherungsschicht

Bitübertragung

Grundlagen

Veranschaulichung Schichtenmodell

Agent A will verschlüsselte Botschaft zum Agenten B senden



Kommunikation in Schichten

Komme sofort → **Bleibe immer** → **Bleibe immer in Bonn** →

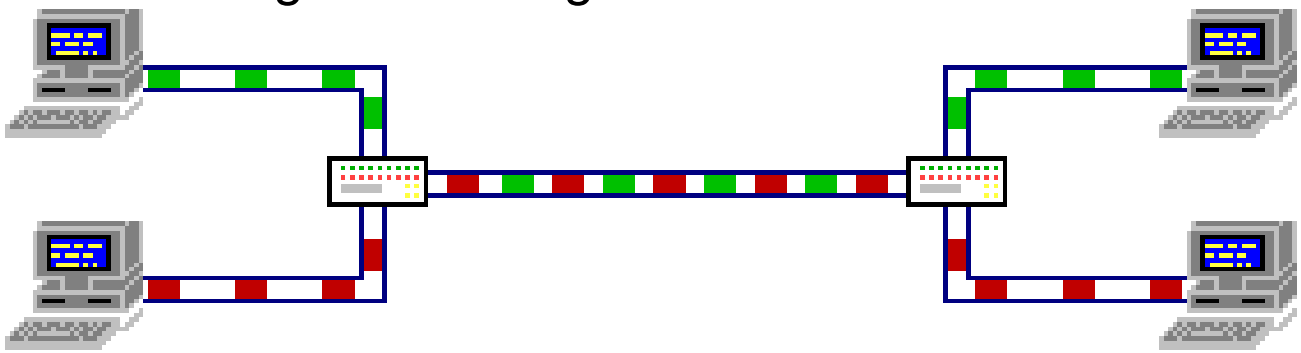
Geheimdienstchef sagt: Bleibe immer in Bonn

Grundlagen

Paket- versus Leitungsvermittlung

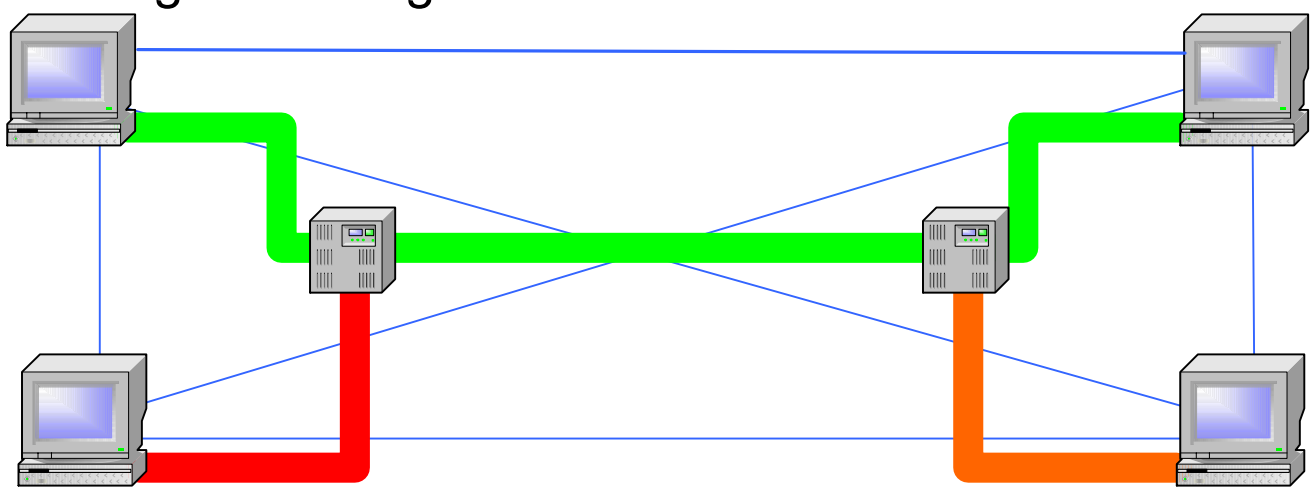
Paketorientiert

Gemeinsame Ausnutzung von Leitungen



Leitungsorientiert

Blockierung bei belegter Leitung



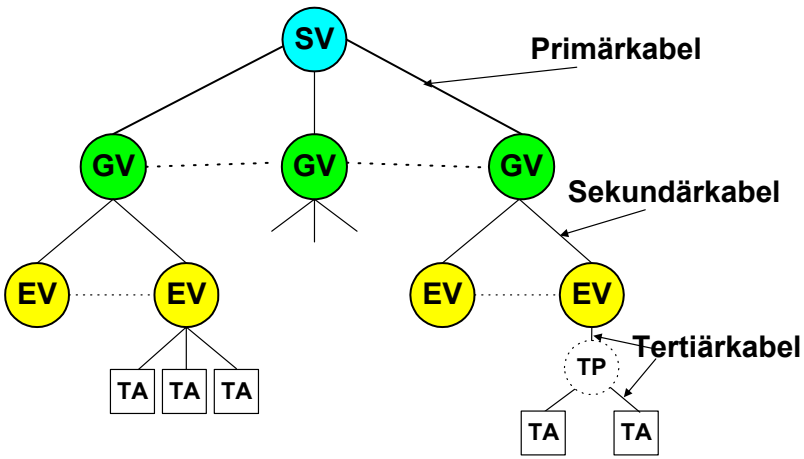
Strukturierte Verkabelung

Normen

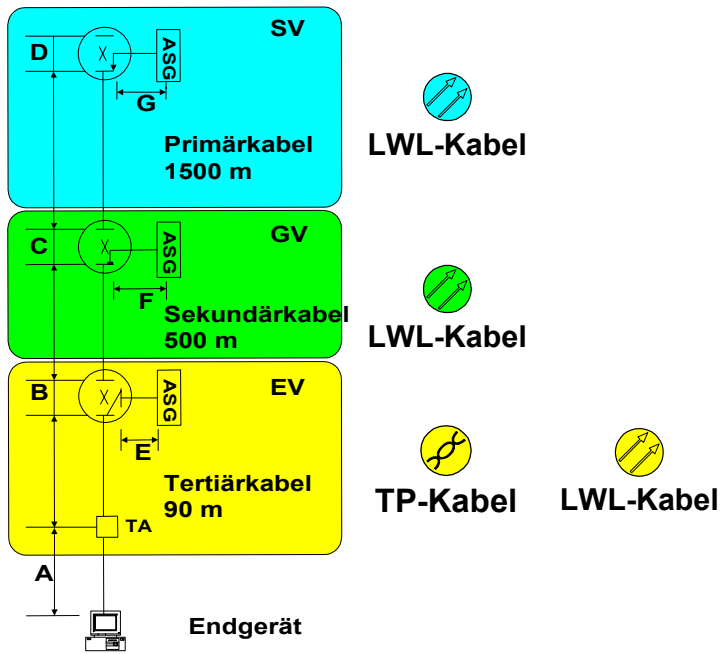
- **Netztechnik hat sich an genormte Verkabelung anzupassen**
- **Flächendeckend**
  - Jeder Arbeitsplatz hat eigenen Datenanschluss
- **Normen**
  - EN 50173 (Europa)
  - ISO/IEC 11801 (Weltweit)
  - EIA/TIA 568 A/B (Nordamerika)
- **Bereiche**
  - Primärbereich: stellt die gebäudeübergreifende Verkabelung zwischen Gebäuden auf einem Gelände (Campusbereich) dar.
  - Sekundärbereich: umfasst die Verbindungen zwischen dem zentralen Hauptverteiler bzw. Gebäudehauptverteiler und den Bereichsverteilern.
  - Tertiärbereich: deckt die Verbindungen zwischen den Bereichsverteilern und den Netzendpunkten (Anschlussdosen am Arbeitsplatz) ab
- **Hierarchische physische Sternstruktur**

Strukturierte Verkabelung

Prinzip



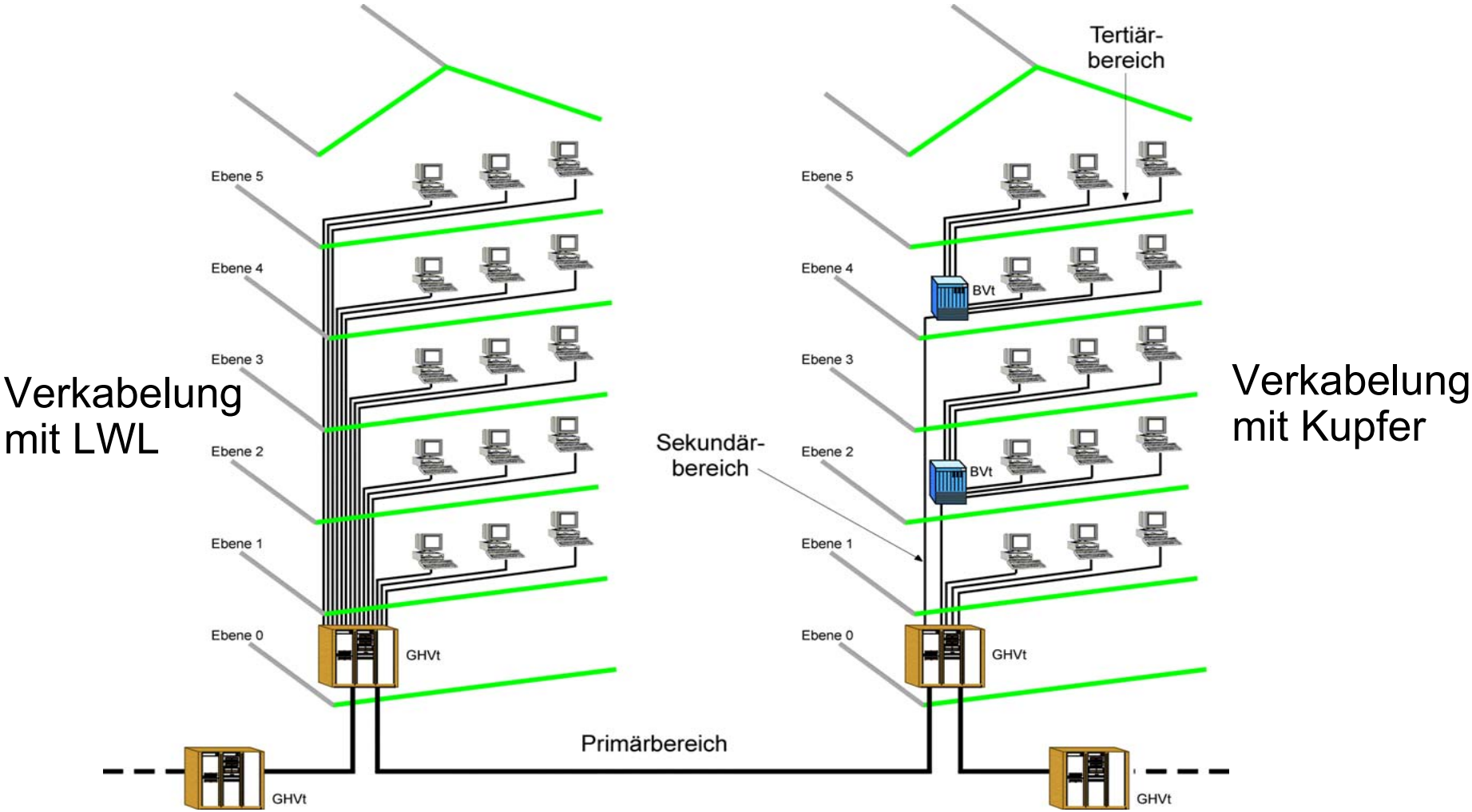
SV Standortverteiler
GV Gebäudeverteiler
EV Etagenverteiler
TP Kabelverzweiger (optional)
TA Informationstechnische Anschlußdose



- Das richtige Kabel ist nicht alles, aber ohne das richtige Kabel ist alles ...
- Die richtige Struktur ergibt eine zukunftssichere Basis

Strukturierte Verkabelung

Schema



GHVt=Gebäude(haupt)verteiler, BVt=Bereichsverteiler (=Etagenverteiler)

Strukturierte Verkabelung

Kabelmedium Kupfer

- Kupferadern (0,5 – 0,6 mm)
  - paarweise verdrillt
  - Kabelaufbau
    - S/STP-Kabel
    - S/UTP-Kabel
- EMV-Problematik
  - elektromagnetische Störungen
  - gut geschirmte Kabel
- 2 Adernpaare pro Anschluss
- 4 Adernpaare bei 1000 Mbit/s-Ethernet

Dose

RJ45-Stecker

S/UTP-Kabel

Gesamtschirm aus Folie und Kupfergeflecht

Cat 5 100 MHz

S/STP-Kabel

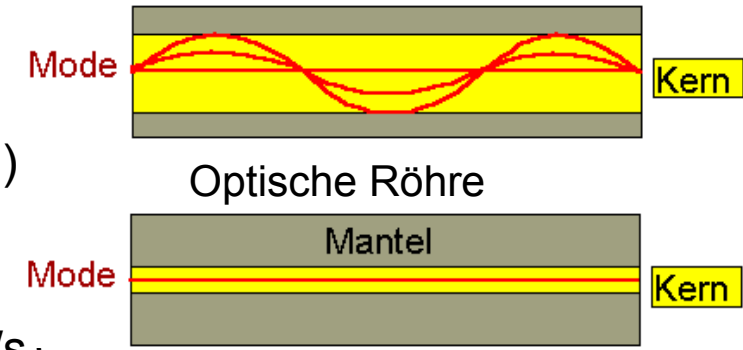
Paarschirm aus Folie und Gesamtschirm aus Kupfergeflecht

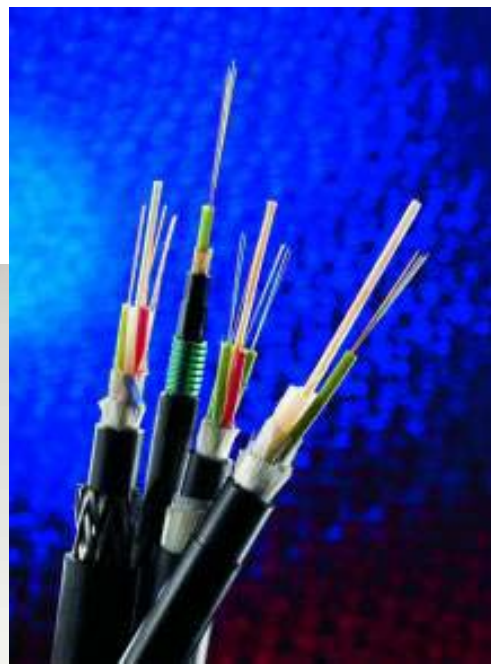
bis Cat 7 und 1200 MHz

Strukturierte Verkabelung

Kabelmedium Glas

- Multimode
  - 50/125 µ (Europa)
  - 62.5/125 µ (Nordamerika)
  - Länge ohne Verstärkung : ca. 2 km (10 Mb/s)
- Monomode
  - 9/125 µ
  - Länge ohne Verstärkung : ca. 40 km (10 Mb/s)
- Optische Fenster (Dämpfung gering)
  - 850 nm
  - 1310 nm
  - 1550 nm
- Kabelaufbau
  - Vollader (Patchkabel)
  - Bündelader (Spleißboxen)
- keine EMV-Problematik
- kleinere Kabeldurchmesser
- 2 Fasern pro Verbindung





Strukturierte Verkabelung

Vergleich Draht und Glas

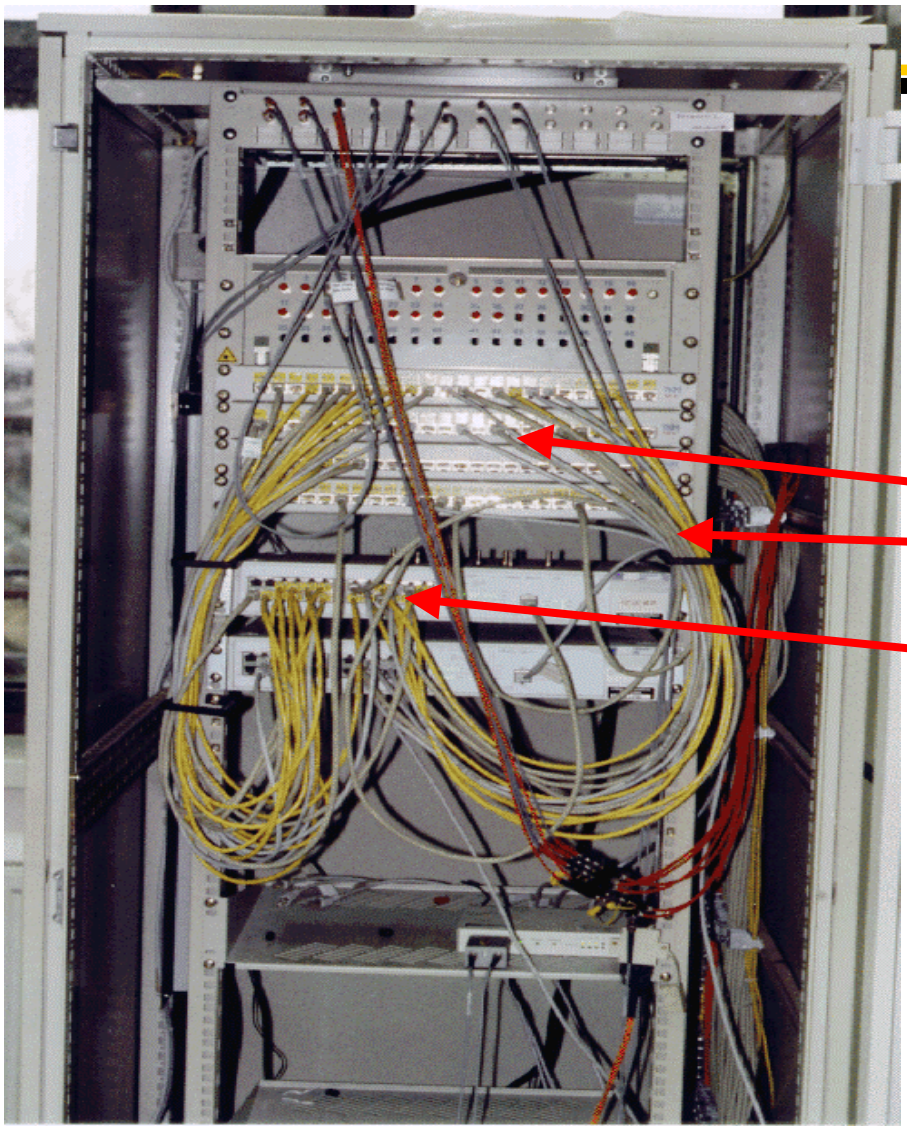
	Draht	Glas (MM)	Glas (SM)
Längenbeschränkung	o	+	++
Bandbreiten	o	+	++
Größe der notwendigen Kabelkanäle	-	+	+
Anzahl der Verteilerstandorte	-	+	+
Brandlast	-	+	+
Kosten der aktiven Komponenten	+	-	--
Verfügbarkeit aktiver Komponenten	+	-	--

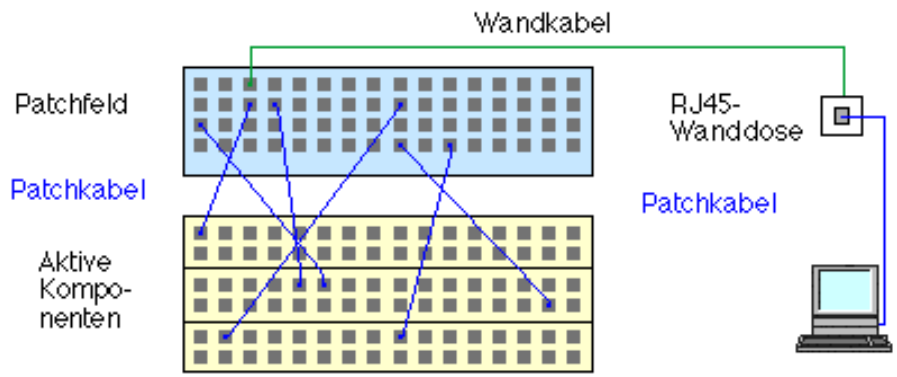
Allgemeine Meinung :

- Glas ist zukunftssicherer
- in der Regel aber wesentlich teurer (pro Anschluss bis € 300)
- Kupfer kann Strom leiten

Strukturierte Verkabelung

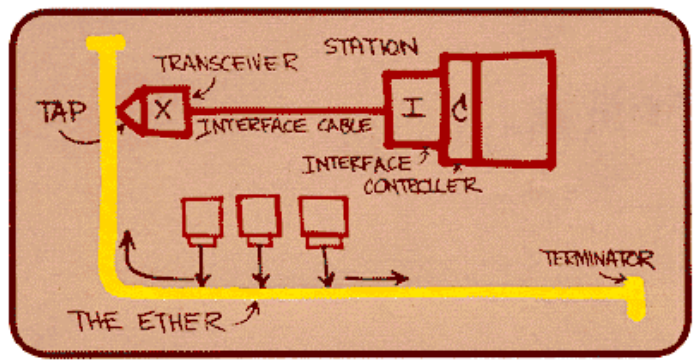
Beispiel Etagenverteiler





Ethernet
Grundlagen

- **Intel, DEC, Xerox 1980 Ethernet V1.0**
- **Ethernet ist die Netztechnologie**
  - im LAN (Lokal Area Network) fast absolut
  - im MAN (Metropolitan Area Network) zum Teil
  - und bald im WAN (Wide Area Network)
- **Ethernet hat Erweiterungen erfahren bezüglich**
  - Übertragungsgeschwindigkeit
    - 10 Mbit/s
    - 100 Mbit/s
    - 1000 Mbit/s (1 Gbit/s)
    - 10 Gbit/s (bald)
  - Übertragungsmedium (Koax, Glas, Twisted Pair)
  - Übertragungsverfahren (vollduplex)
- **stabile Schnittstelle**
  - gleiches Frameformat
  - gleiches Zugriffsverfahren (CSMA/CD)



Zeichnung von Metcalfe (1976)

Ethernet

Einsatzbereiche

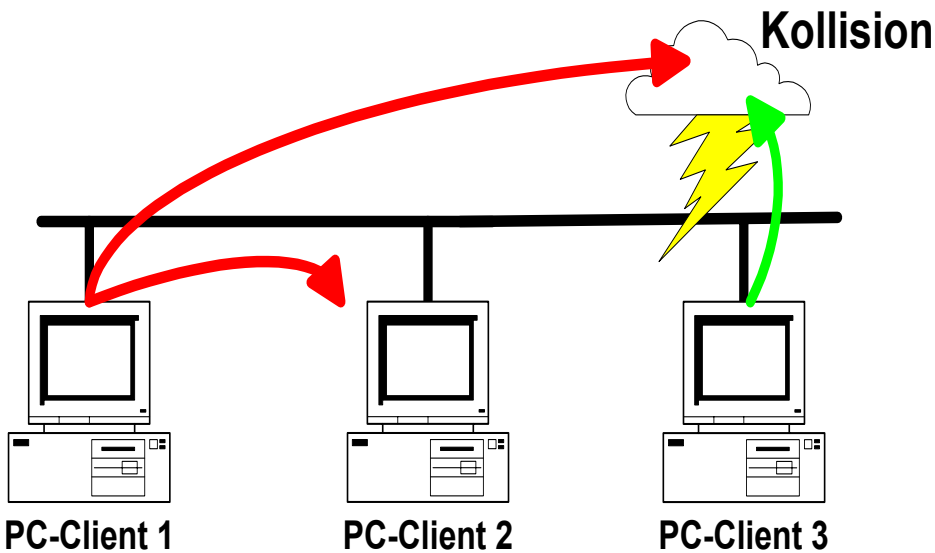
Ü-Rate	Bezeichnung	Medium	Einsatzbereich	„Spitzname“
1 Mbit/s	1 Base-5	Kupfer-Kabel	veraltet	StarLAN
10 Mbit/s	10 Base-5	Koax-Kabel	veraltet	Yellow Cable
10 Mbit/s	10 Base-2	Koax-Kabel	veraltet	Cheapernet
10 Mbit/s	10 Base-T	Kupfer-Kabel CAT 3	Arbeitsplatz	Twisted Pair
10 Mbit/s	10 Base-F	LWL-Kabel	Arbeitsplatz	Fibre Optics
100 Mbit/s	100 Base-T	Kupfer-Kabel CAT 5 (4)	Arbeitsplatz, Server	Fast Ethernet
100 Mbit/s	100 Base-X	LWL-Kabel	Arbeitsplatz, Server	Fast Ethernet
1000 Mbit/s	1000 Base-X	LWL-Kabel	Server, Backbone	Gigabit-Ethernet
1000 Mbit/s	1000 Base-T	Kupfer-Kabel CAT 5 (8)	Server	Gigabit-Ethernet
10 Gbit/s	10000 Base-X	LWL-Kabel	Backbone	10 Gigabit-Ethernet

Ethernet

Zugangsprotokoll

CSMA/CD Medien-Zugangsprotokoll

- Medium (Kabel) kann nur von einer Station verwendet werden
- einzelne Stationen wechseln sich ab mit Senden
- wollen zwei Stationen gleichzeitig senden, kommt es zur **Kollision**



Senden PC1 und PC3 gleichzeitig kommt es zur <u>Kollision</u>

Nicht mehr relevant bei Switches und strukturierter Verkabelung

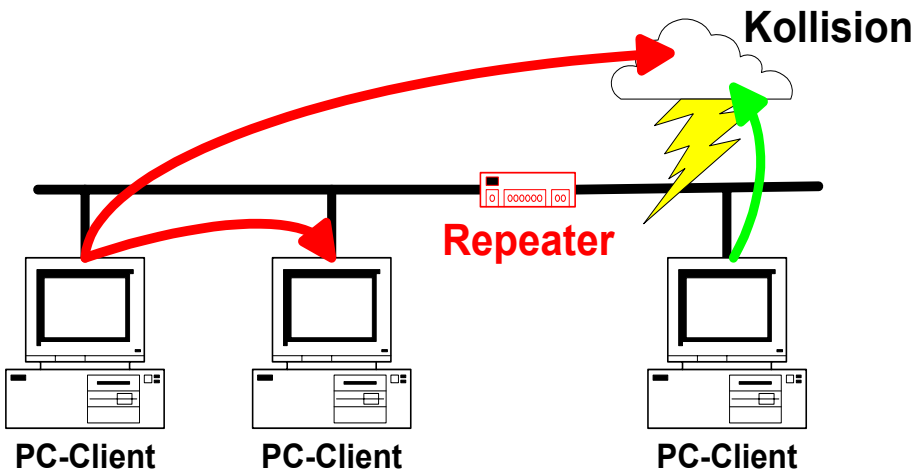
vollduplex

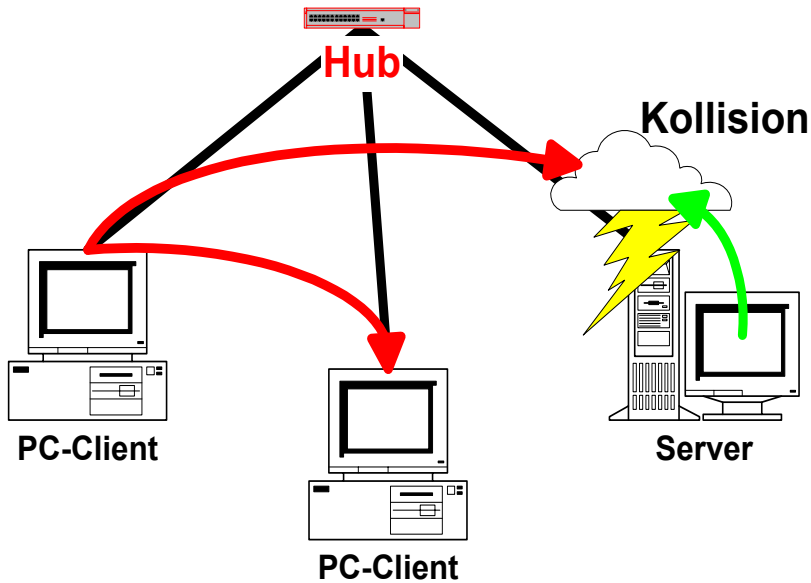
Verbindungskomponenten

Repeater und Hubs (OSI-Schicht 1)

Prinzip: Signalverstärkung (bitserielle Weitergabe)

- Aufhebung von Beschränkungen
- elektrische Fehler werden separiert
- verbindet unterschiedliche physikalische Medien





Kollisionen werden nicht verhindert

→ **HUB und Repeater sind Auslaufmodelle**

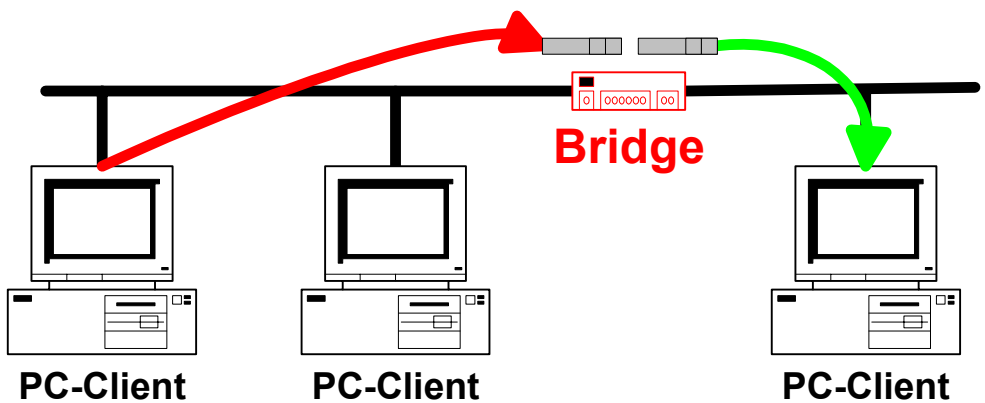
Verbindungskomponenten

Bridges und Switches (OSI-Schicht 2)

Prinzip: Store-and-Forward auf Frame-Ebene

überträgt nur Frames auf die andere Seite, wenn diese dorthin gehören

- **schließt Funktionen von Repeatern/Hubs ein bzgl. Beschränkungen, Fehler separieren, unterschiedliche physikalische Medien**
- **Verwendung von MAC-Adressen**
- **Lasttrennung bis auf Broadcasts**
- **Redundanz möglich (mit Spanning Tree-Algorithmus)**



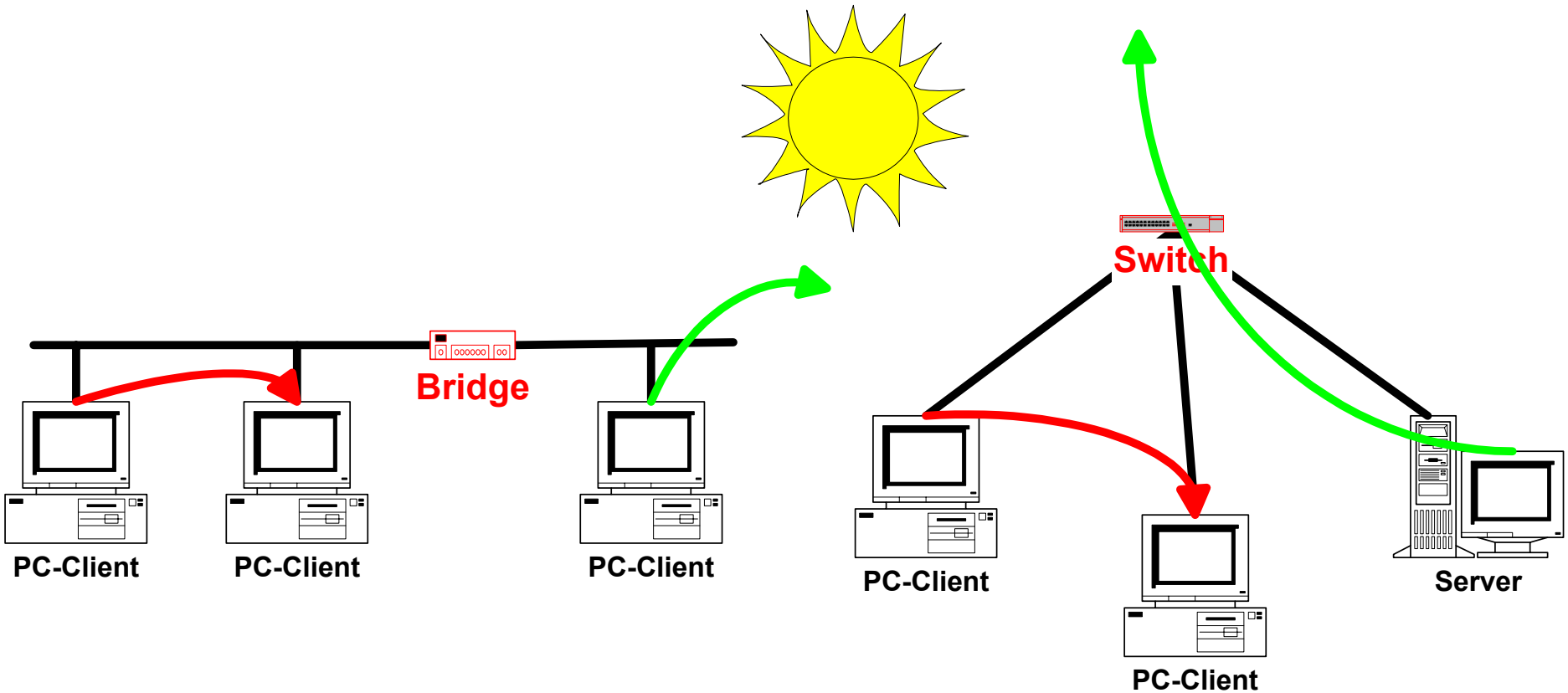
Verbindungskomponenten

Bridges und Switches (OSI-Schicht 2)

- **Bridge** (in der Regel 2 Ports)
- **Switch**
  - gleiche Funktion wie Bridge, aber (viel) mehr Ports
  - Mikrosegmentierung (volle Geschwindigkeit pro Endgerät)
  - TP und LWL Anschluss
  - wird hauptsächlich bei strukturierter Verkabelung eingesetzt
  - verschiedene physikalische Medien
    - Geschwindigkeitsumsetzung
    - aber weiterhin gleiches Frameformat

Verbindungskomponenten

Bridges und Switches (OSI-Schicht 2)



lokale Datenkommunikation bleibt ungestört

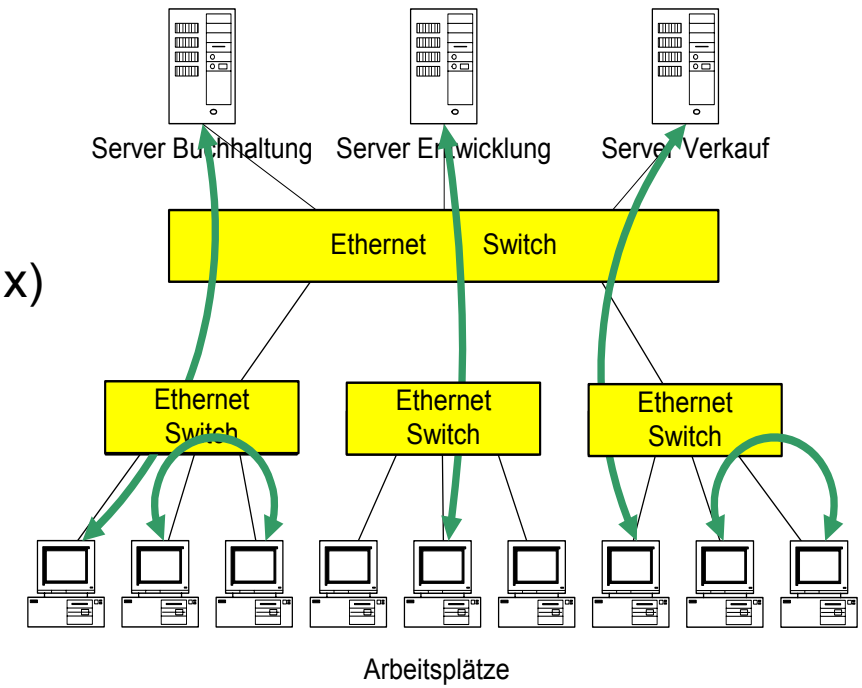
→ **Switches state of the art**

Verbindungskomponenten

Erhöhung der aggregierten Bandbreite durch Switching

Switch :

- **mehrere Kommunikationsbeziehungen gleichzeitig**
- **Vermittlungseinheiten (ASICs oder spezielle RISC-Prozessoren)**
- **Weiterleiten der Frames**
  - Cut-Through (sobald wie möglich)
  - Store and Foreward
- **Zusatzfunktionen**
  - Filter
  - VLAN
  - Zugangsabprüfung (IEEE 802.1x)



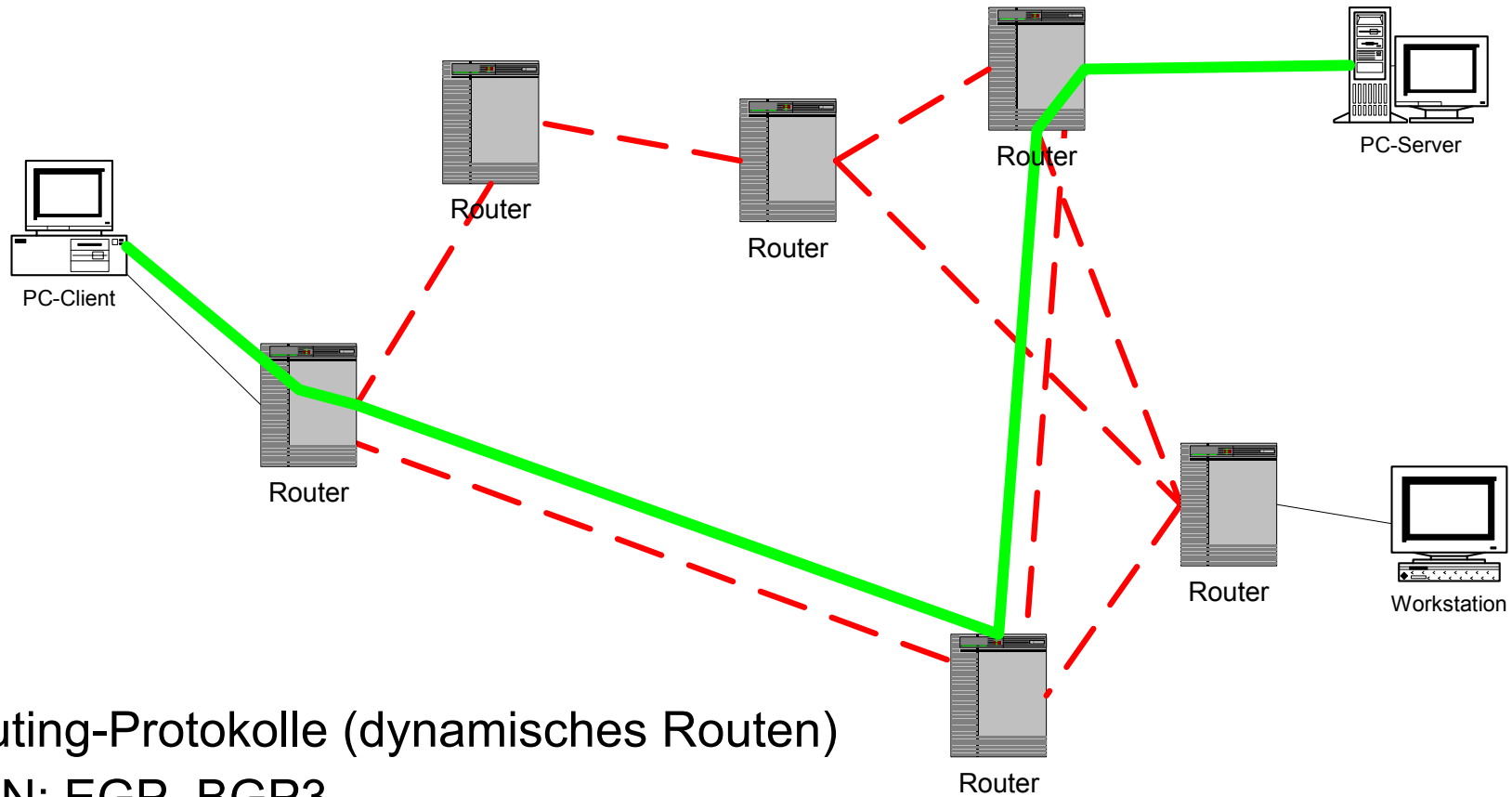
Verbindungskomponenten

Router (OSI-Schicht 3)

- **Verbindung zwischen Netzen unterschiedlicher Technologie**
  - LAN zu LAN
  - WAN zu LAN
- **Strukturierung großer Netze**
- **Verwendung von IP-Adressen**
- **Rechnerverbindungen im gleichen Subnetz (gleicher Subnetzanteil) gehen direkt von Rechner zu Rechner (ARP)**
- **Rechnerverbindungen zwischen Subnetzen gehen über Router**
- **Wie komme ich am kürzesten zu meinem gewünschten Ziel ? = beste Route**
- **Paket muss analysiert werden** → **Filter**

Verbindungskomponenten

Bester Weg durch Routernetz



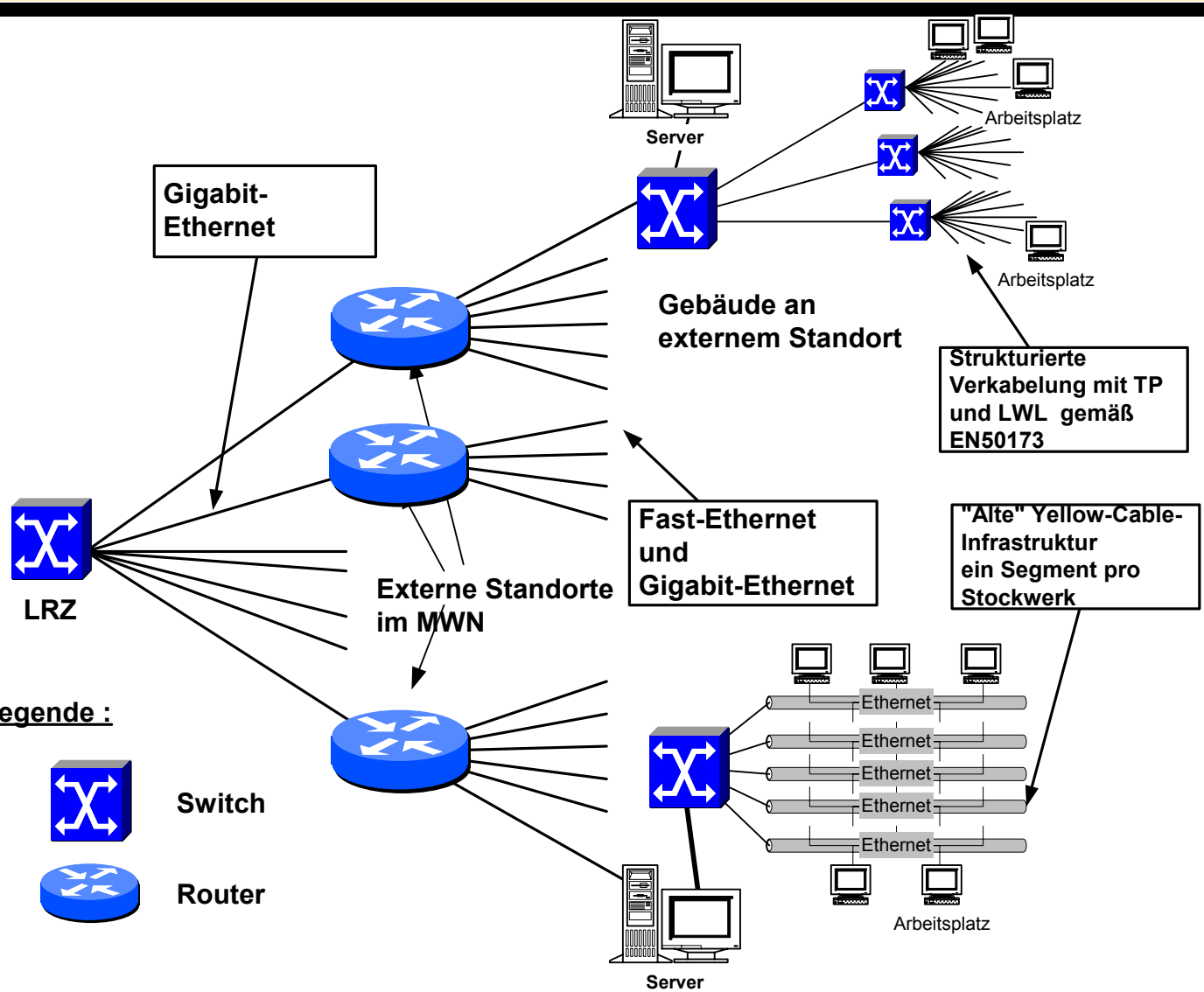
Routing-Protokolle (dynamisches Routen)

WAN: EGP, BGP3

LAN: IGP, RIP, OSPF

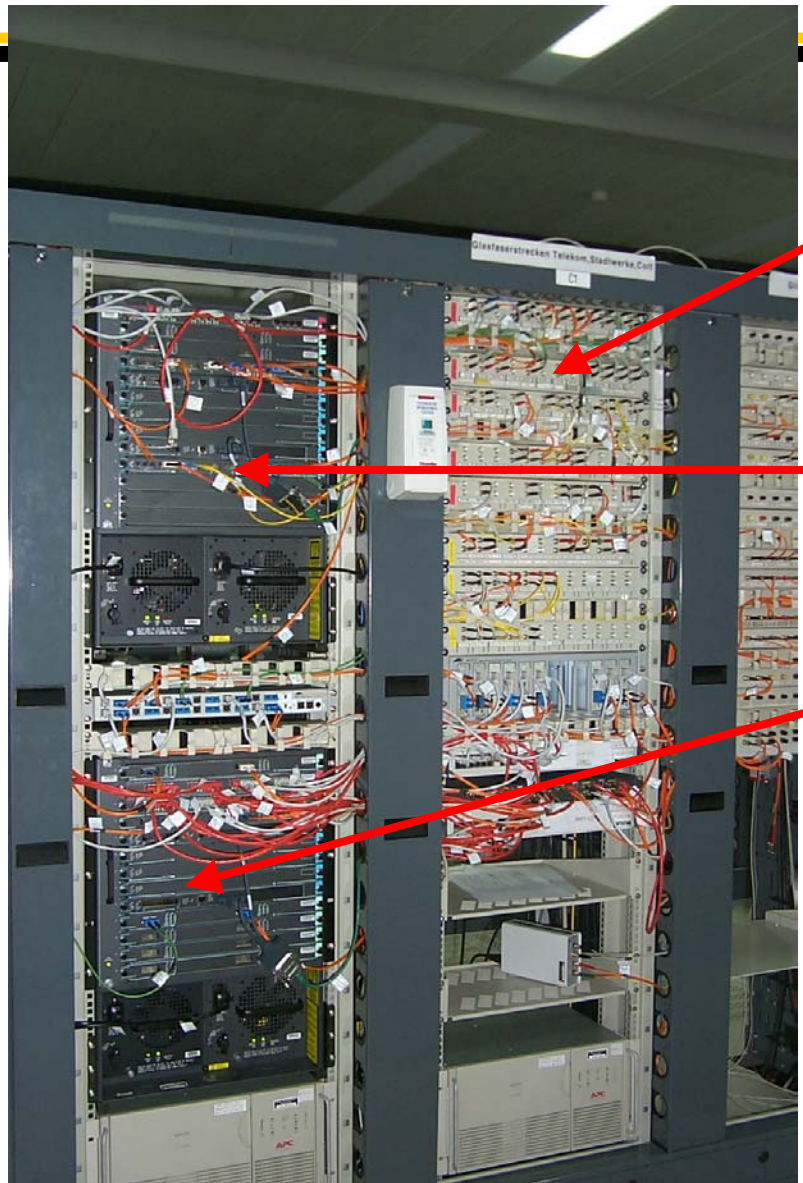
Verbindungskomponenten

Switch und Router im MWN



Verbindungskomponenten

Switch und Router im LRZ



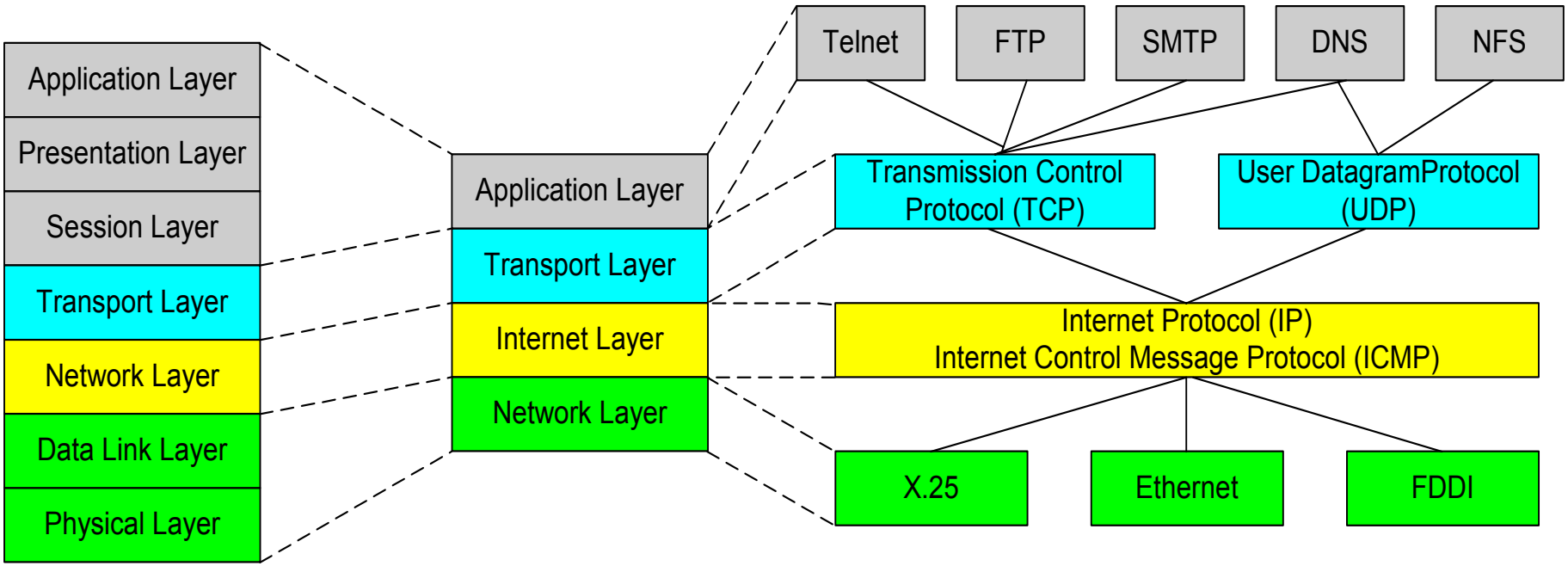
LWL-Strecken von externen Standorten

Switch von CISCO

Router von CISCO

TCP/IP-Protokolle

Abbildung OSI zu TCI/IP



FTP = File Transfer Protokoll
SMTP = Simple Mail Protokoll
DNS = Domain-Name-Server
NFS = Network file System

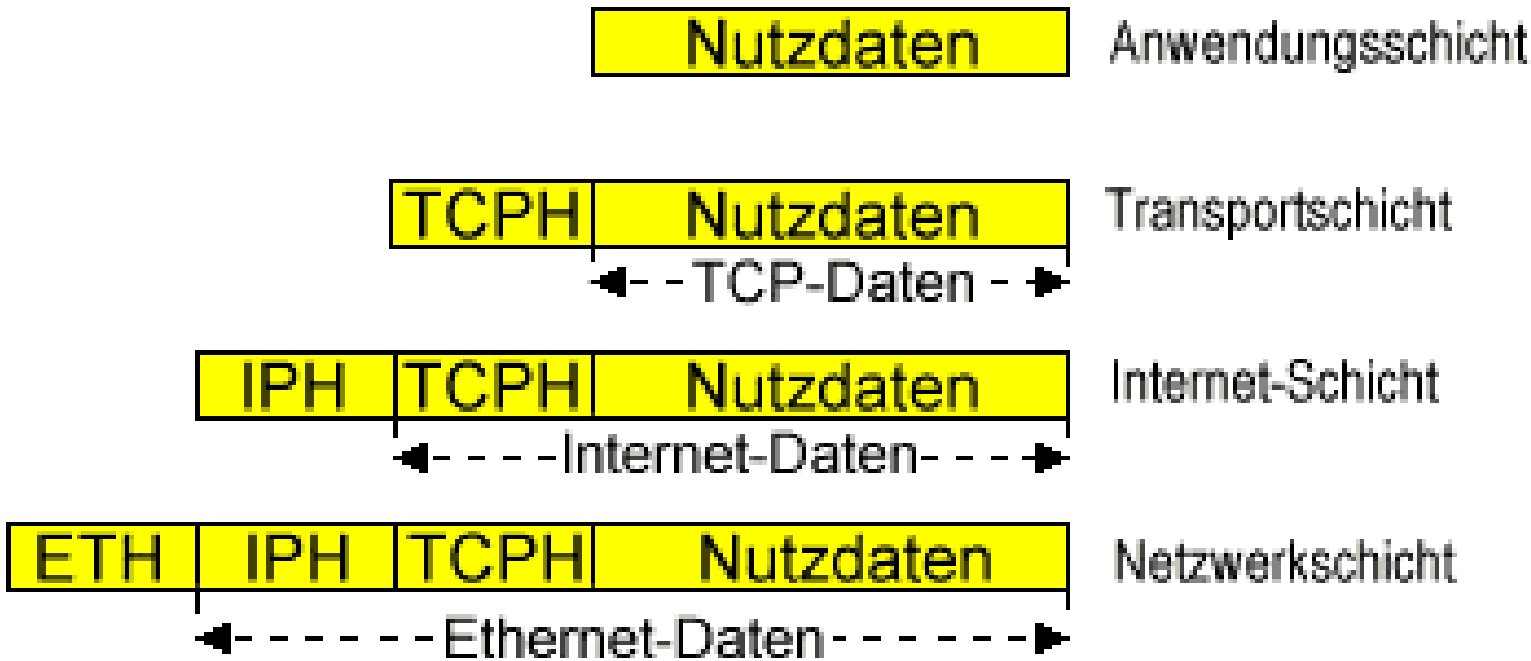
TCP/IP-Protokolle

Internet Protokoll Suite

<table>
<tr><th colspan="10">Internet-Protokolle</th></tr>
<tr><th colspan="2">OSI-Schicht</th><th colspan="7">Internet Protokoll Suite</th><th>DOD Schicht</th></tr>
<tr><td>7</td><td>Anwendung</td><td>File Transfer</td><td>Electronic Mail</td><td>Terminal Emulation</td><td>Usenet News</td><td>Domain Name Service</td><td>World Wide Web</td><td>Art der Kommuni-kation</td></tr>
<tr><td>6</td><td>Darstellung</td><td rowspan="2">File Transfer Protocol (FTP) RFC 959</td><td rowspan="2">Simple Mail Transfer Protocol (SMTP) RFC 821</td><td rowspan="2">Telnet Protocol (Telnet) RFC 854</td><td rowspan="2">Usenet News Transfer Protocol (NNTP) RFC 977</td><td rowspan="2">Domain Name Service (DNS) RFC 1034</td><td rowspan="2">World Wide Web (WWW) RFC</td><td rowspan="2">Applikation</td></tr>
<tr><td>5</td><td>Sitzung</td></tr>
<tr><td>4</td><td>Transport</td><td colspan="5">Transmission Control Protocol (TCP) RFC 793</td><td>User Datagram Protocol (UDP) RFC 768</td><td>Host to Host Kommunikation</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Netzwerk</td><td>Address Resolution Protocol (ARP) RFC 826</td><td colspan="4">Internet Protocol (IP) RFC 791</td><td>Internet Control Messsage Protocol RFC 792</td><td>Internet</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Sicherung</td><td colspan="2">Ethernet</td><td>Token Ring</td><td>DQDB</td><td>FDDI</td><td>ATM</td><td>lokales Netzwerk</td></tr>
<tr><td>1</td><td>Physikalische Übertragung</td><td>Twisted Pair</td><td>Lichtwellenleiter</td><td colspan="2">Coaxkabel</td><td>Funk</td><td>Laser</td><td>Netzzugriff</td></tr>
</table>

TCP/IP-Protokolle

Data-Encapsulation



ETH Ethernet-Header
IPH IP-Header
TCPH TCP-Header

TCP/IP-Protokolle

Protokolle auf Schicht 3

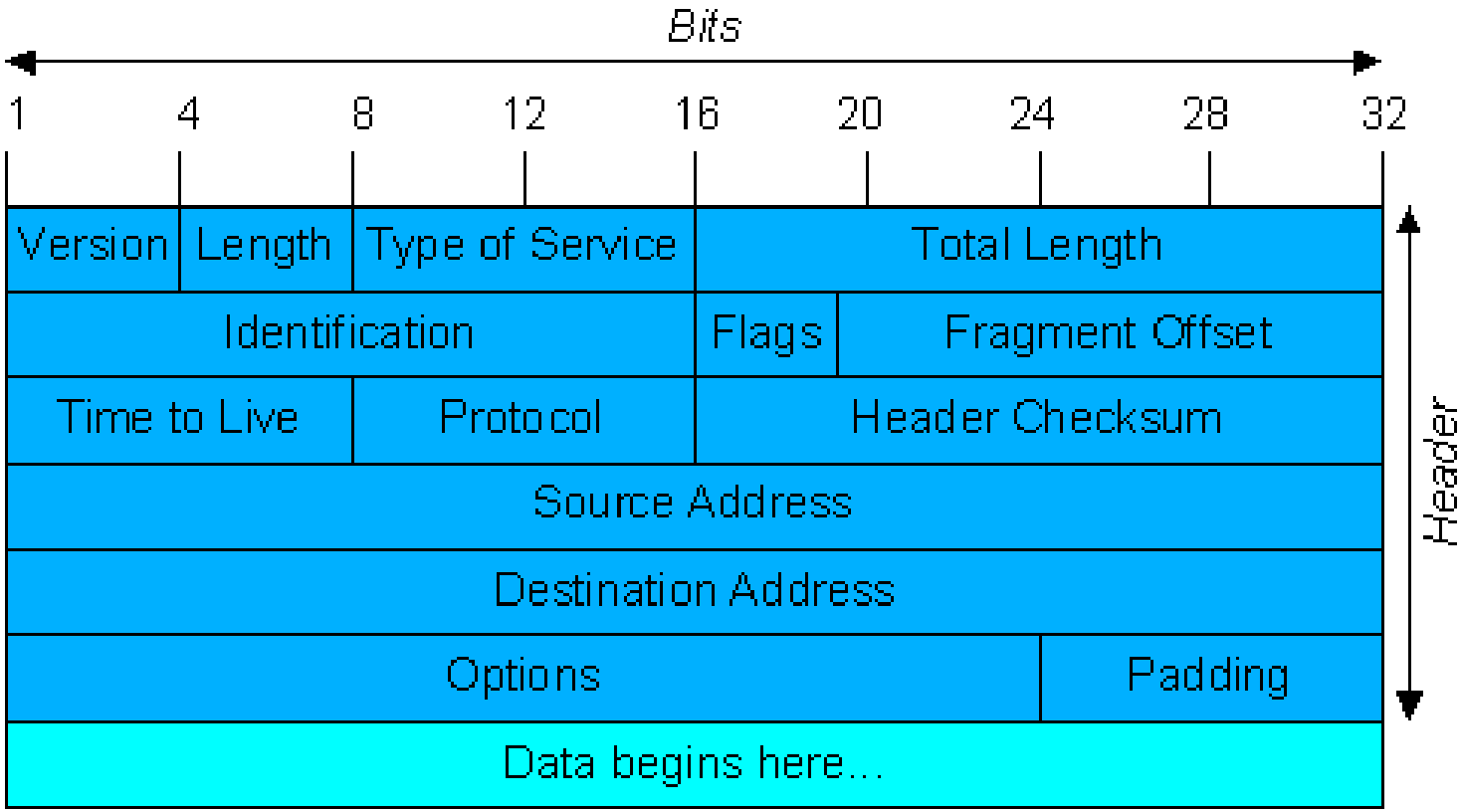
- **IP (Internet Protocol)**
  - verbindungslos (keine Flusskontrolle)
  - Fragmentierung in Pakete
  - IP-Adressen
  - nur Prüfsumme für Header
  - endliche Lebensdauer von Paketen
  - einheitliche Sicht auf verschiedene Netztechniken
- **ARP-Protokolle (Address Resolution Protocol),**
  - Auflösung logischer IP-Adresse in eine physikalische (z. B. Ethernet-MAC) Adresse
  - Broadcasts
- **Drei unabhängige Namens- bzw. Adressräume**
  - Ethernet-Adresse (MAC)

    ↕ ARP
  - IP-Adresse (Internet-Nummern)

    ↕ Domain-Name-Server (DNS)
  - Domain-Namen

TCP/IP-Protokolle

IP-Header



TCP/IP-Protokolle

IP-Adressen

- **IP-Adressen bestehen aus einer 32 Bit langen Zahl. Darstellung: 4 Bytes (zu je 8 Bit).**

  Bytes werden dezimal notiert und durch Punkte getrennt (a.b.c.d).

  Beispiel : 129.187. 12. 37

- **Einteilung in**
  - Netzadresse
  - Rechneradresse,
  - Netzmaske bestimmt Bereich der Netzadresse
- **Subnetze**
  - Lokale Verfeinerung durch Sub-Netzmaske
  - Nach außen Class B-Netz, im Innern lauter Class C-Netze

TCP/IP-Protokolle

IP-Adressen Netzklassen

	Klasse A - Netz	Klasse B - Netz	Klasse C - Netz
Netz-ID	8 Bit = 1 Byte	16 Bit = 2 Byte	24 Bit = 3 Byte
Host-ID	24 Bit = 3 Byte	16 Bit = 2 Byte	8 Bit = 1 Byte
Netzmaske	255.0.0.0	255.255.0.0	255.255.255.0
Wertebereich (theoretisch)	0.0.0.0 bis 127.255.255.255	128.0.0.0 bis 191.255.255.255	192.0.0.0 bis 223.255.255.255
Anzahl der Netze	128 (= 2^7)	16.384 (= 2^6*256 = 64*256)	2.097.152 (= 2^5*256*256 = 32*256*256)
Anzahl der Rechner im Netz	16.777.216 (= 256^3)	65.536 (= 256^2)	256 (= 256^1)

- Alle Rechner mit der gleichen (Sub-)Netzadresse gehören zu einem Netz und sind untereinander direkt erreichbar.
- Zur Koppelung von Netzen unterschiedlicher Adresse wird ein Router, benötigt.
- Je nach Zahl der zu koppelnden Rechner wird die Netzklasse gewählt.
- Reservierte Adressen:

  0 = Netzwerk, 255 = Broadcast, 250 – 254 = Netzmanagement für MWN

TCP/IP-Protokolle

Im MWN verwendete IP-Adressen

- **Im MWN werden u.a. verwendet**
  - 129.187.0.0 — TUM, LMU, BADW, LRZ
  - 141.40.0.0 — Campus Weihenstephan
  - 141.84.0.0 — LMU, LRZ
  - 141.39.240.0 - 141.39.255.255 — FH-München
  - 131.159.0.0 — TU-Informatik
  - 138.245.0.0 — Forschungsnetz der LMU-Kliniken
  - 141.39.128.0 -141.39.191.255 — Klinikum Rechts der Isar
  - 192.48.107.0 — Rechnergestütztes Entwerfen
  - 192.54.42.0 — Beschleuniger-Labor
  - 192.55.197.0 — LS für Integrierte Schaltungen
  - 192.67.170.0 — Rechnergestütztes Entwerfen
  - 193.175.56 - 63.0 — Klinikum Rechts der Isar

TCP/IP-Protokolle

IP-Adress-Mangel Abhilfen

- **Private Networks nach RFC1597**
  - kein Routing, keine Verbindung ins Internet, kein Angriff von außen
  - Class-A-Netze (1) : 10.0.0.0 - 10.255.255.255
  - Class-B-Netze (16) : 172.16.0.0 - 172.31.255.255
  - Class-C-Netze (256) : 192.168.0.0 - 192.168.255.255
- **Private IP-Adressen im MWN**
  - Zuteilung durch LRZ, Routing im MWN, kein Angriff aus dem WiN
  - 10.152.0.0/16 priv. Subnetze für die TUM
  - 10.153.0.0/16 priv. Subnetze für die LMU
  - 10.154.0.0/16 priv. Subnetze für die FH-Weihenstephan
  - 10.155.0.0/16 priv. Subnetze für sonstige Einrichtungen
- **Dynamische IP-Adressen**
  - Wählzugang, VPN, Funk-Zugang
  - DHCP (dynamic host configuration protocol)
- **NAT (Network Address Translation)** 1-privat zu 1-öffentlich
- **PAT (Port and Address Translation)** n-privat zu 1- öffentlich, n TCP-Port
- **IPv6**

TCP/IP-Protokolle

Ziele von IPv6

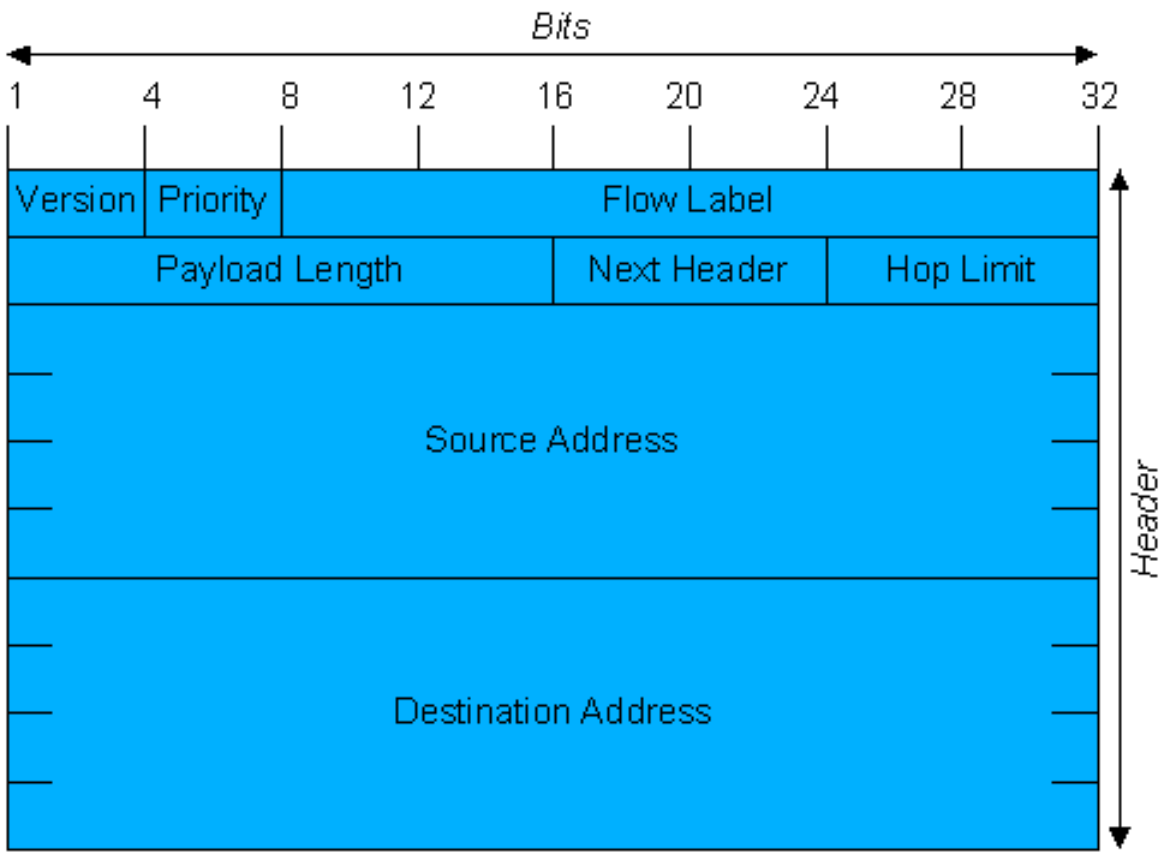
- Unterstützung von Milliarden von Hosts, auch bei ineffizienter Nutzung des Adressraums
- Reduzierung des Umfangs der Routing-Tabellen
- Vereinfachung des Protokolls, damit die Router Pakete schneller abwickeln können
- Höhere Sicherheit (Authentifikation und Datenschutz) als das heutige IP
- Mehr Gewicht auf Dienstarten, insbesondere für Echtzeitanwendungen
- Unterstützung von Multicasting durch die Möglichkeit, den Umfang zu definieren
- Möglichkeit für Hosts, ohne Adressänderung auf Reise zu gehen (Laptop)
- Möglichkeit für das Protokoll, sich zukünftig weiterzuentwickeln
- Unterstützung der alten und neuen Protokolle in Koexistenz für Jahre

- IPv6 kommt dann, wenn es benötigt wird, hoher Aufwand
- inet6num: 2001:0638:0100::/48 netname: LRZ-MUNICH

TCP/IP-Protokolle

IPv6 Header

128-bit-Adresse



TCP/IP-Protokolle

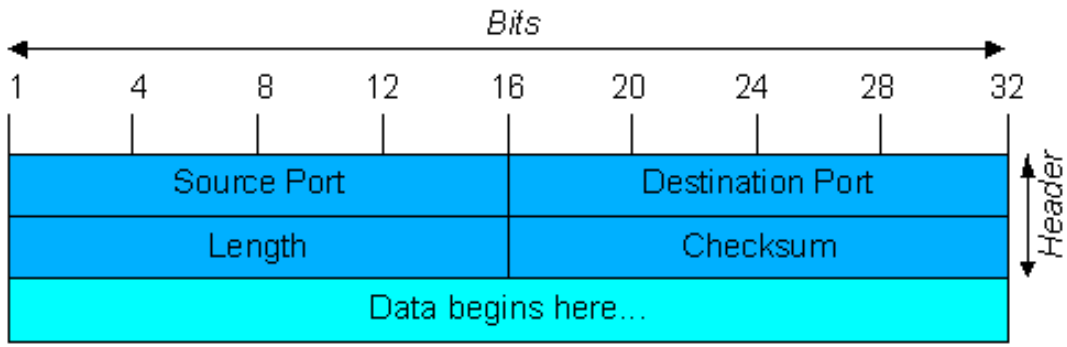
Protokolle auf Schicht 4

- **TCP (Transmission Control Protocol)**
  - verbindungsorientiert
  - geregelter Verbindungsaufbau und Abbau
  - Flusskontrolle (d. h. Empfangsbestätigung, etc.)
  - Windowing
  - Portnummer (mehrerer Anwendungsprogramme gleichzeitig auf einem Rechner)

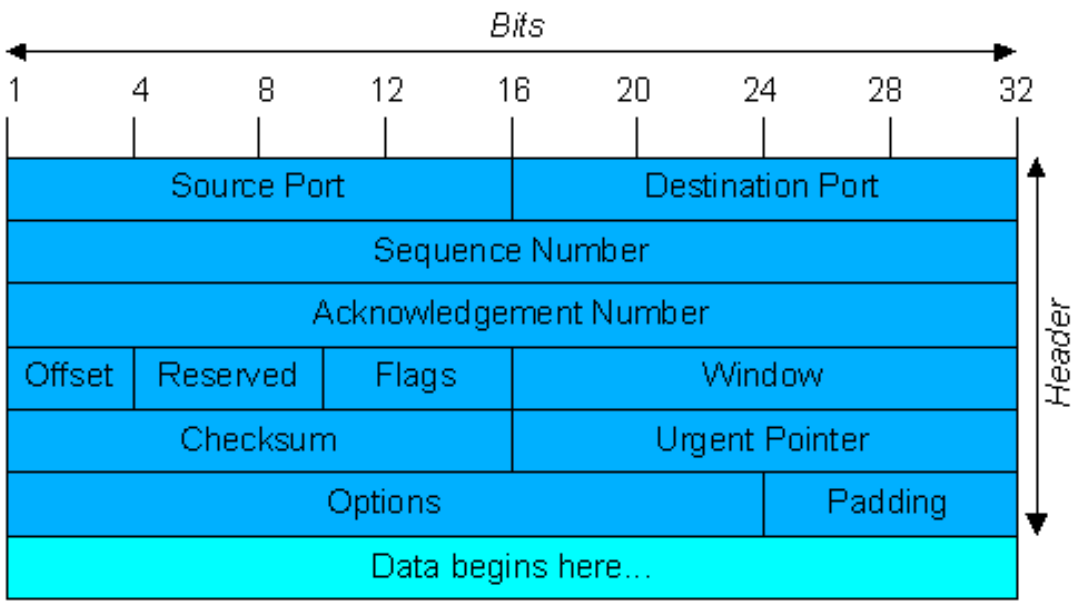
- **UDP (User Datagram Protocol)**
  - verbindungslos
  - ungesicherter Transport
  - z.B. für NFS

TCP/IP-Protokolle

UDP- TCP- Header



UPD-Header



TCP-Header

TCP/IP-Protokolle

TCP-Ports

Portnummer	Protokoll
20	FTP (Daten)
21	FTP (Befehle)
22	Secure Shell
23	Telnet
25	SMTP
53	DNS-Server
79	Finger
80	HTTP (Proxy-Server)
110	POP3
119	NNTP
143	IMAP
194	IRC
210	WAIS
256 - 1023	UNIX-spezifische Services
540	UUCP
1024 - 49151	Registered Ports
49152 - 65535	Dynamic / Private Ports

ausgewählte Ports:

Filesharing-Protokolle

- KaZaA 1214
- eDonkey 4661 bis 4665
- Gnutella 6346, 6347
- Napster 6699

SNMP-Abfragen 161,162

Netbios 139

Simple Mail Transfer 25

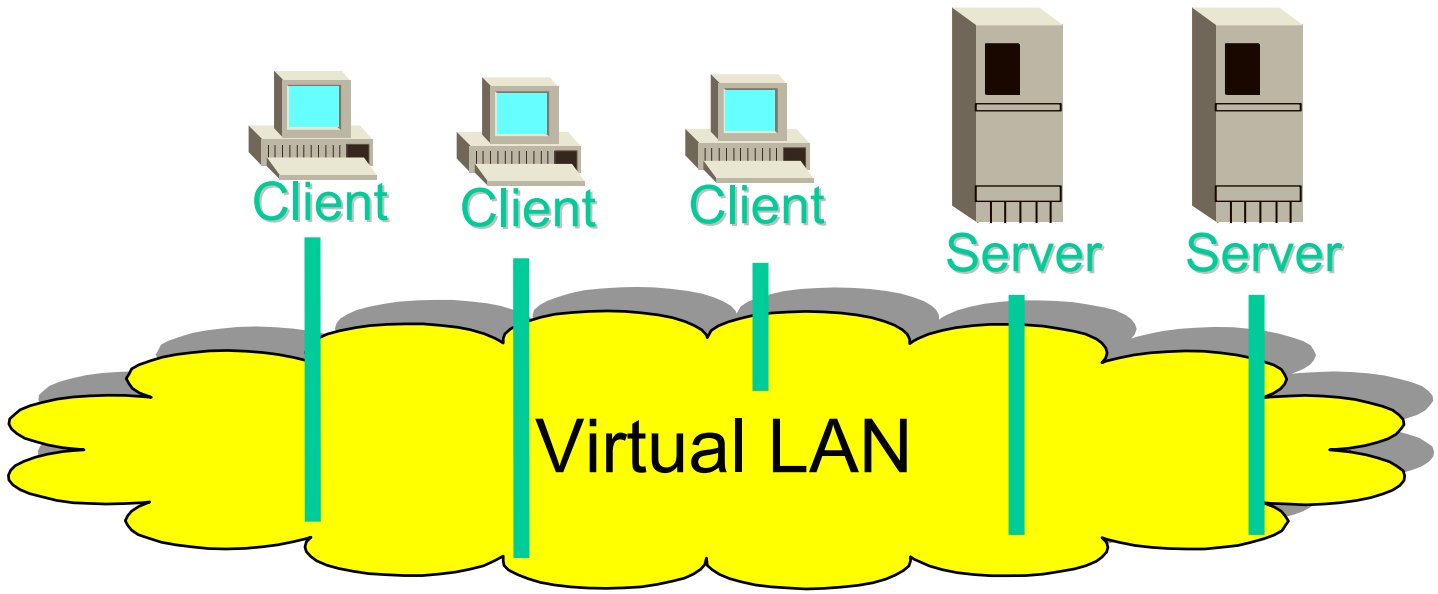
z.Z am WiN-Zugang des MWN gesperrt

Liste der Port-Nummern
http://www.iana.org/assignments/port-numbers

VLAN

Definition

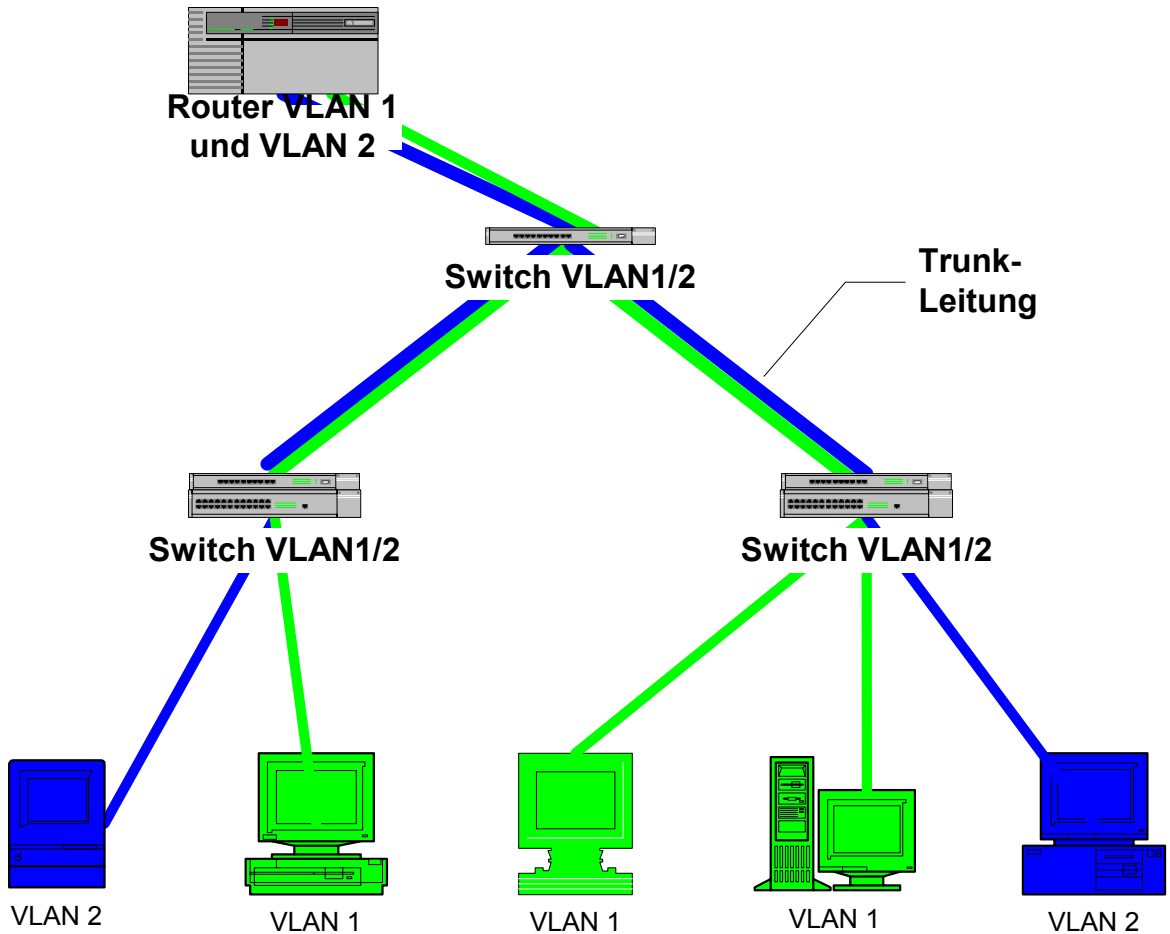
- Orts- / Topologie-unabhängige Zusammenfassung von Rechnern, die miteinander kommunizieren, wie wenn sie sich auf einem gemeinsamen, physischen LAN befänden



- ein VLAN = eine Broadcast-Domain, ein “klassisches LAN”
- zwischen Geräten in einem VLAN wird geswitched
- zwischen verschiedenen VLANs wird geroutet

VLAN

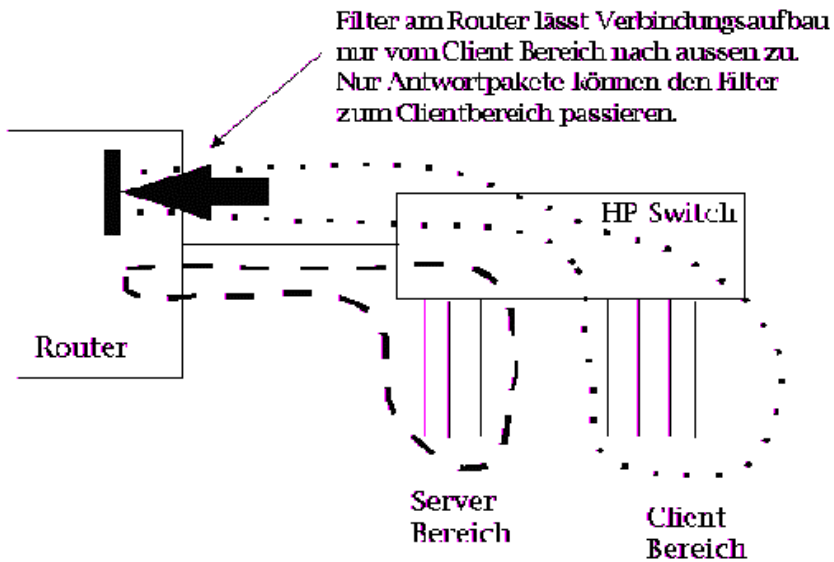
Beispiel



VLAN

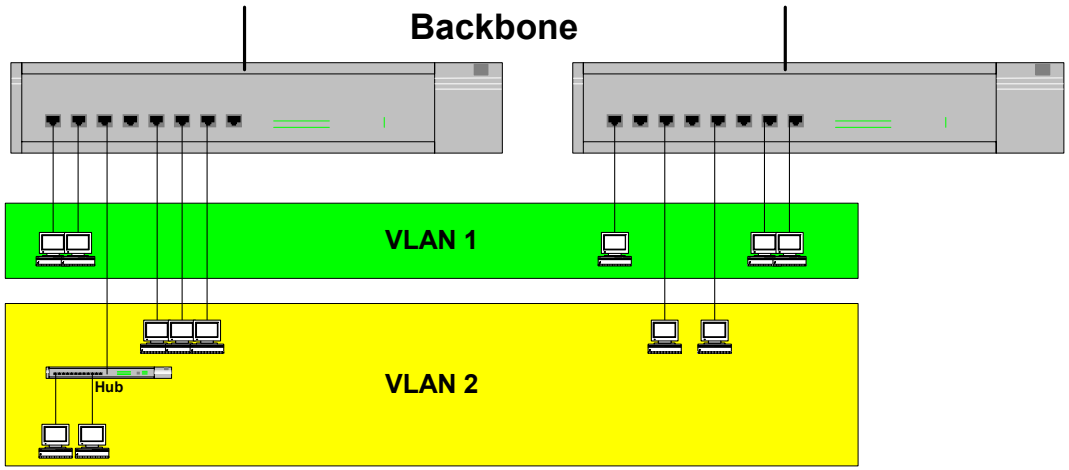
Einsatzmöglichkeiten

- **weniger Komponenten notwendig**
- **keine parallelen physischen Infrastrukturen notwendig, wenn mehrere Institutionen / Arbeitsgruppen im gleichen Gebäude**
- **Segmentierung, kleinere Collisionsdomänen**
- **verteilte Arbeitsgruppen**
- **Sicherheit, Zugriffskontrolle (Firewalls)**
- **Merkmale zur Bildung von VLANs (herstellerspezifisch)**
  - Port-basierend
  - MAC-basierend („user-based“)
  - Protokoll-basierend (IP, IPX, ..)
  - regelbasierend („policy-based“)
  - Anwendungs- / Dienst-spezifisch
- **Verwendung im MWN**
  - Verwaltungsnetze, Patientennetze
  - Netze hinter FW
  - Funk-LAN-Netz
- **Hoher Aufwand**



VLAN

Port-basierte VLANs



- Für jeden Switch-Port wird festgelegt, in welches VLAN die angeschlossenen Geräte gehören
- Switch wird aufgeteilt in mehrere Netze
- entspricht weitgehend herkömmlichen Installationen
- Hubs können problemlos eingesetzt werden
- Standard 802.1Q (Kennzeichnung der Pakete mit sog. Tag`s (12 Bit für VLAN)
- Hoher Konfigurations- und Dokumentationsaufwand
- schwierige Fehlersuche

Literatur

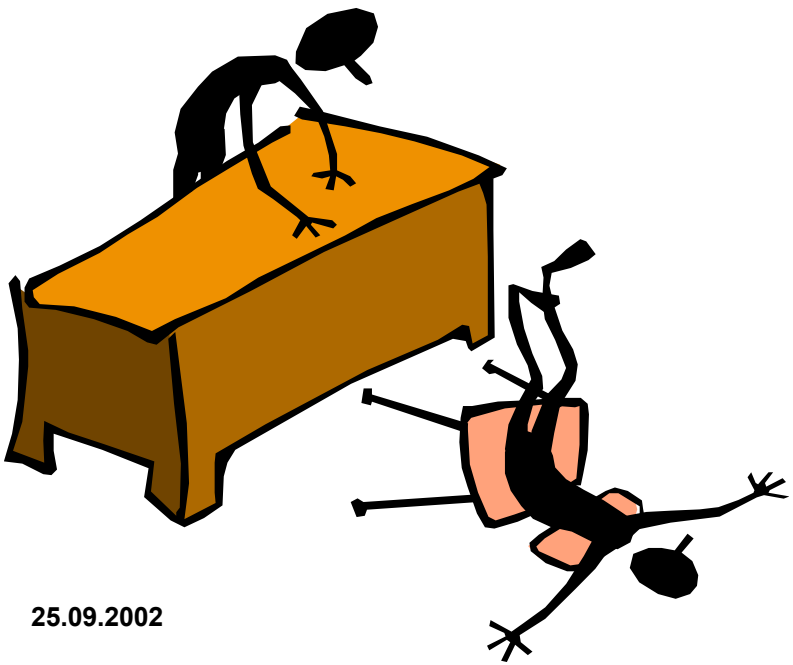
- Einführung in Computernetze
- http://www.rvs.uni-bielefeld.de/publications/books/NetworksBook.html

- Skripten über Netze, u.a.
- http://www.netzmafia.de/skripten/

- Lernprogramme Datenkommunikation
- http://www.fh-augsburg.de/informatik/projekte/emiel/datacom/literatur/internet.html

- Netzwerke
- http://www.tu-chemnitz.de/informatik/HomePages/RA/kompendium/vortraege_98/netz/index.html

- Broschüre Netzwerke Grundlagen
  RRZN-Schriften-Reihe

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

noch Fragen??