

Praxis der Datenkommunikation
Lokale Netze: Switching, Routing, Strukturierung

P. Holleczek

RRZE

21.10.2015

peter.holleczek@fau.de



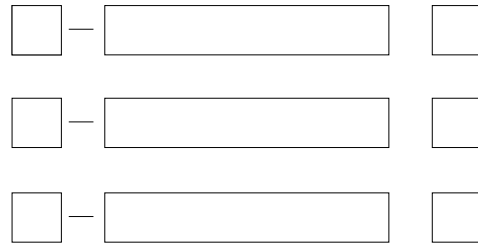
- **Erhernet: das Ur-LAN**
- **Standards**
- **LAN-Strukturierung**
- **LAN-Strukturelemente**
- **LAN-Strukturierung an der FAU**



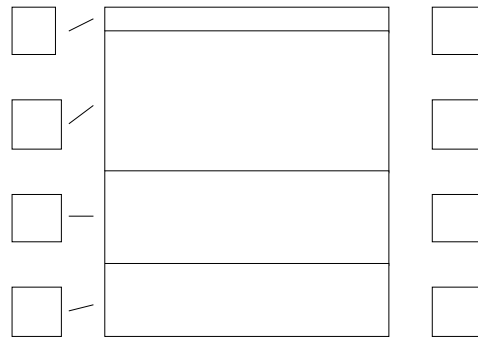
- **Merkmale**
- **CSMA/CD**
- **Restriktionen**

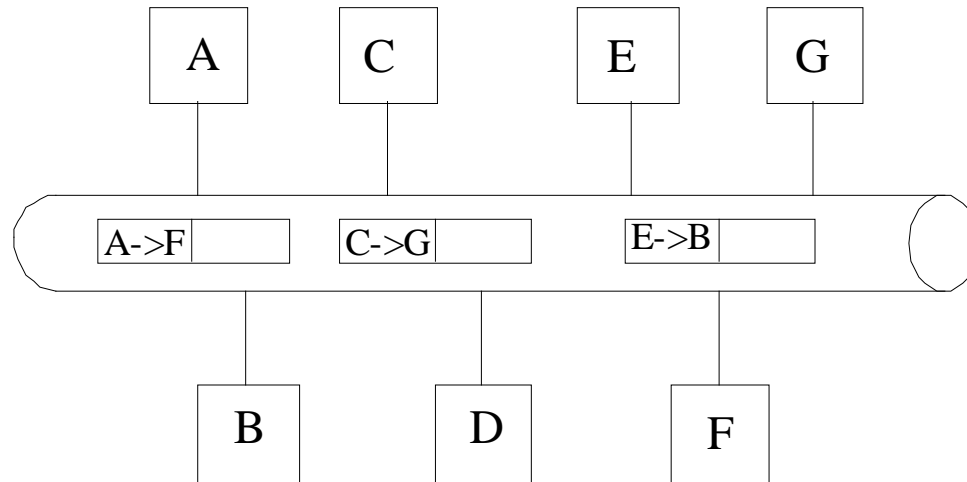


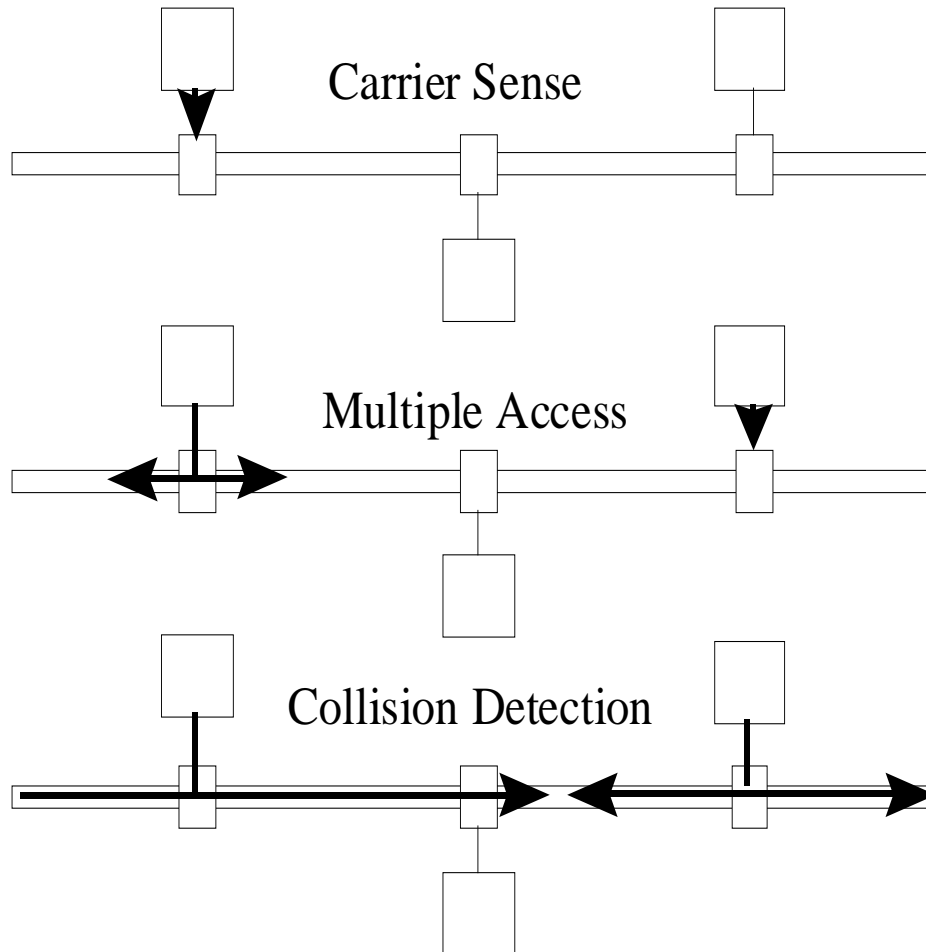
ISDN: fest, $n \cdot 64\text{kbps}$



LAN: dynamisch, z.B. Summe = 10Mbps









- **Übertragungsrate: 10 Mbit/s**
- **64Bytes < Framegröße < 1.500Bytes**
 - **Ausnahme: „Jumbo-Frames“**

▪ ~~Längen (nur im klassischen Koax):~~

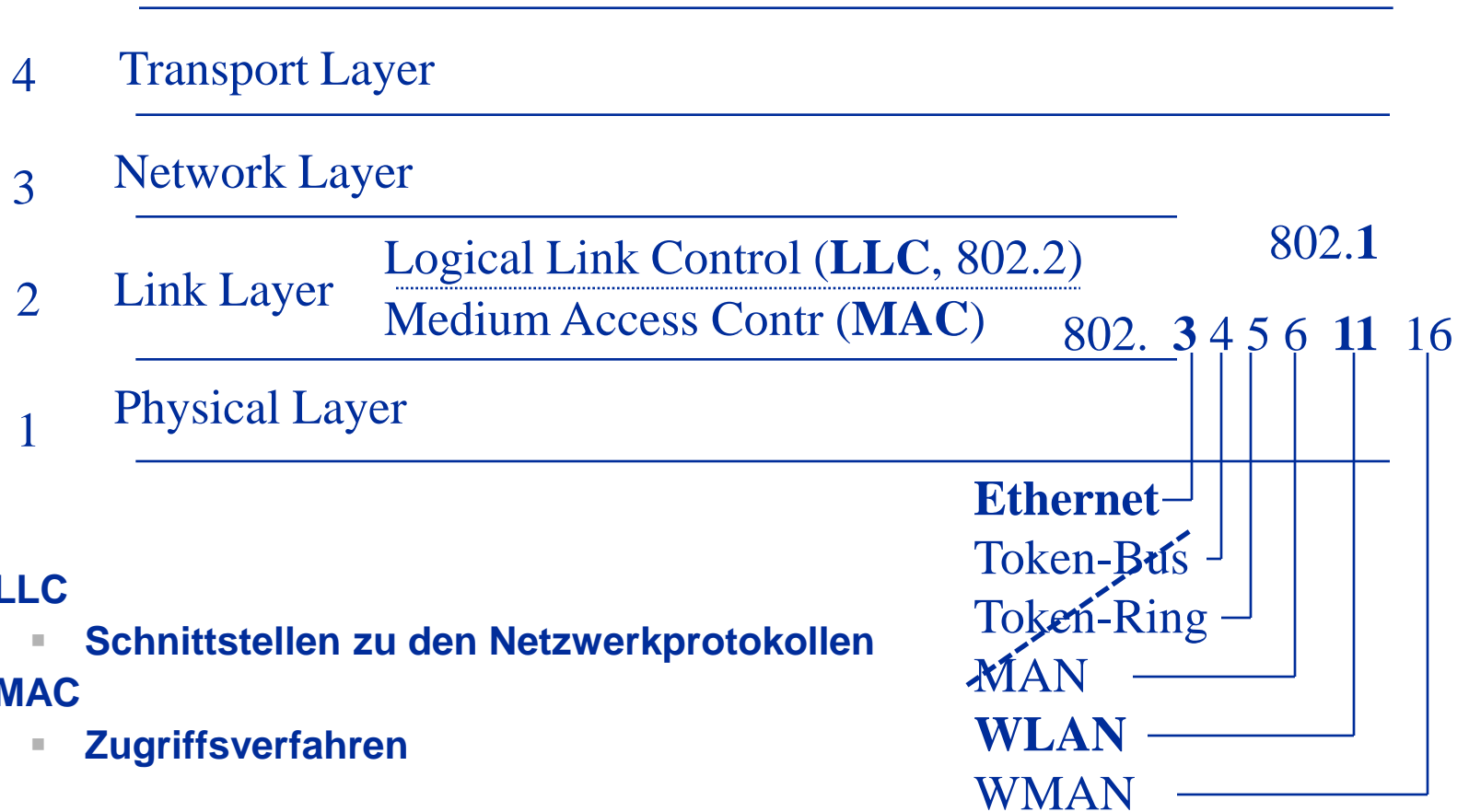
max. Ausdehnung	min. Abstand der MAUs	
10Base5	500m	2,5m
10Base2	180m	0,5m



- **LAN-Standards**
- **LAN-Strukturierung**
- **LAN-Strukturierung FAU**



- **Im Schichtenmodell**
- **Ethernet**
- **Und noch mehr Ethernet ...**





- **Übertragungsraten**
 - 10 Mbit/s (wie Ur-Ethernet)
 - 100 Mbit/s (FE / Fast-Ethernet)
- **Zugriffsverfahren**
 - Halb-Duplex (hdx: CSMA/CD)
 - Voll-Duplex (fdx)



- **Gigabit-Ethernet (,GE‘)**
 - **Nenn-Datenrate 1Gbps**
 - **kein CSMA/CD (wäre hdx), nur fdx**
 - **legt (nur noch) Datenformate fest**
 - **interessant für Fernverbindungen**

- **Funk-LANs**
 - **IEEE 802.11 (WLAN)**
 - **wie CSMA-CD ... ein Kollisionsbereich**
 - **Summenbandbreite 2 => 11 => 54 => 289 Mbit/s**

 - **IEEE 802.16 (WMAN) ?**



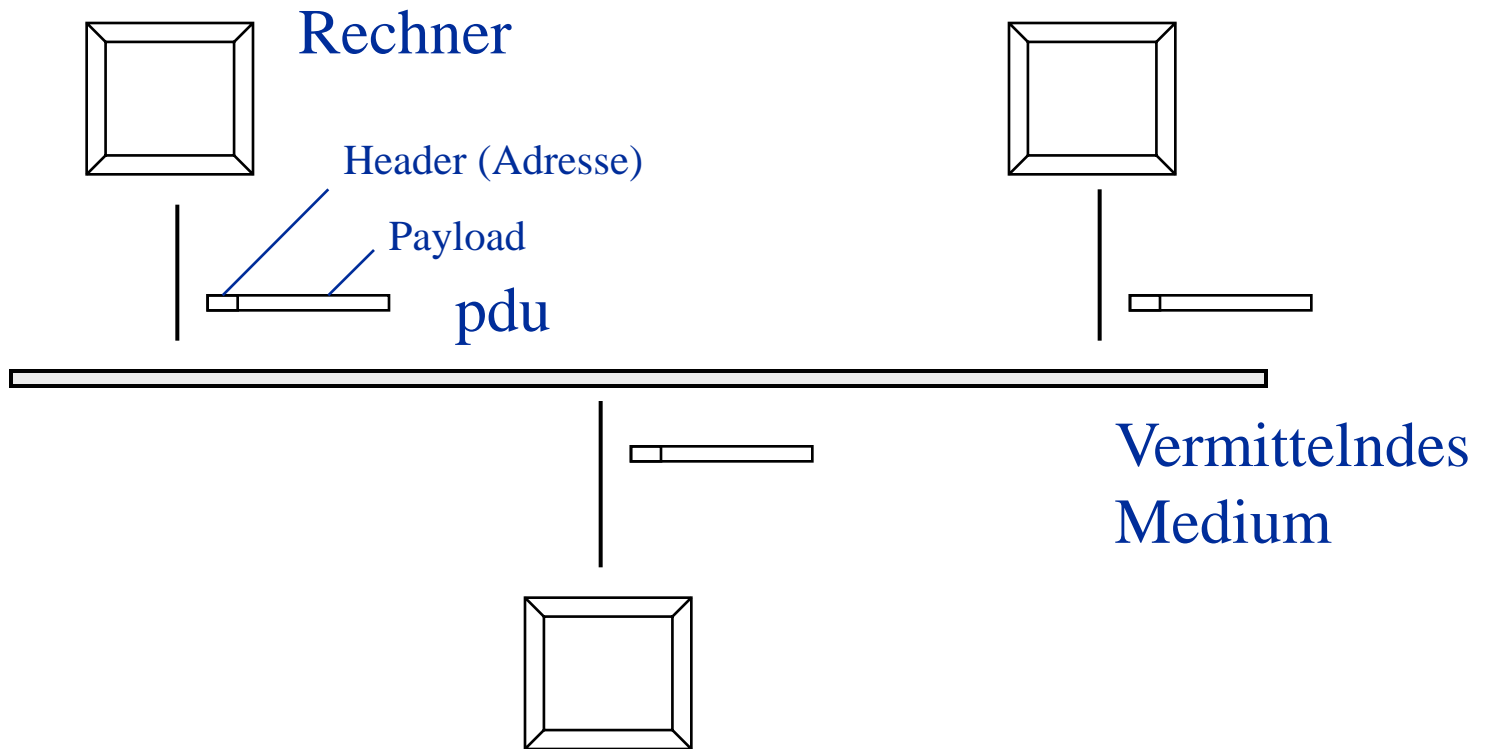
- **Motivation**
- **Ur-Ethernet**
- **Verallgemeinertes Netz**
- **Adressierung**



- **Ausgangslage**
 - viele Nutzer / Rechner / Gebäude / Nutzergruppen
 - Verkehrsbeziehungen?

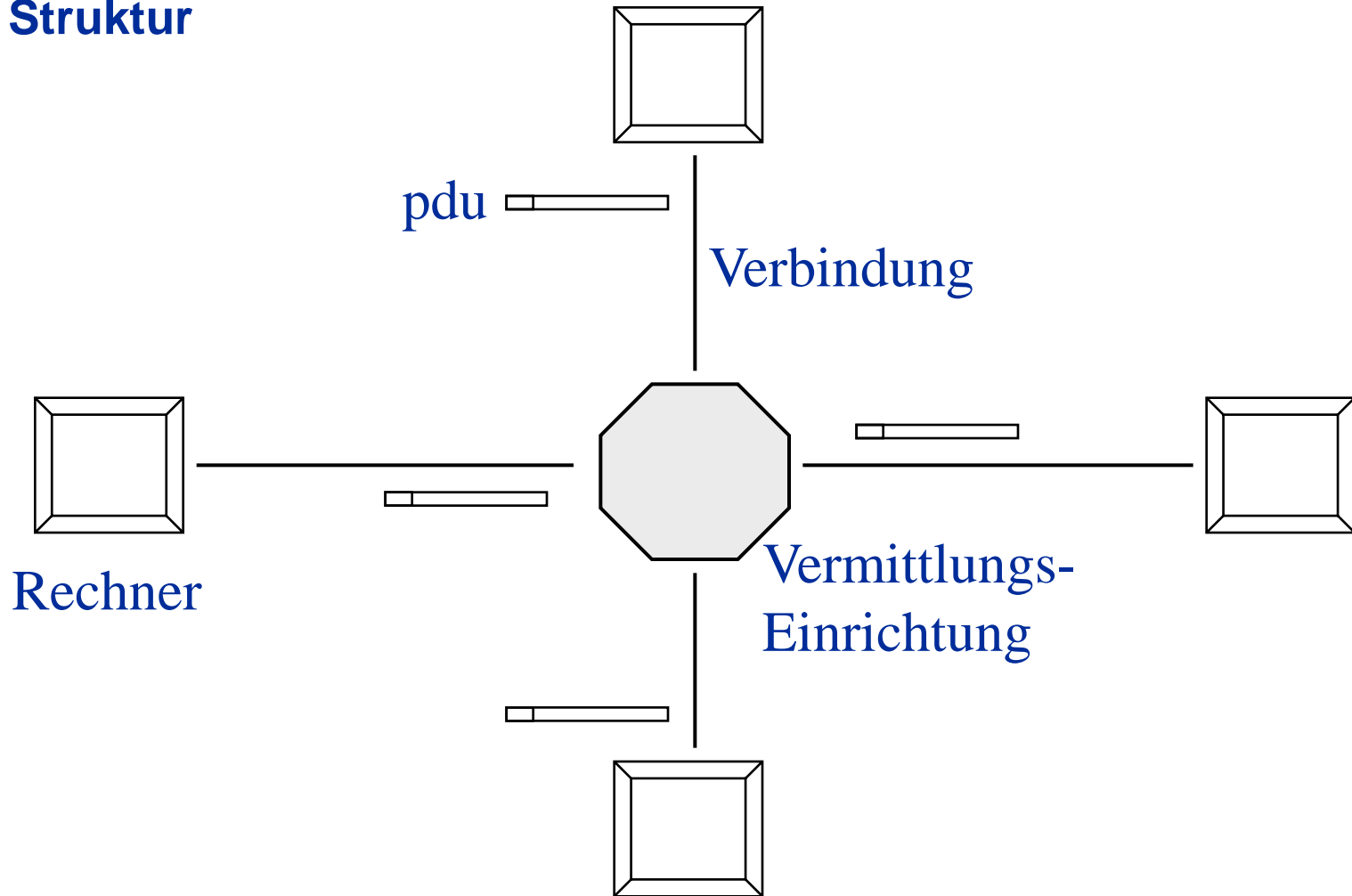
- **Kommunikation**
 - Nicht: jeder mit jedem
 - Struktur abhängig von
 - Informationsfluß
 - Gemeinsamen Objekten / Datenbeständen
 - Geschäftsprozessen
 - Kriterien
 - Sicherheit (Abschirmung: Verkehr „lokal“ halten)
 - Wirtschaftlichkeit (Ressourcen: Verkehr „lokal“ halten)
 - Abbildung: Vergleich Straßennetz

Verallgemeinertes Ur-Ethernet



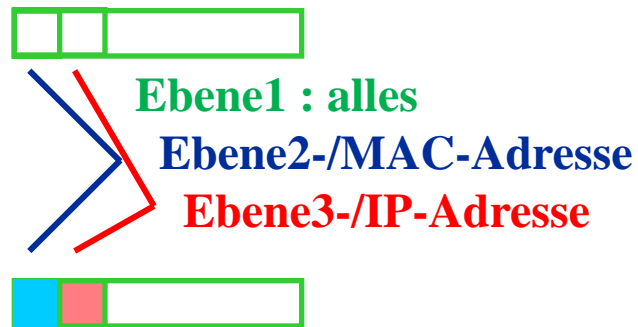


Struktur





- **Aufgabe**
 - **Vermittlung von pdus**
anhand von Adressen im Header



- **Strukturierung des Rechnerbestands**



- **Ebene 2: MAC-Adressen**
 - vom Hersteller des Interface-Boards fest vorgegeben
 - Zusammenhängende Bereiche für jeden Hersteller
 - z.B. 00:0B:3B:0E:1B:F5
- **Ebene 3: IP-Adressen**
 - einem Rechner dynamisch bzw. fest zugewiesen
 - z.B. 192.168.2.x, 131.188.3.72



■ IP-Adressen

- **Form:** $x . x . x . x$
- **Wertebereich:** $0 \leq x \leq 255$ (x: 8bit)
- **Aufbau grundsätzlich:** Netz . x . x . Host
 - **Zuordnung von x (Netz oder Host) abhängig von Klasse**
 - **Class A:** Netz . Host . Host . Host
 - **Class B:** Netz . Netz . Host . Host
 - **Class C:** Netz . Netz . Netz . Host
 - **z.B.** 131 .188 . x . x (Class B)
- **Vergabe**
 - **Extern (Prinzip: „flach“ bzw. „first come, first served“):**
 - International: *Internet Assigned Numbers Authority*
 - National: DE-NIC
 - **Lokal:**
 - Manuell
 - *Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)* via Server
- **Symbolisch (in Grenzen frei wählbare Bezeichnung):**
 - *Domain Name Service (DNS)* via Server



- **Zusammenhang mit anderen Adressen**
 - **LAN: Netz/IP (Ebene3) \Leftrightarrow Link/MAC (Ebene2)**
 - **Zuordnung durch**
 - *Address Resolution Protocol (ARP)*
 - *Reverse Address Resolution Protocol (RARP)*
 - **Broadcast als zentraler LAN-Mechanismus**

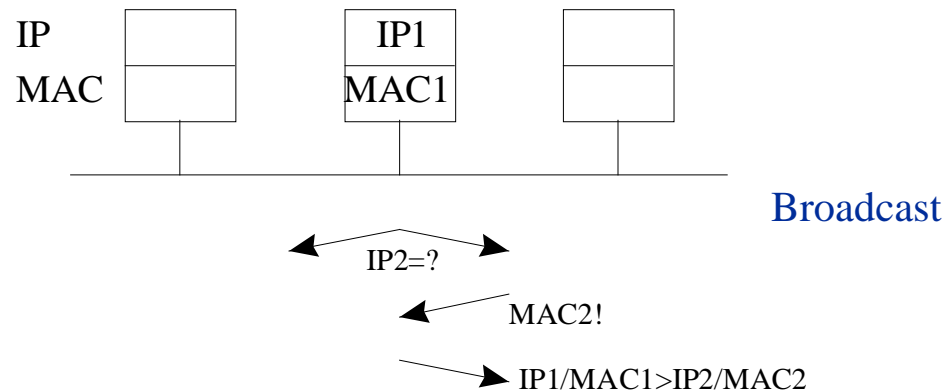


**Ausgangslage: kommunikationswilliges Rechnerpaar
(z.B. 1 = Client, 2 = Server)**

Client kennt

**eigene IP/MAC-Adresse (IP1/MAC1), IP-Adresse des Partners (IP2)
nicht MAC-Adresse des Partners**

Kommunikationsweg: IP1 -> IP2 !



Umkehrung:

Reverse ARP: MAC-Adresse => IP-Adresse

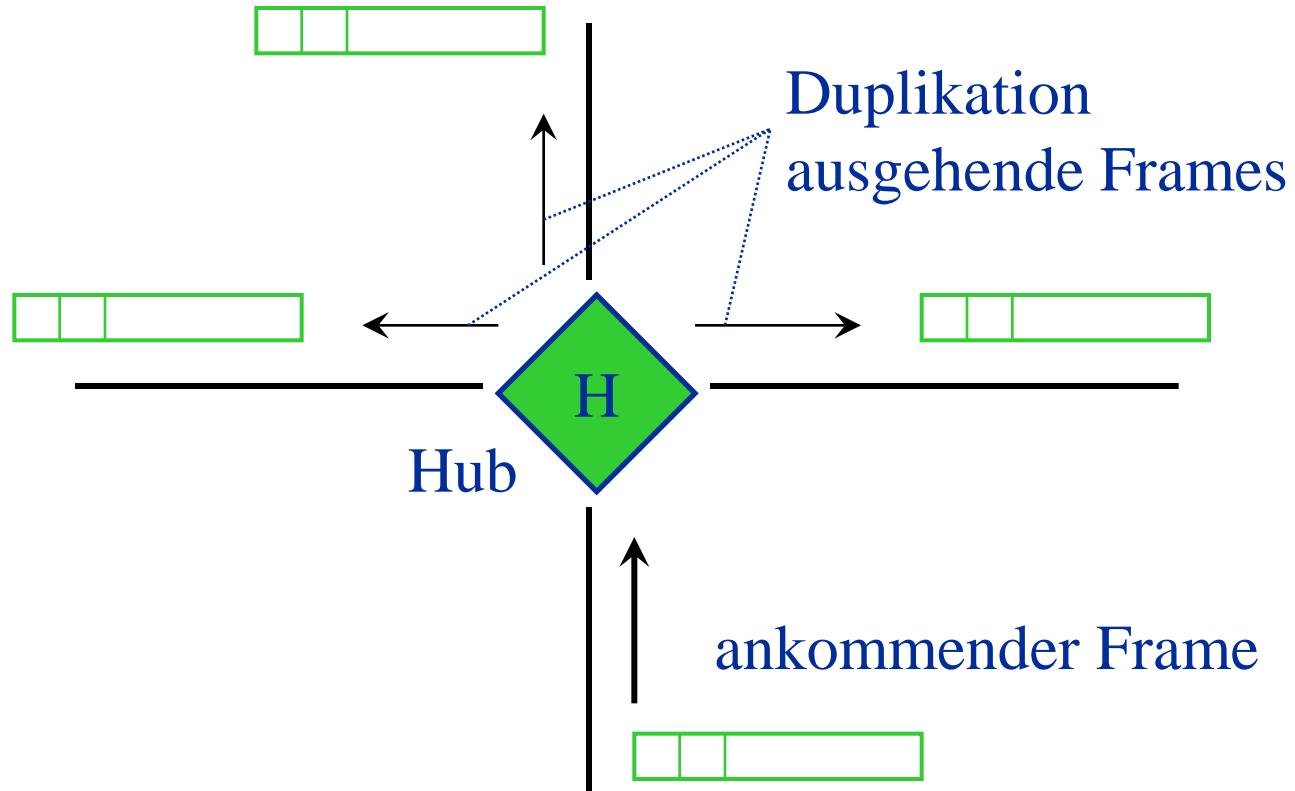


- **Ebene 1**
 - **Medien-Verbund (gemeinsamer Ethernet-Kollisionsbereich)**
 - **Ebene 2**
 - **(Ethernet-)Frame-Verbund**
 - **Ebene 1 vs Ebene 2**
 - **im Vergleich ...**
 - **Ebene 3**
 - **(IP-)Paket-Verbund**
 - **Ebene 2 & 3**
 - **im Verbund ...**

 - **Alle Ebenen**
 - **Übersicht**
- ⇒ **Erweiterte Ebene 2 & 3: Virtuelle LANs („VLANs“)**



- **Funktionsweise Ebene 1 – (Medien-)Verbund**
 - **Nachbildung des Ur-Ethernet**
 - **Erhaltung des „shared medium“**
 - **Weiterleitung aller pdus „an alle“
durch Duplikation auf „Bit-Ebene“**
 - **Zusatzfunktionen**
 - **Regenerierung der Signale („Flanken“)**
 - **Vergrößerung des Kollisionsbereichs,
durch Verkettung von Segmenten**
- **unabhängig von Ebene 2 - und 3 – Information**





- **gegenseitige Störung des Datenverkehrs durch „Bus“-Charakter**
- **Störrisiko wächst mit Anzahl der Teilnehmer**

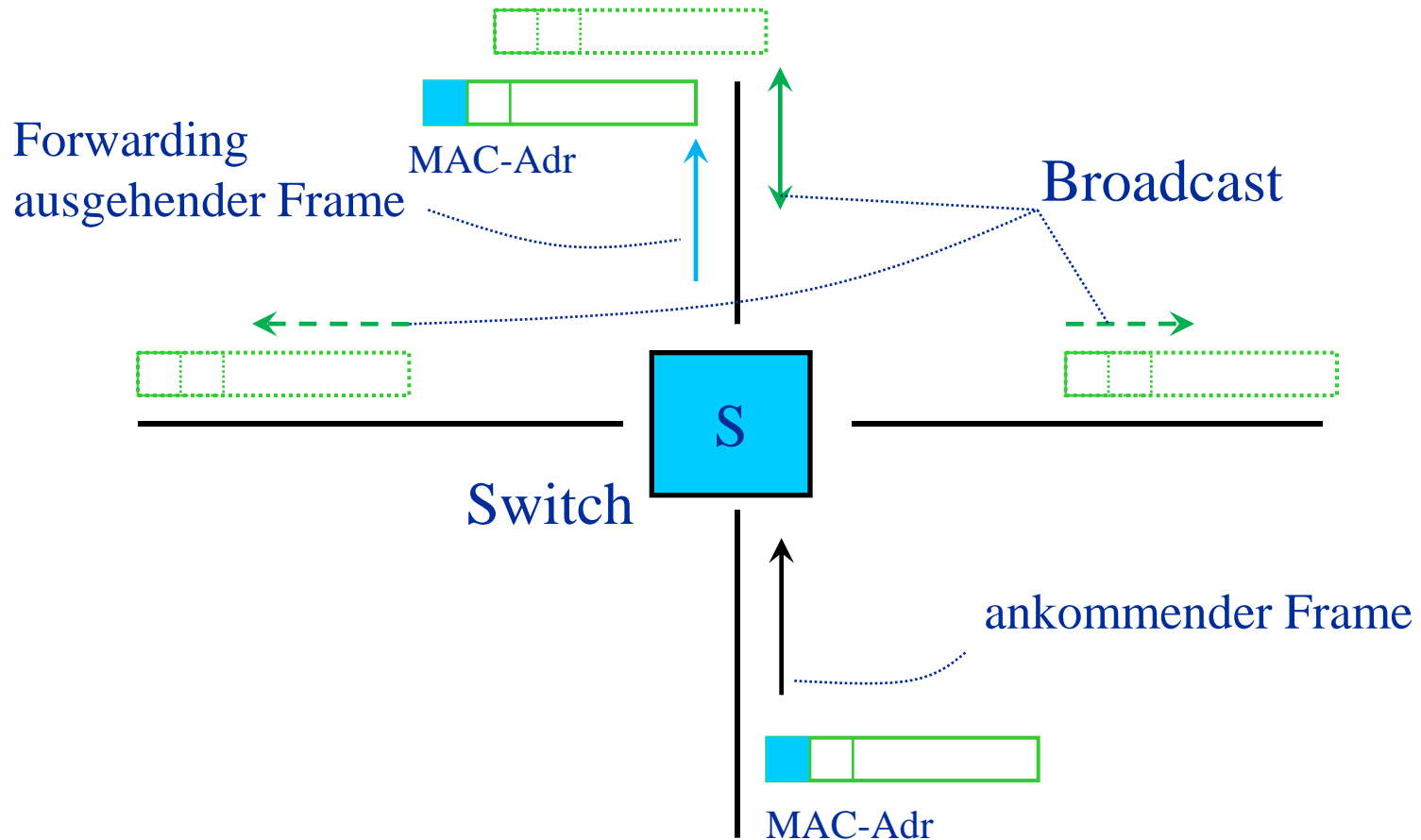


- **Funktionsweise Ebene 2 – (Frame-)Verbund**
 - **Trennung von Kollisionsbereichen**
 - **Weiterleitung (Forwarding) von „(Ethernet-)Frames“ an die richtige Stelle**
 - **Nachbilden des Kollisionsbereichs (nur) für Broadcasts: Weiterleiten von Broadcasts-pdus „an alle“**
 - **unabhängig von Ebene 3 – Information (IP-Paketen)**

- ~~> 2 Ports~~
- ~~Historisch: Bridges~~
 - ~~i.a. nur 2 Ports~~
 - ~~als local/remote bridge~~
 - ~~store&forward~~



Broadcast vs Forwarding

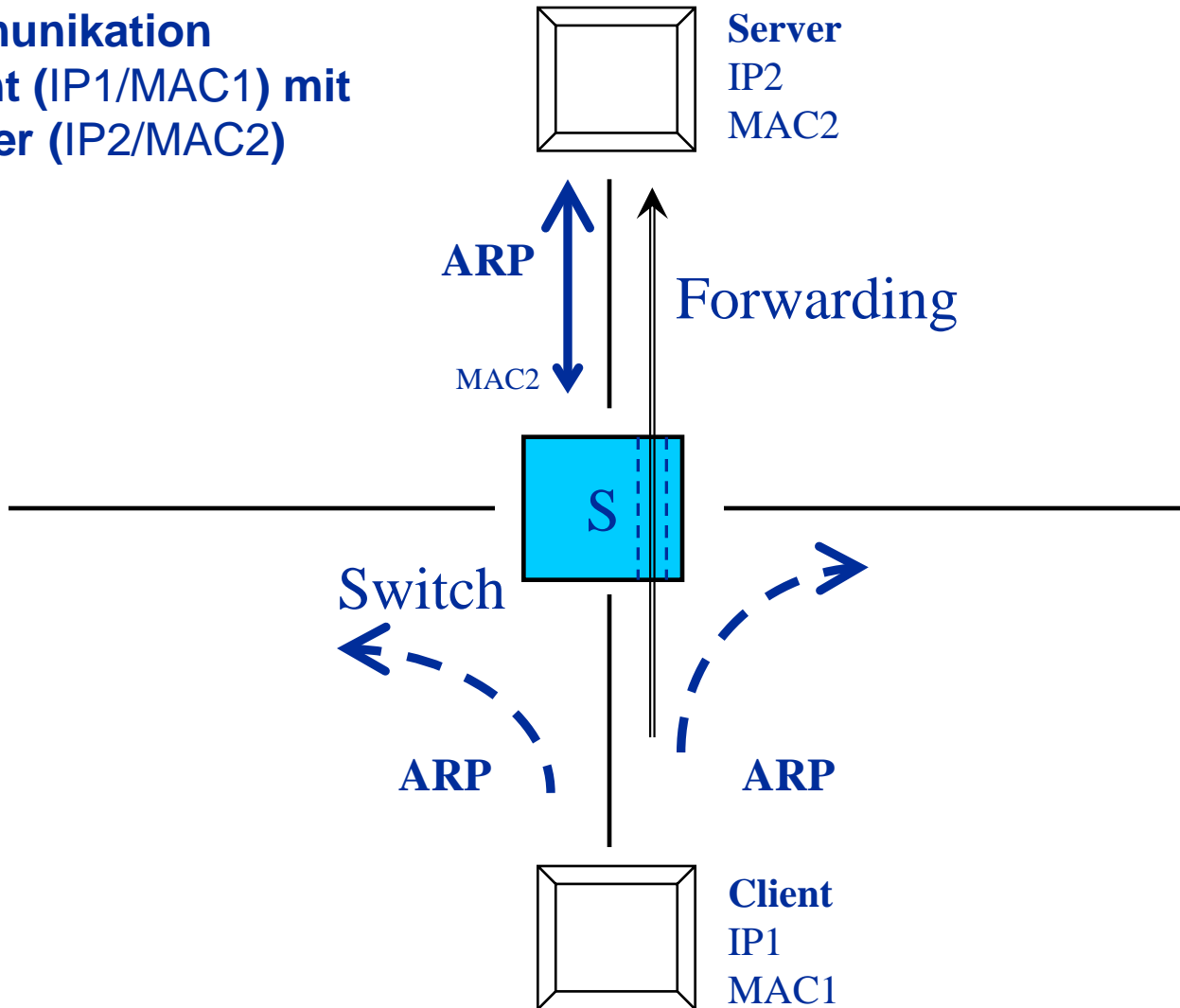


Ebene 2 - Switches



Kommunikation

Client (IP1/MAC1) mit
Server (IP2/MAC2)



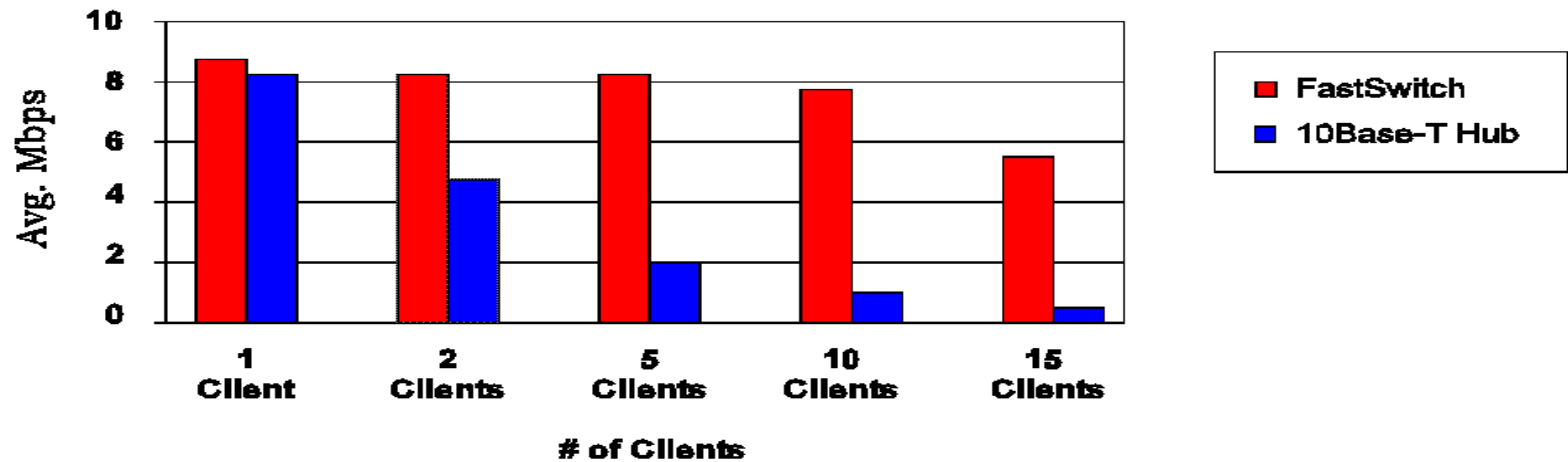


- **Geräteeigenschaften**
 - **möglichst hohe Portanzahl, ggf. ge „stackt“**
 - **durch „cut thru“ geringe Verzögerung**
Frame-Weiterleitung bereits nach Auswertung des Headers
 - **Ports**
 - **je Port: ein Gerät**
 - **Zuordnungstabelle: MAC-Adresse \Leftrightarrow Port, ggf. selbstlernend**
 - **für 10, 100 Mbps, 1Gbps, ggf. Autosensing**
 - **mit GE-Uplink (zu gemeinsamem Backbone)**



- Performancegewinn (bei 1 bis 15 Clients)

Average SPARCstation Performance



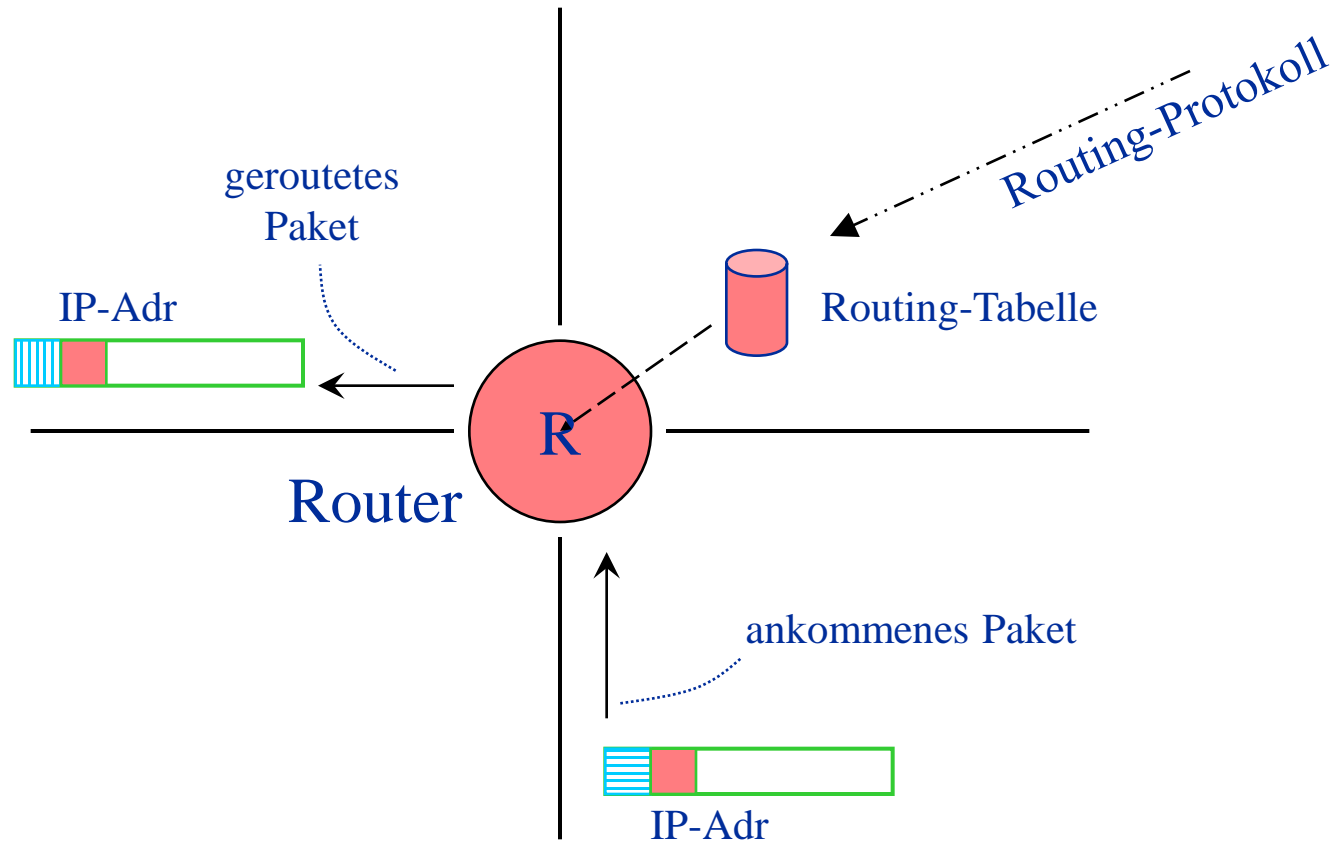
Quelle SUN



- **Performance**
 - **Last durch Broadcasts**
 - **Extremfall Broadcast - „Sturm“**
 - **Risiko von Broadcast-Stürmen steigt mit Anzahl der Teilnehmer**



- **Funktionsweise**
 - Weiterleitung (Forwarding) von „IP-Paketen“
 - In der Regel Austausch der Ebene 2 – Information (Header, Trailer)
 - Forwarding-Entscheidung aufgrund von Routing-Tabellen
 - Einfach: Statische Einträge, Default-Route
 - Dynamisch: Aktualisierung der Tabellen anhand von Routing-Protokollen (RIP, OSPF, BGP)
- **Strukturierungswerkzeug**
 - Trennung von Ebene 2- Verbunden
 - Anbinden an ein Backbone-Netz
 - Empfehlung: kein direkter Anschluß von Endgeräten





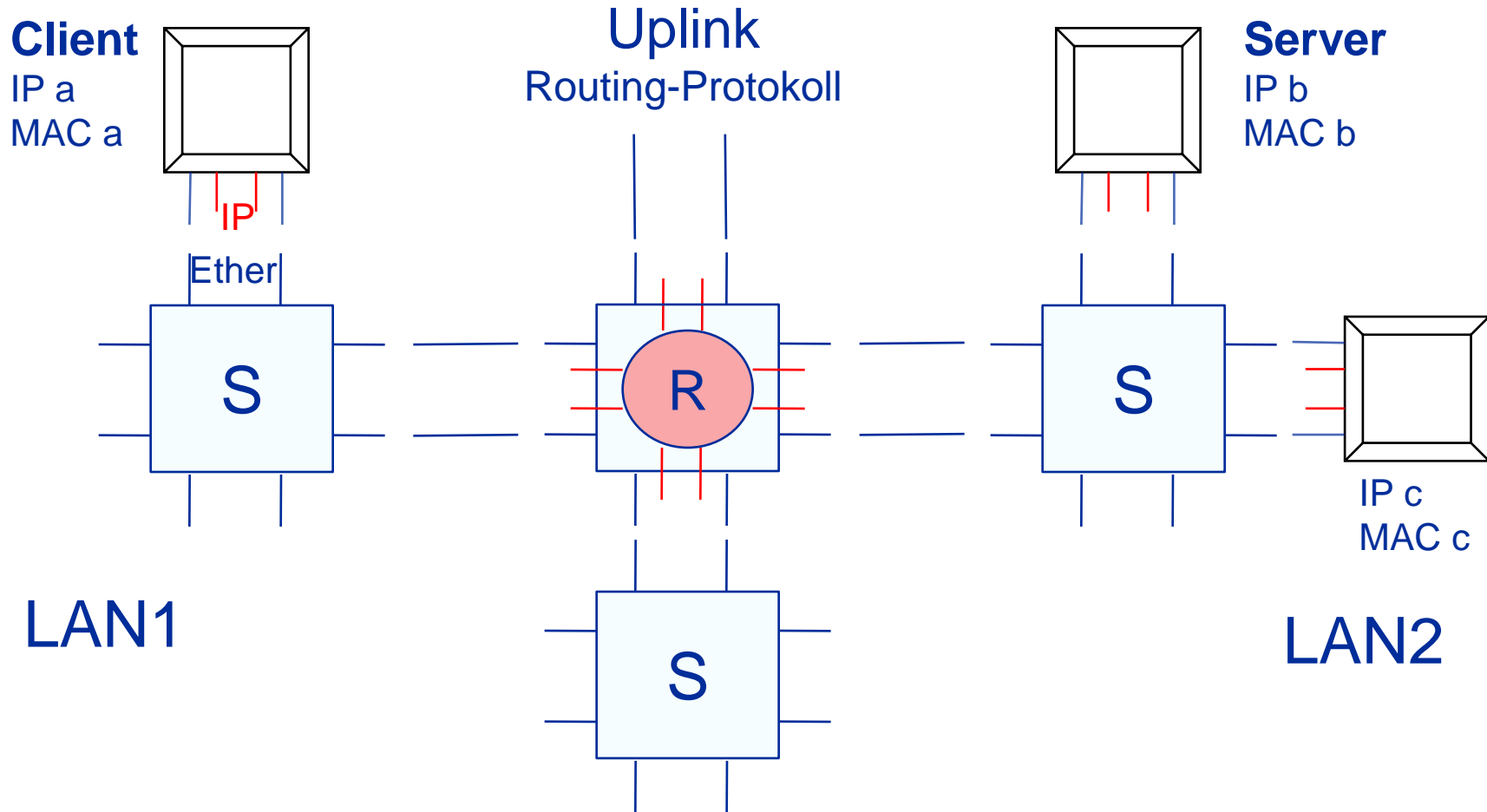
- **Anwendungsfall: Komfortabler Paket-Hol und -Bring-Dienst**
- **„Ebenen“**
 - „3“: Person A, die Paket an Person B versendet
 - „2“: Transportdienst mit Logistik im Hintergrund
- **Komfortabel**
 - Versender muss nur Namen des Empfängers wissen
 - Paketdienst verfügt über umfassendes Adressbuch
- **Transportweg**
 - a) Paket wird von Transporter an Hausadresse abgeholt
 - b) Paket wird im Verteilzentrum umgeladen
 - c) Paket wird von Transporter an Hausadresse abgeliefert
- **Adressauflösung**
 - Abfrage Fahrer nach Abholung: nennt Empfänger B, nennt seinen Transporter und erfragt Zieltransporter zum Umladen



- **Router**
 - **Kernaufgabe**
 - Umladeaktivität, Ladelisten, Kundenverzeichnis
 - **Nebenaufgabe**
 - Disposition Transporter

Ebene 2 - Switches & Ebene 3 – Router

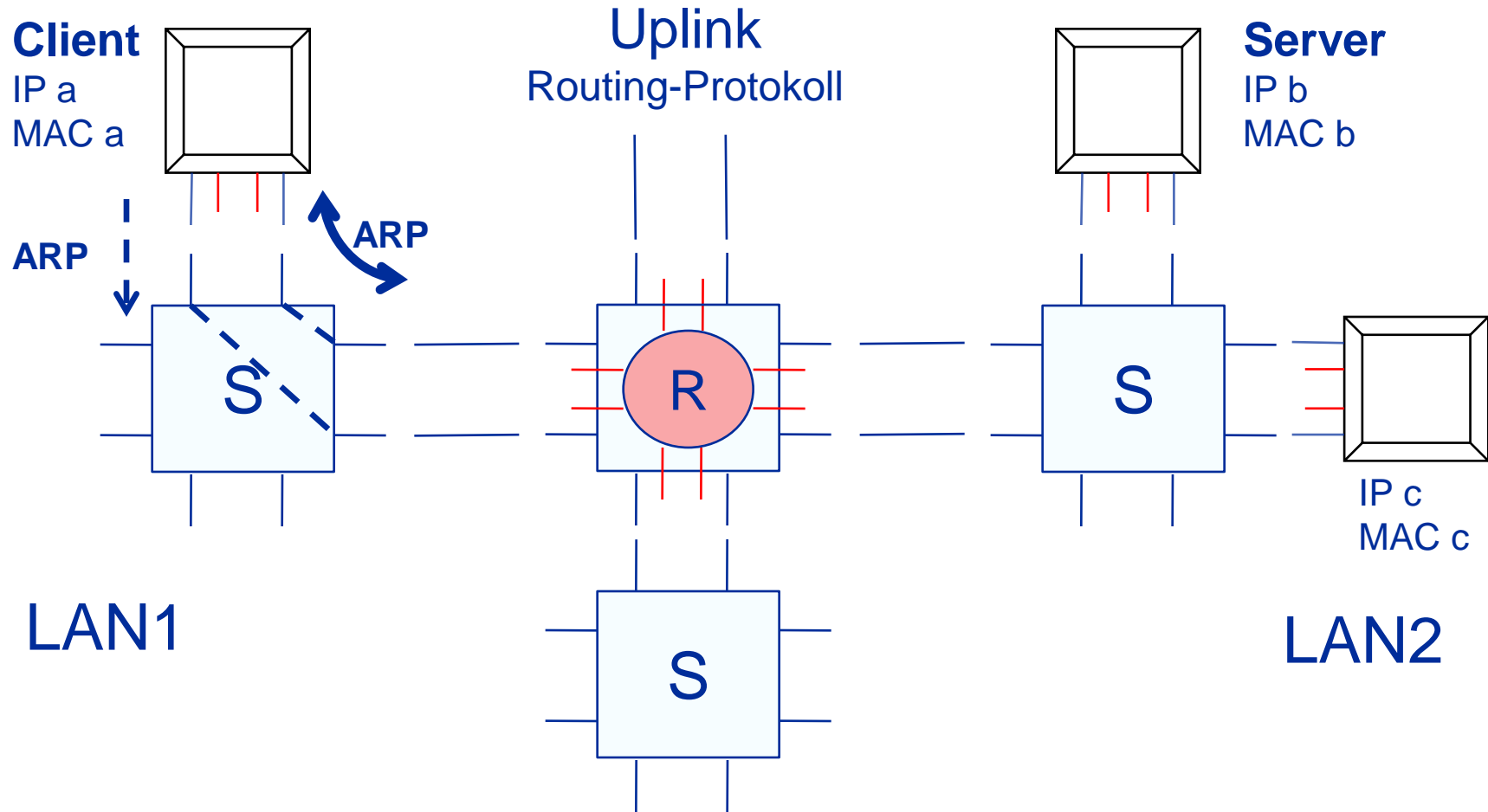
ARP-Adressierung (1)



Kommunikation Client (IPa/MACa) in LAN1 mit Server (IPb/MACb) in LAN2

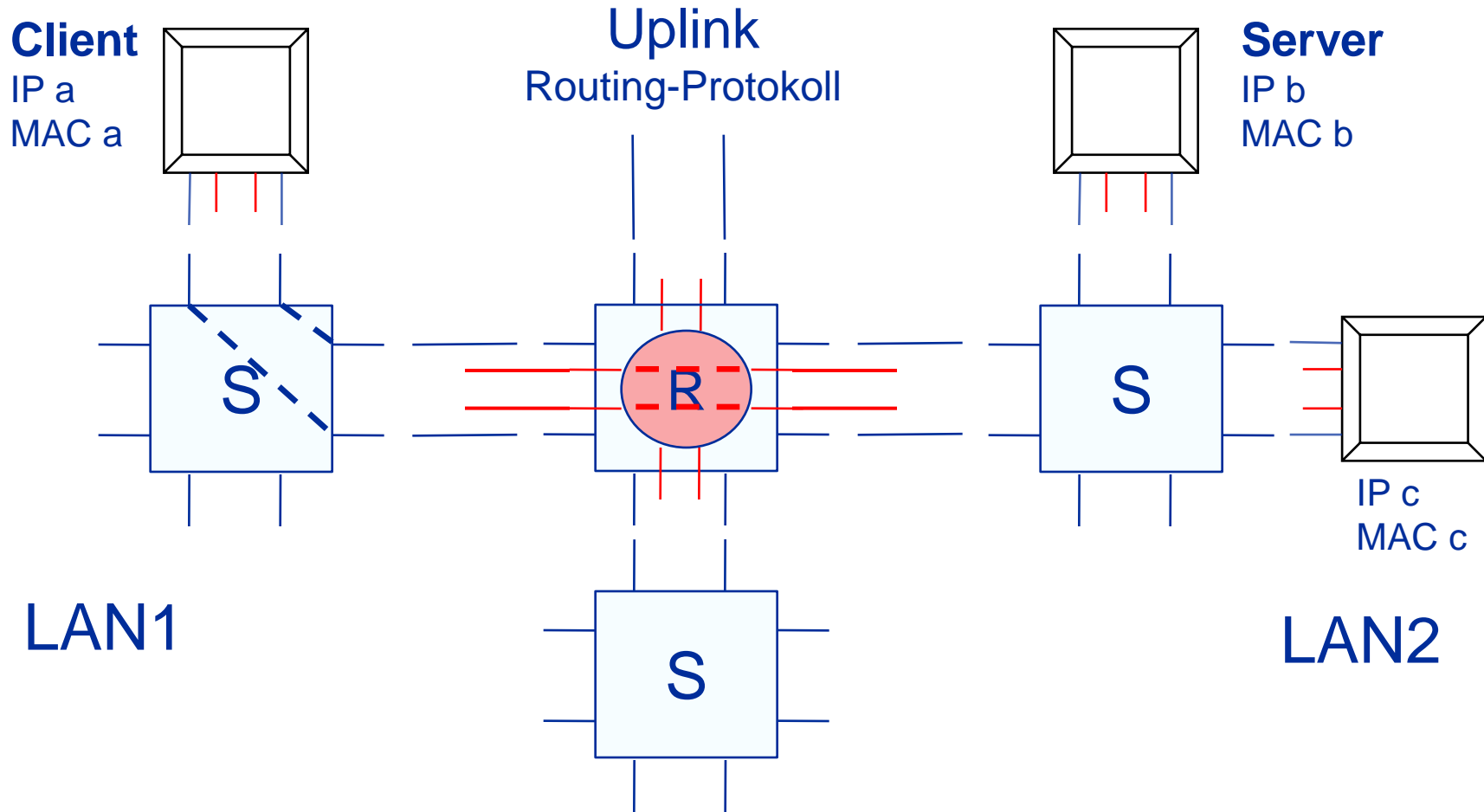
Ebene 2 - Switches & Ebene 3 – Router

ARP-Adressierung (2)



Kommunikation Client (IPa/MACa) in LAN1 mit Server (IPb/MACb) in LAN2

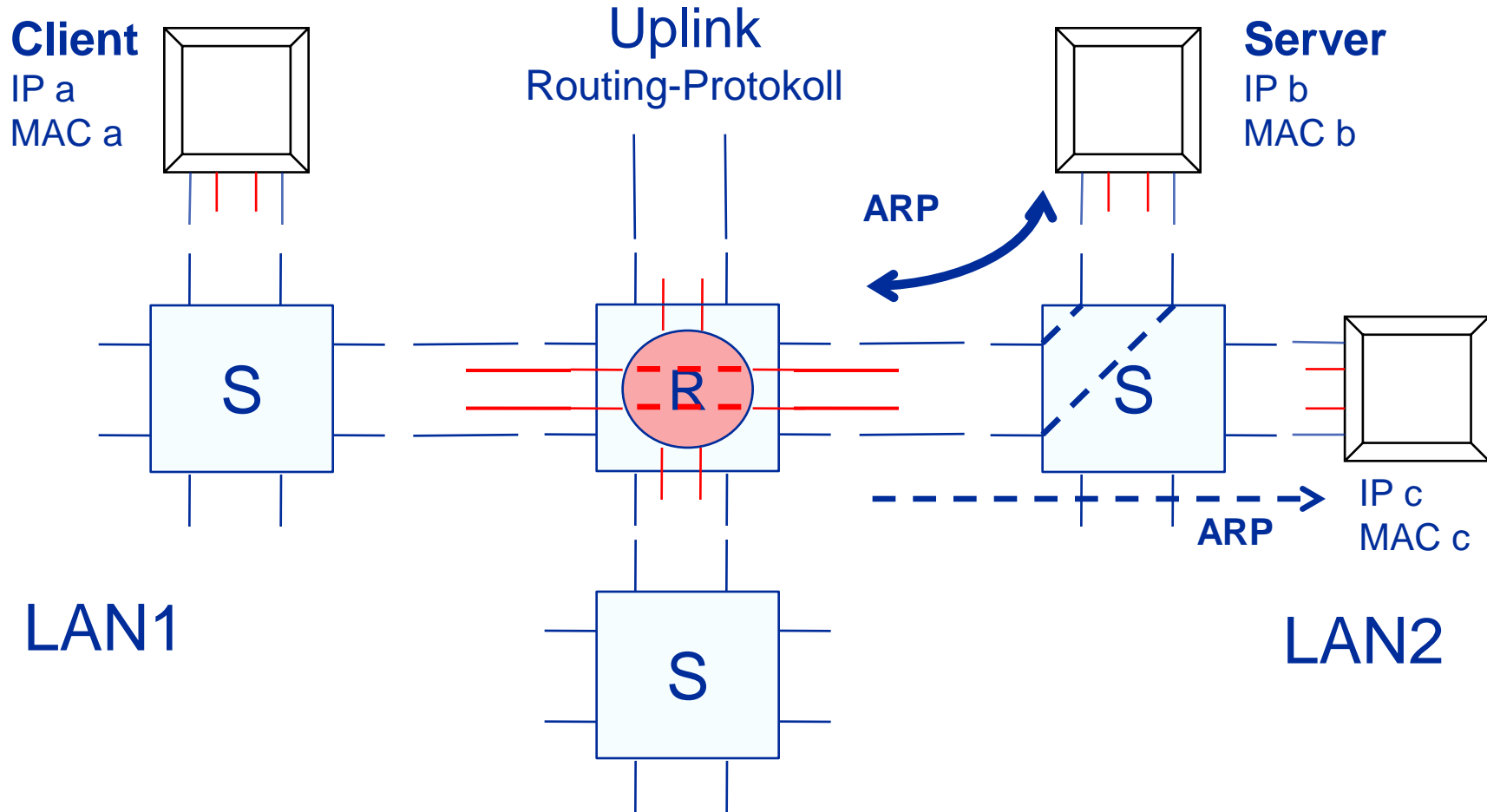
Ebene 2 - Switches & Ebene 3 – Router ARP-Adressierung (3)



Kommunikation Client (IPa/MACa) in LAN1 mit Server (IPb/MACb) in LAN2

Ebene 2 - Switches & Ebene 3 – Router

ARP-Adressierung (4)



Kommunikation Client (IPa/MACa) in LAN1 mit Server (IPb/MACb) in LAN2



- **IP v 4 („einfach“)**
 - **ausgehender Adreßraum**
 - **Nothilfe**
 - **Network Address Translation (NAT)**
 - **dynamische Umsetzung fester lokaler Adressen auf nur zeitweise gültige externe Adressen**
- **IP v 6 („nicht einfach“)**
 - **„kommt“, seit über 20 Jahren ...**
 - **größerer Adressraum**
 - **aufwendig, Folgeeffekte**
 - **PC/Server-Betriebssysteme weiter fortgeschritten als Netzbetreiber**
 - **„neue“ IT-Welt weiter als „alte“ IT-Welt**

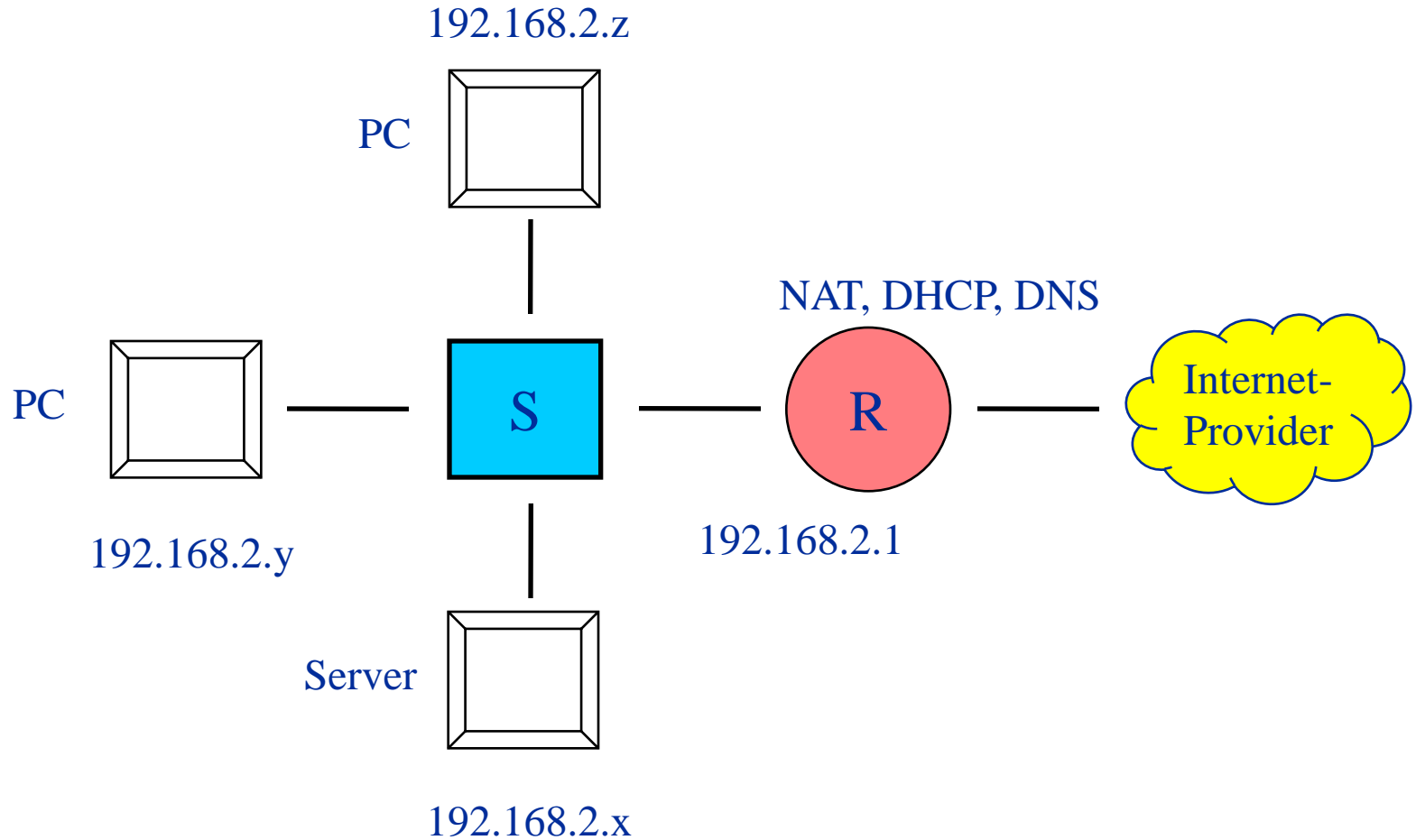


- **Ebene 1 (Hubs / eine Collision-Domain)**
 - durch Duplikation allenfalls noch für Management interessant
- **Ebene 2 (Switching)**
 - in Kooperationsbereich / für Endgeräte (z.B. Clients – Server)
 - mit Broadcasts
- **Ebene 2 (Switching) vs 3 (Routing)**
 - **Routing statt Switching nötig**
 - wenn Switching-Bereich (und damit Broadcast-Last) zu groß
 - an geographischen Außengrenzen (kein Broadcast über „Fernstrecken“)
 - an Grenze zum Provider (der routet selbst)
 - an Sicherheits-Grenzen (wg. IP-Access-Listen)
 - an Organisations-/Gebäude-Grenzen (sinnvoll)
 - **Performance**
 - Switching: einfache „Routing“-Entscheidung, „cut through“
 - Routing: aufwendige Entscheidung, evtl. incl. Access Control

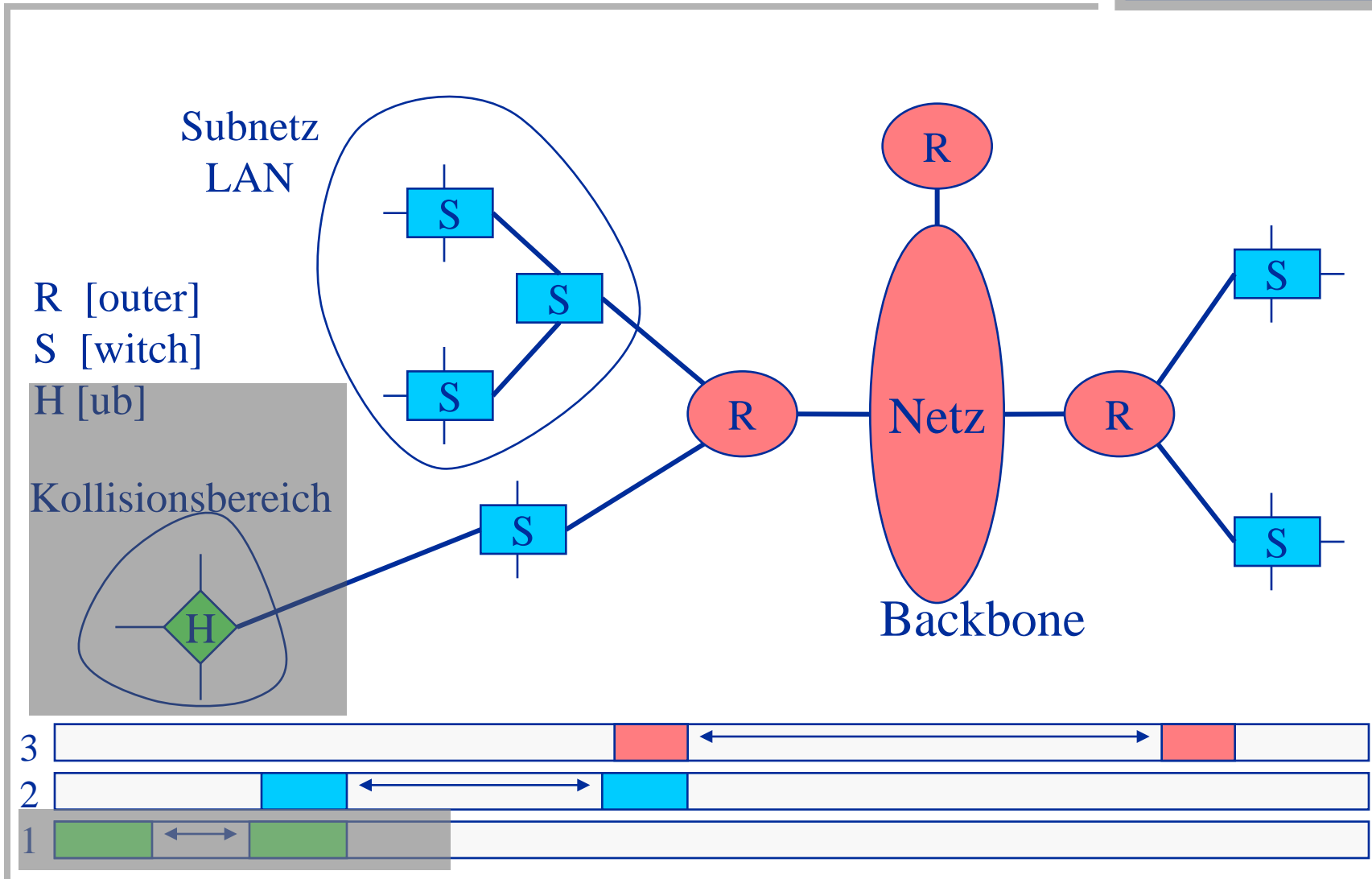
Alle Ebenen - Trivialbeispiel Heimnetzwerk



default route: 192.168.2.1



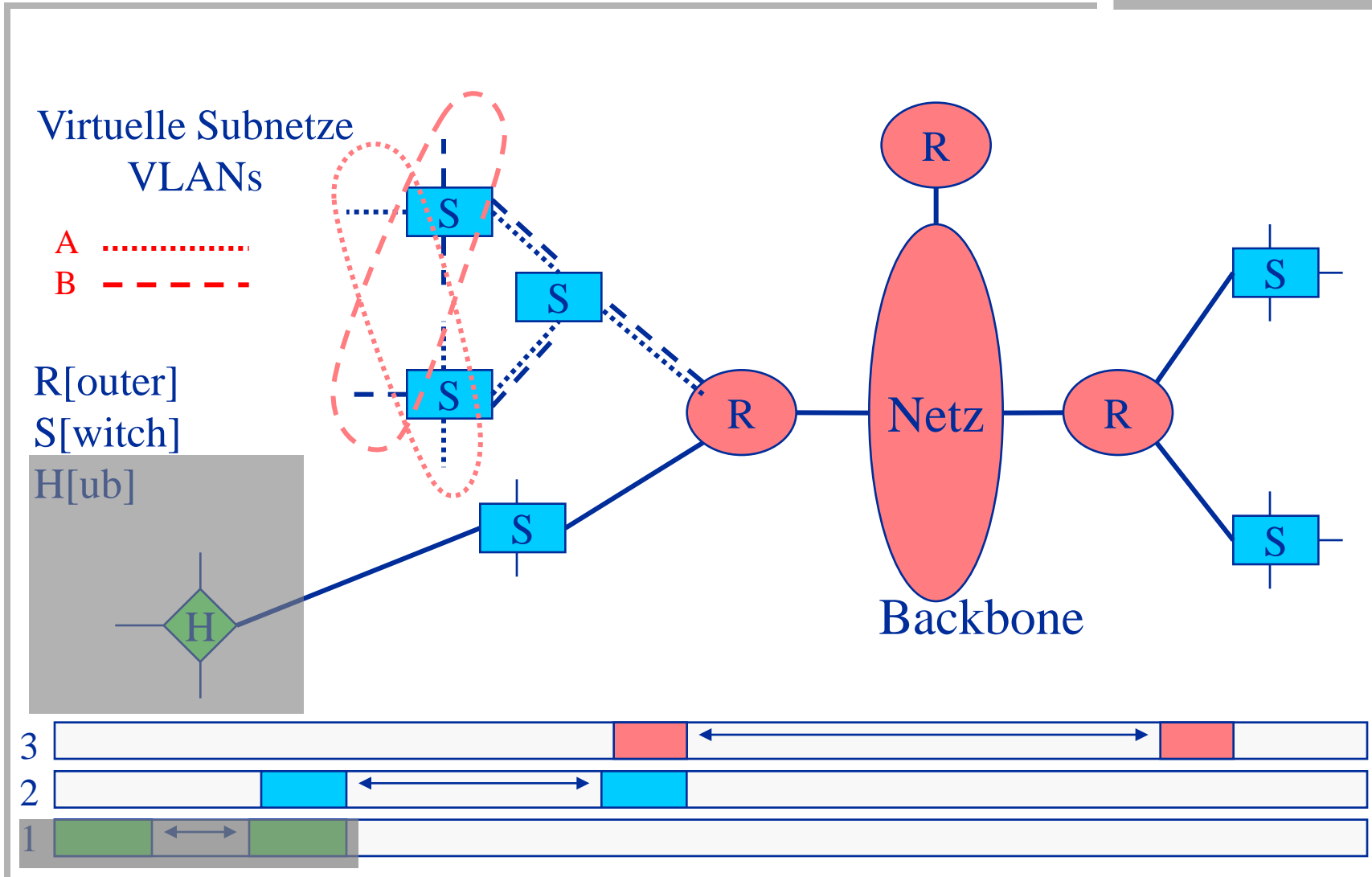
Alle Ebenen - Übersicht





- **VLANs: für nicht-geographische Strukturen**
 - (Unter-)Strukturierung eines Switches (=LANs)
 - Bildung über Port-Gruppen / MAC-Adressen
 - Broadcasts bleiben auf VLAN beschränkt (Broadcast-Domain)
 - VLAN-Transport über Gerätegrenzen über 802.1q („Trunk“)
 - Verkehr zwischen VLANs
 - muß extern geroutet werden
 - auch für VLANs auf gleichem Switch
 - „Globale“ VLANs
 - früher bei ATM-Backbone möglich
 - aber wg Verkehrslast vermieden
 - FAU: VLAN-Administration durch RRZE als „Provider“

Ebene 2 & 3 - Virtuelle LANs

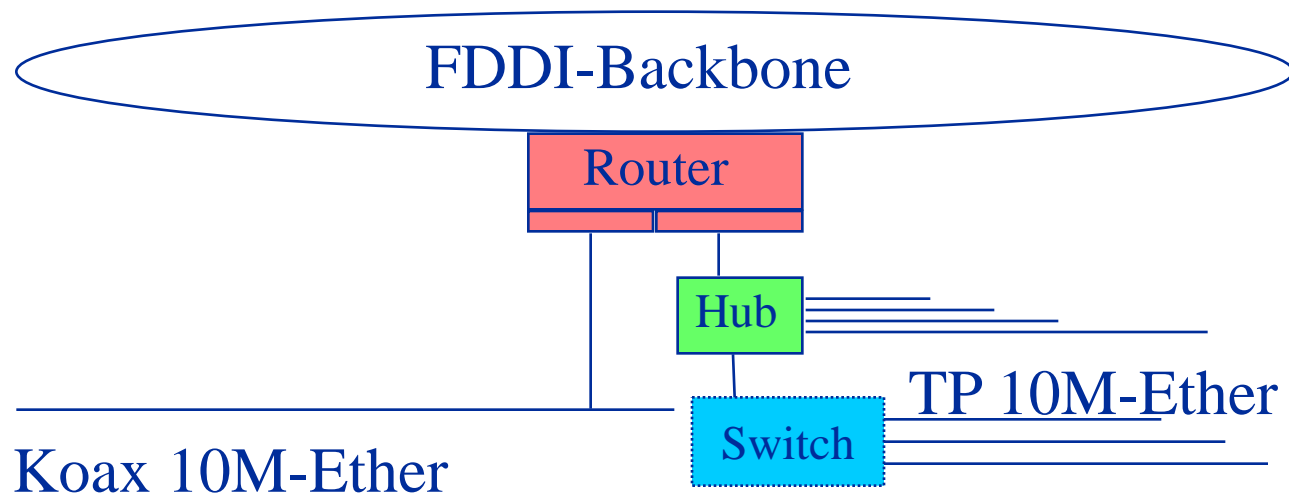




- **Beispiele FAU**

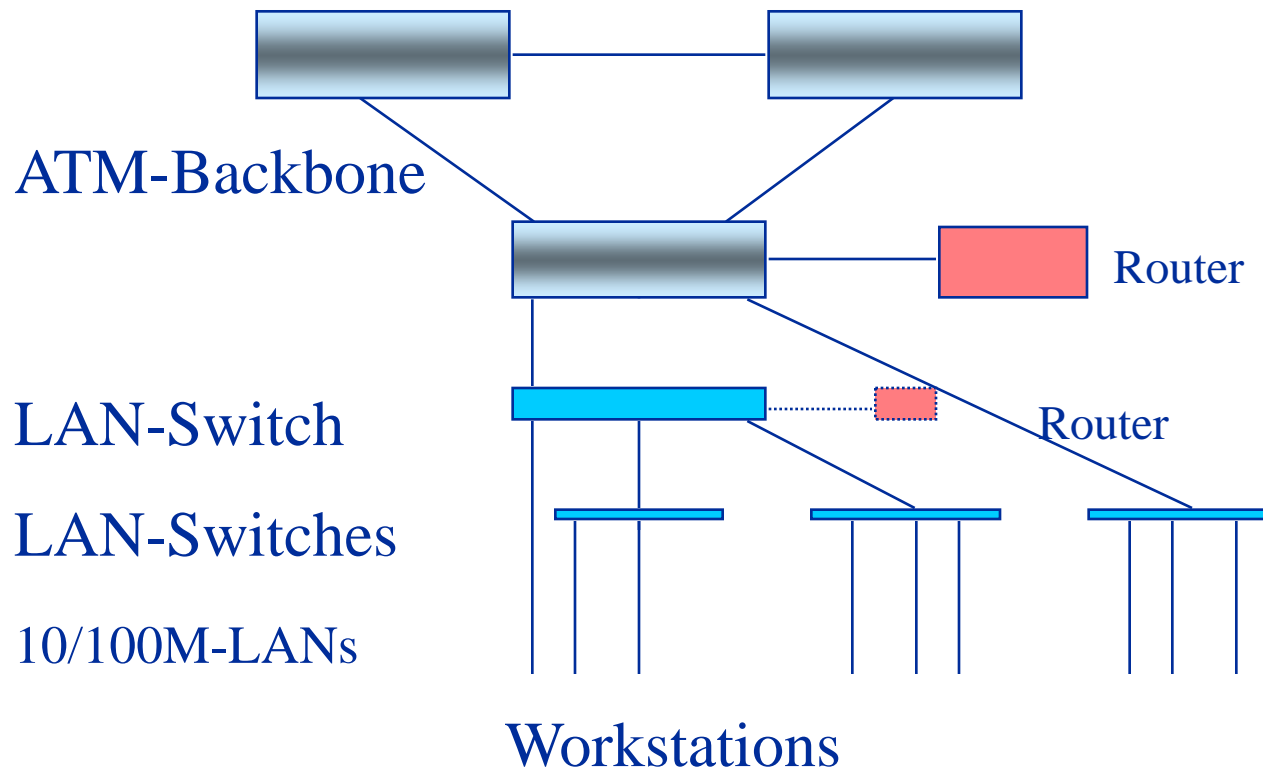


Nur physische LANs



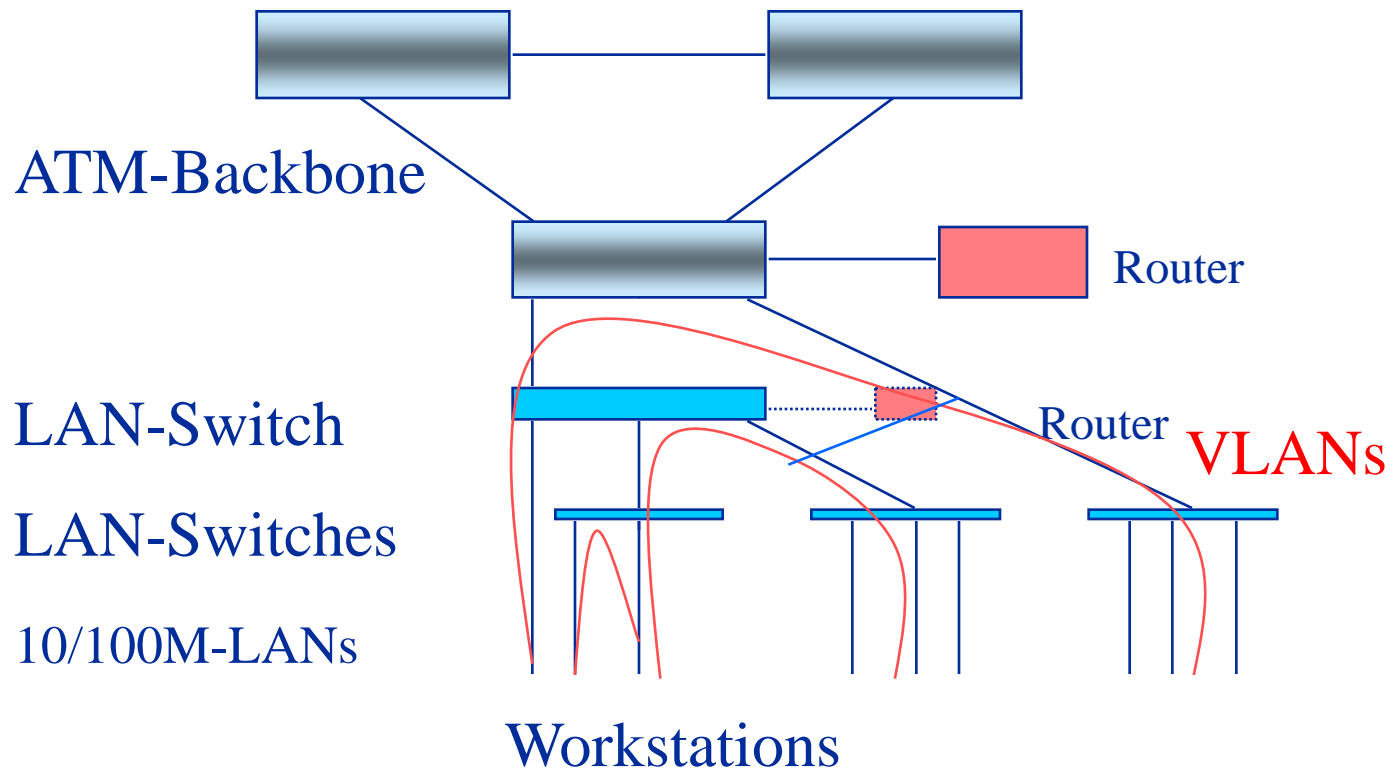
LAN-Strukturierung

FAU: indirektes Routing (1998)





Globale VLANs



LAN-Strukturierung

FAU: direktes Routing (2003)



- **Backbone über GE statt ATM**
 - keine „globalen“ VLANs mehr
 - nur noch regional begrenzte VLANs

