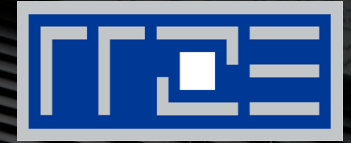


# REGIONALES RECHENZENTRUM ERLANGEN [RRZE]



## Lokale Netze: Switching, Routing, Strukturierung

Netzwerkausbildung – Praxis der Datenkommunikation, 25.10.2017  
P. Holleczeck, RRZE

**Dieser Vortrag wird aufgezeichnet.**

**Die ersten beiden Sitzreihen  
befinden sich im Kameraradius.**

# Gliederung

- 1) Ethernet – Das Ur-LAN
- 2) Standards
- 3) LAN-Funktionsweise
- 4) LANs: Ebenen und Strukturierung
- 5) LAN-Strukturierung an der FAU

# 1) Ur-LAN Ethernet

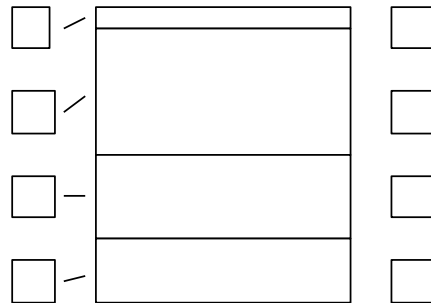
- Merkmale
- CSMA/CD
- Restriktionen

# Ur-LAN: Bandbreiten

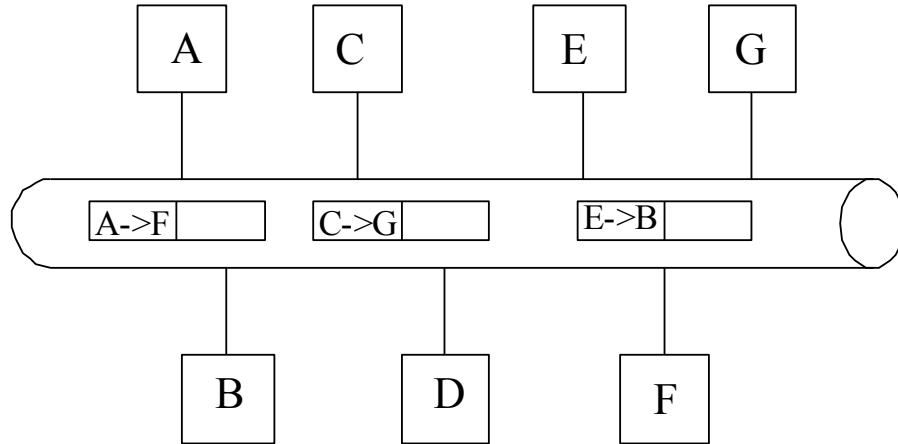
ISDN: fest,  $n \cdot 64\text{kbps}$



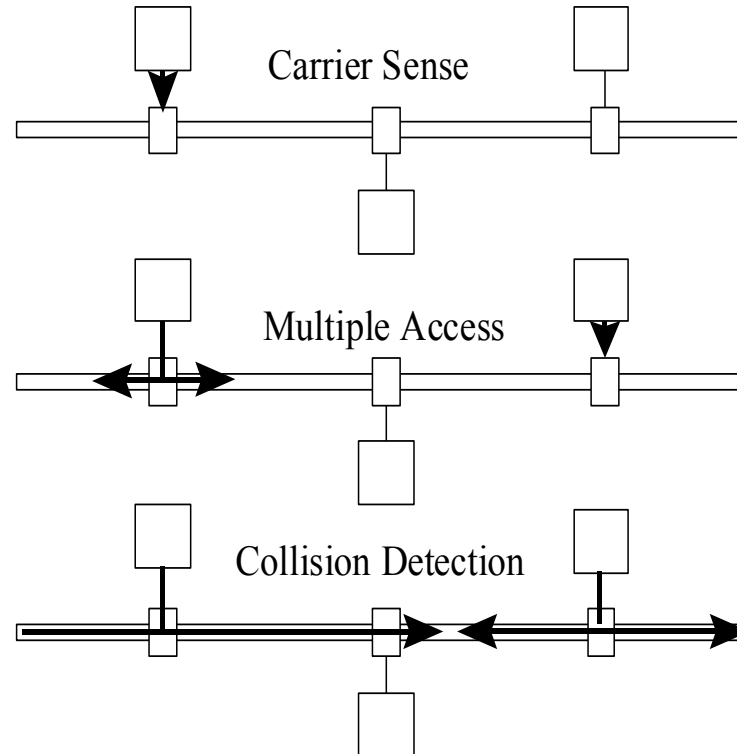
LAN: dynamisch, z.B. Summe = 10Mbps



# Ur-LAN: Basisband



# Ur-LAN: CSMA/CD



# Ur-LAN: Restriktionen

- 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



## 2) LAN-Standards

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

# Ethernet - Im Schichtenmodell



Legende  
 LLC: Schnittstellen zu den Netzwerkprotokollen  
 MAC: Zugriffsverfahren

# Ethernet als IEEE 802.3

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

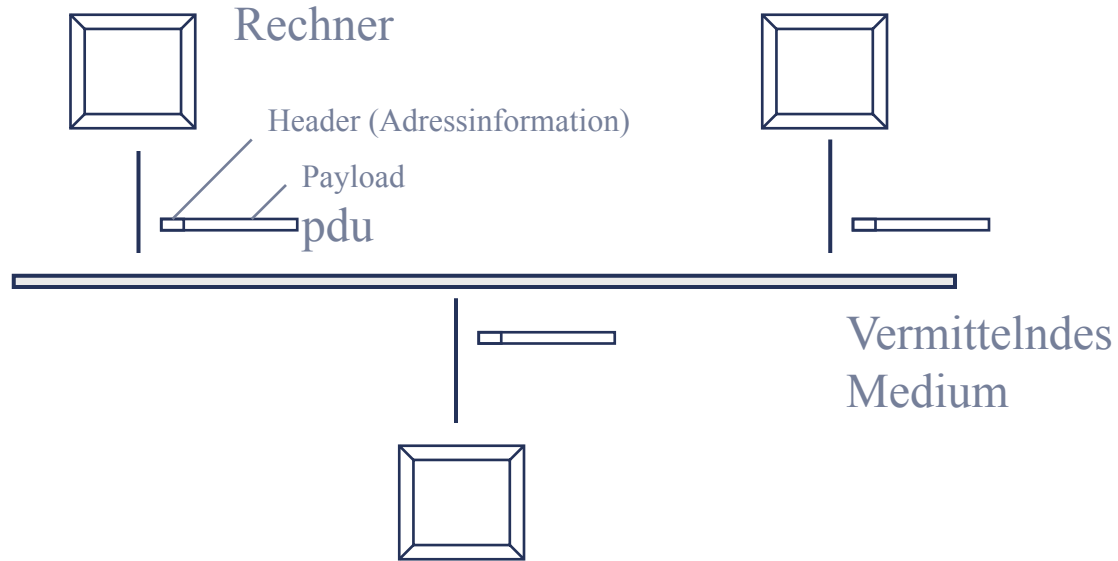
# Ethernet for ever ?

- 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) ?

# 3) LAN - Funktionsweise

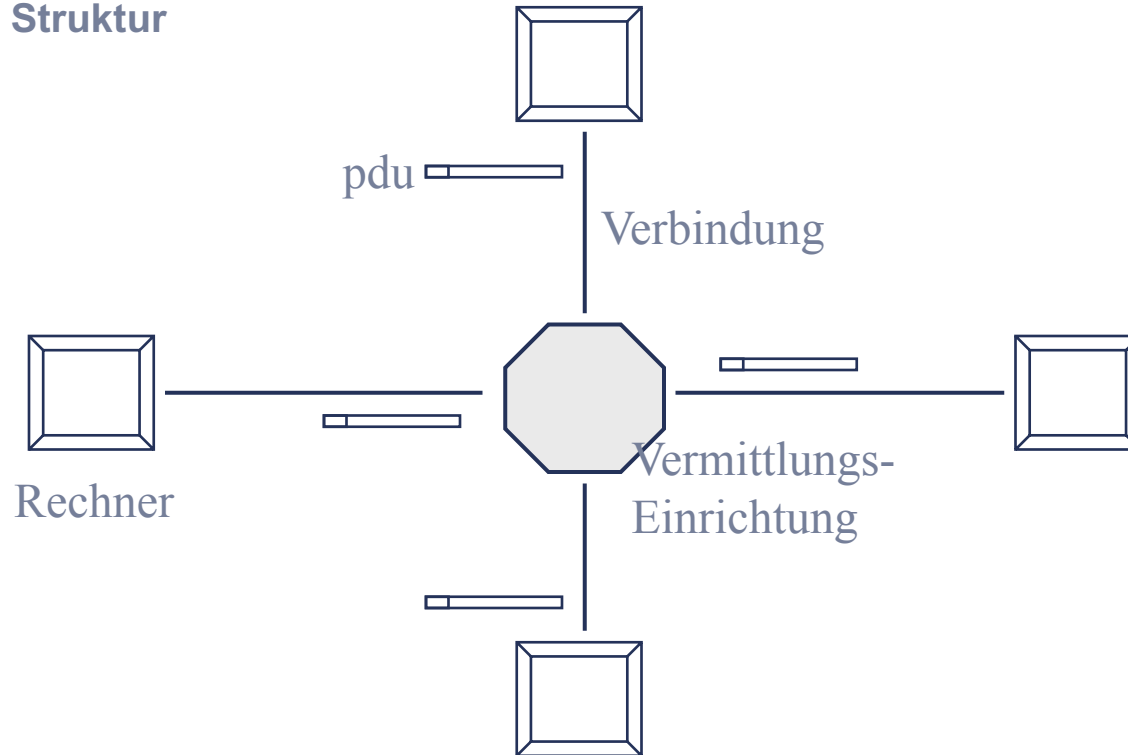
- Verallgemeinertes Ur-LAN
- Verallgemeinertes Netz
- Adressen und Adressierung

# Verallgemeinertes Ur-LAN



# Verallgemeinertes Netz: Struktur

Struktur

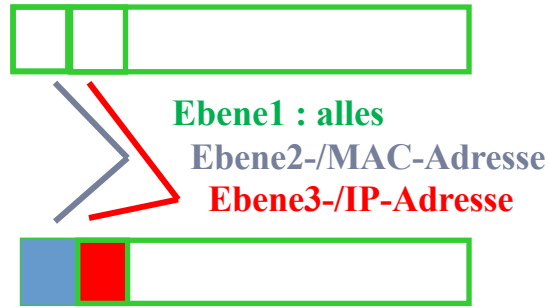


# Verallgemeinertes Netz: Aufgaben

- Vermittlung von pdus

anhand von Adressen im Header

unterschiedliches Vorgehen auf unterschiedlichen Ebenen



- Strukturierung



# Adressen

## ■ Ebene 2: MAC-Adressen

- Verfahren nach: IEEE
- vom Hersteller des Interface-Boards fest vorgegeben
- Zusammenhängende Bereiche für jeden Hersteller
- z.B. 00:0B:3B:0E:1B:F5

## ■ Ebene 3: IP-Adressen

- Verfahren nach: IETF
- einem Rechner dynamisch bzw. fest zugewiesen
- z.B. 192.168.2.x, 131.188.3.72

# Adressierung

## ■ IP-Adressen

- Form:  $x . x . x . x$
- Wertebereich:  $0 \leq x \leq 255$  (x: 8bit)
- Aufbau grundsätzlich: Netz . x . x . Host
  - › Class A: **Netz** . Host . Host . Host
  - › Class B: **Netz** . **Netz** . Host . Host
  - › Class C: **Netz** . **Netz** . **Netz** . Host
- Beispiel 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

# Adressierung

- Zusammenhang Ebene 2- und 3- Adressen
  - LAN: Netz/IP (Ebene3)  $\Leftrightarrow$  Link/MAC (Ebene2)
  - Für Kommunikation im LAN **beide** Adressen erforderlich
  - Zuordnung durch
    - › *Address Resolution Protocol (ARP)*
    - › *Reverse Address Resolution Protocol (RARP)*
  - Broadcast als zentraler LAN-Mechanismus

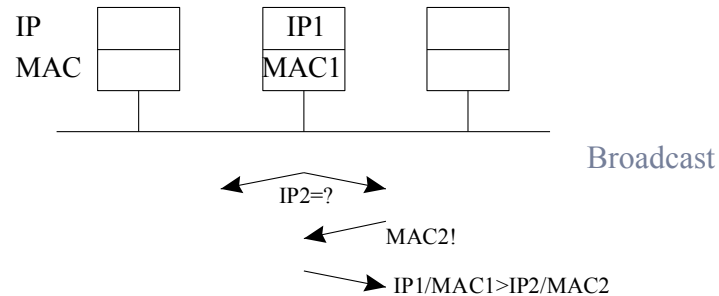
# ARP (& RARP) - Prinzip

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

# ARP in analoger Welt

- Anwendungsfall: Komfortabler Paket-Hol und - Liefer-Dienst
- Beteiligte „Ebenen“
  - „3“: Person **A**, die Paket an Person **B** versendet
  - „2“: Transportdienst mit Logistik im Hintergrund
- Komfortabel
  - Versender (z.B. A) muss nur Namen des Empfängers (z.B. B) wissen
  - Paketdienst verfügt über umfassendes Adressbuch
- Transportvorgang
  - a) Paket wird von Transporter an Hausadresse von **A** abgeholt
  - b) Fahrer nennt Empfänger **B**, nennt seinen Transporter und erfragt Zieltransporter zum Umladen („ARP“)
  - c) Paket wird im Verteilzentrum umgeladen
  - d) Paket wird von (Ziel-)Transporter an Hausadresse von **B** abgeliefert

# 4) LANs: Ebenen und Strukturierung

- Motivation
- Ebenen 1, 2, 3 und zugehörige Strukturelemente
- Zusammenwirken Ebenen 2 & 3 (ARP in realer Umgebung)
- Alle Ebenen in Übersicht
- Erweiterte Ebenen 2 & 3: Virtuelle LANs („VLANs“)
- Umbruch IP-Adressierung

# Motivation

- Ausgangslage
  - viele Nutzer / Rechner / Gebäude / Nutzergruppen
- Kommunikationspartner
  - Grundsätzlich: Client  $\Leftrightarrow$  Server, eher nicht: Client  $\Leftrightarrow$  Client (Spiele)
- Logische Kommunikation, abhängig von
  - Informationsfluss
  - Gemeinsamen Objekten / Datenbeständen
  - Geschäftsprozessen
  - Sicherheit (Abschirmung: Verkehr „lokal“ halten)
  - Wirtschaftlichkeit (Ressourcen: Verkehr „lokal“ halten)
- Ansatz
  - Gegliederter mehrstufiger hierarchischer Aufbau
  - Trivialbeispiel: Straßennetz

# Ebene 1 – Hubs: Funktionsweise

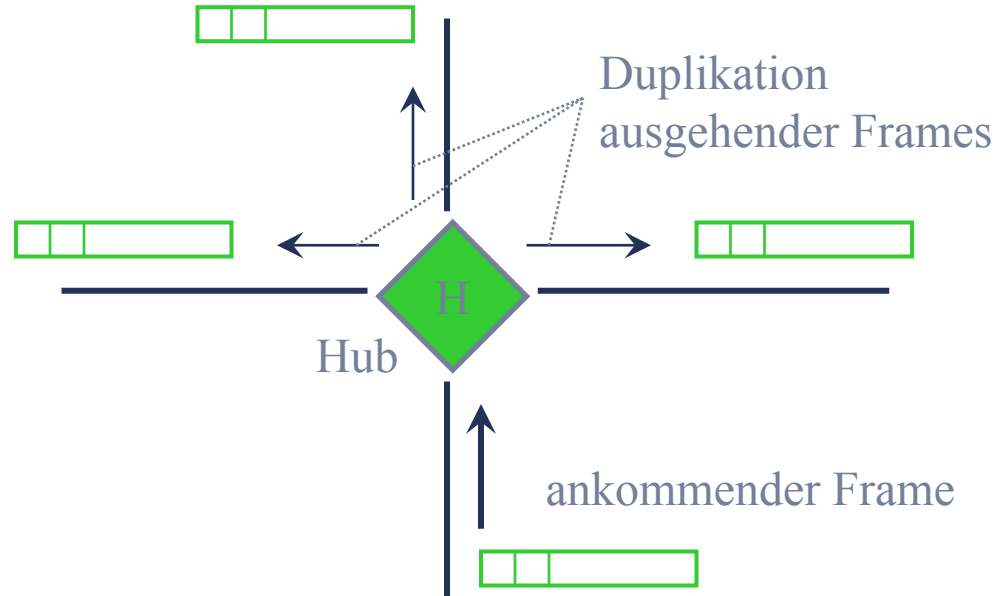
## ■ Funktionsweise Ebene 1 – (Medien-)Verbund

- Nachbildung des Ur-Ethernet
  - › Erhaltung des „shared medium“
  - › Weiterleitung aller pds „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 („Kollisionsbereich“)
- Stör-Risiko wächst mit Anzahl der Teilnehmer



# Ebene 1 – Hubs: Vermittlung

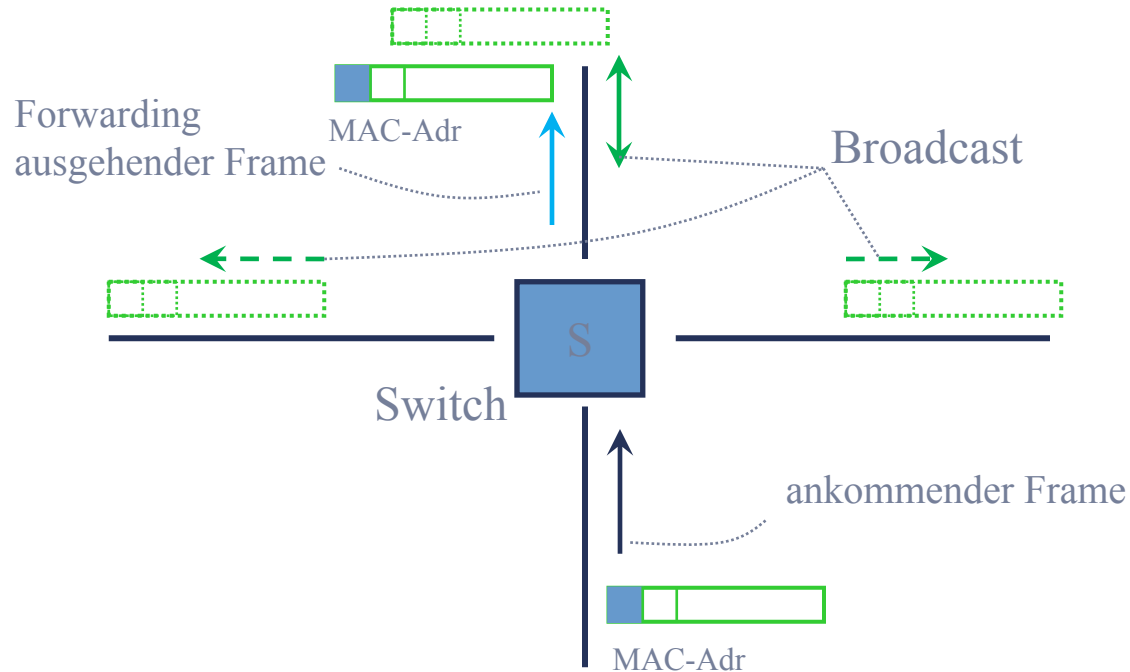


# Ebene 2 – Switches: Eigenschaften

- Funktionsweise Ebene 2 – (Frame-)Verbund
  - Trennung von Kollisionsbereichen
  - Nachbilden des Kollisionsbereichs für Broadcasts (Weiterleiten von Broadcasts an „alle“)
  - Weiterleitung (Forwarding) von (Ethernet-)Frames an die richtige Stelle
    - › per Definition, selbstlernend
  - unabhängig von Ebene 3 – Information ( IP-Paketen )
- Strukturierungswerkzeug
  - Bündelung von Endgeräten
  - Uplink zu Routern
- Performance
  - Last durch Broadcasts, Extremfall Broadcast - „Sturm“
  - Risiko von Broadcast-Stürmen steigt mit Anzahl der Teilnehmer

# Ebene 2 – Switches: Vermittlung (1)

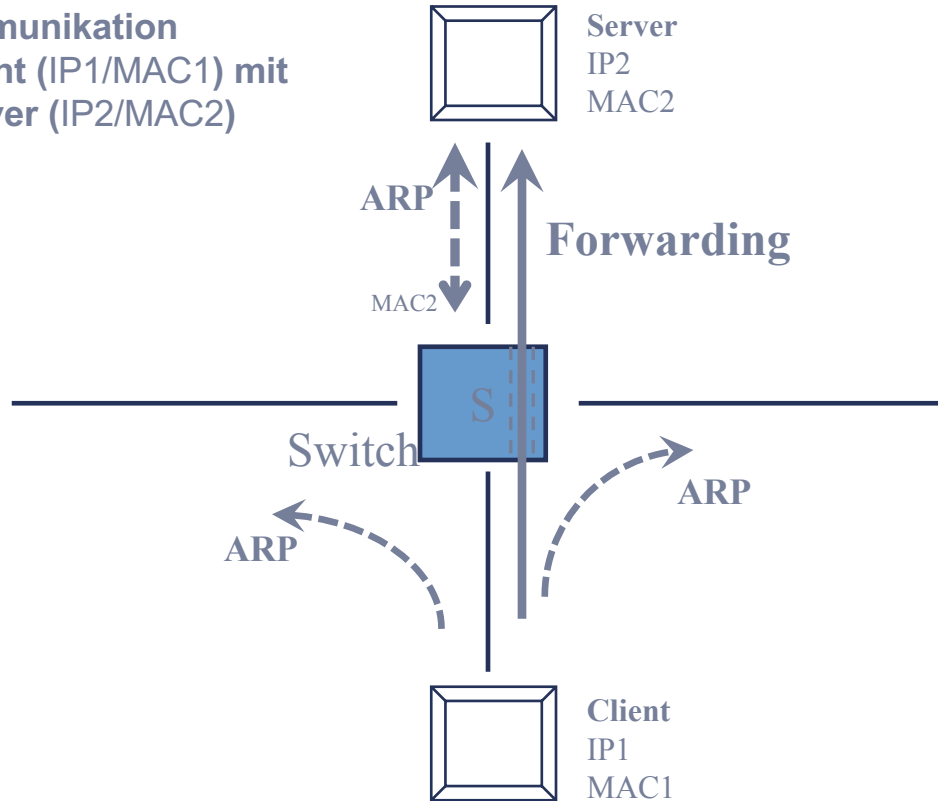
## Broadcast vs Forwarding



# Ebene 2 – Switches: Vermittlung (2)

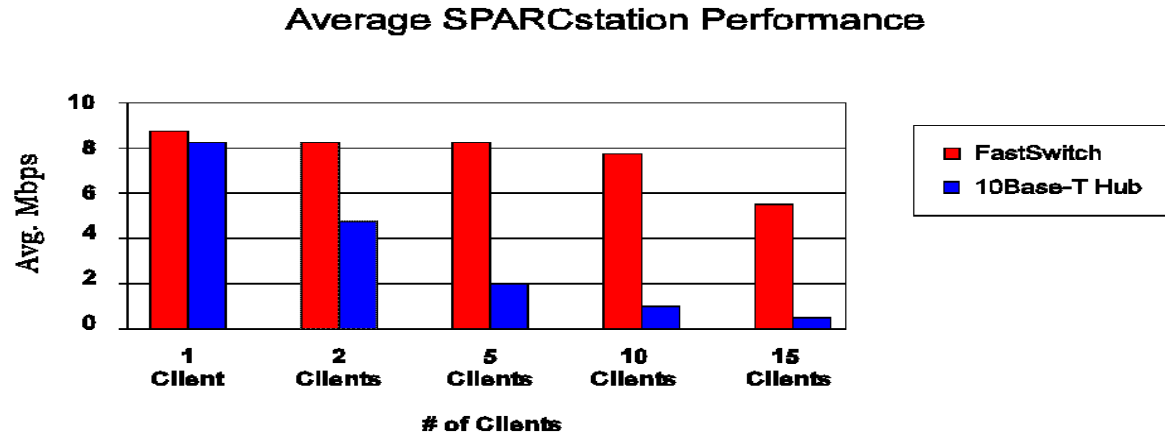
Kommunikation

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



# Ebene 1 vs. 2 - Switches vs. Hubs

- Performancegewinn (bei 1 bis 15 Clients)



Quelle SUN

# Ebene 3 – Router: Funktionsweise

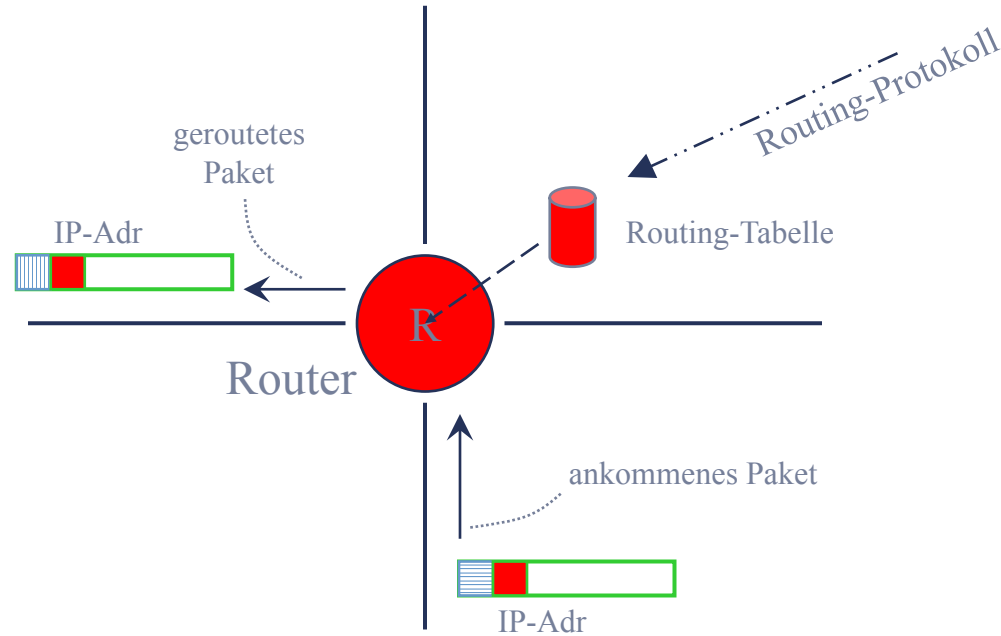
## ■ Funktionsweise

- Weiterleitung (Forwarding) von „IP-Paketen“, eingebettet in der Regel in Ebene 2 - Frames
- 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)

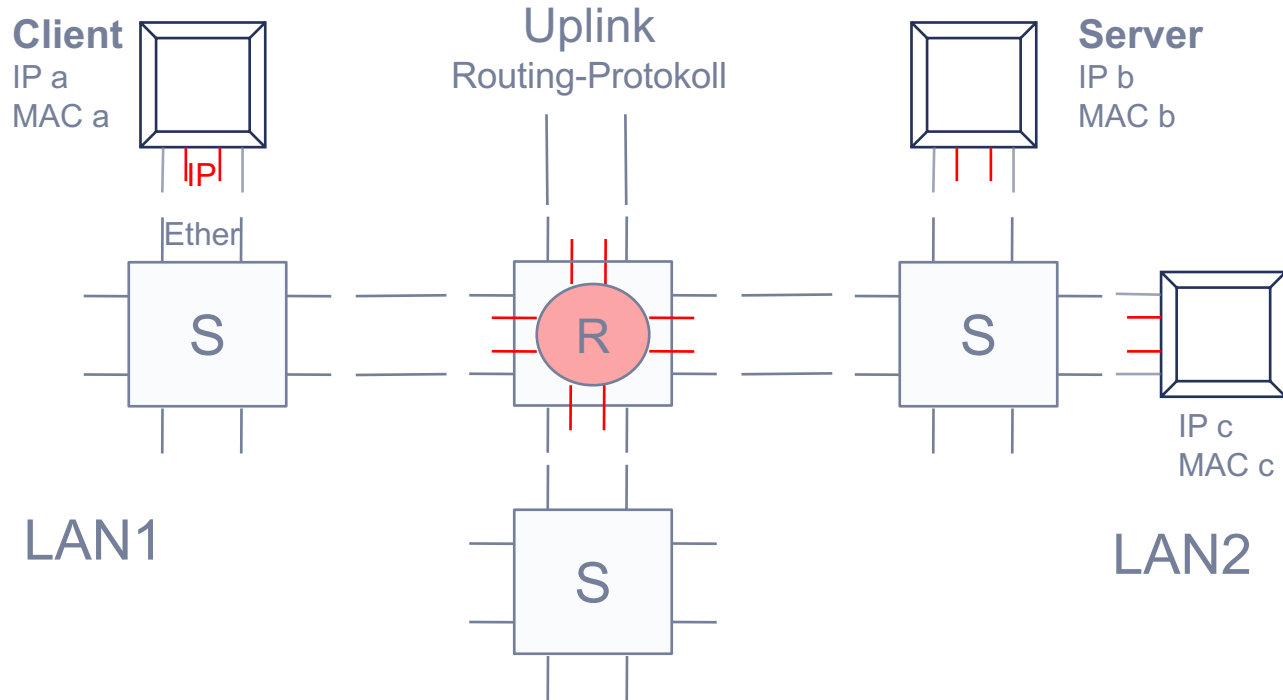
## ■ Strukturierungswerkzeug

- Bündelung von Ebene 2- Verbunden, Uplink zu Backbone
- Nötig an Grenzen von
  - › Geographie (kein Broadcast über „Fernstrecken“)
  - › Provider (der routet selbst)
  - › Sicherheit (wg. IP-Access-Listen)
  - › Organisation/Gebäuden (sinnvoll)
- Empfehlung: kein direkter Anschluss von Endgeräten

# Ebene 3 – Router: Vermittlung



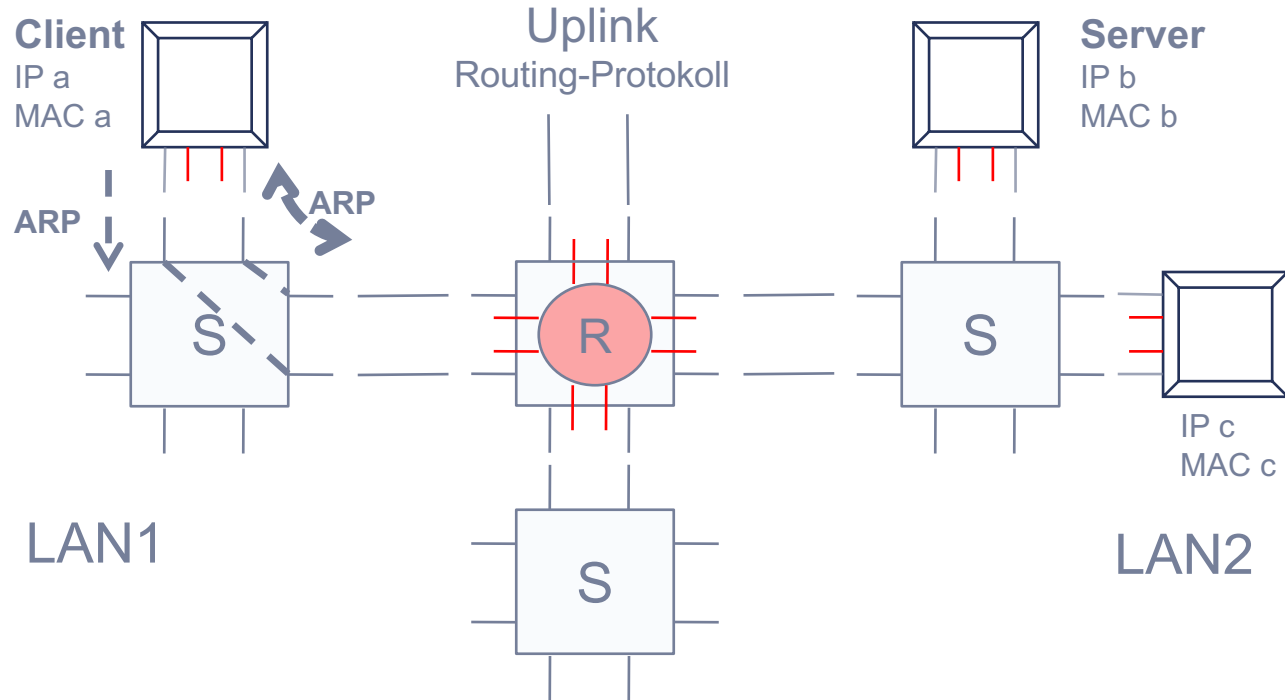
# Ebene 2 & 3 - ARP-Adressierung real (1)



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

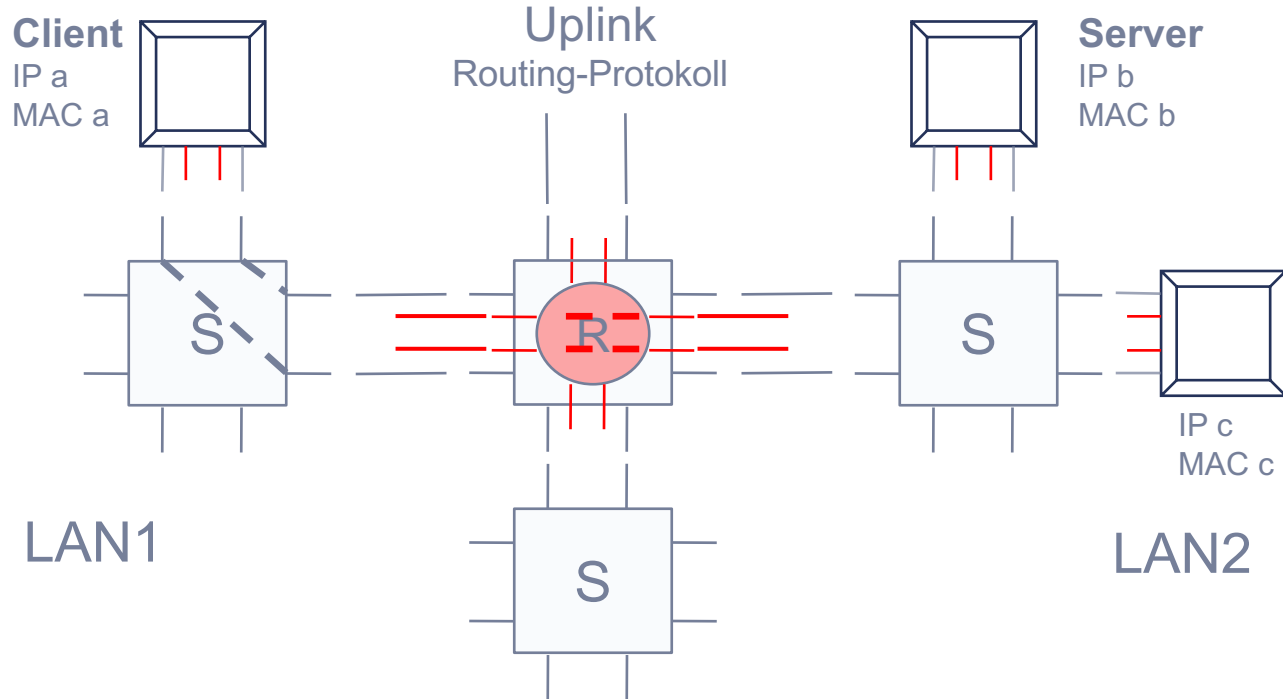


# Ebene 2 & 3 - ARP-Adressierung real (2)



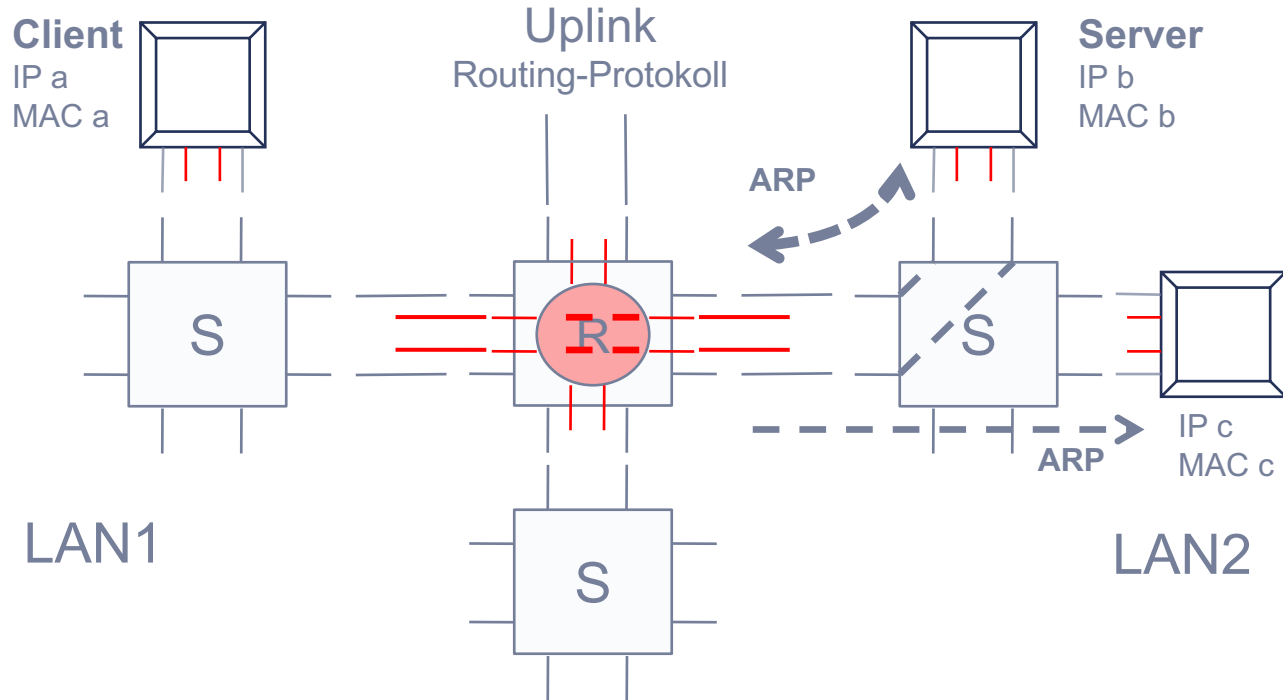
Kommunikation Client (=IPa/MACa) in LAN1 mit Server (=IPb/MACb) in LAN2

# Ebene 2 & 3 - ARP-Adressierung real (3)



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

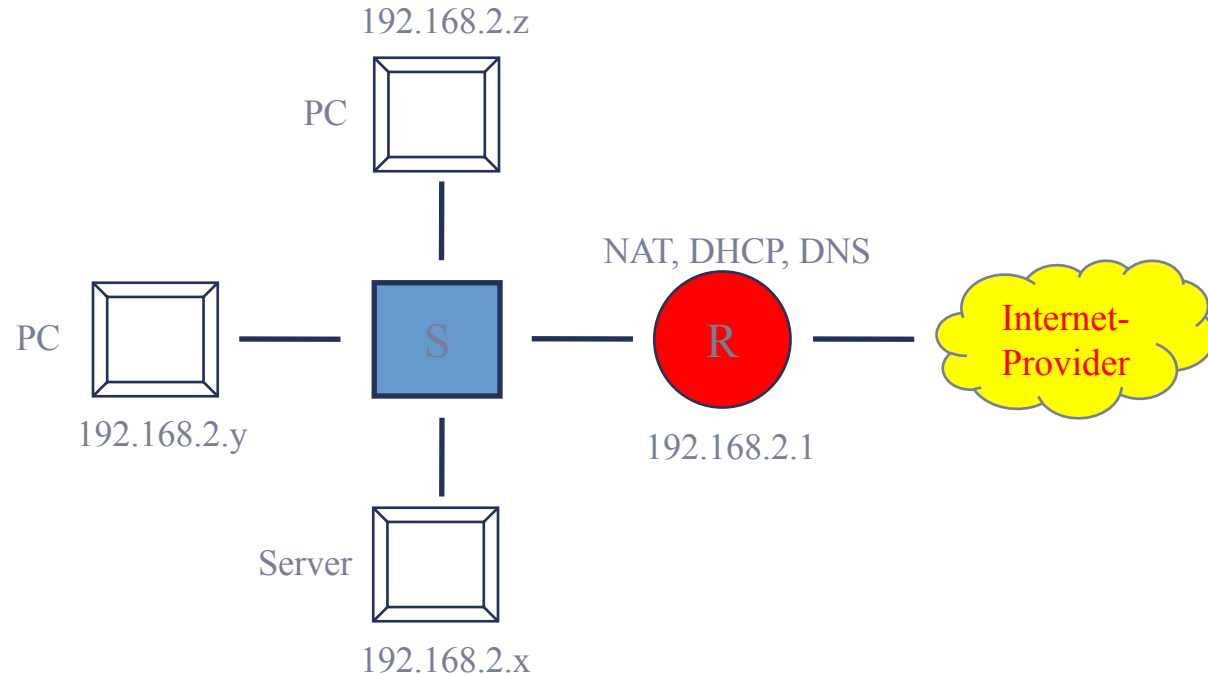
# Ebene 2 & 3 - ARP-Adressierung real (4)



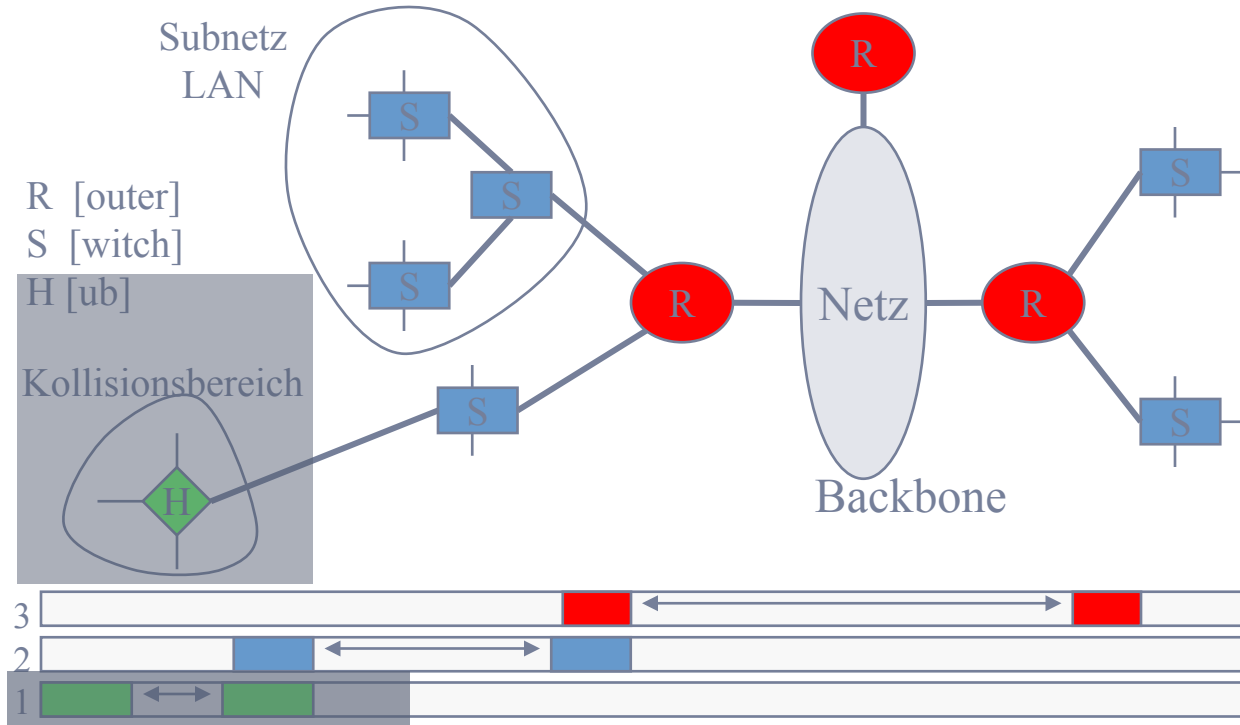
Kommunikation Client (=IPa/MACa) in LAN1 mit Server (=IPb/MACb) in LAN2

# Alle Ebenen - Trivialbeispiel Heimnetzwerk

default route: 192.168.2.1



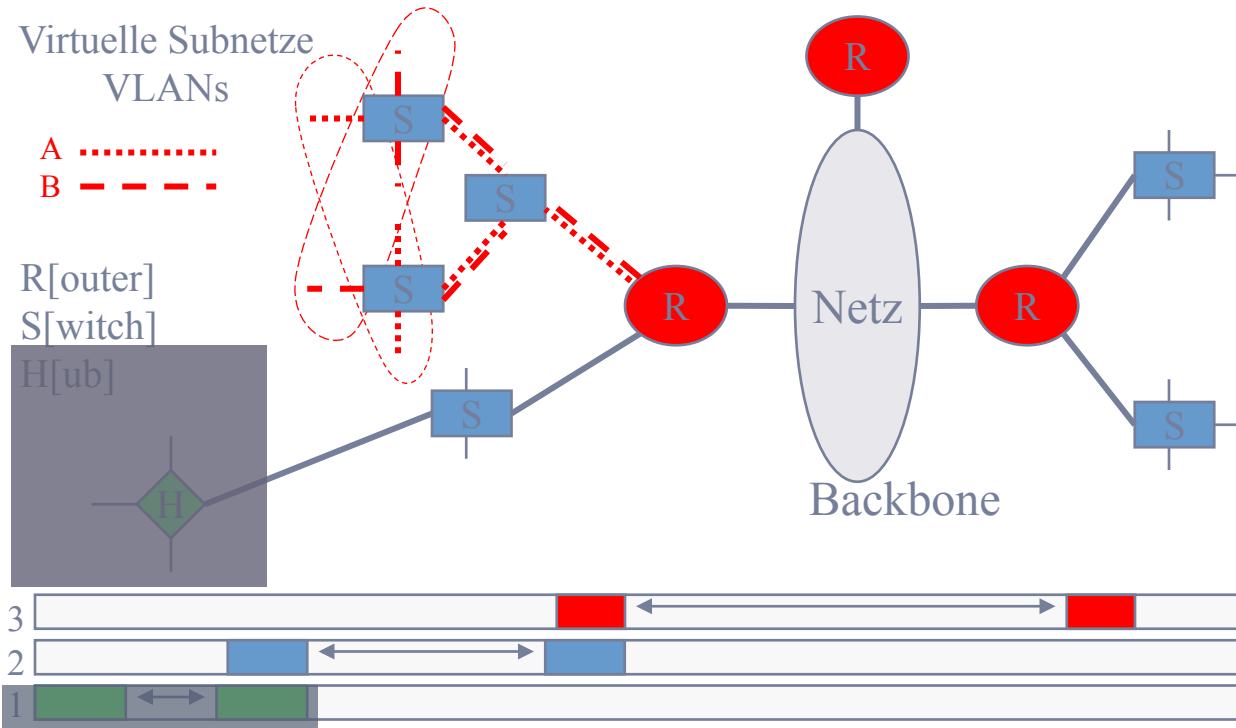
# Alle Ebenen - Übersicht



# Ebene 2 & 3 - Virtuelle LANs (VLANs)

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

# Ebene 2 & 3 - Virtuelle LANs (VLANs)



# Ebene 3 - Umbruch IP-Adressierung

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

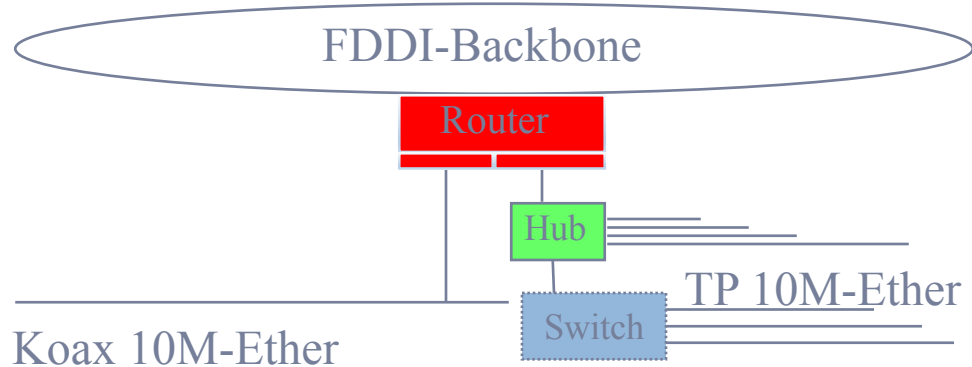


# 5) LAN-Strukturierung - FAU

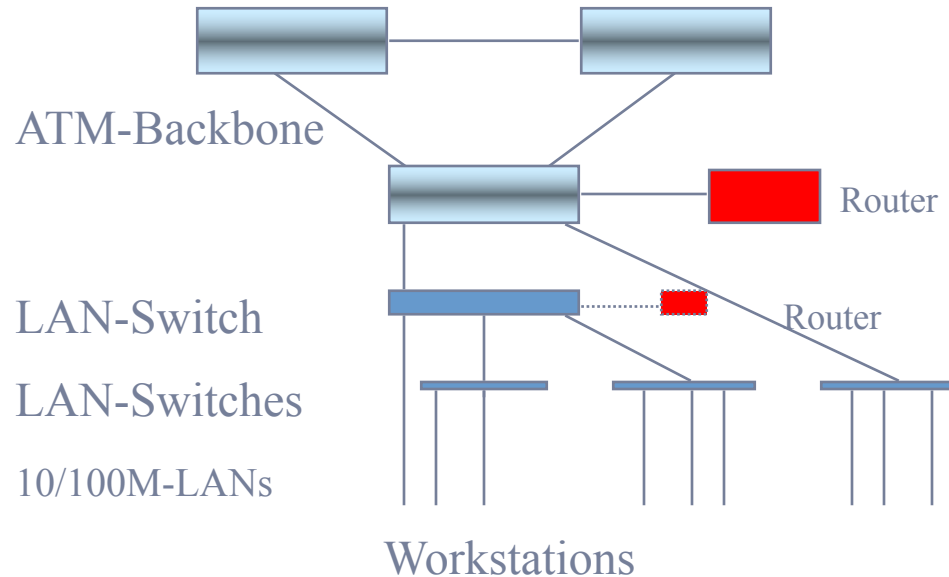
- 1994
- 1998
- 2003

# LAN-Strukturierung FAU: direktes Routing (1994)

Nur physische LANs

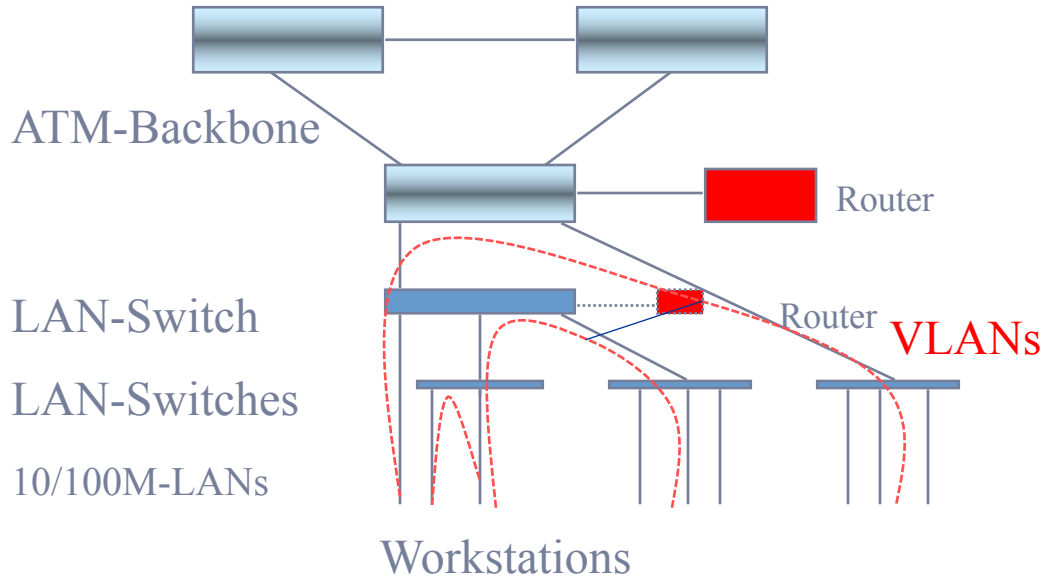


# LAN-Strukturierung FAU: indirektes Routing (1998)



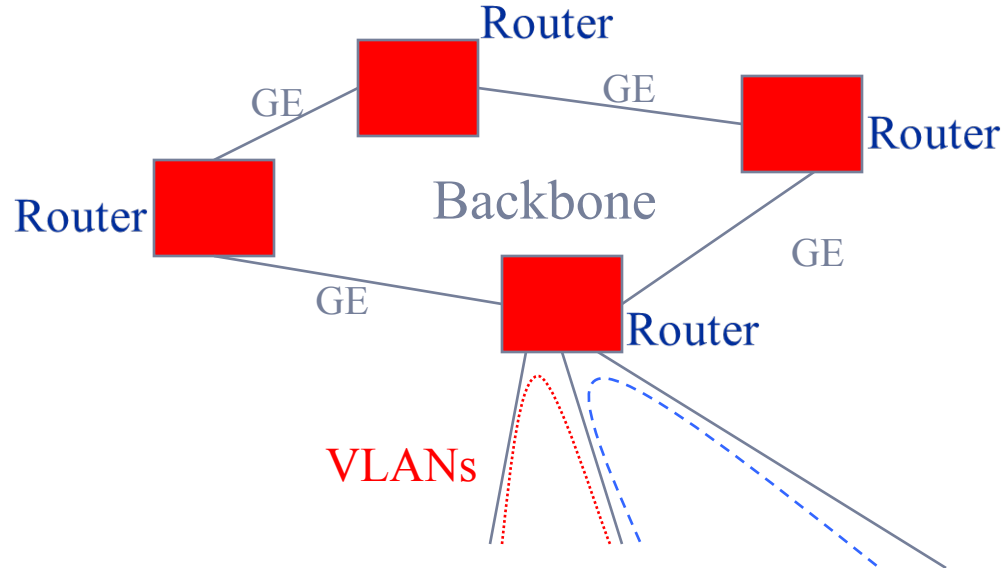
# LAN-Strukturierung FAU: indirektes Routing (1998)

## Globale VLANs



# LAN-Strukturierung FAU: direktes Routing (2003)

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



# REGIONALES RECHENZENTRUM ERLANGEN [RRZE]



## Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Regionales RechenZentrum Erlangen [RRZE]

Martensstraße 1, 91058 Erlangen

[www.rrze.fau.de](http://www.rrze.fau.de)

Hier ist noch Platz für einen individuellen Gruß