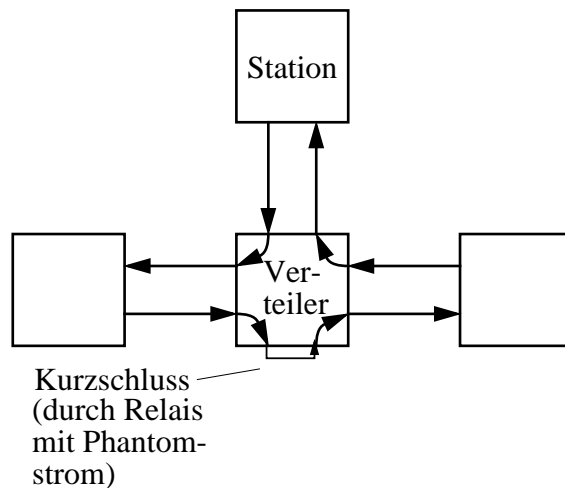


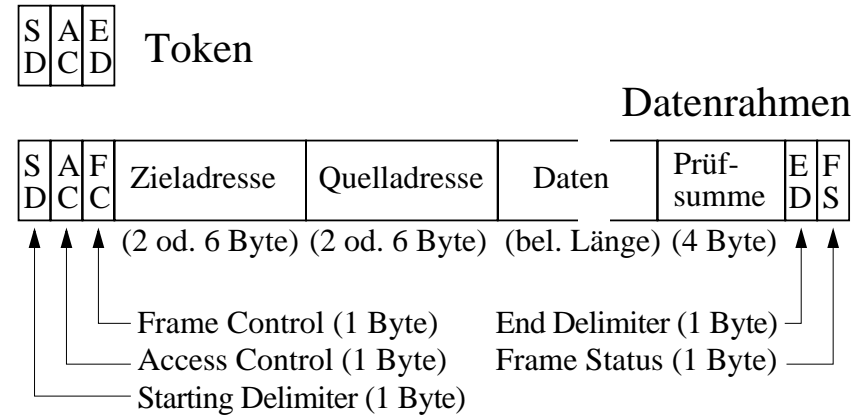
Token-Ring - technische Aspekte

- Bitrate 4 Mb/s bzw. 16 Mb/s
- Differentielle Manchester-Kodierung
- Topologie: logischer Ring / physischer Stern
- Ausbaufähig bis max. 250 Stationen / Ring
(allerdings kaskadierbar)



Bypass-Relais in den Anschlusseinheiten geht in den Kurzschluss-Zustand, wenn keine Station angeschlossen ist, eine Station ausgeschaltet wird oder (z.B. durch einen Kabelbruch) eine Anschlussverbindung ausfällt

Token- und Rahmenformat



- SD und ED enthalten "illegale" diff. Manchester-Codes
- dadurch sind Rahmengrenzen in laufendem Bitstrom erkennbar
- AC enthält zwei Bits 'T' und 'M':
- T = 0 <==> Freitoken (sonst Datenrahmen mit impliz. Belegttoken)
- M für "Stempel" des Monitors (Erkennung alter Datenrahmen)
- FS enthält zwei Bits 'A' (address recognized) und 'C' (frame copied) --> automatisches Acknowledge
- A = 0 ==> Empfänger unbekannt (oder abgeschaltet)
- C = 0 ==> Nachricht wurde vom Empfänger nicht abgenommen (z.B. weil nicht genügend Pufferplatz vorhanden war)

Ring-Management

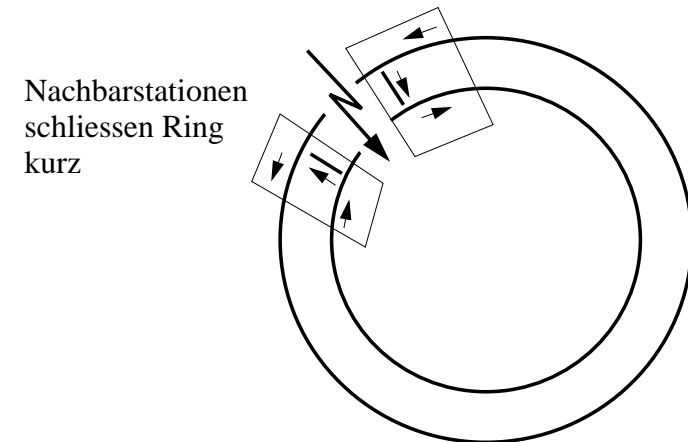
- Es gibt einige Kontrollnachrichten, die dem Management des Rings dienen
- Diese werden durch bestimmte Bitmuster in einem Steuerbyte identifiziert, z.B.:
 - *“Claim Token”*: Für Election-Protokoll (Bestimmung eines neuen Monitors)
 - *“Purge”*: Verwendet von neuem Monitor, um Ring zurückzusetzen (alten Token oder Datenframes sind nach Umlauf des Purge entfernt)
 - *“Active Monitor Present”*: Regelmässig vom Monitor ausgesandt
 - *“Duplicate Address Test”*: Von initialisierter Station mit eigener Adresse versandt; nach Umlauf Test, ob eine andere das ‘A’-Bit in FS gesetzt hat
 - *“Beacon”*: Zur Lokalisierung von Ringunterbrechungen
 - *“Standby Monitor Present”*

-
- Bei 100 m Umfang, Bitdauer ca. 50 ns, 0.75 c
==> Ring enthält ggf. nur ca. 10 Bit (bei abgeschalteten Stationen verschwindet 1-Bit-Verzögerung)

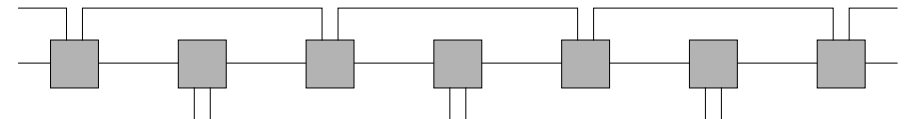
- Token ist aber 24 Bit lang
 - damit Token ganz auf den Ring passt, enthält der Monitor einen Puffer (ca. 30 Bit) zur Verzögerung von Datenpaketen

Anfälligkeit von Ringsystemen

- > Elektrischer Bypass im Ringinterface (*“Verteiler”*)
- > Doppelter Ring (Ersatzleitung) mit *“Kurzschluss”*



- > *“Zopf”*: Eine Station ist ausser mit den direkten Nachbarn auch mit den übernächsten Nachbarn verbunden



- > damit kann eine defekte Station ausgeblendet werden

Dilbert



High-Speed LANs

das bedeutet gegenwärtig ca. 100 Mb/s bis 1Gb/s

- Ca. 10 Mb/s war lange Zeit für LANs ausreichend
 - aber: neue Anwendungen (Multimedia, Server Backup, grosse Modelle in der Konstruktion, Virtuelle Realität, Realzeit-Audio und Video...) sowie schnellere Maschinen...
 - auch dedizierte 10 Mb/s bei Switches genügen dazu oft nicht mehr
- Unterschiedliche Technologieklassen, z.B.:
 - 1) ATM (= Asynchronous Transfer Mode)
 - WAN-Technik: für LAN-Bereich derzeit i.a. nicht preiswert genug
 - 2) Weiterentwicklungen von Ethernet (bzw. Token-Ring)
 - Entwurfsaspekte:
 - geeignet für gemischte 10 MB/s, 100 MB/s... Netze (z.B. Switch mit verschiedenen Adapterkarten bzw. "Auto-Negotiation")
 - geeignet für unterschiedliche / preiswerte Kabel
 - Paketformate "ähnlich" zu klassischen LANs (--> Software und teilweise auch Netzhardware ist weiterhin nutzbar)

Fast-Ethernet (“100 Base X”)

- IEEE-Standard seit 1995
 - gleiches Paketformat und CSMA/CD-Protokoll wie im klassischen Ethernet (daher “bewährt”, jedoch für Realzeitdaten nur bedingt geeignet)
 - zentraler Switch (--> Stern / Baum); Bitzeiten 10 ns (100 Mb/s!) statt 100 ns und damit kürzere Verbindungsdistancen
- Autosensing / Autonegotiation: Erkennen, ob die Gegenseite auch Fast-Ethernet ist, Vollduplex kann etc.
 - Verschicken spezieller Pakete (z.B. alle 16 ms) mit Kontrollinformation
- Verschiedene Varianten:
 - *100 Base TX*
 - 2 × UTP-5 twisted pair (bei 4 × UTP- --> Vollduplex) bis 100 m
 - 4B5B-Kodierung mit 125 MHz
 - > genügend Redundanz für Taktrückgewinnung und Blockbegrenzung
 - Synchrone Datenübertragung mit einem idle-Muster (ständige Überwachung des Mediums)
 - *100 Base T4*
 - 4 × UTP-3 twisted pair (je ein Kabelpaar pro Richtung; die beiden anderen nach Bedarf geschaltet --> unsymmetrischer Duplexbetrieb)
 - *100 Base FX*
 - 2 × Multimode-Glasfaser
 - bis zu 2 km Anschlusslänge

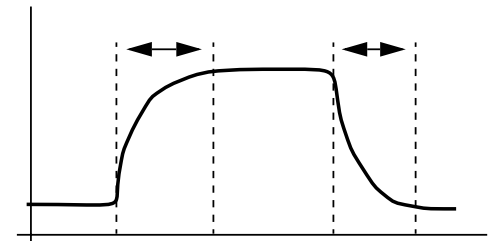
Kombination mittels Hub / Switch möglich

preiswerter als UTP-5; weit verbreitet in USA

Vollduplex erfordert *keine Kollisionserkennung* (stets nur ein Sender pro Leitung!)

Gigabit-Ethernet

- IEEE-Standard seit 1998 für Glasfaser
 - für Kupfekabel (twisted pair) IEEE-Standard seit Juni 1999 (“1000 Base T” über 4 x UTP-5 parallel)
- Skalierung
 - 1 Gb/s würde bei gleichem Protokoll (Kollisionen!) nur 20 m liefern
 - daher kleine Änderungen der MAC-Ebene --> grössere Ausdehnung
- Entwurfsaspekte: Charakteristika des klassischen Ethernets weitgehend beibehalten
 - gleiches Rahmenformat
 - gleiche min. und max. Rahmengrösse
- Einige Änderungen auf der PHY-Ebene, z.B.:
 - kürzere Randflanken bei den Transceivern
 - 8B/10B-Kodierung
 - spezielle Kontrollzeichen für Jam und für Paketbegrenzungen (statt Präambel bzw. Sendepause am Anfang / Ende)

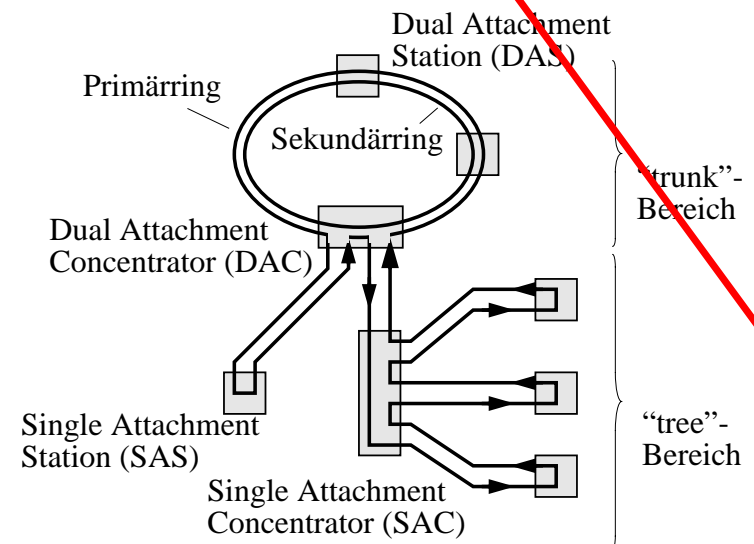


Gigabit-Ethernet (2)

- Wenige Änderungen auf der MAC-Ebene:
 - “Carrier Extension”: Verlängerung kurzer Rahmen auf mindestens 512 Byte (um bei 200 m Kollisionen erkennen zu können): Konkatination mehrerer kleiner Rahmen oder künstliches Auffüllen
 - Durchsatz bei kleinen Paketen daher kaum grösser als bei 100 Mb/s!
 - “Frame Bursting”: Sender (z.B. Server) wartet nach einem Paket keine 9,6 μ s (entspäche 9600 Bits!), sondern sendet weitere Rahmen sofort, sofern vorhanden (insgesamt maximal jedoch 8192 Byte)
- Pragmatisches:
 - vorrangig mit Vollduplex (keine Kollisionen!) betrieben
 - Kosten für Netzkomponenten: Faktor 2-3 gegenüber 100 Mb/s
 - Einsatzgebiet i.a. Backbones, switch-to-switch, schnelle Server

FDDI

- “Fiber Distributed Data Interface”
 - Glasfaser; 4B5B-Codierung; 100Mb/s (entspr. 125 MHz)
- Token-Ring (doppelter, gegenläufiger Ring)
 - Primär- und Sekundärring
 - Sekundärring als Backup (optischer Bypass bei Kabelbruch)
 - oft logischer Ring, aber physischer Stern / Baum
 - max. 100km Länge; max 500 Stationen; max. Abstand 2 km
- Protokoll und Rahmenformat ähnlich zu 802.5
 - Token-Ring
 - Datenrahmen max 4500 Bytes lang
- Nutzung i.a. als Backbone-Netz zur Verbindung von Ethernet- oder Token-Ring-Netzen



Die LLC-Ebene

- Bei LANs unterteilt man i.a. die Schicht 2 in "Sublayers":

3 Network Layer	
2b LLC	Logical Link Control
2a MAC	Medium Access Control (bei Ethernet: CSMA/CD)
1 Physical Layer	

- LLC bildet zur Schicht 3 die gemeinsame Schnittstelle für verschiedene LAN-Technologien

- LLC enthält klassische Funktionalität der ISO-OSI-Sicherungsschicht (framing, Fehlerbehandlung etc.)

- LLC bietet prinzipiell drei verschiedene Dienste an:

- connectionless unreliable datagram
- connectionless acknowledged datagram
- reliable connection (Auf- und Abbau von Verbindungen, Reihenfolge-sicherung, Flusssteuerung, Empfangsbestätigung etc. analog zu HDLC)

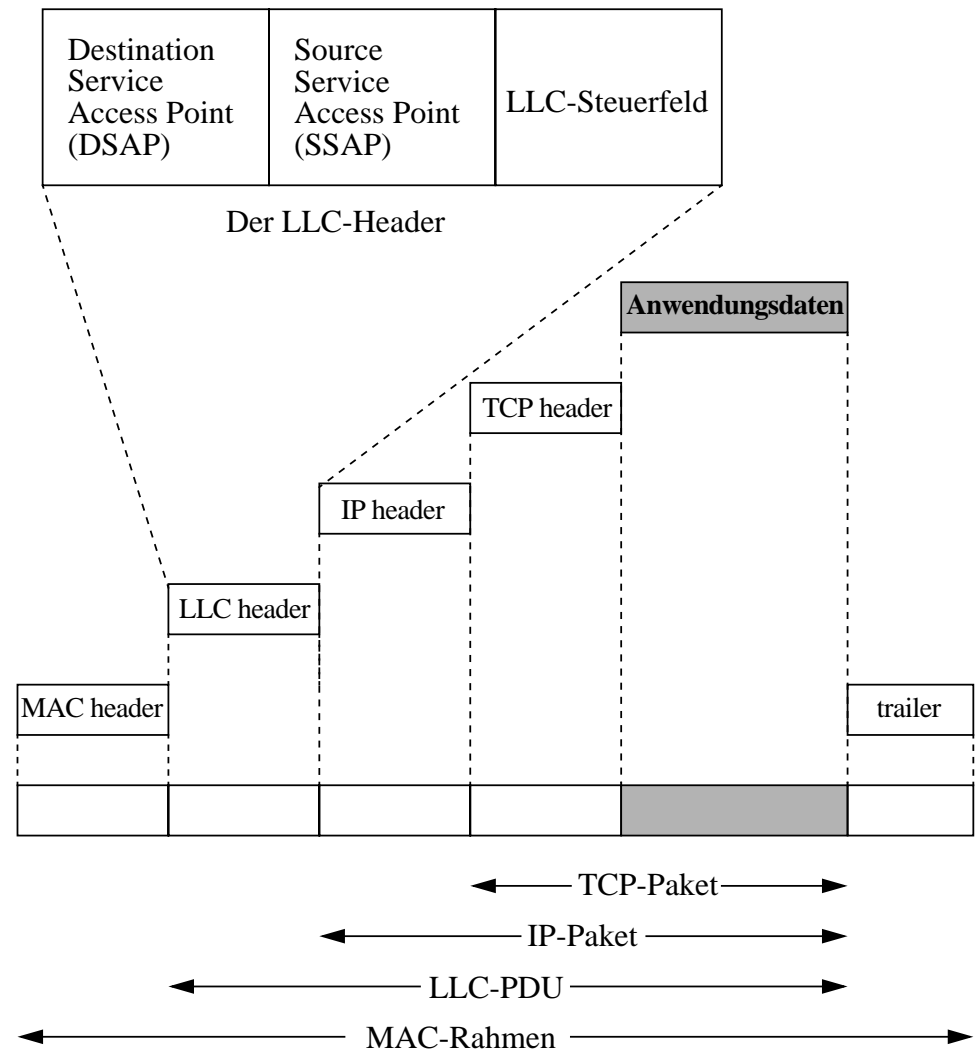
nicht immer sind alle implementiert!

- LLC fügt (je nach Dienst) zu einem Datenpaket der Schicht 3 Sequenznummern hinzu und verwendet ACKs

- Oft genügt "unreliable datagram": Da bei IP der Verlust von Paketen sowieso "möglich" ist, werden z.B. IP-Pakete einfach in das Datenfeld von Ethernet-Paketen eingefügt und als "unreliable datagram" versendet

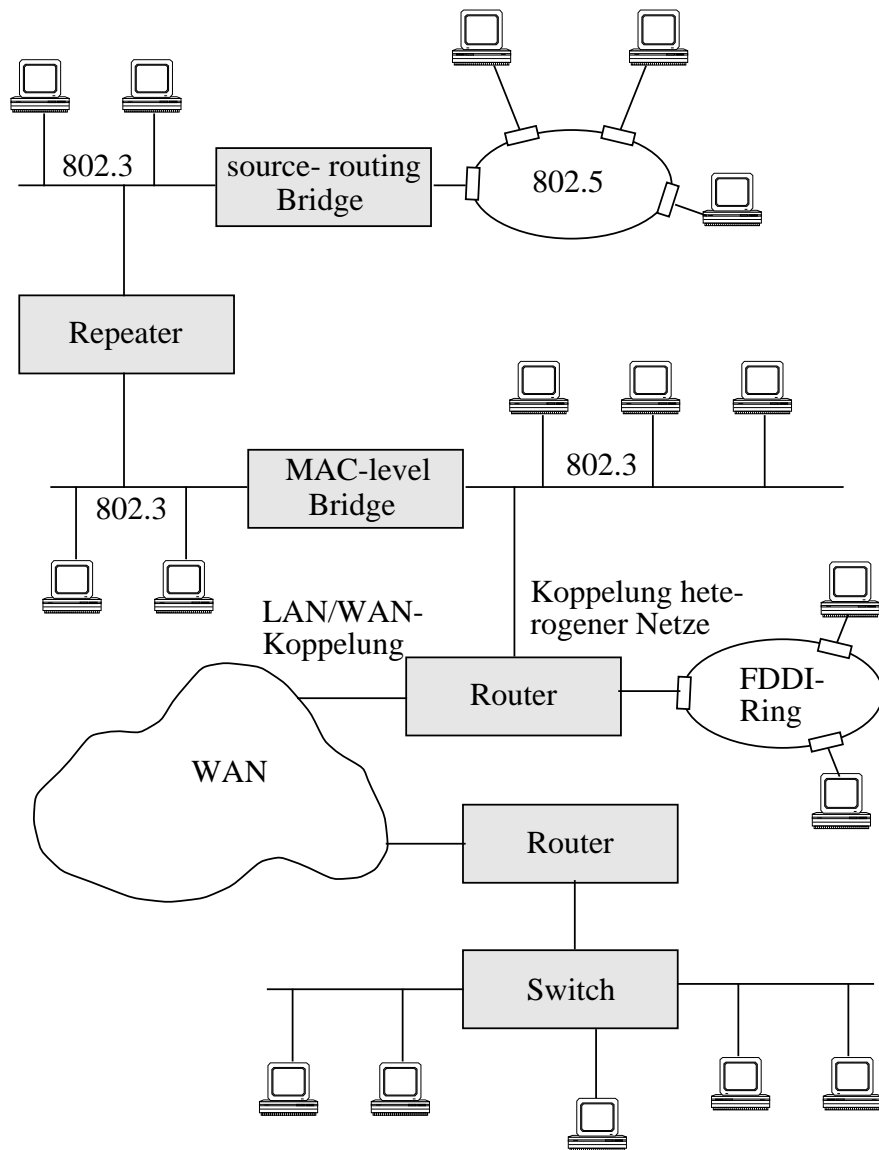
- ist der effizienteste Dienst; Fehlerbehandlung und Flusssteuerung muss dann allerdings auf höherer Ebene gemacht werden

Paketverschachtelungen

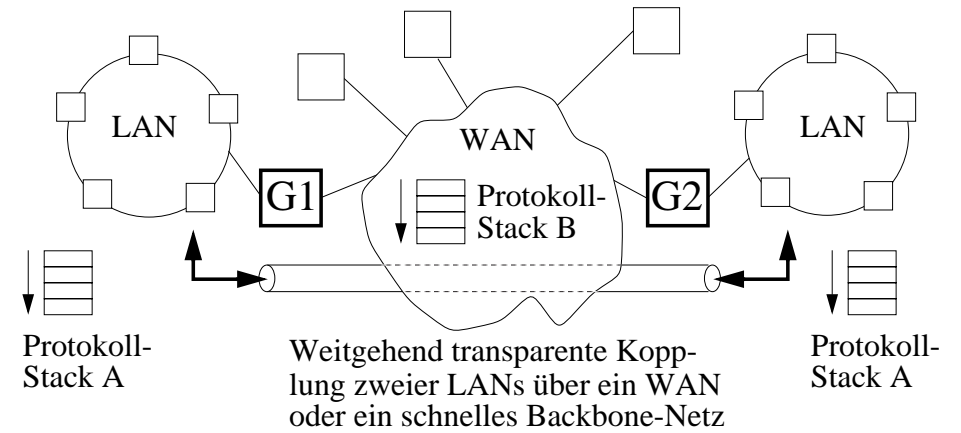


- Beachte: ggf. muss ein Paket der Ebene i in mehrere Pakete der Ebene i-1 aufgebrochen werden

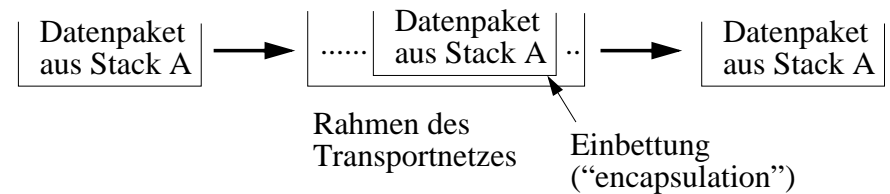
Netzkoppelungen



Tunneln



- *Idee:* Benutze dazwischengeschaltetes Netz nur als Transportdienst für Datenpakete von Stack A
- Gateways G1 und G2 sind über (z.B. fest eingerichtete) *virtual circuits* miteinander verbunden
- Transportnetz ist *transparent*; es findet keine eigentliche Protokollumsetzung statt

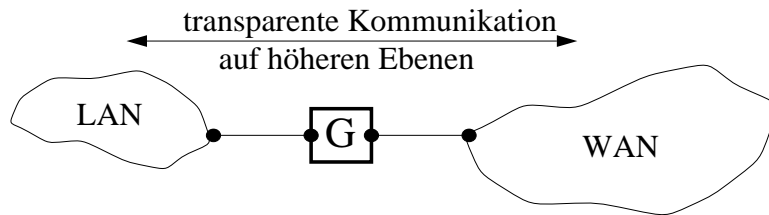


Netzverbund und Gateways

- Verbund von Netzen (ggf. mit untersch. Protokollen)

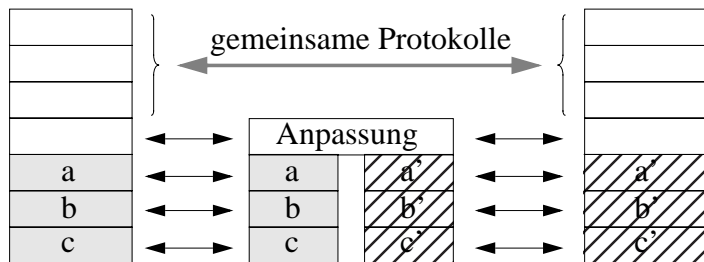
- Gateway:

Vermittlungsinstanz (aus Hard- und Software), die zwei Netze verbindet und eine ggf. notwendige Protokollumsetzung vornimmt



- Gateway ist charakterisiert durch die Ebene, in der die Protokollanpassung vorgenommen wird

- darüber: gleiche Protokolle
- darunter: verschiedene Protokolle



- *Anpassungsschicht* stellt sich in beiden Teilnetzen so dar, als wäre sie eine Instanz des jeweiligen Teilnetzes