

Sicherungsschicht – Leitungsprotokolle

Kapitel 6

Schichtbezeichnung und Dienstschnittstellen abhängig von Szenario

Dedizierte Leitung	Shared Medium	
Network	Network	Vermittlungsschicht
Data Link	LLC	Sicherungsschicht
	MAC	
Physical	Physical	Bitübertragungsschicht

LLC = Logical Link Control

Protokollbezogen

- Bereitstellen und Steuern Layer-2-Connection (Data Link, Logical Link)
- Steuerung und Sichern Datenaustausch von
 - Zeichenfolgen (Blöcke) oder
 - Bitfolgen (Rahmen, *Frames*)

Dienstbezogen

- nach unten: Übernahme/-gabe von Bitfolgen
- nach oben: deckt Charakteristika der phys. Medien zu

Dienstgüte, Quality of Service

- Dauer Verbindungsaufbau, Durchsatz, Verzögerungen, Robustheit
- Schutz, Priorisierung
- Wahrscheinlichkeiten für...
 - Fehlschlagen des Verb.Aufbaus
 - Restfehler, Übertragungsfehler

Charakterisierung anhand der Dienstprimitive

Datagramm Dienst	UNIDATA	req, ind	
VO-Dienst	CONNECT	req, ind, resp, conf	
	DATA	req, ind	
	DISCONNECT	req, ind	
	RESET	req, ind, resp, conf	
	FLOW-CONTROL	req, ind	
Datagramm mit Quittung	DATA-ACK	req, ind	DG-Übergabe
	DATA-ACK-STATUS	ind	Quittungsmeldung
	REPLAY	req, ind	Sendeaufruf
	REPLAY-STATUS	ind	Empfangsanzeige
	REPLAY-UPDATE	req	Voranzeige Sendeaufruf
	REPLAY-UPDATE-STAT	ind	Bestätigung

Charakterisierung anhand von Leitungs- und Protokollaspekten

- Leitungsart (Stand-/Wähl-)
- Verbindungsart (Pkt-Pkt, Mehrpkt)
- Betriebsart
 - simplex (sx)
 - halbduplex (hdx)
 - duplex (dx)
- Übertragungsrate
- Synchronität
- Datensicherheit
 - Sequenznummern
 - Fenster
 - Prüfsummen
- Aspekte der Formatdarstellung
 - zeichenorientiert (codegebunden, codeabhängig)
 - bitorientiert (codeunabhängig)
 - Trennung von Daten und Steuerinfo (Reservierung, Positionierung)
- Steuerverfahren
 - Konkurrenzbetrieb
 - Aufrufbetrieb ("polling")
- PDU-Aufbau
- Diensttyp, Protokollablauf, Protokollautomat

Rechnernetze und verteilte Systeme
Sicherungsschicht – Leitungsprotokolle

Zeichenorientierte Prozeduren: BSC

Kapitel 6.1

- BSC (Binary Synchronous Communication)
 - IBM, 70er Jahre
 - Beispiel für Basic Mode Procedures (DIN 660019)
- Verwendung nur noch bei “dummen” Terminals (z.B. 327x), Geldautomaten
- Codeabhängig (ASCII oder EBCDIC)
- Prüfsummenbildung mit **BCC**
- Bit- und Bytesynchronisation durch spezielle **Steuerzeichen**
- Sehr viele Steuerzeichen → Transparenz über **Fluchtsymbol**

6.1 Zeichenorientierte Prozeduren: BSC

Beispiele Steuerzeichen

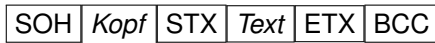
Symbol	Bedeutung
SOH	Start of Header
STX	Start of Text
ETX	End of Text
ETB	End of Transmission Block
SYN	Blocksynchronisation
EOT	End of Transmission
PAD	Füllzeichen
ENQ	Polling
DLE	Fluchtsymbol
ACK	positive Quittung
NAK	negative Quittung

Kodierung der Steuerzeichen in ASCII und EBCDIC unterschiedlich

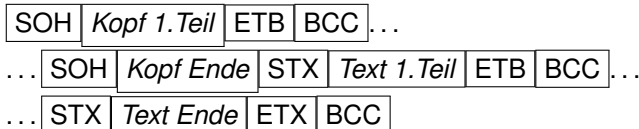
6.1 Zeichenorientierte Prozeduren: BSC

Blockbildung

Einzelblock



Blockfolge



6.1 Zeichenorientierte Prozeduren: BSC

Transparenz

Nutzdaten:

A	B	STX	C	DLE	D
---	---	-----	---	-----	---

Transparenz durch Fluchtsymbol

Übertragener Block:

SYN	SYN	STX	A	B	DLE	STX	C	DLE	DLE	D	ETX
-----	-----	-----	---	---	-----	-----	---	-----	-----	---	-----

Blockbildung mit Fluchtsymbol

Übertragener Block:

SYN	SYN							
DLE	STX	(Blockbeginn)						
A	B	DLE	STX	C	DLE	DLE	D	(Info)
DLE	ETX	(Blockende)						

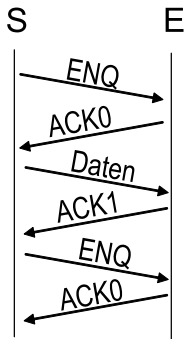
DLE

 : Byte-Stuffing

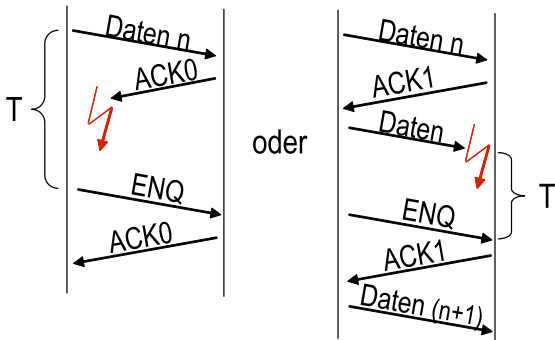
6.1 Zeichenorientierte Prozeduren: BSC

Abläufe

normal



mit Fehlern



Rechnernetze und verteilte Systeme
Sicherungsschicht – Leitungsprotokolle

Bitorientierte Prozeduren: HDLC

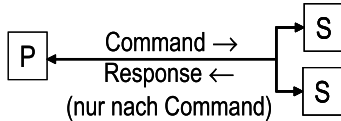
Kapitel 6.2

- HDLC (High Level Data Link Control)
- Protokollklasse **bitorientierter** Prozeduren der Schicht 2
 - 3 Basisklassen
 - 13 Optionen
- bekannte Varianten sind
 - LAP B (X.25)
 - LLC1/LLC2 bei Ethernet/Token Ring (IEEE 802.2)
 - LAP D bei ISDN D-Kanal
- Definiert in ISO 3309, 4335, 6159, 6256, 7809, 8886
- Unterstützt **Punkt-zu-Punkt** sowie **Mehrpunkt**, alle Betriebsarten
- Arbeitet **synchron**
- Absicherung mittels **CRC, Sequenznummern, Fenstertechnik**

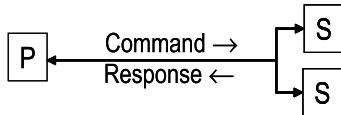
- Endgeräte (*stations*)
 - Leitstationen (*primary stations, P*): steuern Kommunikation mittels *Commands*
 - Folgestationen (*secondary stations, S*): antworten auf *Commands* mittels *Responses*. Zu jeder S besteht eigene logische Verbindung.
 - Kombinierte Stationen (*combined stations*): können P und S sein
- Links können sein
 - unsymmetrisch: eine P und eine oder mehrere S mit hdx oder dx
 - symmetrisch: zwei komb. Stationen mit hdx oder dx
- Betriebsmodi
 - *Normal Response Mode (NRM)*: nur bei unsymmetrisch. S darf nur auf *Commands* antworten.
 - *Asynchronous Response Mode (ARM)*: S darf ohne P-Erlaubnis senden.
 - *Asynchronous Balanced Mode (ABM)*: nur bei symmetrischer Konfiguration.

6.2 Bitorientierte Prozeduren: HDLC

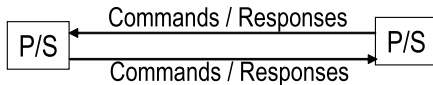
Betriebsmodi



Normal Response Mode



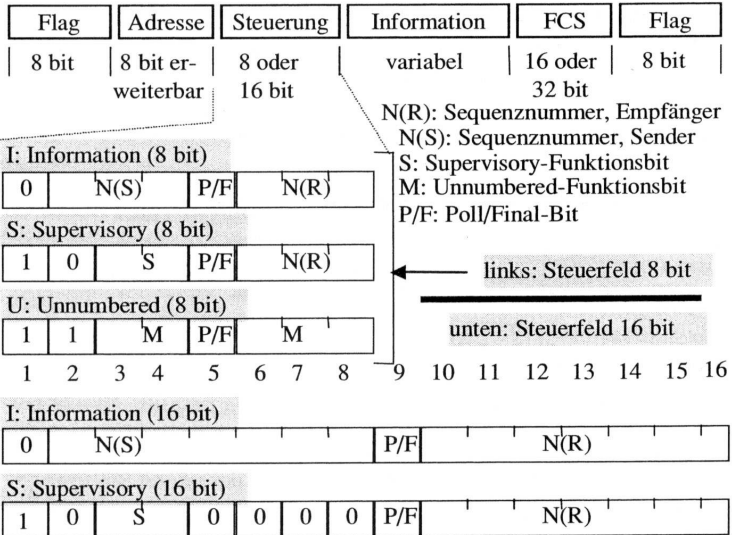
Asynchronous Response Mode



Asynchronous Balanced Mode

6.2 Bitorientierte Prozeduren: HDLC

Rahmenaufbau



Erweitertes Adressfeld: n Felder mit je 8 bit, das erste Bit der Felder 1, ..., $n - 1$ enthält 0, das erste Bit des Feldes n enthält 1

6.2 Bitorientierte Prozeduren: HDLC

PDU-Typen (1)

Name	C/R	Beschreibung
Information (I)	C/R	Austausch von Nutzdaten
Supervisory (S)		
Receive Ready (RR)	C/R	Positive Quittung, bereit zum Empfang von I-Rahmen
Receive not Ready (RNR)	C/R	Positive Quittung, nicht bereit zum Empfang
Reject (REJ)	C/R	Negative Quittung, gehe N zurück
Selective Reject (SREJ)	C/R	Negative Quittung, selektiv
Unnumbered (U)		
Setze Normal Response/Extended Mode (SNRM, SNRME)	C	Setze Modus, Extended = 7-Bit-Sequenznummern
Setze Asynchronous Response/Extended Mode (SARM, SARME)	C	Setze Modus, Extended = 7-Bit-Sequenznummern
Setze Asynchronous Balanced/Extended Mode (SABM, SABME)	C	Setze Modus, Extended = 7-Bit-Sequenznummern
Setze Initialisierungs-Modus (SIM)	C	Initialisiere Link-Steuerungsfunktion in der adressierten Station
Disconnect (DIS)	C	Beende die Verbindung

6.2 Bitorientierte Prozeduren: HDLC

PDU-Typen (2)

Unnumbered Acknowledgment (UA)	R	Quittiere die Ausführung eines Set Mode Command
Disconnected Mode (DM)	C	Beende die Verbindung
Request Disconnect (RD)	R	Anforderung des DIS-Commands
Request Initialization Mode (RIM)	R	Anforderung des SIM-Commands
Unnumbered Information (UI)	C/R	Austausch von Steuerdaten
Unnumbered Poll (UP)	C	Austausch von Steuerdaten
Reset (RSET)	C	Setze N(R), N(S) zurück
Exchange Identification (XID)	C/R	Anforderung/Zustellung von Statusinformation
Test (TEST)	C/R	Austausch identischer Informationsfelder zum Test
Frame Reject (FRMR)	R	Meldet den Empfang unbrauchbarer Rahmen

C, R: C = Command, R = Response, C/R = Command oder Response

- 3 Basisklassen
 - bestimmt durch Betriebsart
 - festgelegt durch Verbindungsaufbau
- Jede Basisklasse enthält folgende PDU
 - Aufbau: SARM / SNRM / SABM, UA
 - Abbau: DIS, DM, UA
 - Datenaustausch: I (in duplex)
 - Fehlerfälle und Flusssteuerung: RR, RNR, FRMR
 - Systemparameter: Fenstergröße, Timer, Zähler

6.2 Bitorientierte Prozeduren: HDLC

Prozeduroptionen

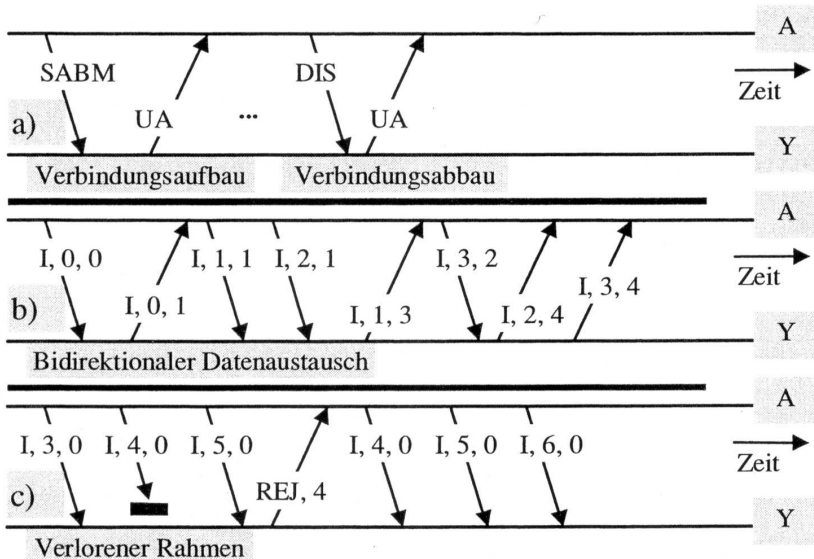
Option		P	S
1	+	XID	XID
2	+	REJ	REJ
3	+	SREJ	SREJ
4	+	UI	UI
5	+	SIM	RIM
6	+	UP	
7		Multioctet Addressing	
8	-	RR	I
9	-	I	RR
10		Fenstervergrößerung	
11	+	RESET	-
12	+	TEST	TEST
13	+	-	RD
14	CRC 32		

- Konkrete Prozeduren können definiert werden durch Klassen und Optionen
- Angabe: Klasse, Option, Option
- z.B. ARM, 8

6.2 Bitorientierte Prozeduren: HDLC

Abläufe

MNM
TEAM



6.2 Bitorientierte Prozeduren: HDLC

Sonstiges

- Flag: 01111110, Transparenz über Bitstuffing
- Adressen nur bedeutend bei Mehrpunktverbindungen
- Normalfenster ist 8; erweiterbar auf 128
- Normal CRC-16 ($x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$), bei LLC CRC-32
- Poll/Final:
 - *Poll* (Abfrage) durch P
 - S deutet Ende der Sendung mit F (*Final*) an
 - Mit P/F kann Checkpoint erzwungen werden.
- Systemparameter (d.h. Variable der Protokollimplementierung)
 - Zeitüberwachung für Quittung auf I und für F-Bit und in DTE
 - Wiederholungszähler, Framelänge, aktuelles Fenster

- Warum kommt HDLC mit 2-way-handshake aus?
- Welche Optionen und Klassen sind sinnvoll für
 - Verbindung Rechner → Drucker
 - Verbindung Rechner → Eingabegerät über “wacklige Leitung”
 - Verbindung Rechner → Terminalcluster
 - Satellitenbetrieb
- LAP B ist gegeben durch ABM,2.
 - Was bringt die Option?
 - Ist sie verzichtbar?

Rechnernetze und verteilte Systeme
Sicherungsschicht – Leitungsprotokolle

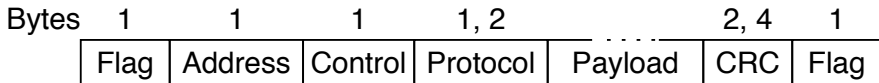
Point-to-Point Protocol

Kapitel 6.3

- Point-to-Point Protocol (PPP)
 - definiert in RFC 1661 (RFC 1662, 1663)
 - Ziel: einfach zu konfigurieren
 - Häufiger Anwendungsfall: Wählleitungen (Modem, ISDN, DSL)
 - Rahmenaufbau ähnlich zu dem von HDLC
 - Zeichenorientiert, überträgt Vielfache von 8 Bits
 - Nutzung über HDLC, SDH/SONET, Ethernet, ATM
- LCP (Link Control Protocol)
 - in PPP-Rahmen transportiert
 - Auf-/ Abbau des Links
 - Aushandlung von Optionen
- NCP (Network Control Protocol)
 - Bezug zum (transportierten) Protokoll der Vermittlungsschicht
 - Familie von Protokollen (verschieden, je nach Ausprägung der Schicht 3)

6.3 Point-to-Point Protocol

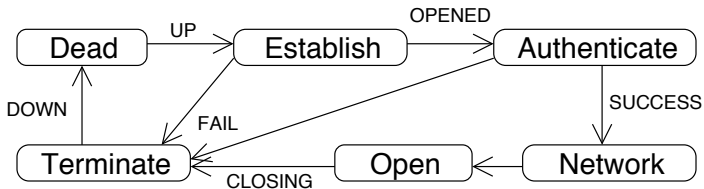
Rahmenaufbau



- Flag: Zeigt Beginn/Ende des Rahmens an (01111110)
- Address: Schicht-2-Adresse (default: 0xFF = Broadcast)
- Control: z.B. Fenstergröße (kaum benutzt, default 00000011 = *Unnumbered frame*)

6.3 Point-to-Point Protocol

Abläufe



- Zustand *Establish*: Aushandlung von Übertragungsoptionen mit LCP
- Zustand *Network*: Aufruf des NCP (z.B. Zuweisung von IP-Adressen)

Rechnernetze und verteilte Systeme
Sicherungsschicht – Leitungsprotokolle

Virtuelle LANs

Kapitel 6.4

6.4 Virtuelle LANs

Motivation

Bisher:

- LAN-Topologie folgt physischem Aufbau, und nicht Nutzungsanforderungen
- LAN ist Broadcastdomäne; LAN-Verkehr für alle DEE „sichtbar“
- Aber: Geschäftsprozesse und -strukturen \Rightarrow Anforderungen an LAN-Struktur

Idee VLAN

Unterteilung eines LAN zur Isolation von DEE-Gruppen, die z.B. organisatorischen Einheiten entsprechen, zur Trennung des Datenverkehrs verschiedener Gruppen.

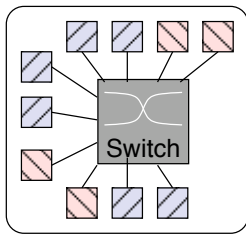
Ziele:

- Trennung von Verkehrslast
- Sicherheit (z.B. Vertraulichkeit)
- Trennung der Broadcastdomänen

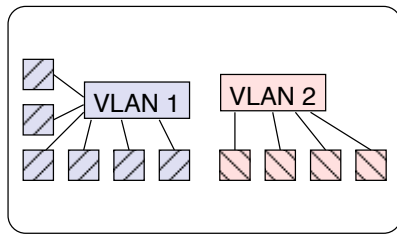
6.4 Virtuelle LANs

Probleme/Aufgaben

Physische Topologie



VLAN-Topologie



- Abstraktion von physischer (LAN) auf logische (VLAN) Topologie
- Bildung von VLANs über Hubs/Switches hinweg
- Keine Änderungen an den Leitungsadaptern der DEE

- VLAN-bildung über **Ports** der Koppelkomponente (z.B. Switch-Ports)
 - Anforderung: alle DEE hinter einem Port gehören VLAN an
 - Einfache Konfiguration: Port-Bereiche werden VLAN fest zugeordnet
 - Mobilität der DEE problematisch: Portwechsel → VLAN-Wechsel
- VLAN-bildung über **MAC-Adressen** der DEE
 - Anbindung einer DEE unabhängig von Port (MAC-Adresse bleibt gleich)
 - MAC-Adressen neuer DEE müssen VLAN zugeordnet werden
→ Konfig.-Aufwand
- VLAN-bildung über **Adressen der Vermittlungsschicht**
 - Verletzung des Schichtenkonzeptes!
 - keine Transparenz bezüglich Schicht-3-Protokollen (z.B. versch. Versionen des Internet Protocol)

6.4 Virtuelle LANs

Über mehrere Switches hinweg: Tagging

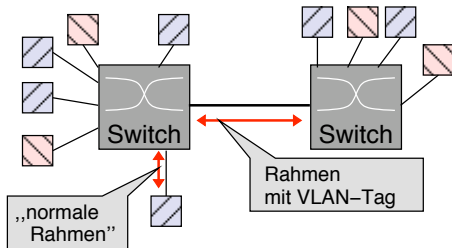
Problem: Betrieb von VLANs über mehrere Switches hinweg bei VLAN-agnostischen Link-Adaptern der DEE

Markierung der Rahmen (tagging)

- in Abhängigkeit von VLAN-Zugehörigkeit des Senders
- durch erste VLAN-fähige Koppelkomponente
- Tags relevant für Vermittlung zwischen Switches

bei Ethernet IEEE 802.1Q

- zusätzliches Rahmenformat mit: VLAN-Protocol-ID und Tag (Prio, VLAN-ID)
- dynamische Zuordnung Port → VLAN (ähnlich „Anlernen“ von MAC–Port-Paaren)



Rechnernetze und verteilte Systeme
Sicherungsschicht – Leitungsprotokolle

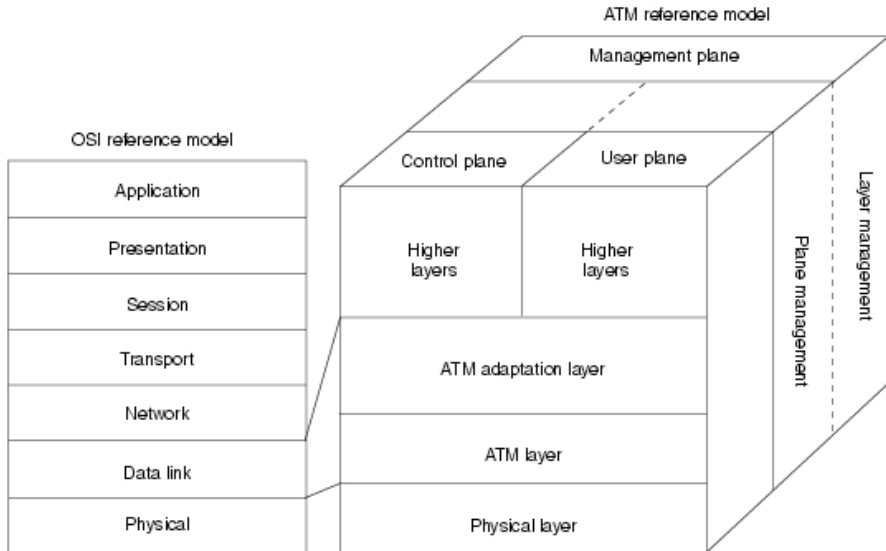
Asynchronous Transfer Mode

Kapitel 6.5

- ATM = Asynchronous Transfer Mode
 - Rein *verbindungsorientiert* auf Schicht 2/3
 - Multiplex von Zellen (= Pakete fester Länge)
 - Zelle: 5 Byte Header, 48 Byte Nutzdaten
 - Koppelkomp.: Switches, Cross-Bars
 - Garantien bezüglich der Dienstgüte (QoS)
- Diensttypen
 - PVC (Permanent Virtual Circuit)
 - Fest geschaltete Verbindung zwischen Endpunkten
 - z.B. (virtuelle) Standleitung
 - SVC (Switched Virtual Circuit)
 - Dynamisch eingerichtete Verbindung
 - z.B. garantierte 64 kbit/s-Kanal für ein Telefonat

6.5 Asynchronous Transfer Mode

ATM Referenzmodell (1)



6.5 Asynchronous Transfer Mode

ATM Referenzmodell (2)

ATM Layer : Zellvermittlung

ATM Adaptation Layer (AAL)

- verschiedene Ausprägungen: AAL-1 - AAL-5
- Umsetzung verschiedener Dienstkategorien, z.B. Constant Bit Rate (CBR)

Control plane: Signalisierung

Management plane: Fehlerbehandlung, Managementfunktionen bzgl. Gesamtsystem

- Ist BSC ein sx-, hdx-, oder dx-Protokoll? Wie steht es mit HDLC?
- Was ist das Transparenzproblem bei BSC, was bei HDLC?
- Welche QoS-Parameter gibt es für die Ebene 2?
- Wodurch wird der Betriebsmodus bei HDLC festgelegt?
- Ist HDLC als geschlossenes Protokoll spezifiziert?
- Wie geschieht die Prüfsummenbestimmung bei HDLC; wie bei BSC?
- Worin unterscheiden sich die PPP-Unterprotokolle LCP und NCP?
- Was ist *asynchron* an ATM? (Woher kommt der Name?)
- Wie können Rechner einem VLAN zugeordnet werden?