

Industrielle Bussysteme : Internet

Dr. Leonhard Stiegler
Automation

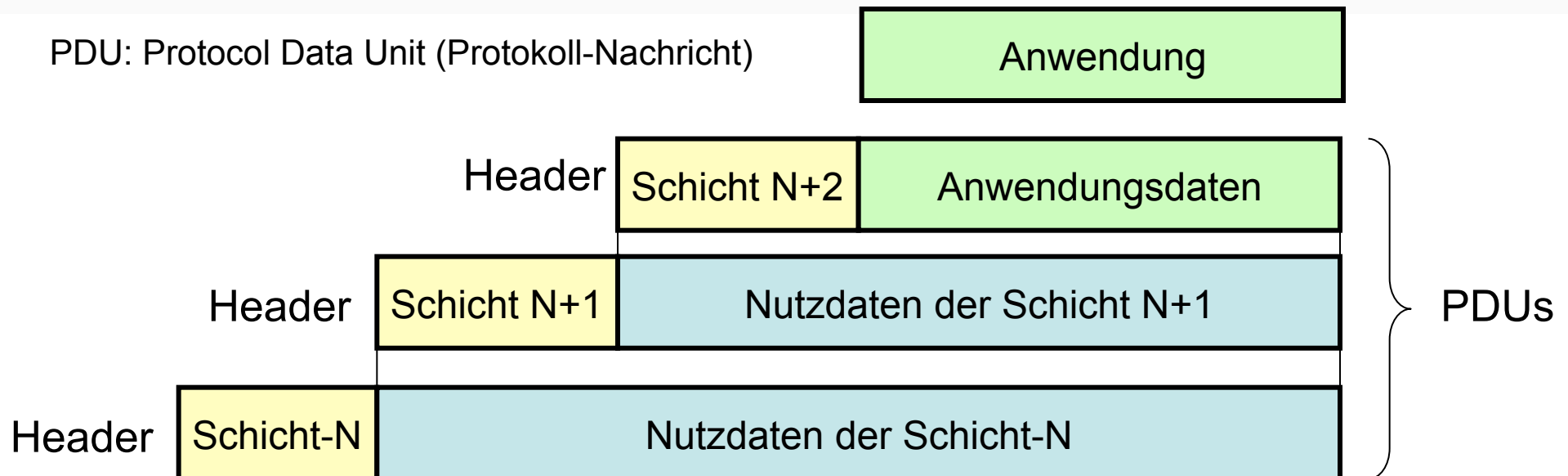
www.dhbw-stuttgart.de

- Einführung: Telekommunikationsprotokolle
- Internet Protokollschichten
- IP Version 4
- Beziehung : MAC-Adresse – IP-Adresse
- IP Adressierung, Subnetze
- Übersicht : IP-Routing
- IP Transportschichten: TCP und UDP
- Internet Control Protocol ICMP

Kommunikationsprotokolle spezifizieren :

- Formate, Datentypen und Inhalte der Protokollnachrichten (PDUs)
- Protokollschichten, welche PDUs austauschen
- Zeitbedingungen für den PDU-Austausch
- Dienste, welche von unteren Schichten zur Verfügung gestellt werden
- Protokoll-Zustände und die erlaubten Zustandsübergänge *beschrieben durch Zustandsdiagramme*
- Fehlerbehandlung

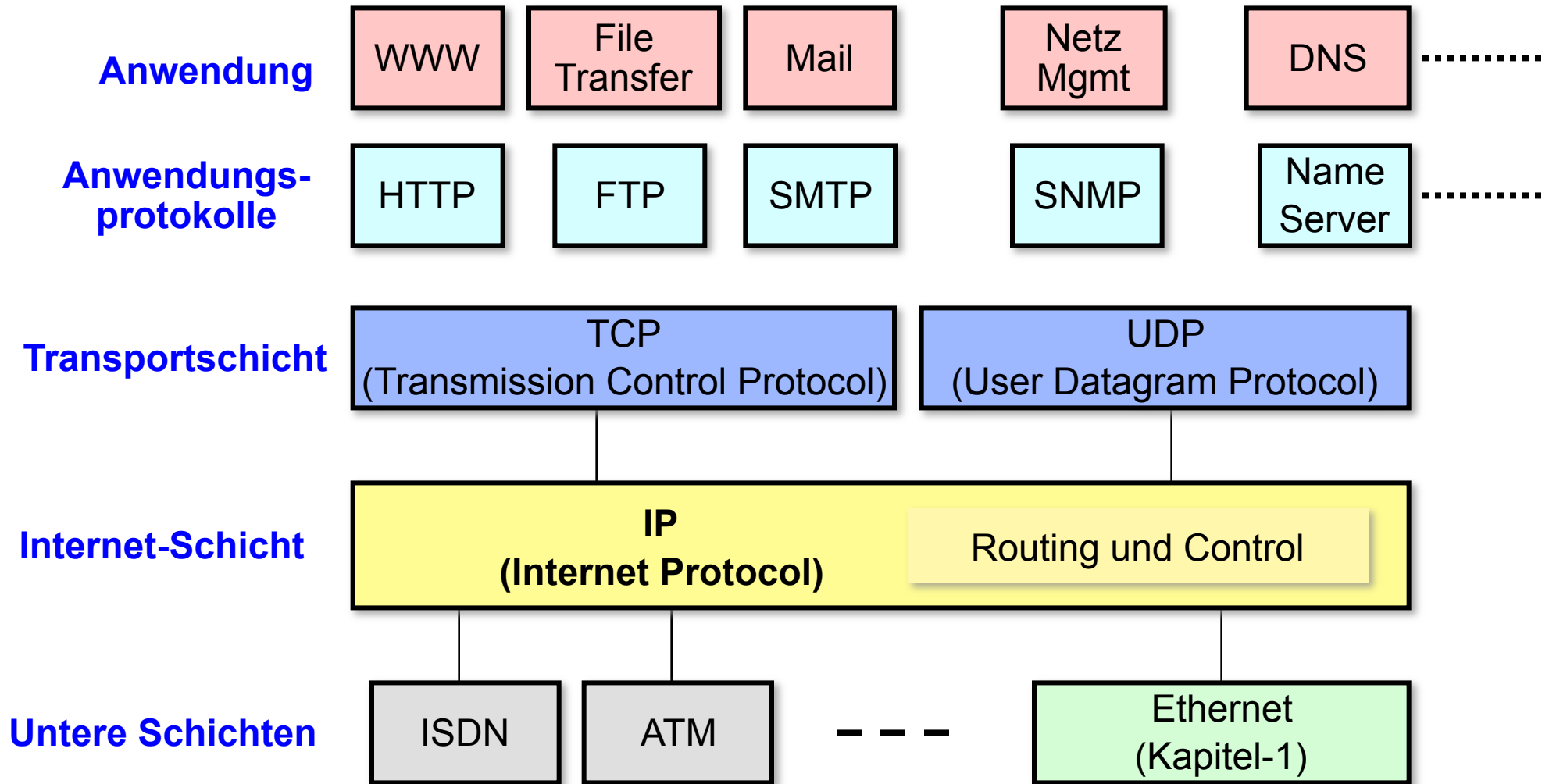
- Jede Protokollschicht besitzt einen Protokollheader, der die Funktionen der Protokollschicht realisiert.
- Jede Protokollschicht stellt ihren Header vor die Daten der darüber liegenden Schicht
- Eine Protokollnachricht der Schicht-N enthält alle darüber liegenden Protokollschichten.



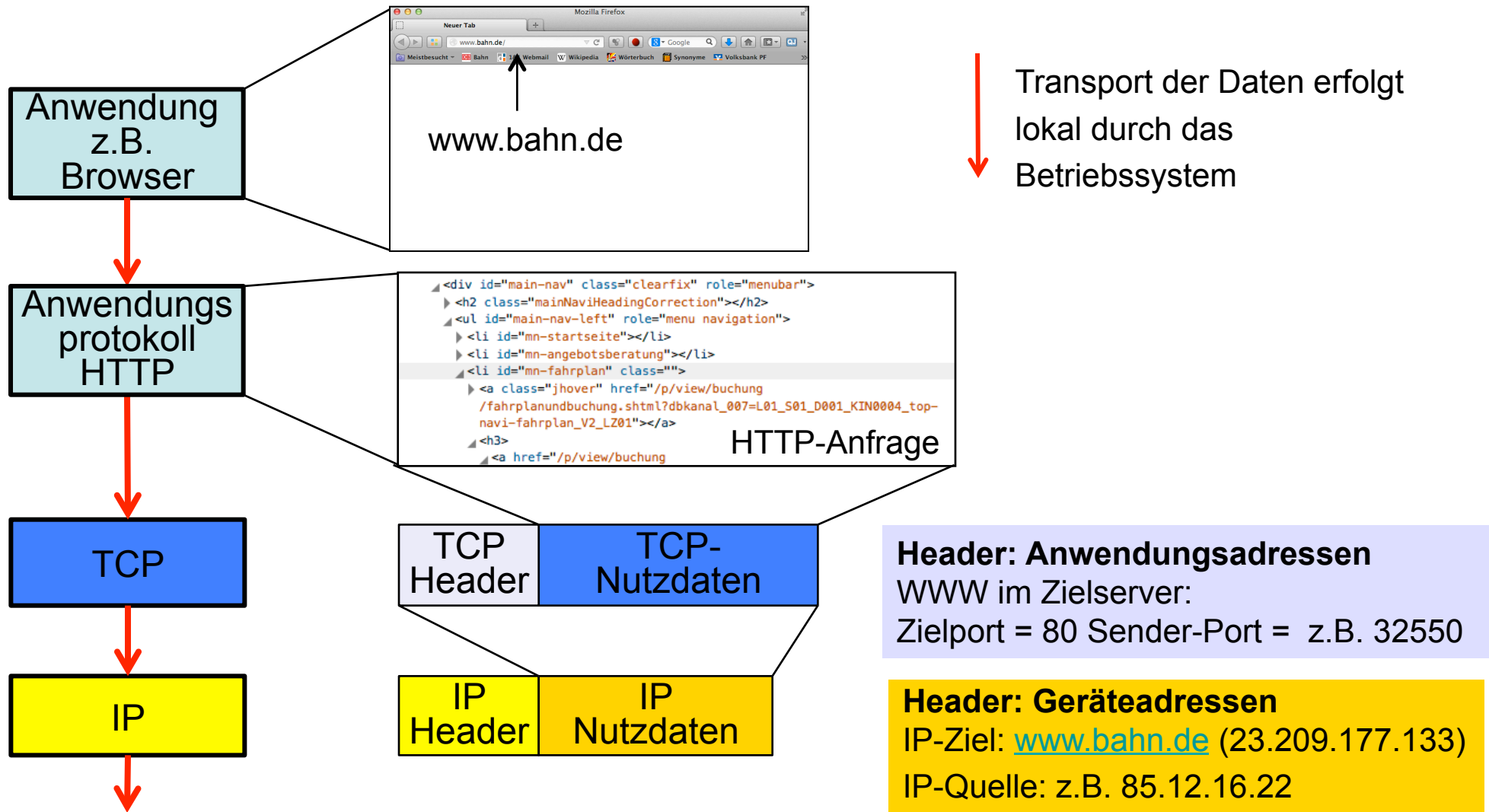
Request for Comments RFC: offizielle IETF Dokumente

- Experimental RFC: Versuchsstadium
- Informal RFC: zur Information und Koordination
- Best Current Practice RFC: Implementierungs-Hinweise
- Standards Track RFC: offizielle Standards
(Standard-Vorschläge, Draft standard)
- Internet Draft Documents (ID): nicht-offizielle Arbeits- papiere,
 mögliche RFC-Vorläufer

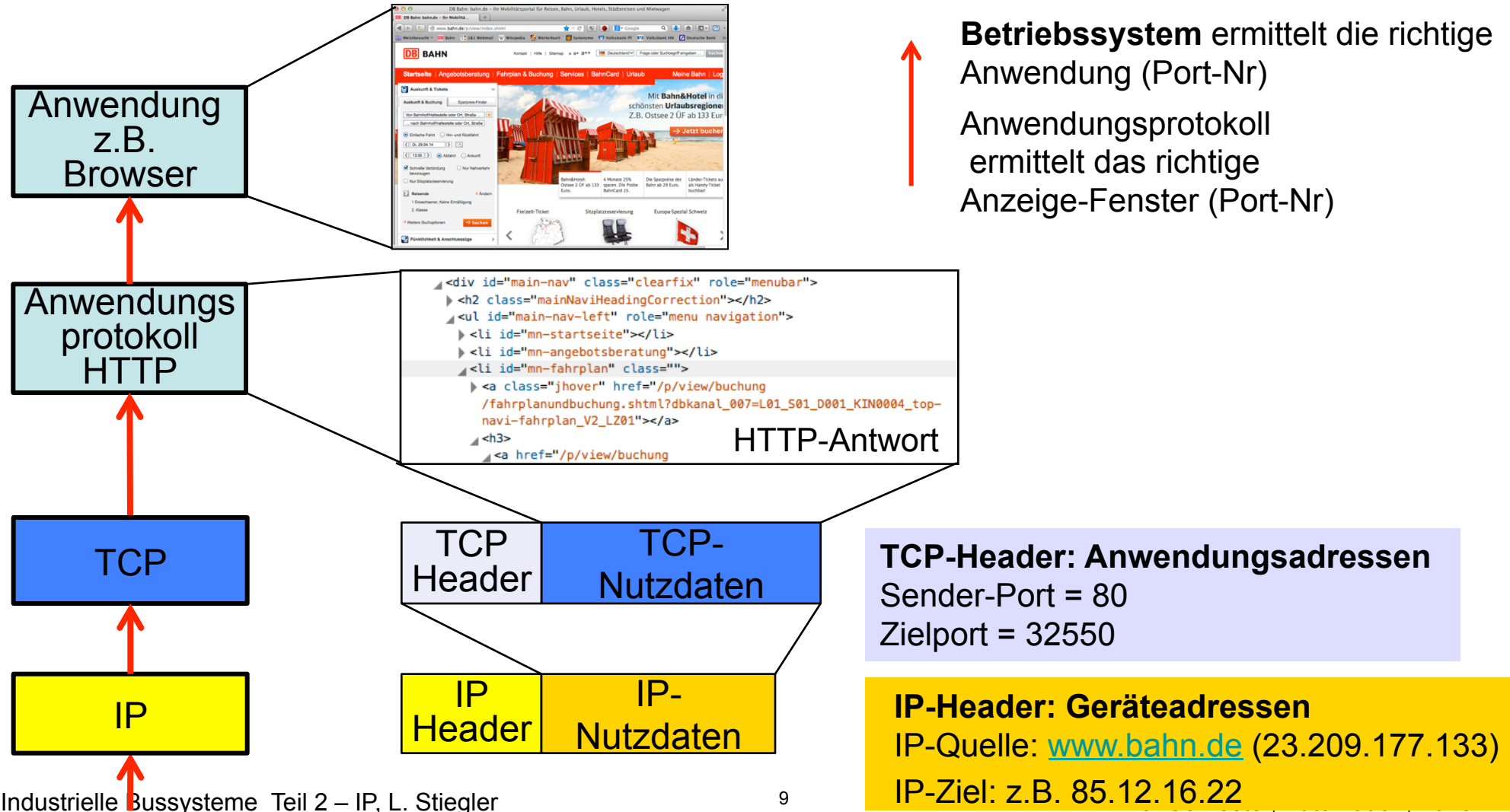
- Einführung: Telekommunikationsprotokolle
- Internet Protokollschichten
- IP Version 4
- Beziehung : MAC-Adresse – IP-Adresse
- IP Adressierung, Subnetze
- Übersicht : IP-Routing
- IP Transportschichten: TCP und UDP
- Internet Control Protocol ICMP



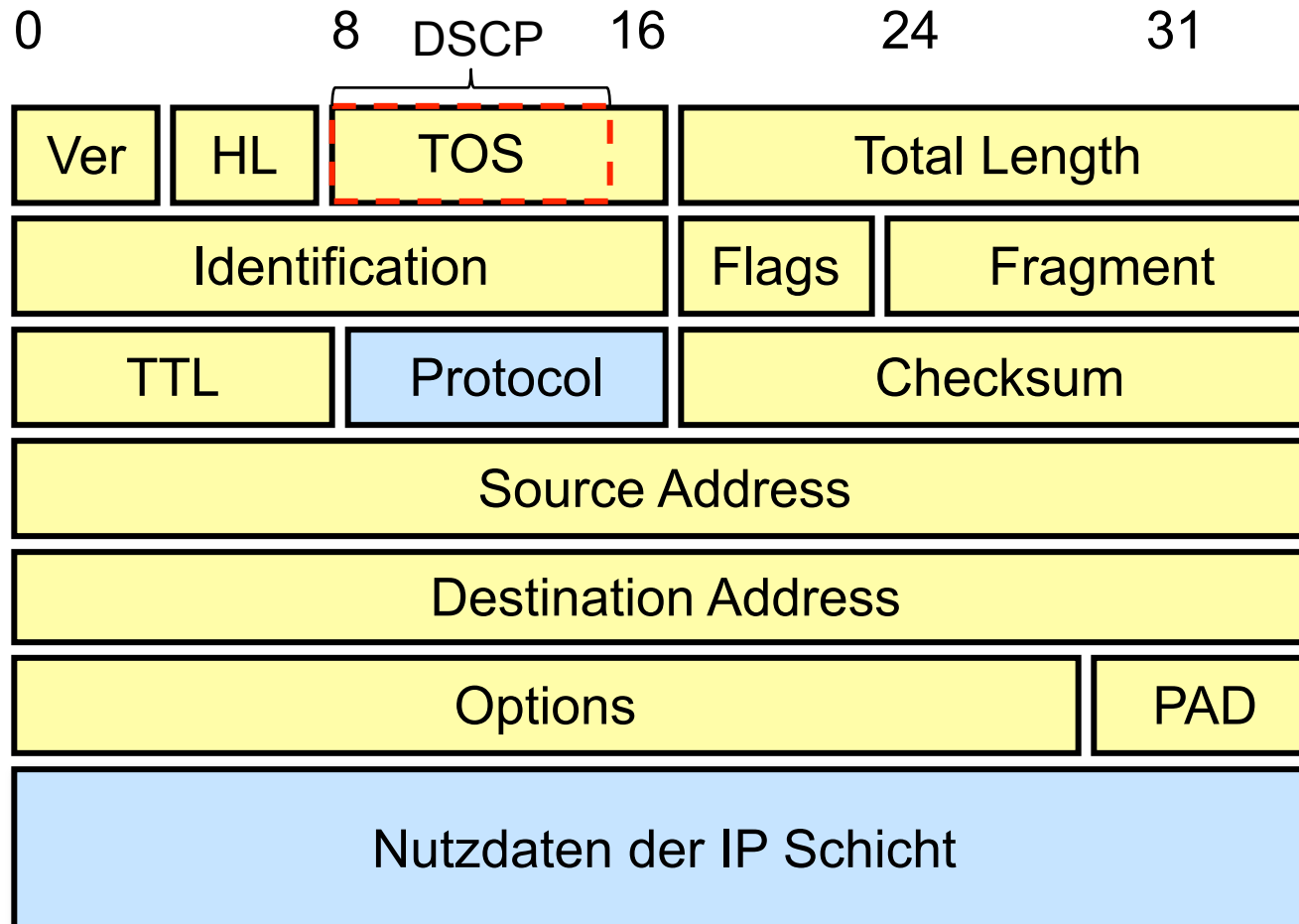
Verarbeitung von IP-Paketen : Sender



Verarbeitung von IP-Paketen : Empfänger



- Einführung: Telekommunikationsprotokolle
- Internet Protokollschichten
- IP Version 4
- Beziehung : MAC-Adresse – IP-Adresse
- IP Adressierung, Subnetze
- Übersicht : IP-Routing
- IP Transportschichten: TCP und UDP
- Internet Control Protocol ICMP



DSCP: Differentiated Services Code Point

IP-Header Parameter (1)

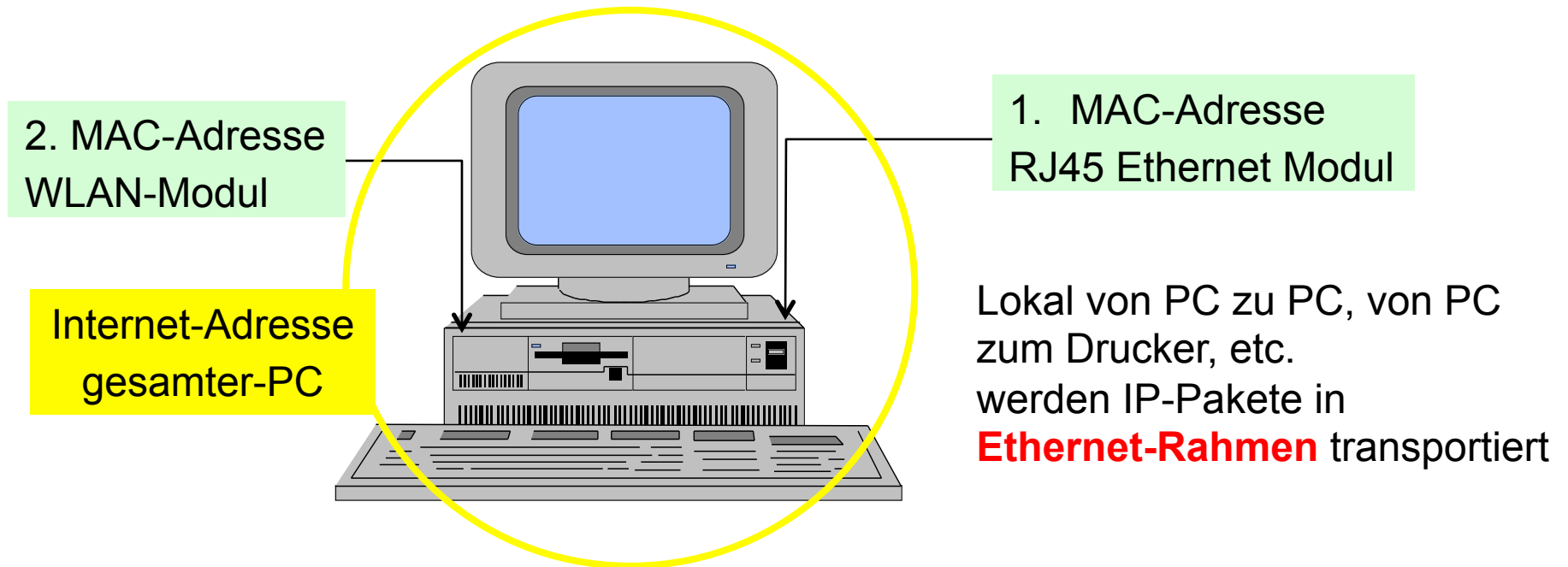
Feldname	Länge [Bits]	Bedeutung
VER	4	IP Versionsnummer
HL	4	Header Länge in 32-Bit Einheiten
TOS	8	Type of Service Bits 0-5: DSCP (Differentiated Services Code Point) Bits 6-7: ECN (Explicit Congestion Notification – IP-Flusskontrolle)
Total Length	16	Paketlänge in Bytes
Identification	16	Steuerung der Fragmentierung
Flags	3	Bit 0 reserviert = 0 Bit 0 Bit 1 DF Don't Fragment Bit 2 MF More Fragments
Fragment	13	Fragment Offset

IP-Header Parameter (2)

Feldname	Länge [Bits]	Bedeutung
TTL	8	Time to Live : Lebensdauer in Anzahl der Hops
Protocol	8	Protokollname der folgenden Schicht
Checksum	16	Header Prüfsumme
Source Address	32	Sender-Adresse
Destination Address	32	Ziel-Adresse
Options	Max. 32	Zusatzinformation für Routing und Transport-Sicherheitsmethoden
PAD	Variabel	Füllbits zu 32 Bit
Data	Variabel	Nutzdaten

- Einführung: Telekommunikationsprotokolle
- Internet Protokollschichten
- IP Version 4
- **Beziehung : MAC-Adresse – IP-Adresse**
- IP Adressierung, Subnetze
- Übersicht : IP-Routing
- IP Transportschichten: TCP und UDP
- Internet Control Protocol ICMP

MAC-Adressen sind vom Hersteller fest vorgegeben

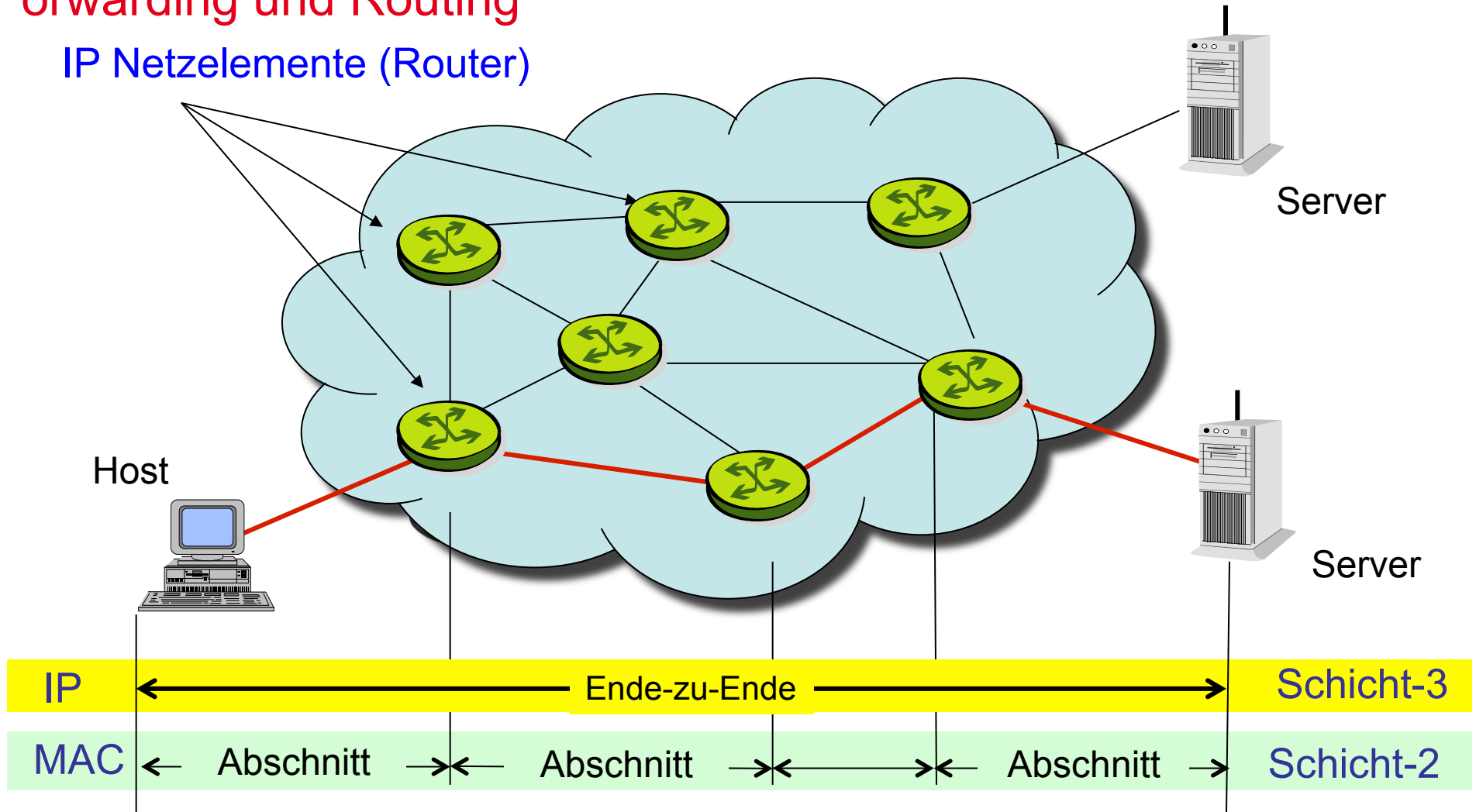


Internet Adressen werden zugeteilt

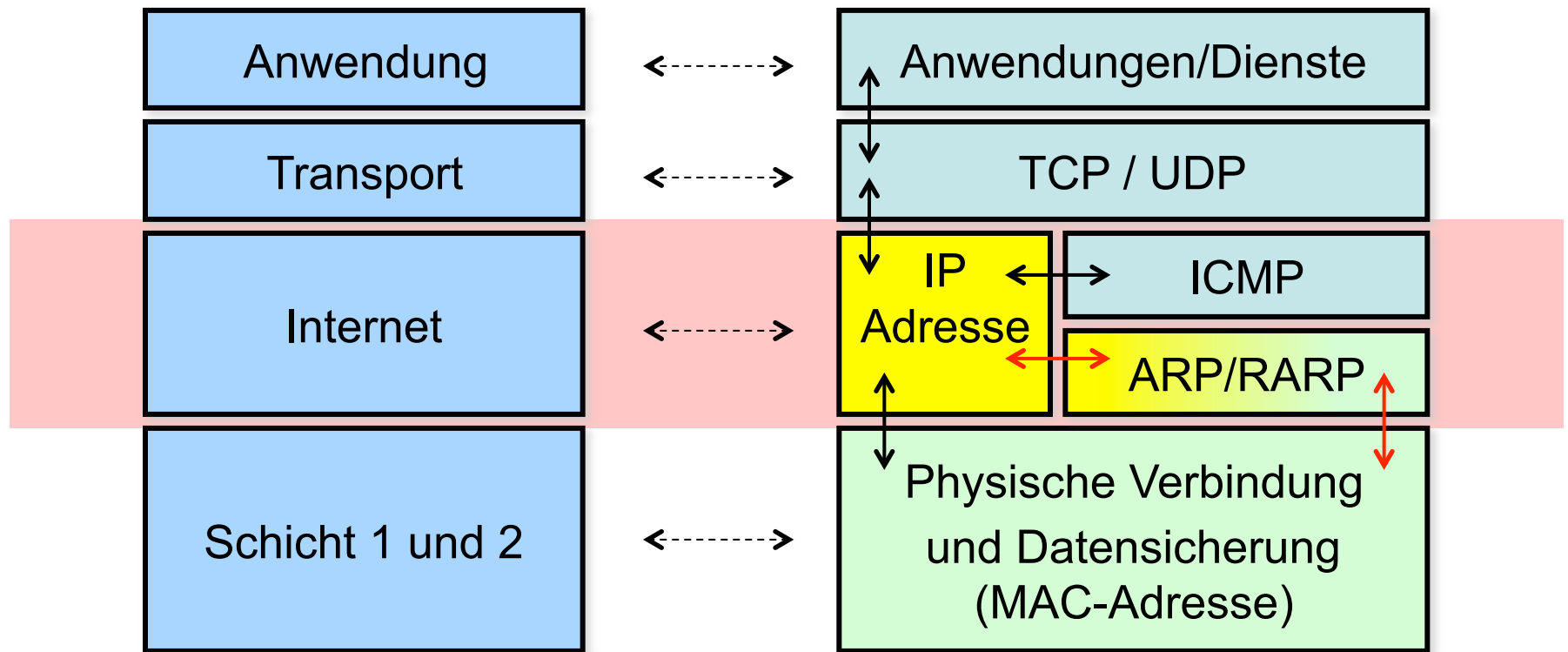
Mittels der Internet Adresse wird ein Gerät (Host) eindeutig adressiert

MAC-Adressen und IP-Adressen : Forwarding und Routing

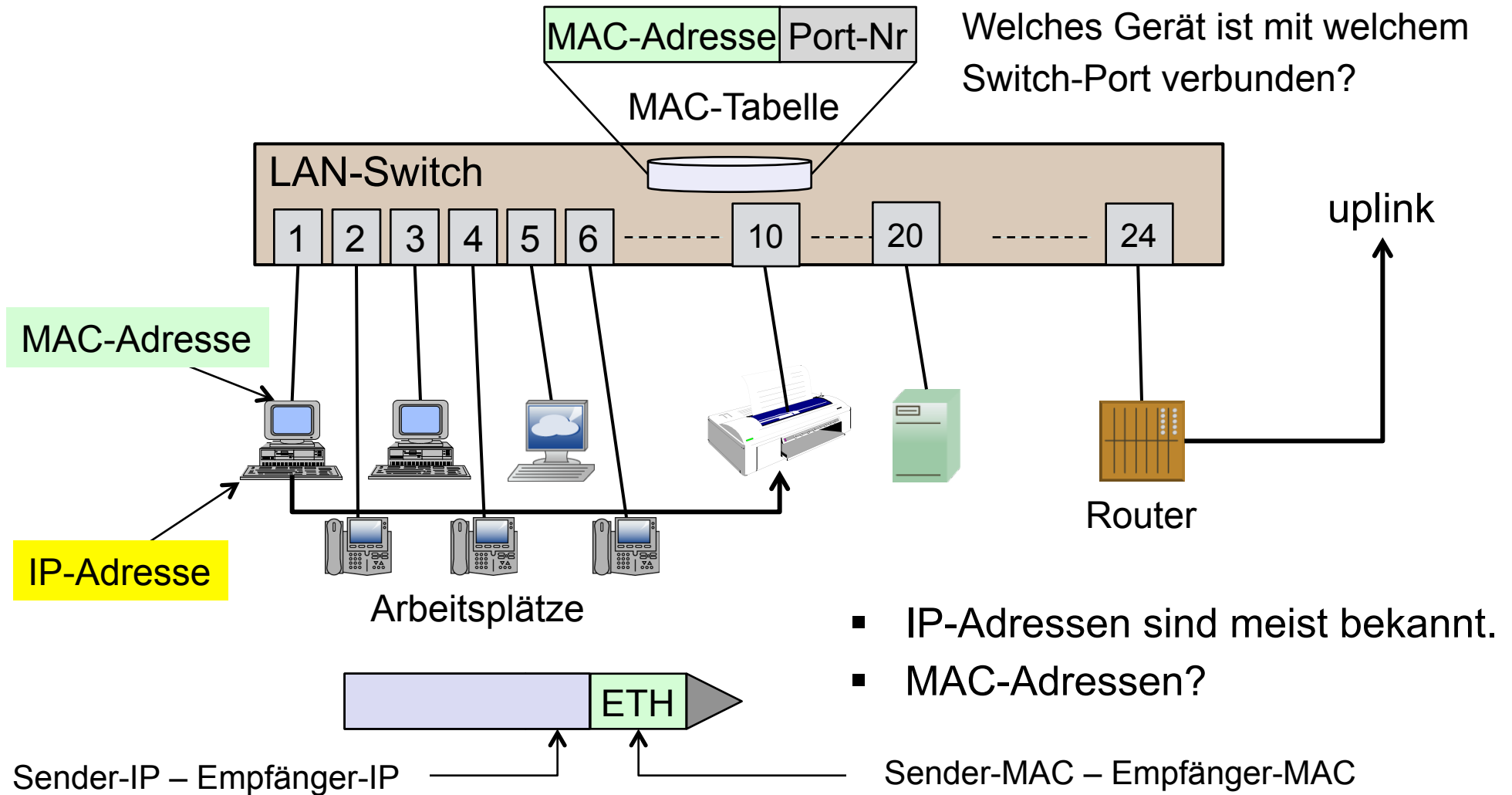
IP Netzelemente (Router)



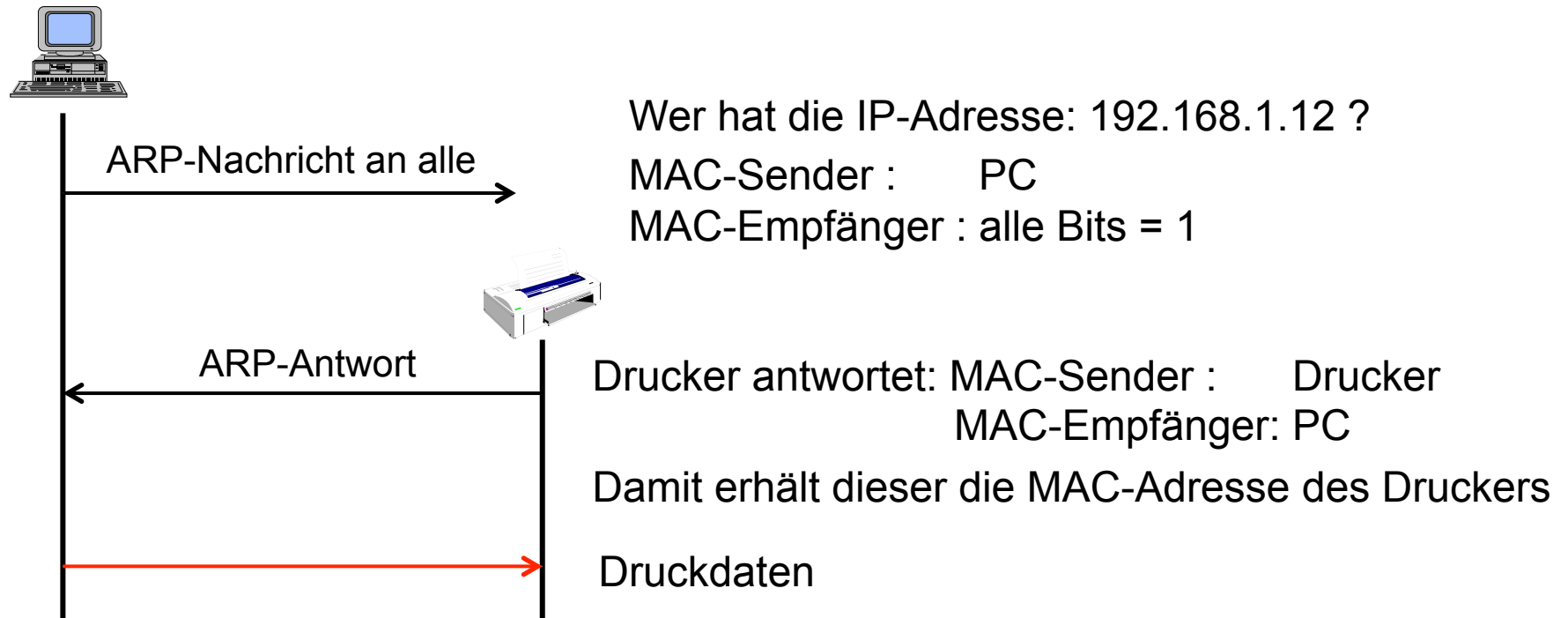
Die Kooperation zwischen Schicht-2 und Schicht-3 spielt für die Kommunikation im Anschlussbereich eine entscheidende Rolle.



Drahtgebunden z. B. Ethernet oder drahtlos z.B. WLAN



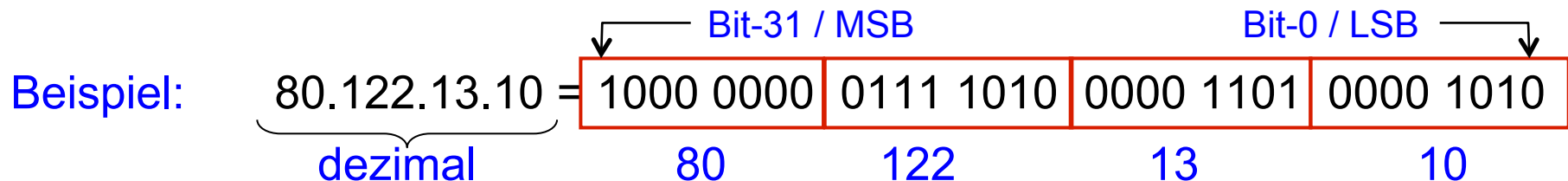
- PC kennt die IP-Adresse des Druckers (z.B. 192.168.1.12 aus der Drucker-Konfiguration) aber nicht dessen MAC-Adresse
- PC benötigt die MAC-Adresse des Druckers um diesen ein Ethernet-Paket schicken zu können



- Analysieren Sie mittels Wireshark das Protokollverhalten Ihres Raspberry PI sobald er mit dem WLAN Router verbunden ist.
- Auf welche Weise wird die MAC-Adresse des Routers ermittelt?

- Einführung: Telekommunikationsprotokolle
- Internet Protokollschichten
- IP Version 4
- Beziehung : MAC-Adresse – IP-Adresse
- IP Adressierung, Subnetze
- Übersicht : IP-Routing
- IP Transportschichten: TCP und UDP
- Internet Control Protocol ICMP

- Internet Adressen des IPv4-Protokolls sind 32-Bit lang.
- Sie werden in vier Teile à 8 Bit zerlegt und als Dezimalzahlen angegeben



- Die Internetadresse wird in zwei logische Teile zerlegt:
- Der vordere Teil (höherwertige Bits) benennt das **Netz**, zu dem die IP-Adresse angehört (**Netz-Teil**)
- Der hintere Teil (niederwertige Bits) adressiert alle Terminals (**Hosts**).
- Die **Netzmaske** legt die beiden Teile (Netz- und Host-Adresse) fest.

IPv4 Adressen werden in Klassen und Spezialfunktionen eingeteilt.
Die Klasseneinteilung geschieht je nach Größe der Netz- bzw. Host-Anteile.

- **Klasse-A:** Prefix: **0**
8-bit Network (/8) **Bereich:** 0.0.0.0 bis 127.0.0.0
8-Bit Netz + 24-Bit Host
- **Klasse-B:** Prefix: **1 0**
16-bit Network (/16) **Bereich:** 128.0.0.0 bis 191.255.255.255
16-Bit Netz + 16-Bit Host
- **Klasse-C:** Prefix: **1 1 0**
24-bit Network (/24) **Bereich:** 192.0.0.0 bis 223.255.255.255
24-Bit Netz + 8-Bit Host
- **Klasse-D:** Prefix: **1 1 1 0**
Adressierung von Host-Gruppen (Multicast) **Bereich:** 224.0.0.0 bis 239.255.255.255
- **Klasse-E:** Prefix: **1 1 1 1**
reservierter Bereich **Bereich:** 240.0.0.0 bis 255.255.255.255

Subadressierung und Netzmasken

- Subadressierung durch Maskierung = Trennung von Netz- und Host-Adressen

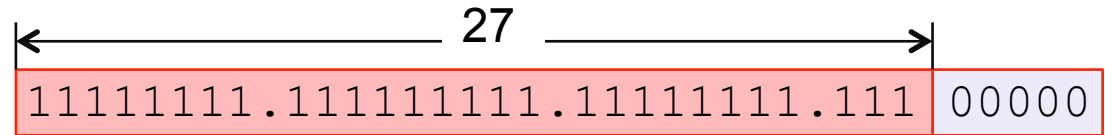
Klasse	NETZ	HOST	Netzmaske
A	11111111	00000000 00000000	255. 0. 0. 0 /8
	11111111	1 00000000 00000000 00000000	255.128. 0. 0 /9
	11111111	11 0000000 00000000 00000000	255.192. 0. 0 /10
	11111111	111 00000 00000000 00000000	255.224. 0. 0 /11
	11111111	1111 0000 00000000 00000000	255.240. 0. 0 /12
	11111111	11111 000 00000000 00000000	255.248. 0. 0 /13
	11111111	111111 00 00000000 00000000	255.252. 0. 0 /14
	11111111	1111111 0 00000000 00000000	255.254. 0. 0
B	11111111	11111111 00000000 00000000	

Beispiel: IP-Adresse:	01010000	01111010	00011010	00001010 / 24
AND-Funktion:	11111111	11111111	11111111	00000000
Netz-Anteil:	01010000	01111010	00011010	00000000

Auswertung durch den Router
Hostadressen

Subnetz-Berechnung

- Beispiel: Klasse-C Netz
Berechnungstabelle:



Bit-Wert	128	64	32	16	8	4	2	1
geborgte Bits	1	2	3	4	5	6	7	8
Maskenwert	128	192	224	240	248	252	255	256
Prefix	/25	/26	/27	/28	/29	/30		
Max. Anzahl an Hosts +1 (Broadcast) + 1(Netz)	126	62	30	14	6	2		

- **Beispiel: 192.168.10.40 /27 :**

Subnetz-Maske

255.255.255.224

3-Bits wurden vom Klasse-C Netz entnommen:

$2^3 = 8$ Subnetze

3-Bits entsprechend dem Bitwert

32

gehört zur Netzadresse:

192.168.10.**32**

gehört zur Broadcast-Adresse:

192.168.10.63

Nächstes Subnetz:

192.168.10.64

- **Variable Length Subnet Masking** ist eine Methode, mit der Netz-Administratoren den verfügbaren Adressenraum in Subnetze von unterschiedlicher Größe einteilen können. URL: <http://www.vlsm-calc.net/>
- Beispiel: Adressenberechnung für 6 Subnetze

Major network	192.168.1.0/24	
Subnets	Name	Size
	A	100
	B	10
	C	80
	D	20
	E	20
	F	10
Size of subnet required		
Number of subnets: <input type="text" value="6"/> <input type="button" value="Change"/>		
Sort results by: <input type="text" value="size"/>		
<input type="button" value="Submit"/>		

Ergebnis: (Auszug)

Address	Mask
192.168.1.0	/25
192.168.1.128	/25
192.168.2.0	/27
192.168.2.32	/27
192.168.2.64	/28
192.168.2.80	/28

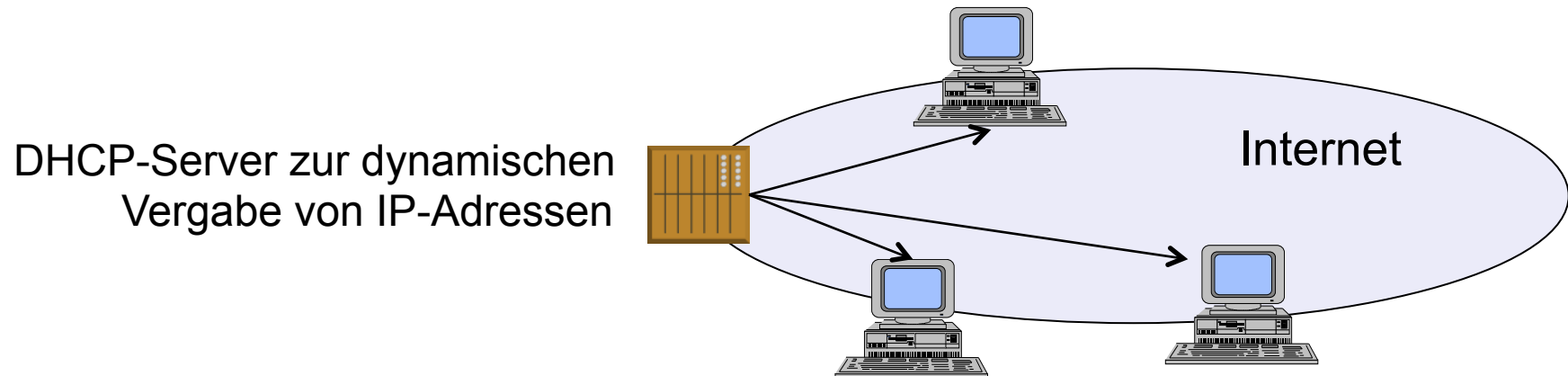
■ Nicht-öffentliche Adressbereiche

- sind nicht eindeutige, mehrfach verwendbare Adressen
- werden verwendet für effektive Verwendung des begrenzten Adressraumes
- sind durch spezielle IETF-Standards definiert

■ Als **nicht-öffentliche Adressbereiche** sind reserviert:

- 10. 0. 0. 0 – 10.255.255.255 (/8)
- 172.16. 0. 0 – 172. 31.255.255 (/12)
- 192.168. 0. 0 – 192.168.255.255 (/16)
- 100. 64. 0. 0 – 100. 64. 255. 255 (/10) für Internet Service Provider

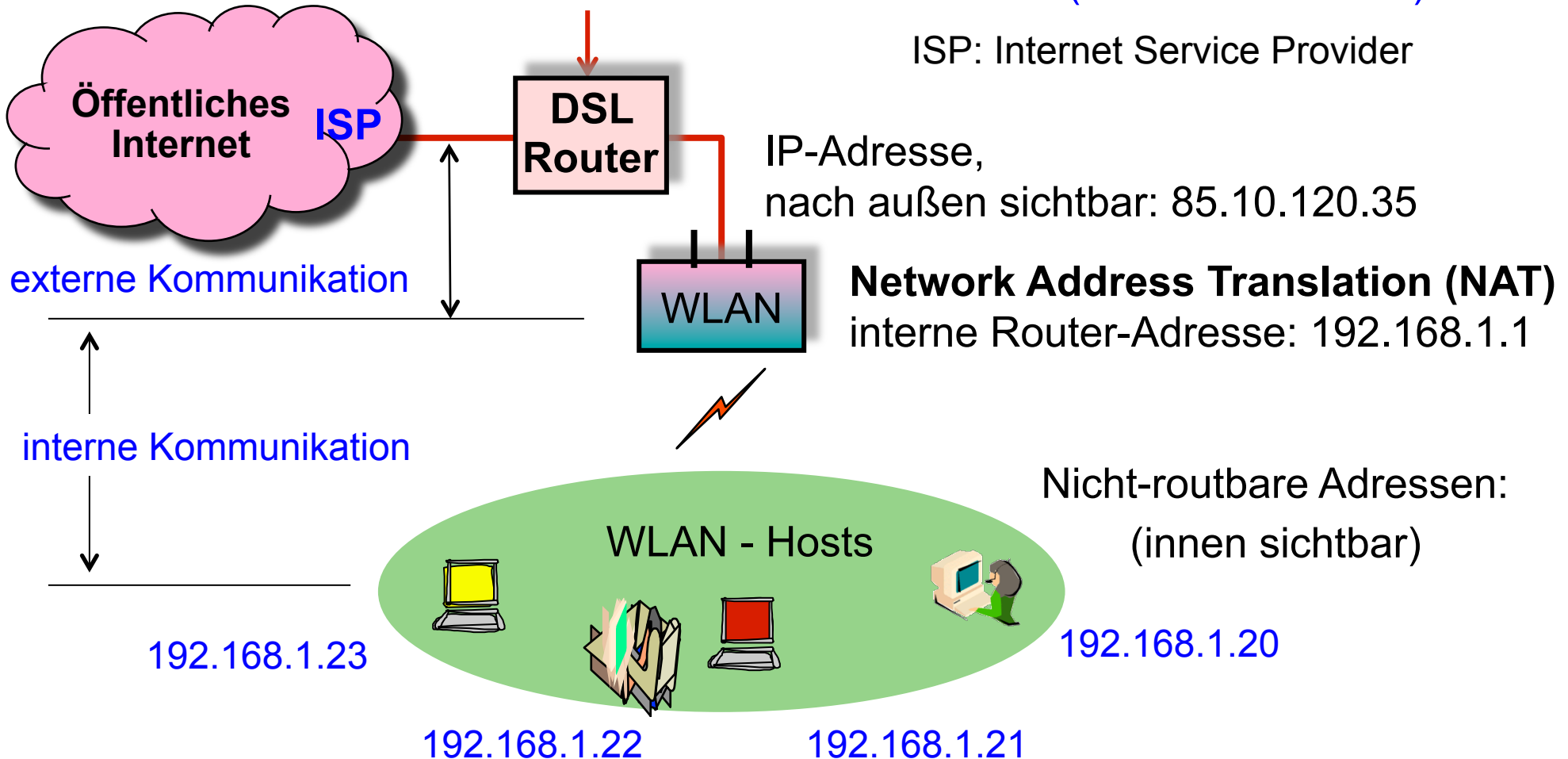
- Jeder Internet-Host benötigt für die Kommunikation eine eigene Internet-Adresse
- Die Vergabe dieser IP-Adresse erfolgt entweder
 - automatisch (**dynamisch**) durch einen speziellen **DHCP-Server** oder
 - **statisch** durch den Administrator
- Die automatische / dynamische Adressenvergabe verwendet das **Dynmanic Host Configuration Protocol - DHCP**
- Die DHCP-Funktion kann auch von einem Router ausgeführt werden



Network Address Translation - NAT

Routbare IP-Adresse vom ISP (z.B. 85.10.120.35)

ISP: Internet Service Provider



- Einführung: Telekommunikationsprotokolle
- Internet Protokollschichten
- IP Version 4
- Beziehung : MAC-Adresse – IP-Adresse
- IP Adressierung, Subnetze
- Übersicht : IP-Routing
- IP Transportschichten: TCP und UDP
- Internet Control Protocol ICMP

Grundlegender Prozess in allen Telekommunikations- Netzen

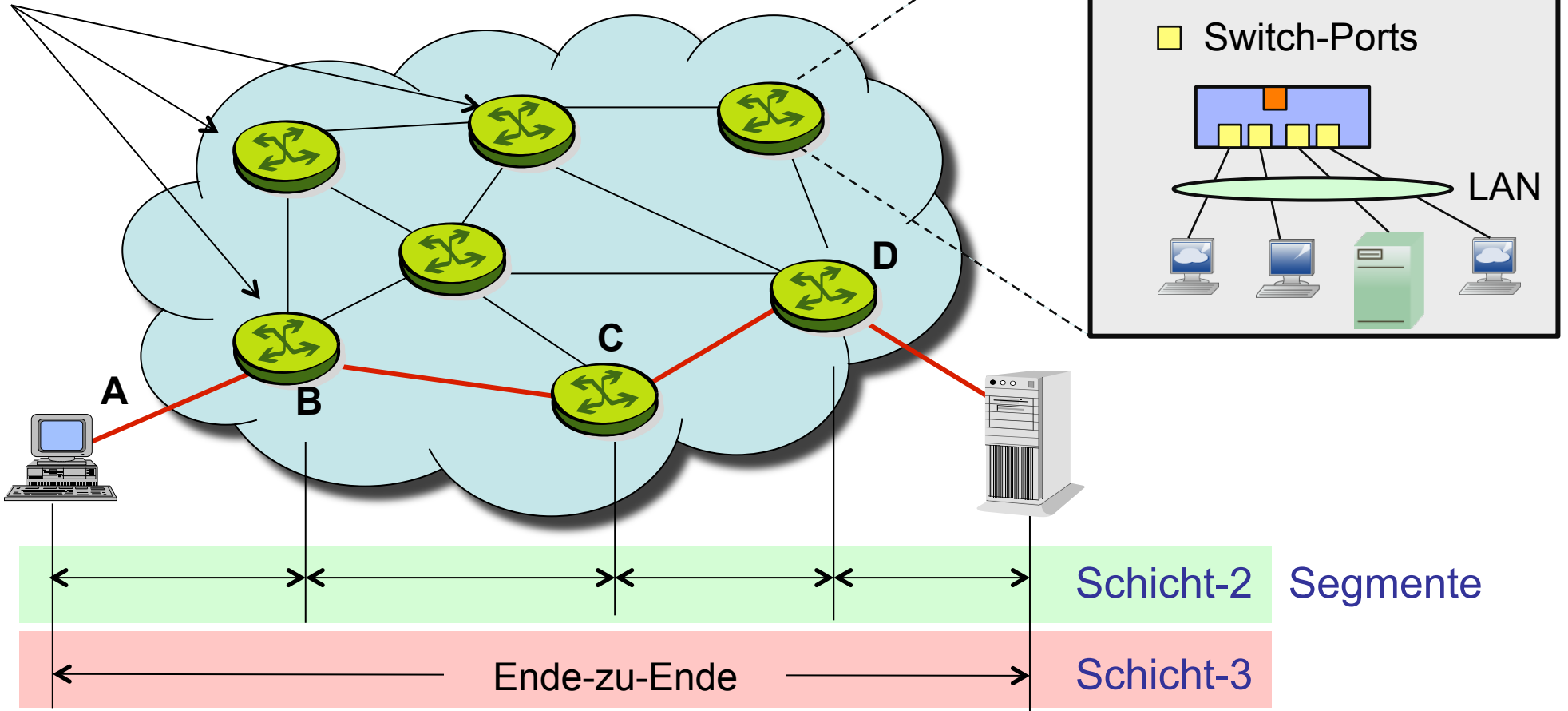
Routing-Aufgaben werden vom Router durchgeführt

Der Router

- leitet Information von der Quelle zum Ziel
- verwendet dafür spezielle Methoden, einschl. grafische Theorie
- verwendet spezielle Routing-Protokolle
- wertet die Ziel-Adressen aus um den optimalen Pfad durch das Netz zu finden
- bewertet spezielle Kriterien (Metrik) für die Wege-Auswahl
- behandelt Netzfehler bei der Weiterleitung von Informationen

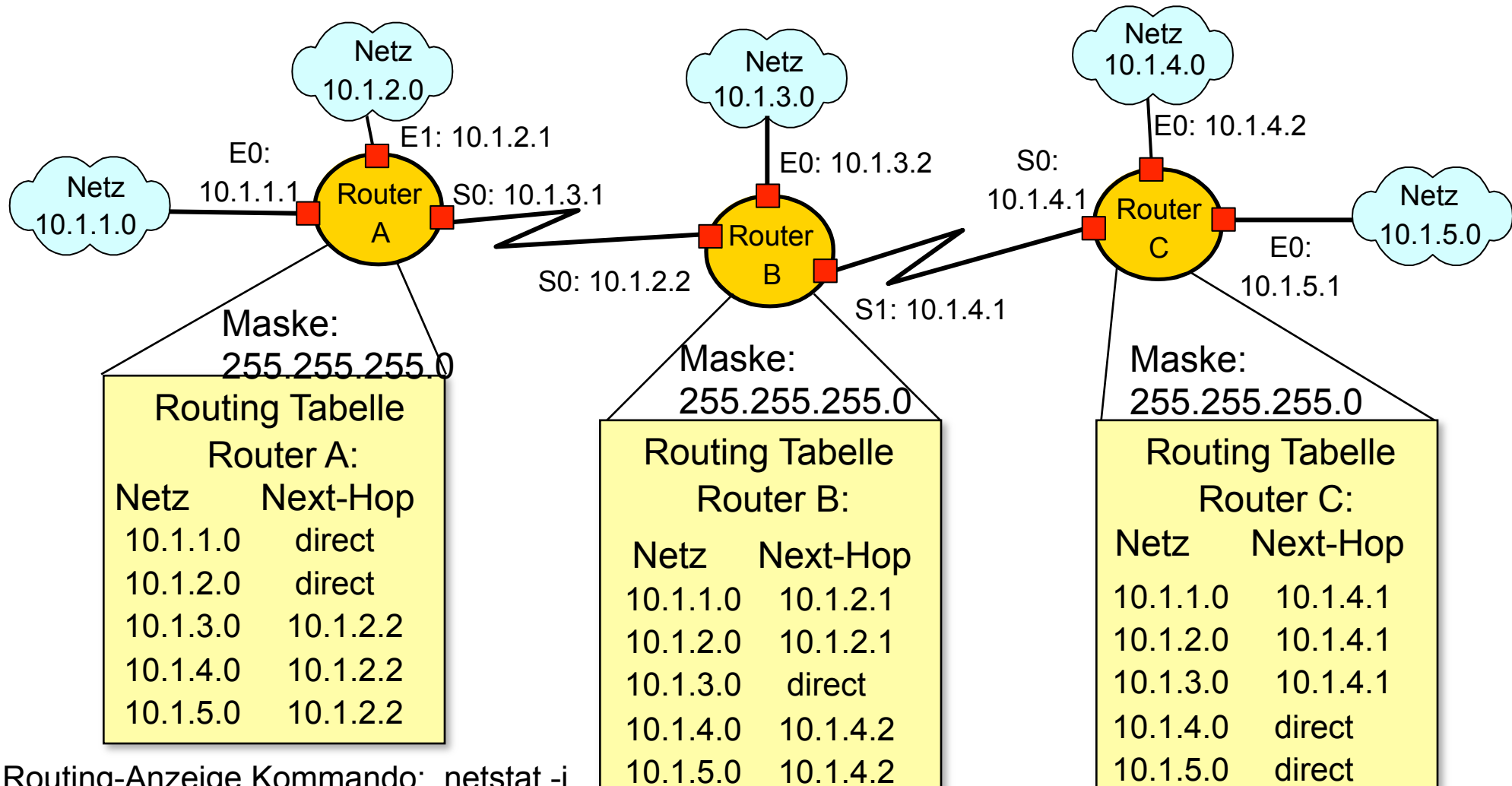
IP Routing

Netzelemente: Router



Inhalt einer Routing-Tabelle

- Zieladresse (erforderlich) : bestimmt das Zielnetz für den Router
- Zielführung (erforderlich) : markiert ein direkt verbundenes Netz oder einen Folge-Router (next-hop), welcher einen Schritt näher am Ziel liegt
- Angabe über das Routingprotokoll
- Art des verbundenen Netzes oder Netzabschnitts, z.B. Ethernet, serial link, usw.
- Standard Route (default route indication)



Routing-Anzeige Kommando: netstat -i

Routing Prozeduren dienen

- dem Austausch von Erreichbarkeits-Informationen zwischen Routern
- der Erstellung einer Routing-Tabelle
- der Berücksichtigung von Netz-Topologie-Änderungen in der Routing-Tabelle
- der Bewertung von empfangener Erreichbarkeits-Information
- der Bestimmung optimaler Routes basierend auf der Erreichbarkeitsinformation

- wird bei großen Netzen verwendet
- Routing-Aufwände nehmen mit der Netzgröße zu: proportional zur Anzahl der Knoten
- Behandlung von Routing-Tabellen : langsam und umständlich in sehr großen Netzen
- Konsequenz : Strukturieren von Netzen in mehrere untereinander verbundene Domänen (z.B. Autonomous Systems AS im Internet)
- Hierarchisches Routing : intra-domain und inter-domain
- Verschieden Protokolle : Interior Gateway Protocols IGP (intra-domain) und Exterior Gateway Protocols EGP (inter-domain)

Charakteristika und Optionen

- Definition und Bildung einer Routing-Tabelle für jeden Router im Netz
- Manuelle Eingaben fester Leitwege durch den Operator
- Exakte Kontrolle und Voraussage von Paket-Laufwegen
- Neu-Definition und manuelle Eingabe bei Konfigurationsänderung
- Summen (summary) Routes für die Bearbeitung spezifischer Adressen in der Routing-Tabelle : Definition von Adressmasken

Charakteristika und Optionen

- Automatische Generierung von Routing-Tabellen bei der Inbetriebnahme des Netzes.
- Austausch von Erreichbarkeits-Information zwischen den Routern der angeschlossenen Netze
- Verwendung spezieller Routing-Protokolle, welche den Informationsaustausch regeln
- Verbreitung spezifischer Algorithmen zur Berechnung der optimalen Pfade durch das Netz und Generierung der Routing-Tabellen
- Flexible, dynamische Anpassung der Routing-Tabellen auch bei Netz-Topologieänderungen.

Aufgabe einer Metrik

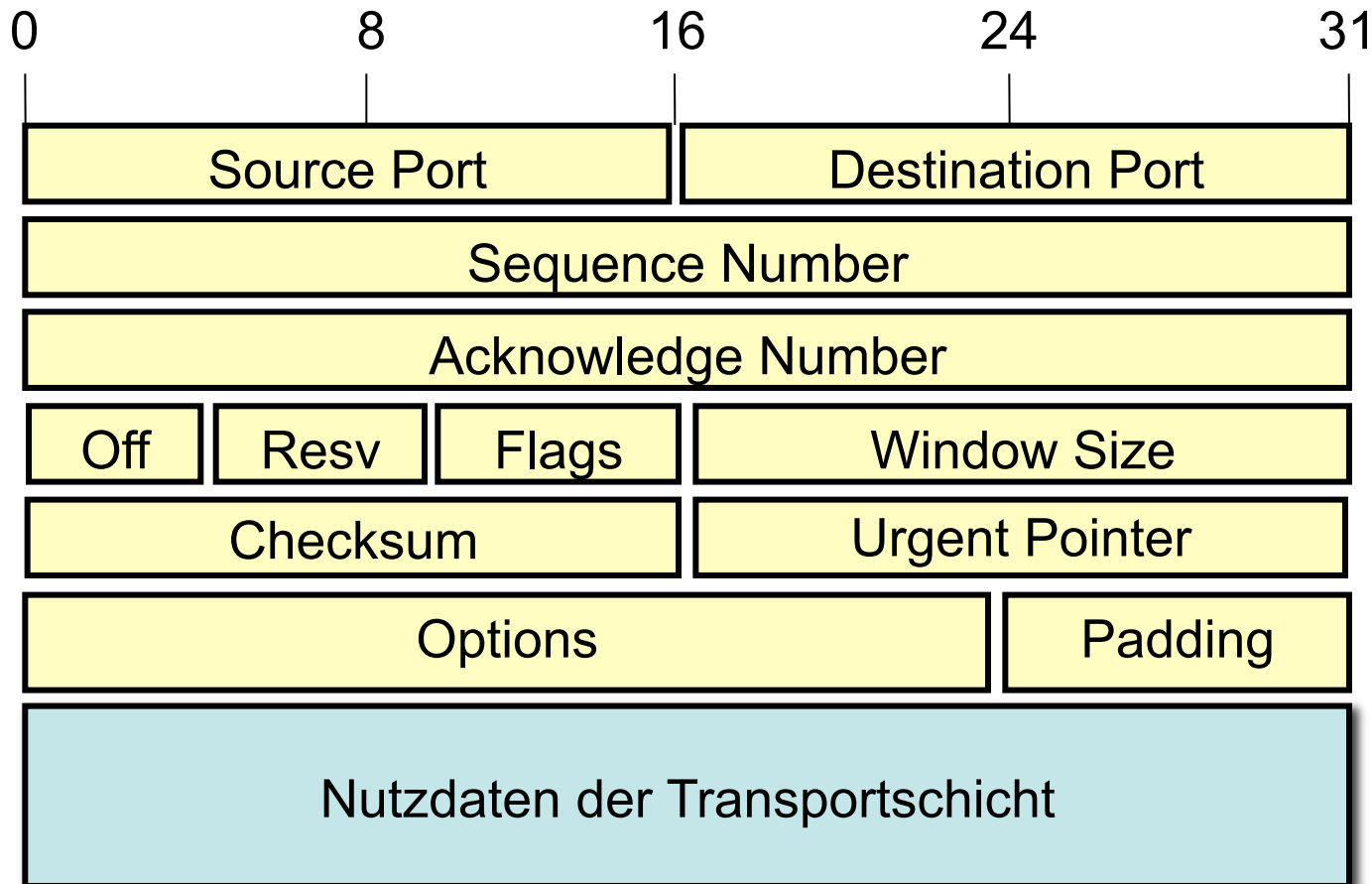
- Es existieren i.a. mehrere alternativ-Routen zwischen Quelle und Ziel
- Aufgabe: Erkennen der am besten geeigneten Route unter verschiedenen Alternativen
- Definition einer Metrik als Maß für die optimale Eignung einer Route
- Eine oder mehrere Metriken werden ausgewählt für spezielle Routing-Protokolle
- Wichtige Metriken für dynamisches Routing:
 - hop count
 - Verkehr
 - Zuverlässigkeit (z.B. Fehlerrate)
 - Bandbreiten-Bedarf
 - Paket-Verzögerung
 - Kosten

- Einführung: Telekommunikationsprotokolle
- Internet Protokollschichten
- IP Version 4
- Beziehung : MAC-Adresse – IP-Adresse
- IP Adressierung, Subnetze
- Übersicht : IP-Routing
- IP Transportschichten: TCP und UDP
- Internet Control Protocol ICMP

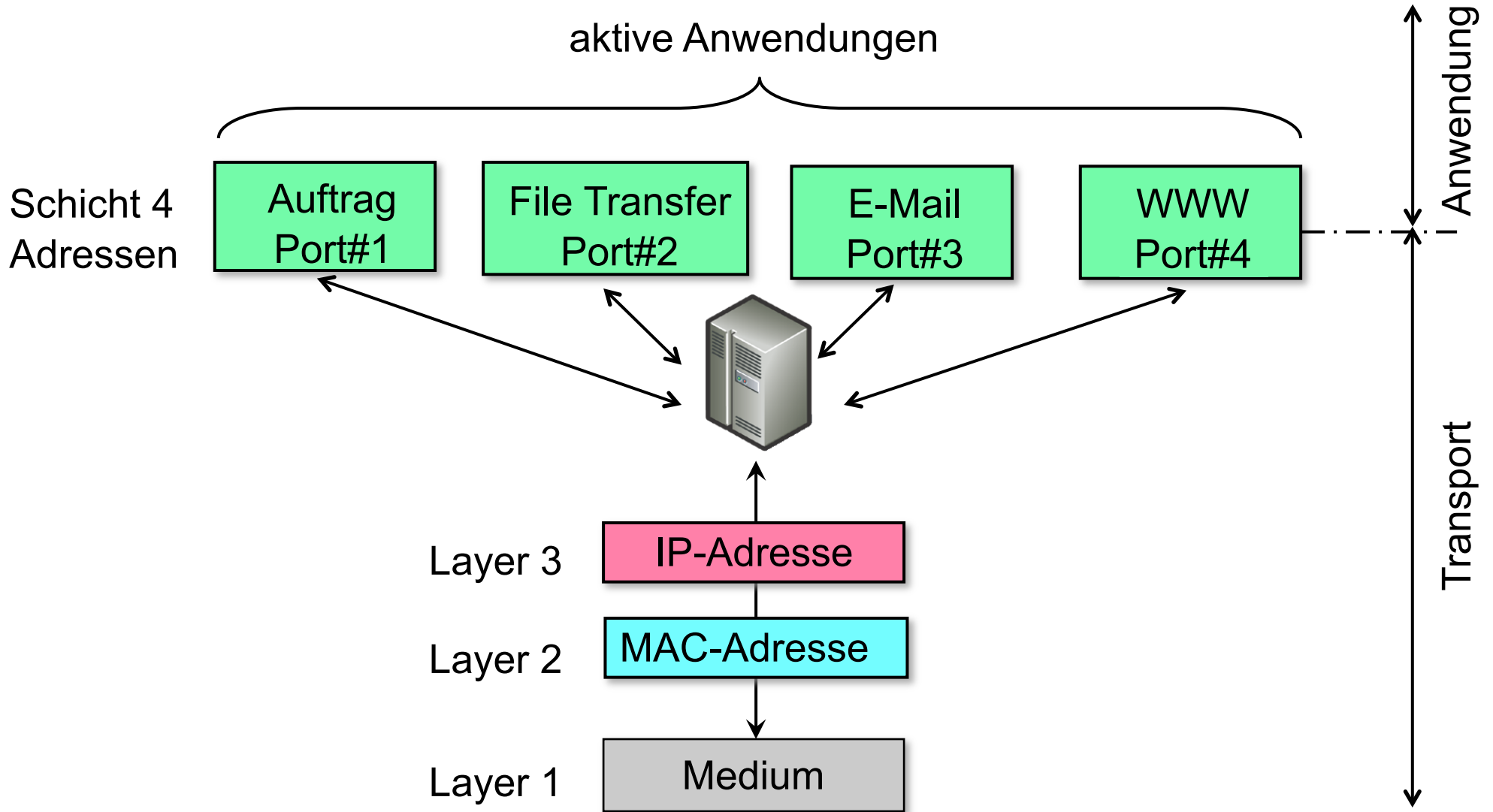
- Die IP-Protokoll-Architektur bietet auf der Transport-Ebene zwei grundsätzliche Transport-Verfahren
- Das **TCP - Transmission Control Protocol** unterstützt den **verbindungsorientierten** und gesicherten Transport von Daten
- Das **UDP - User Datagram Protocol** unterstützt den **verbindungslosen** und ungesicherten Transport von Daten

Transmission Control Protocol TCP

RFC 793



Transport-Adresse (Port)



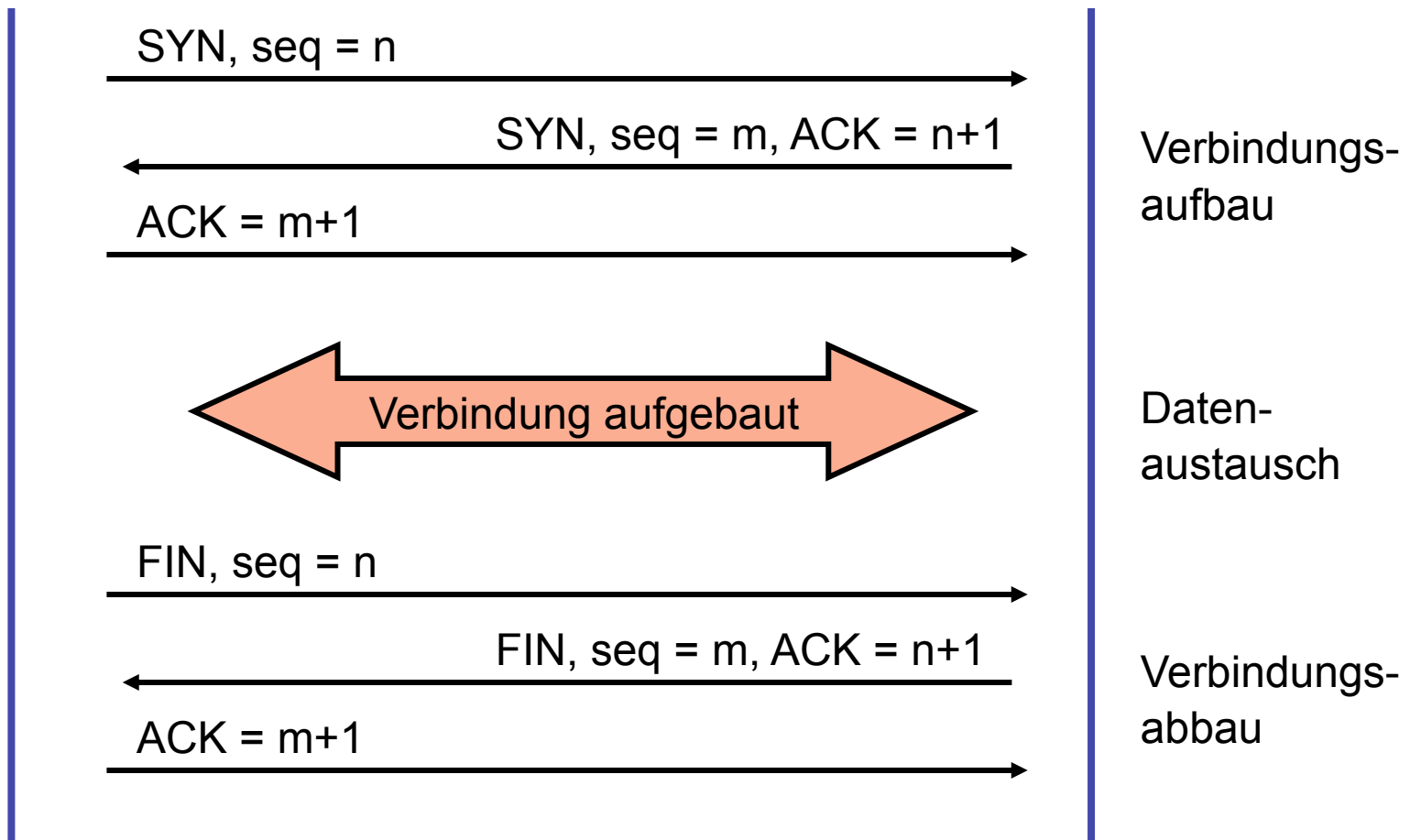
Standard Anwendungen

In einer UNIX-Umgebung werden die verfügbaren Standard-Anwendungen in der Datei: `etc/services` aufgelistet:

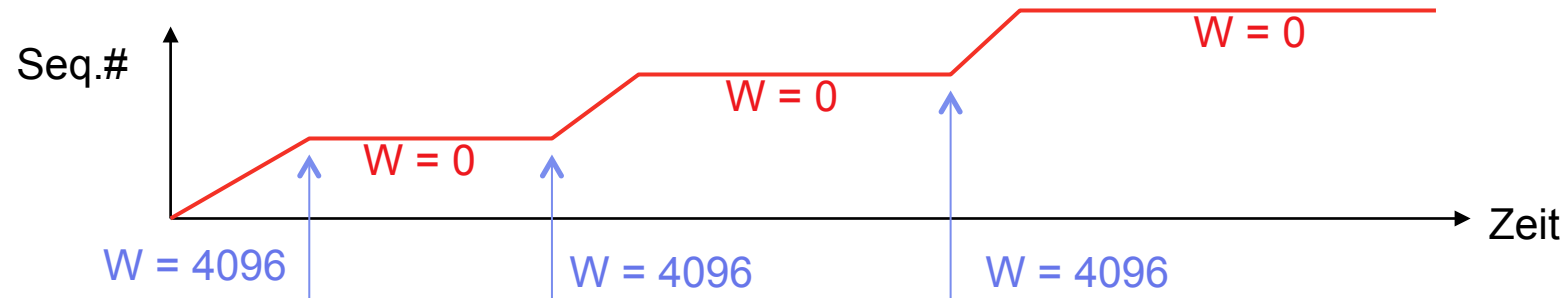
ftp-data	20/udp/tcp	# File Transfer [Default Data]
ftp	21/udp/tcp	# File Transfer [Control]
ssh	22/udp/tcp	# SSH Remote Login Protocol
telnet	23/udp/tcp	# Telnet
smtp	25/udp/tcp	# Simple Mail Transfer
tftp	69/udp/tcp	# Trivial File Transfer
www	80/tcp	#www, http
pop3	110/udp/tcp	# Post Office Protocol - Version 3
ntp	123/udp/tcp	# Network Time Protocol
snmp	161/udp/tcp	# SNMP
snmptrap	162/udp/tcp	# SNMPTRAP
ldap	389/udp/tcp	# Lightweight Directory Access Protocol

Client

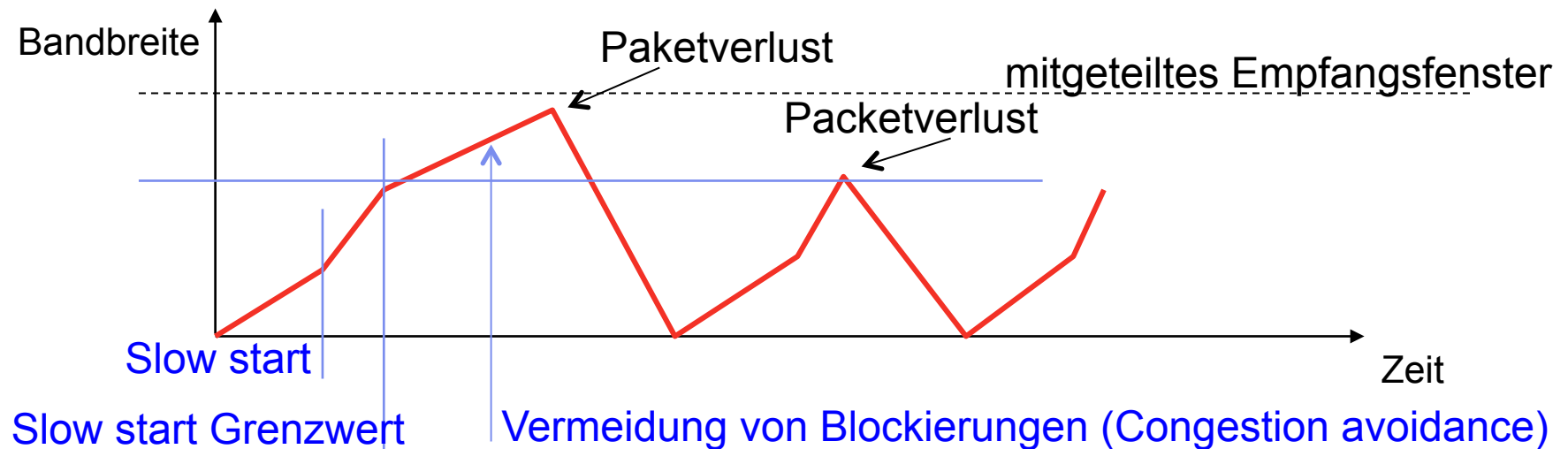
Server

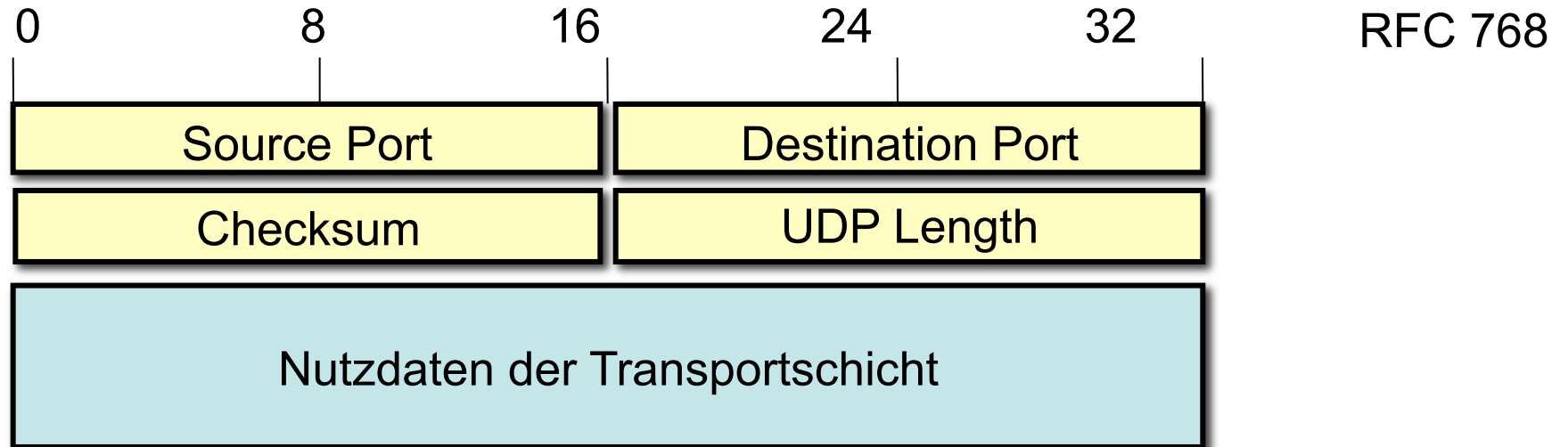


1. Der Empfänger bestimmt die Quittungs-Fenstergröße des Senders



2. Paketverlust:





- Verbindungslose Kommunikation
- Ungesicherter Datentransport
- Keine Fehlererhebung bei fehlerhaften Daten
- Für Echtzeitverbindungen geeignet

- Einführung: Telekommunikationsprotokolle
- Internet Protokollschichten
- IP Version 4
- Beziehung : MAC-Adresse – IP-Adresse
- IP Adressierung, Subnetze
- Übersicht : IP-Routing
- IP Transportschichten: TCP und UDP
- Internet Control Protocol ICMP

- ICMP ist ein integraler Bestandteil des Internet Protokolls, und muss in jedem IP-Modul implementiert sein. ICMP Protocol-Id = 1
- ICMP Nachrichten zeigen Protokollfehler bei der Verarbeitung von IP-Paketen an.
- ICMP Nachrichten werden in verschiedenen Umständen generiert:
 - wenn ein Paket sein Ziel nicht erreichen kann,
 - wenn ein Netzknoten nicht genug Speicherkapazität besitzt, um ein Paket weiterzuleiten
 - usw...

Name der Nachricht	Nr
Destination Unreachable	3
Time exceeded (TTL-Fehler)	11
Parameter Problem	12
Source Quench	4
Redirect	5
Echo (z.B. ping)	8
Echo Reply (z.B. ping)	0
Timestamp	13
Timestamp Reply	14
Information Request	15
Information Reply	16

Nachrichtenname: Destination unreachable (3):

