

Kommunikationsnetze 2
Essen 23.07.2019

OSI Grundlagen

Aygün Gürdal

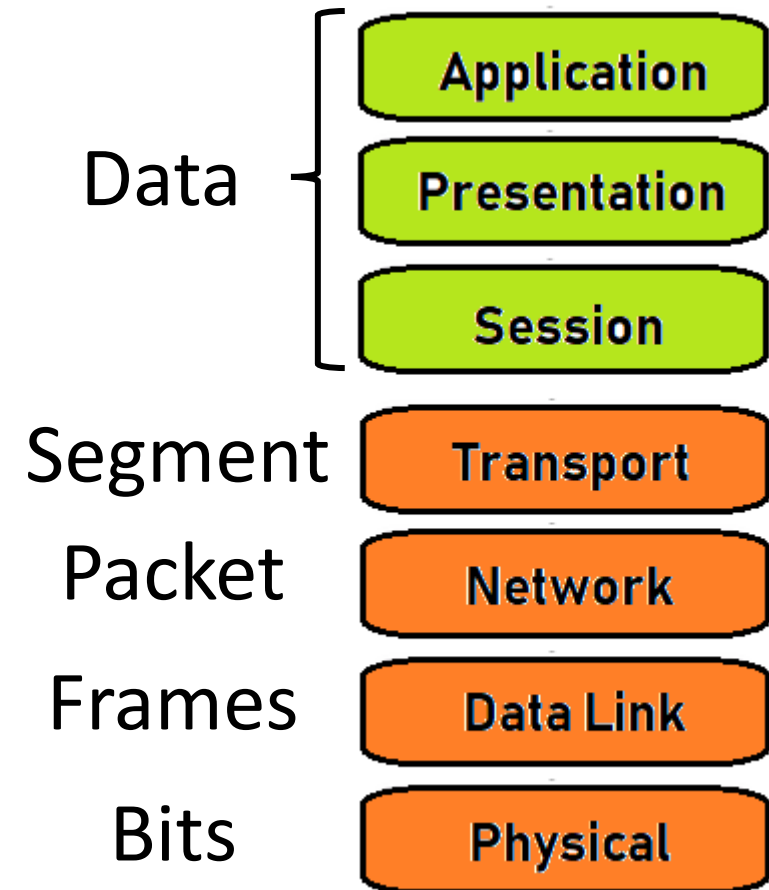
Universität Duisburg-Essen
Sommersemester 2019

Inhalt

- OSI Schichten
- Verbindungsaufbau
- Das Internet
- IoT Projektidee
 - „Simon Says“

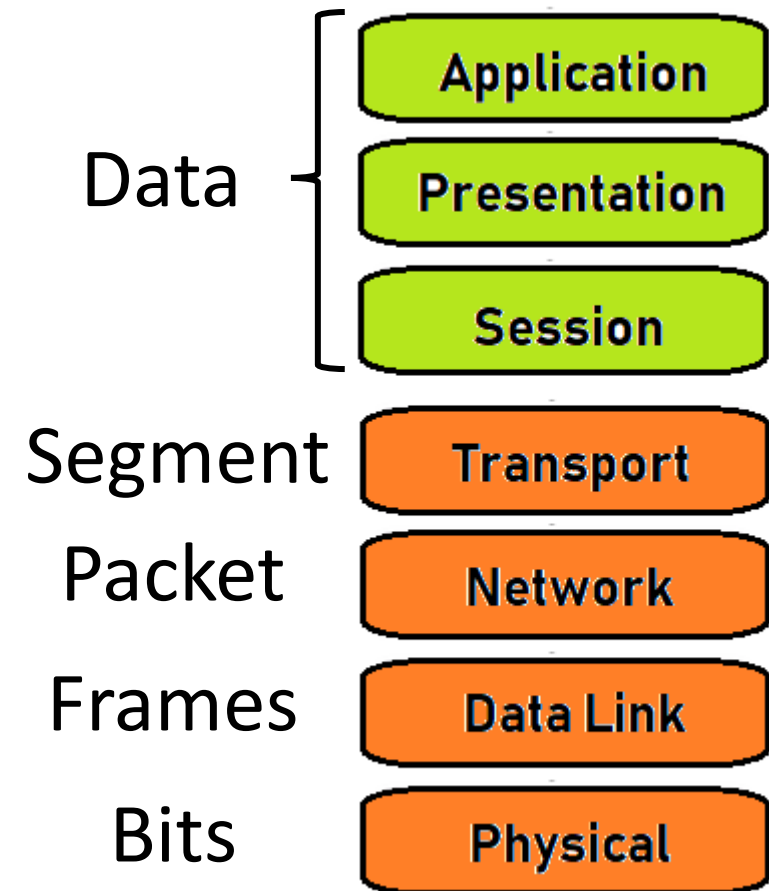
OSI Schichten

- **Open System Interconnection (OSI)**
- Norm der Internationalen Organisation für Normung (ISO)
- Bei den Anfängen: jeder Hersteller hatte seine Art und Form der Protokollierung für seine Hardware und / oder Anwendung verwendet
=> regelrechtes Chaos zwischen Herstellern untereinander
- Um dies zu Vermeiden:
eine klare und universale Form der Protokollierung



OSI Schichten

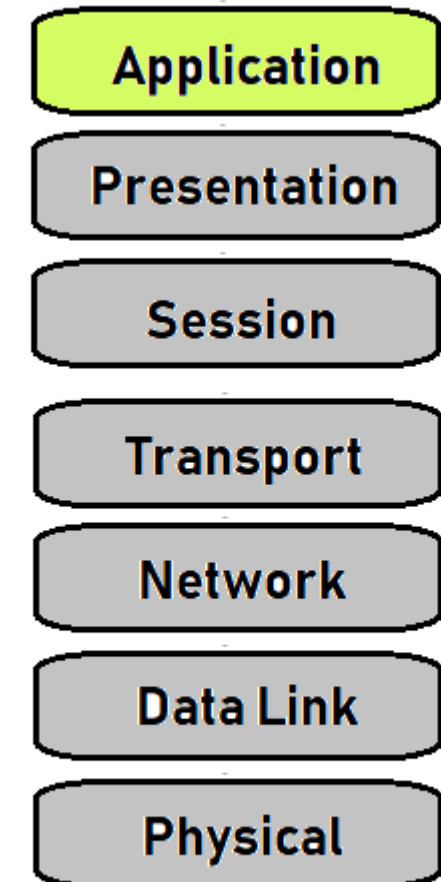
- Netzwerke sind komplex, deshalb Schichtsystem
- Unterteilt in sieben Schichten, die jeweils eine definierte Aufgabe übernehmen
- Physical, Data Link, Network, Transport = Transport
- Session, Presentation, Application = Anwendung
- Datenpaket durchläuft beim Versenden von Schicht 7 (Application) bis Schicht 1 (Physical) runter
- Schicht 7-2 fügt Protokoll-Informationen hinzu
- Schicht 1 (Physical) wandelt Information in übertragbare Daten (Bits) um und leitet durch physikalisches Sendemedium an Empfänger weiter



OSI Schichten

- **Application Layer**

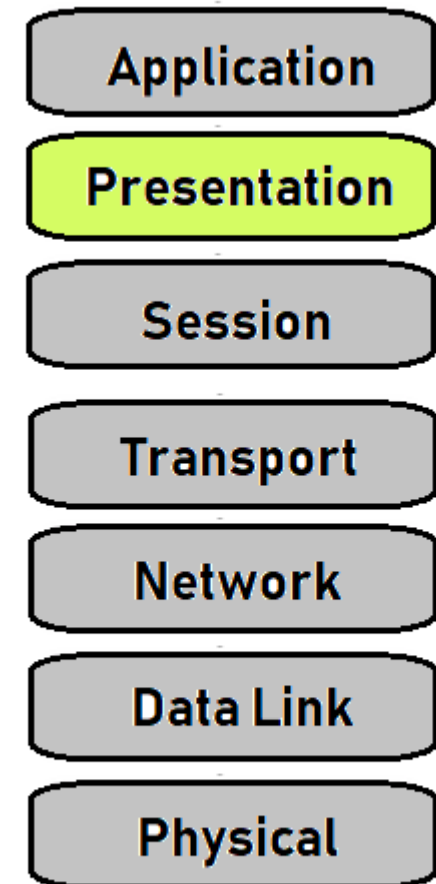
- Anwendungsbeispiele: Browser (Firefox, Internet Explorer), Spiele
- Beispielprotokolle: HTTP, FTP
- Schnittstelle für Anwendungen / Interaktion mit Benutzer
- Authentifizierung des Senders und Empfängers
- Fehlerbehebung und Datenwiederherstellung
- Sicherstellung von notwendigen Voraussetzungen einer Kommunikation



OSI Schichten

- **Presentation Layer**

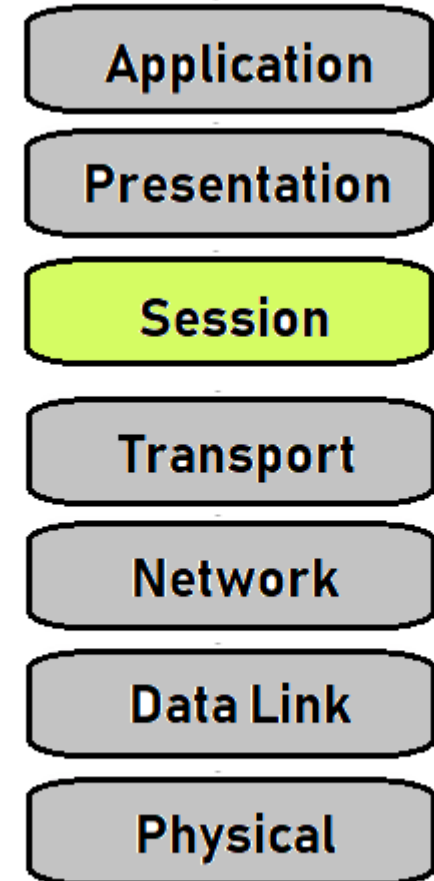
- Beispielsformate: JPEG, HTML, ASCII, Unicode
- Austausch zwischen zwei Systemen (eine Art Dolmetscher)
- erlaubt Applikationen die Interpretationen der Daten (Übersetzung, Datenkompression und Verschlüsselung)



OSI Schichten

- **Session Layer**

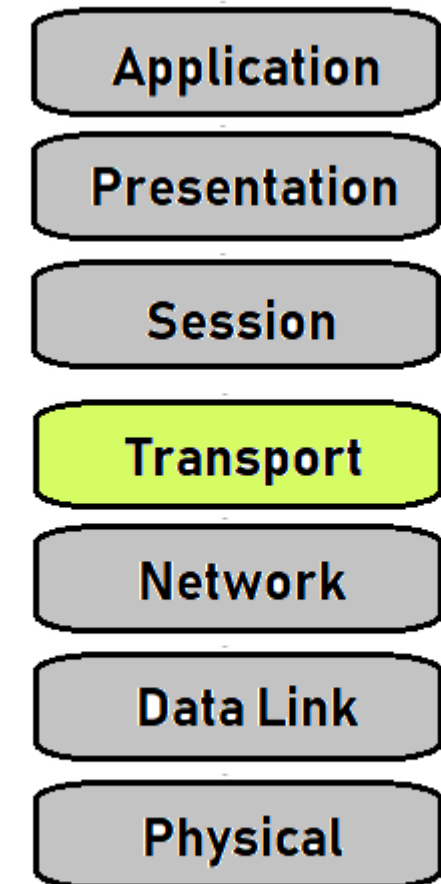
- Service: FTP, Telnet, SMTP
- Steuerung des Datenverkehrs
- Standhaltung von Sitzungen zwischen Systemen mit Fixpunkte
- Durch Protokolle: Wiederherstellung von Sitzungen möglich
- Fixpunkte / Check Points: gespeicherten Zustand einer Session, die wiederhergestellt werden kann
Verhindert so eine Neuübertragung von Daten
- Synchronisation von Informationen (Audio und Video für Streams)



OSI Schichten

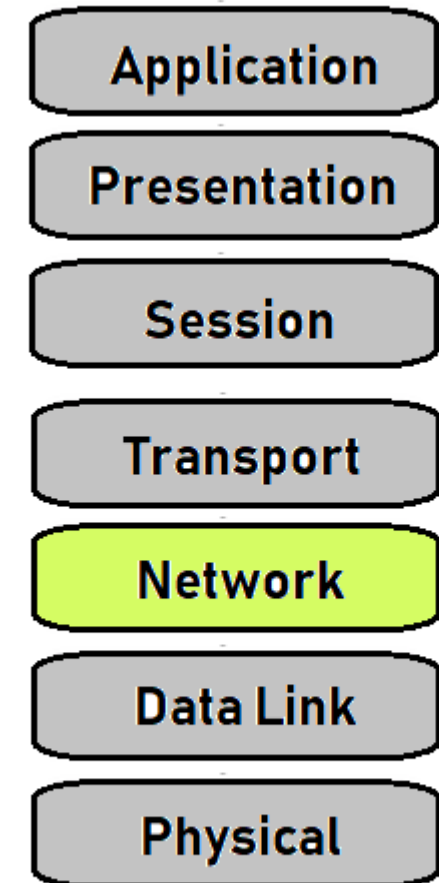
- **Transport Layer**

- TCP, UDP, SCTP
- Korrekte Übertragung der Segmente
- Same Order Delivery: Versicherung, dass die gesendete Reihenfolge der Datenpaket beim Empfangen gleich bleiben
- Datenflusskontrolle (Flow Control)
- Fehlerbehebung von Datenpaketen
- Data Integrity: Versicherung, dass die empfangene Daten die identische Daten des Senders ist



OSI Schichten

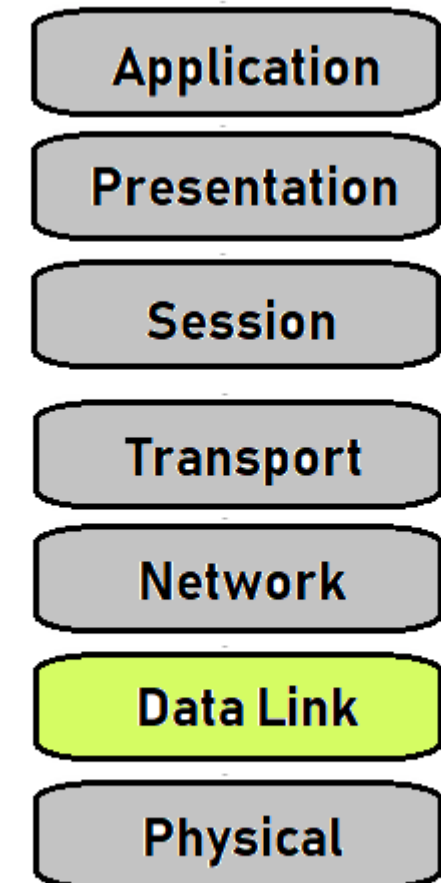
- **Network Layer / Routing Layer**
- Hardware: Router
- Reine logische Adressierung der Geräte mittels IP
- Dient zum Routen zwischen Sender und Empfänger für Austausch von Datenpaketen
- Routing: bestmöglicher Verbindungskanal von Knoten zu Knoten aufbauen, um durch Netzwerk zu steuern



OSI Schichten

- **Data Link Layer / Switching Layer**

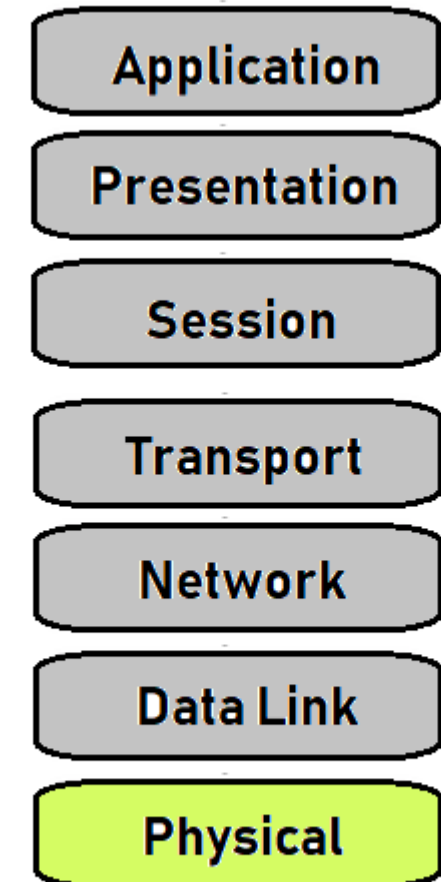
- Hardware: Bridge, Switch
- Ethernet
- sicherer und fehlerfreier Austausch von Datenpaketen zwischen Systemen
- für Schicht 1: Medium Access Control (MAC)
- für Schicht 3: Logical Link Control (LLC)
- Beinhaltet IP Adressen von Sender und Empfänger, Länge der Pakete, Startsignale und weitere Informationen über die Übertragung und seinen Übertragungsinhalt



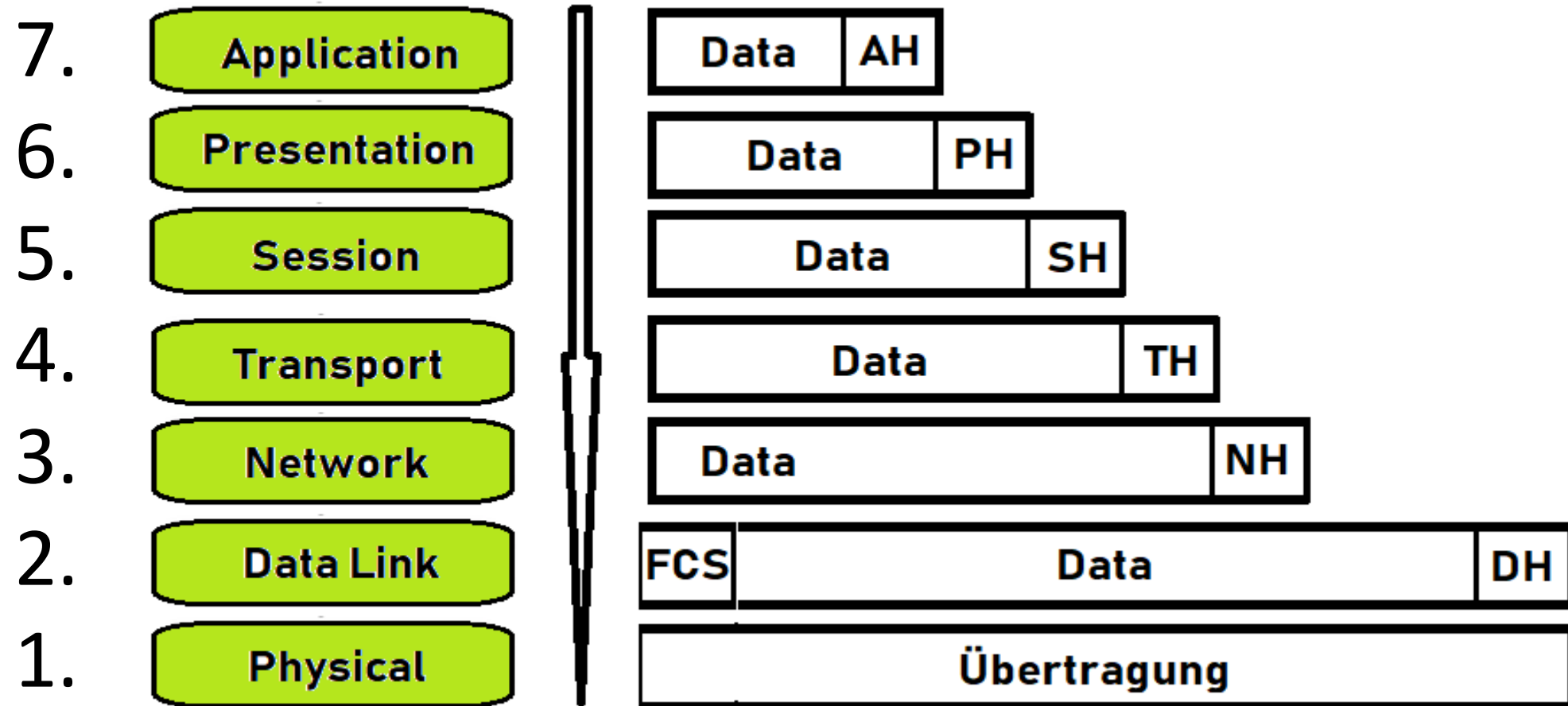
OSI Schichten

- **Physical Layer**

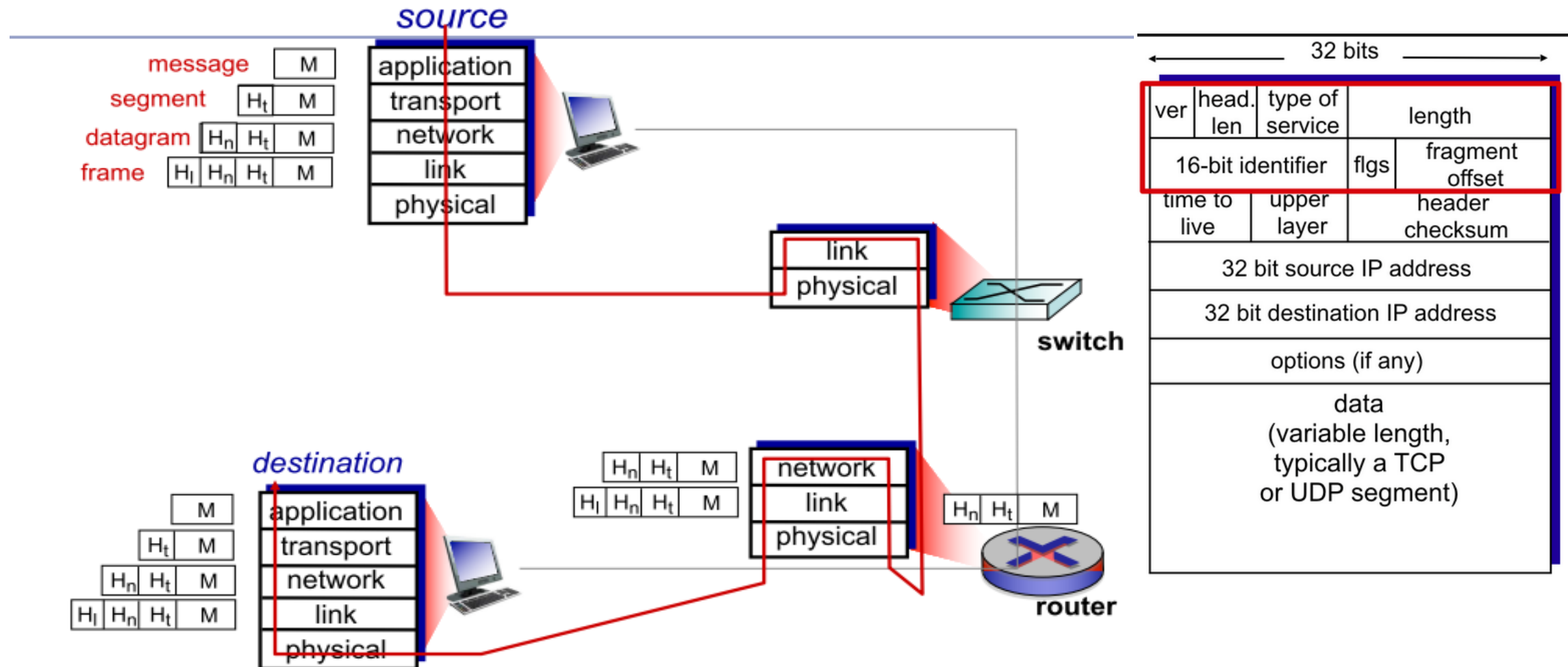
- Hardware: Repeater, Netzwerkkarte, Hubs, Stecker, Leitung, ...
- Physikalische Anbindung zwischen Gerät des Clients mit anderen Geräten / Endpunkten
- Übertragung durch Bitströme
- Übertragung erfolgt durch physikalische Übertragungsmedium (Kabel (Kupfer oder Glasfaser) oder Funk)
- Übertragungsrichtung und -geschwindigkeit
 - Simplex = einseitige Übertragung
 - Halb-duplex = beidseitige Übertragung (abwechselnd)
 - Duplex = beidseitige Übertragung (gleichzeitig)



OSI Kapselung



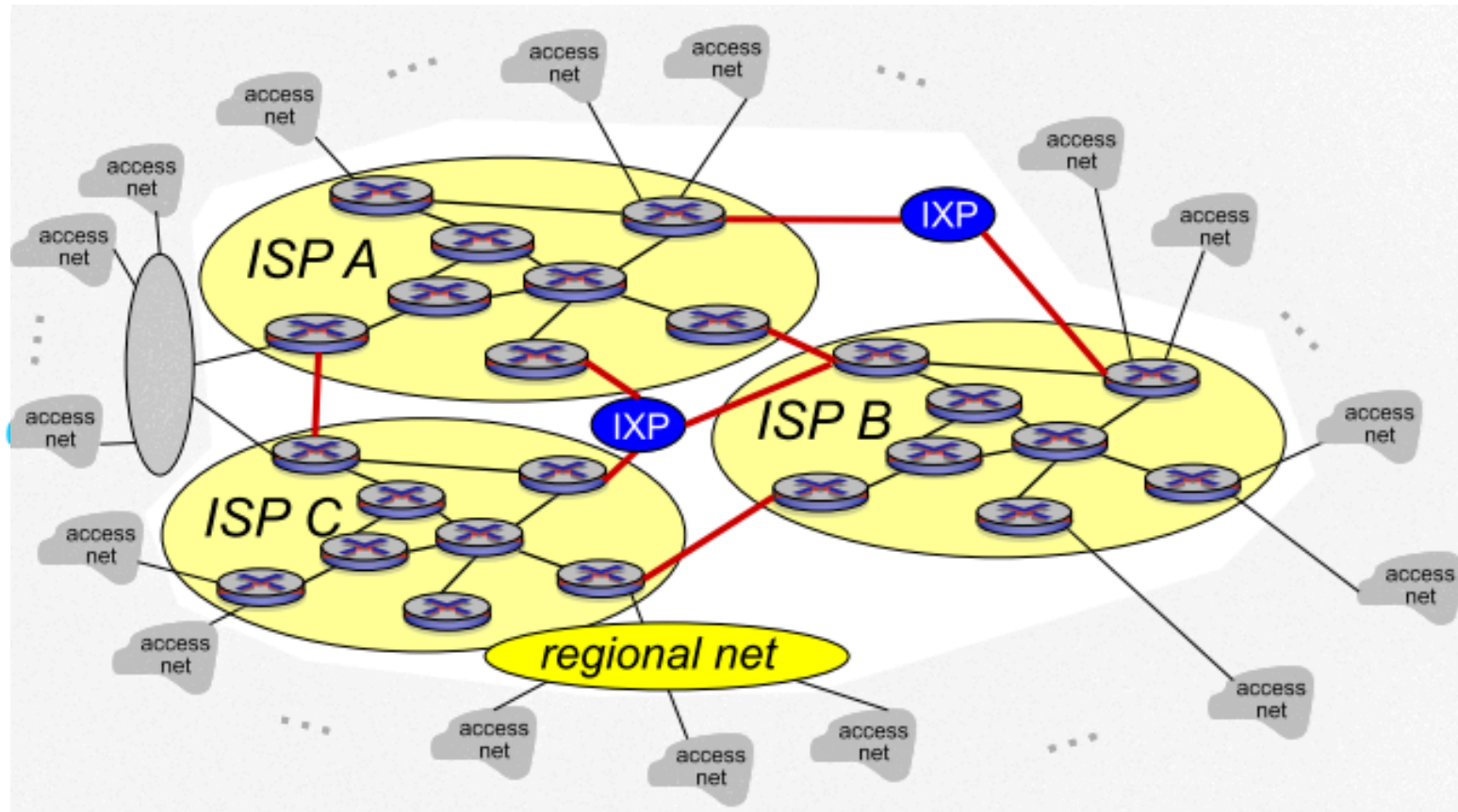
OSI Kapselung



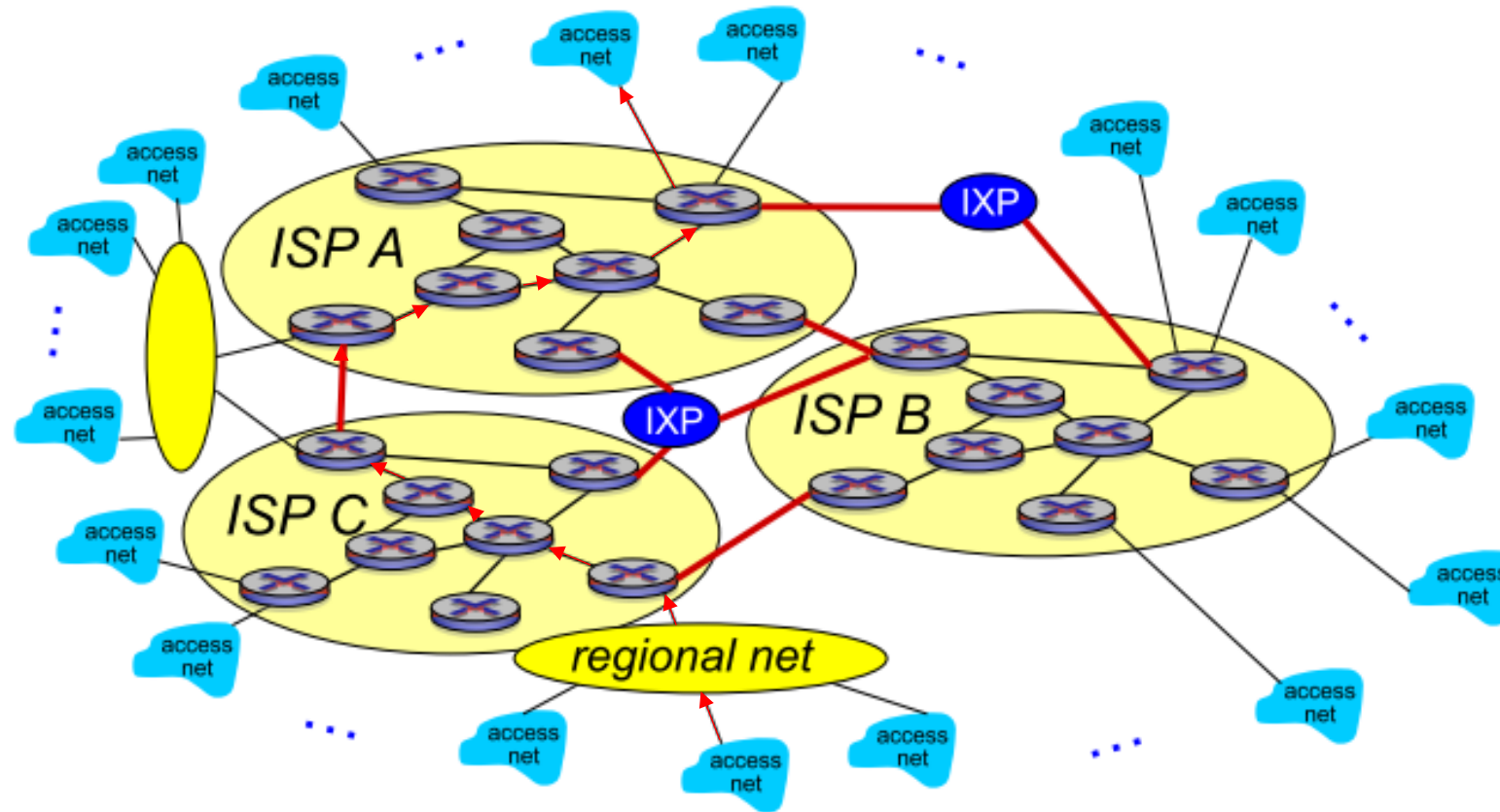
Verbindungsaufbau

- Szenario: Student X möchte über seinen Laptop (Client) www.moodle.uni-due.de aufrufen
- Benötigt:
 - IP Adressen vom Zielserver; DNS Server besitzt Information
 - Verbindung zum Internet aufbauen
 - Verbindung zwischen Client und DNS Server
 - Verbindung zwischen Client und gewünschter Webseite
- Abfolge von Request / Reply / Acknowledgement (ACK) / Reply ACK
- Verschiedene Arten/Formen von Protokollen

Internet Struktur: ein Netzwerk von Netzwerken

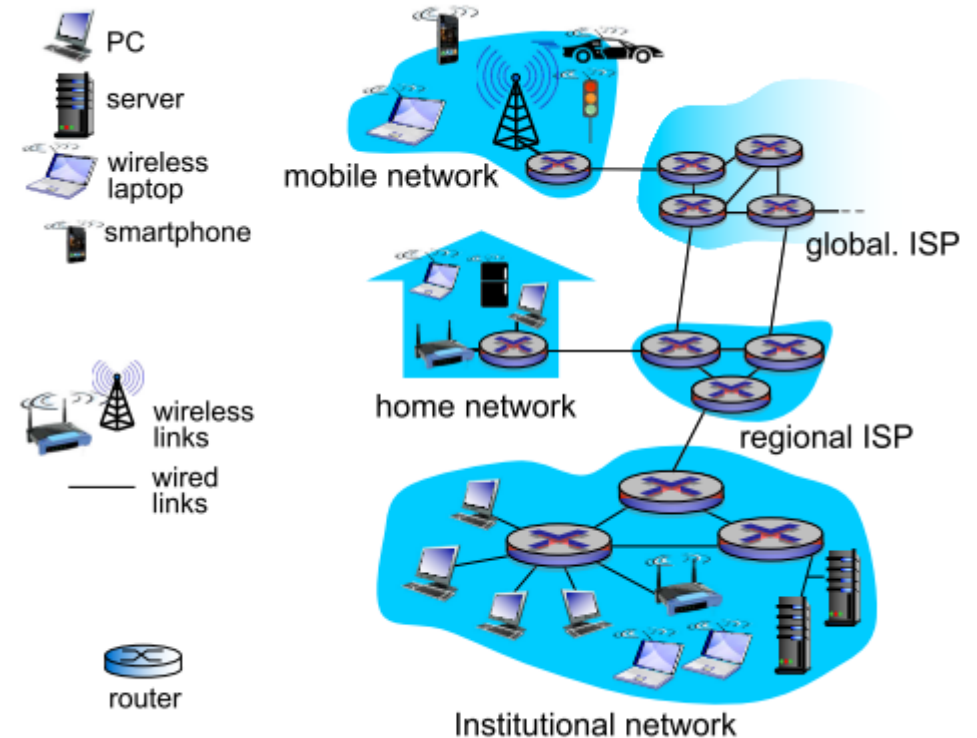


Internet Struktur: ein Netzwerk von Netzwerken



Das Internet

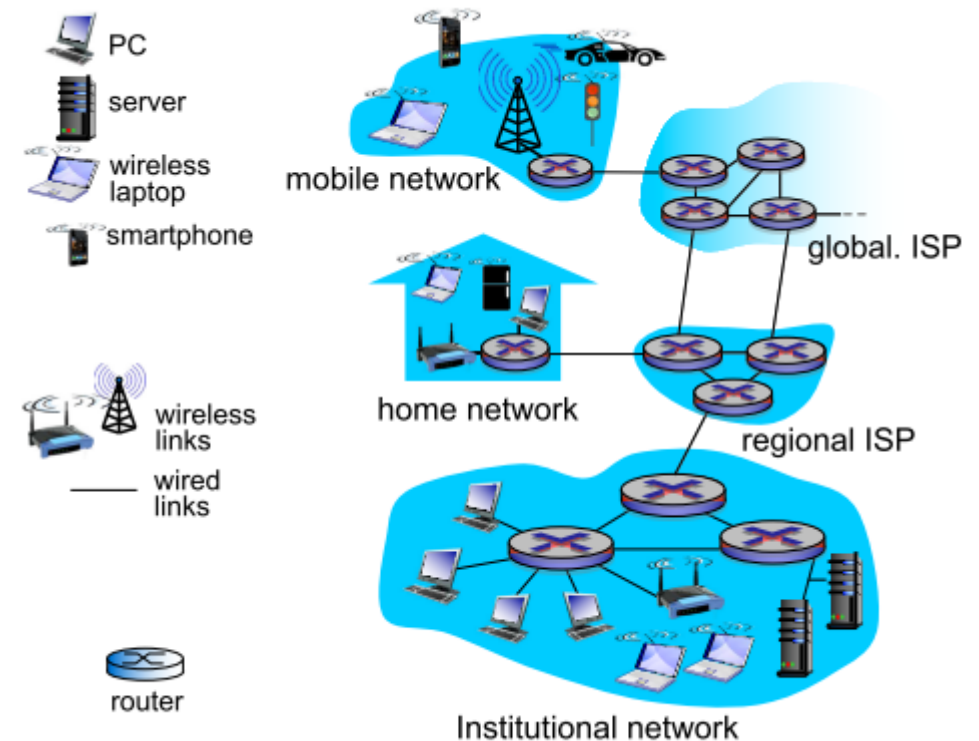
- Grundgedanke: Informationsaustausch „ein Netzwerk von Netzwerken“
- Ein Netzwerk aus Milliarden von Geräten verschiedenster Art
- Versand von Informationen / Daten über Datenpakete (über Router & Switch weitergeleitet)



KN2_01_OSI page 11: „What’s the Internet: Devices and Connections“

Das Internet

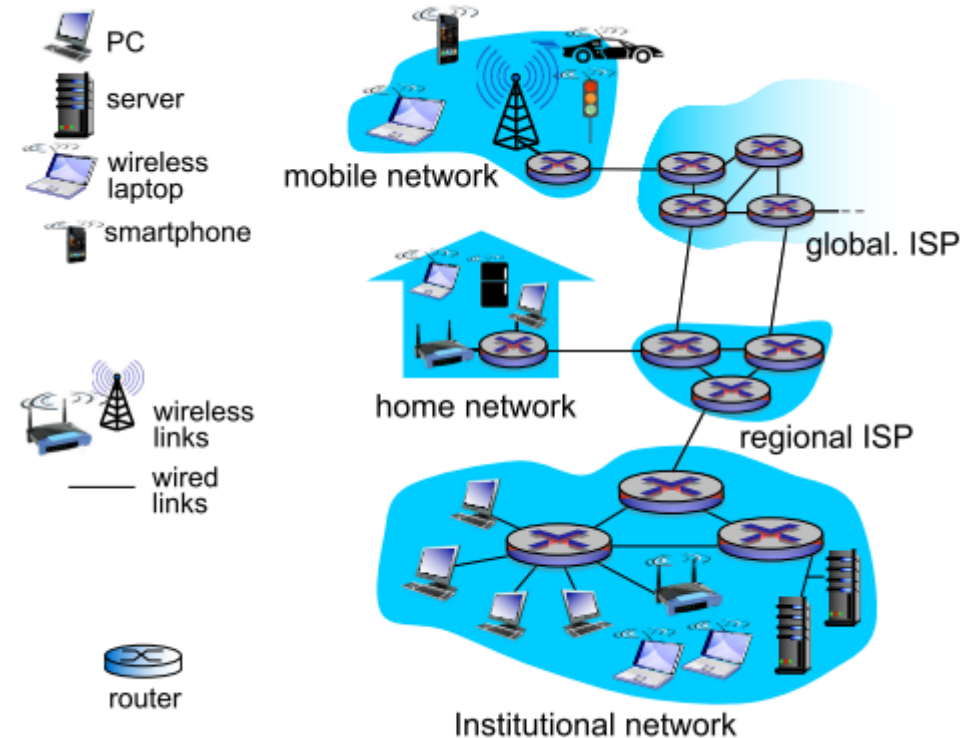
- Senden / Empfangen von Datenpaketen, kontrolliert und geleitet durch Protokolle
- Damit alle das Gleiche verstehen: Internet Standards
 - RFC: Request for Comments
 - IETF: Internet Engineering Task Force
- Durch Datenaustausch verschieden Formen von Service möglich
 - Web, Voice over IP (VoIP), Mail, Spiele, Soziale Netzwerke, usw...



KN2_01_OSI page 11: „What's the Internet: Devices and Connections“

Das Internet

- Struktur:
 - Hosts: Client und Server
 - Endkanten des Netzwerks
 - Zwischen Client und Server: Kernstück
 - Kettenverbindung von Routern, die ein Netzwerk unter sich bilden
 - Zweck: Erhöhung der Reichweite, Reduzierung der Komplexität, Verbindungsabsicherung
 - Durch Kabel (Wired) oder Kabellos (Wireless) physikalisch Verbunden



KN2_01_OSI page 11: „What’s the Internet: Devices and Connections“

Protokolle

The TCP joke

S: Sender || R: Receiver

R: Hello World! I would like to hear a TCP joke.

S: Hello, would you like to hear a TCP joke?

R: Yes, I would like to hear a TCP joke.

S: Ok, I will tell you a TCP joke.

R: Ok, I will hear a TCP joke.

S: Are you ready to hear a TCP joke?

R: Yes, I am ready to hear a TCP joke.

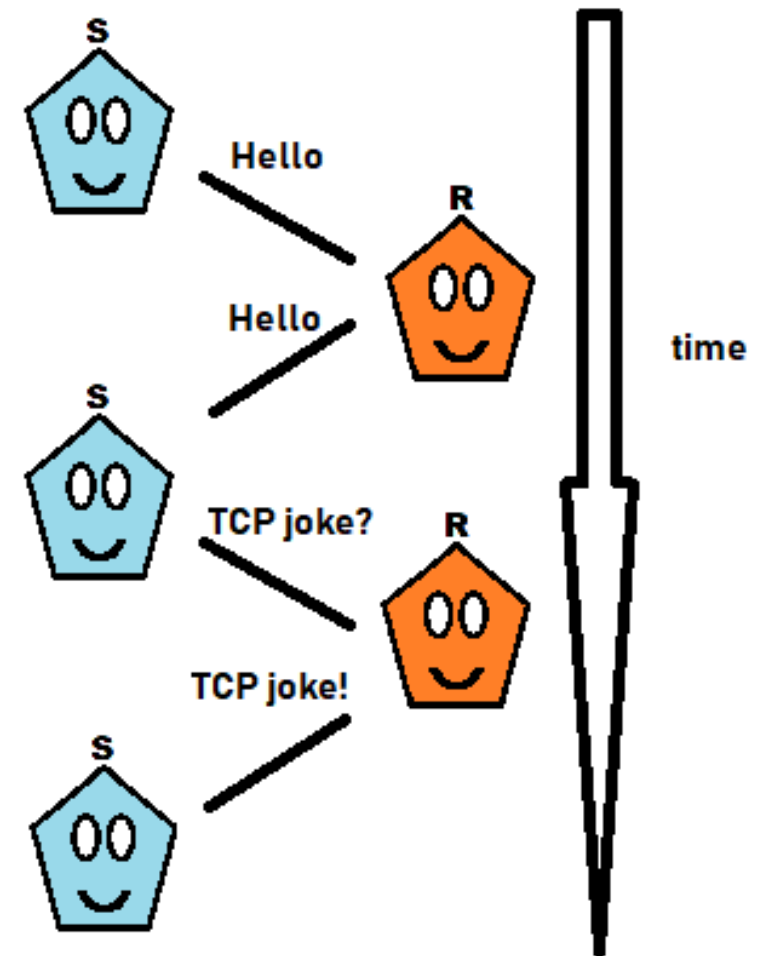
S: Ok, I am about to send the TCP joke. It will last 10 seconds, it has two characters, it does not have a setting, it ends with a punchline.

R: Ok, I am ready to receive your TCP joke that will last 10 seconds, has two characters, does not have a setting and ends with a punchline.

S: I'm sorry, your connection has timed out.

...

Hello, would you like to hear a TCP joke?



Protokolle

The TCP joke

S: Sender || R: Receiver

R: Hello World! I would like to hear a TCP joke.

S: Hello, would you like to hear a TCP joke?

R: Yes, I would like to hear a TCP joke.

S: Ok, I will tell you a TCP joke.

R: Ok, I will hear a TCP joke.

S: Are you ready to hear a TCP joke?

R: Yes, I am ready to hear a TCP joke.

S: Ok, I am about to send the TCP joke. It will last 10 seconds, it has two characters, it does not have a setting, it ends with a punchline.

R: Ok, I am ready to receive your TCP joke that will last 10 seconds, has two characters, does not have a setting and ends with a punchline.

S: I'm sorry, your connection has timed out.

...

Hello, would you like to hear a TCP joke?



Protokolle

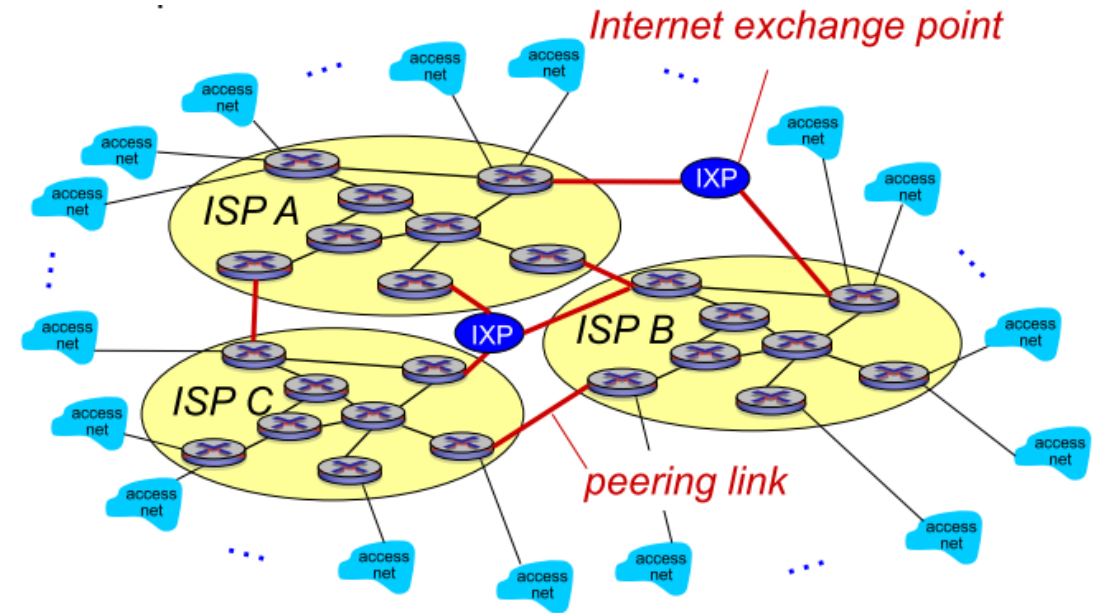
- Protokolle definieren...
 - ... Format
 - ... Inhalt
 - ... Reihenfolge des gesendeten / empfangen Nachrichten in Netzwerken
 - ... Verhalten bei empfangenen / gesendeten Nachrichten in Netzwerken

Kontrolle über Senden und Empfangen von Nachrichten



Das Internet

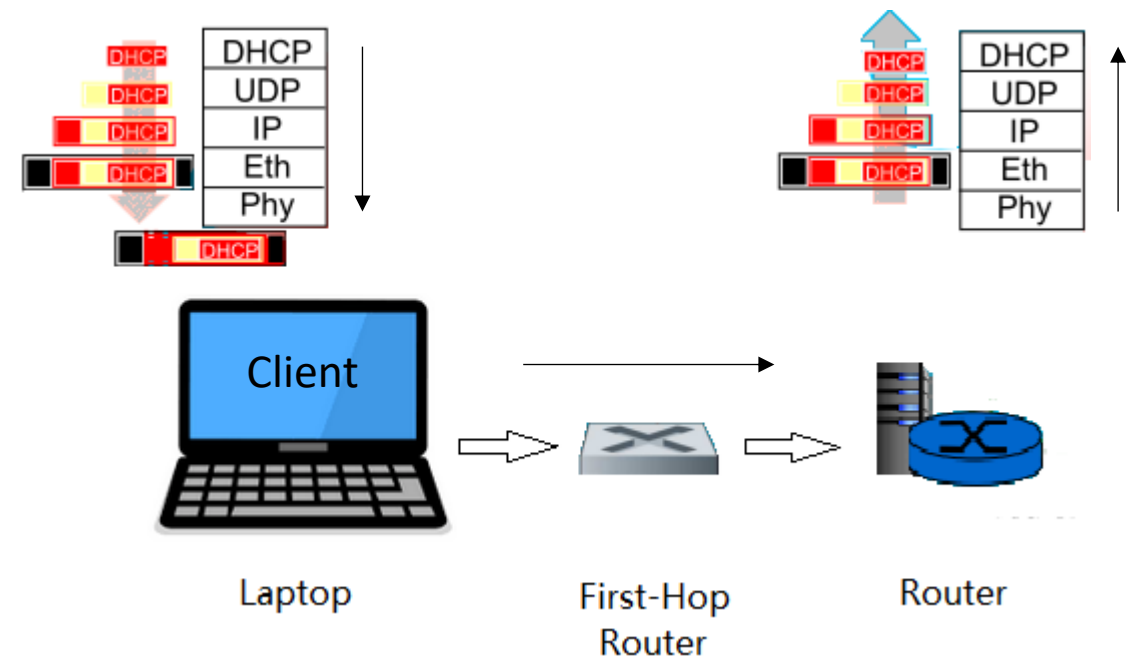
- Internetstruktur
 - Millionen von ISP Eingänge vorhanden
 - Verbindung jeder ISP mit jeder anderen ISP wäre zu komplex / aufwendig, somit unmöglich anzuwenden (worstcase: $O(N^2)$)
 - Lösung: zu globalen Transit ISP verbinden
- Ein Makel: System ist nicht ein großes System sondern mehrere aufgespaltene Bündel, welche von unterschiedlichen Unternehmen angeboten werden
- Lösung: Verbindung zwischen Netzwerken von Netzwerken über Internet Exchange Point (IXP)



KN2_01_OSI page 40: „Internet Structure: Network of Networks“

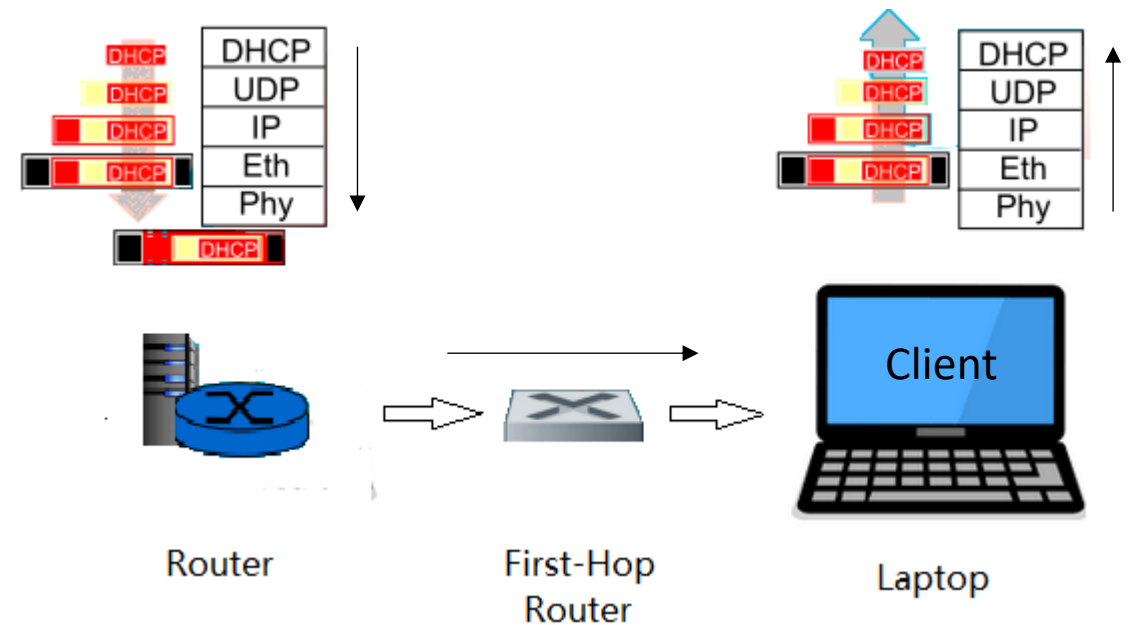
Verbindungsaufbau

- DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol
- DHCP Request eingekapselt in UDP, IP, 802.3 Ethernet
- Ethernet Frame Broadcast
Dest: FFFFFFFFFFFFFFFF in LAN,
Empfang: Router (DHCP Server)
- Demux-Vorgang
802.3 Ethernet, IP, UDP



Verbindungsaufbau

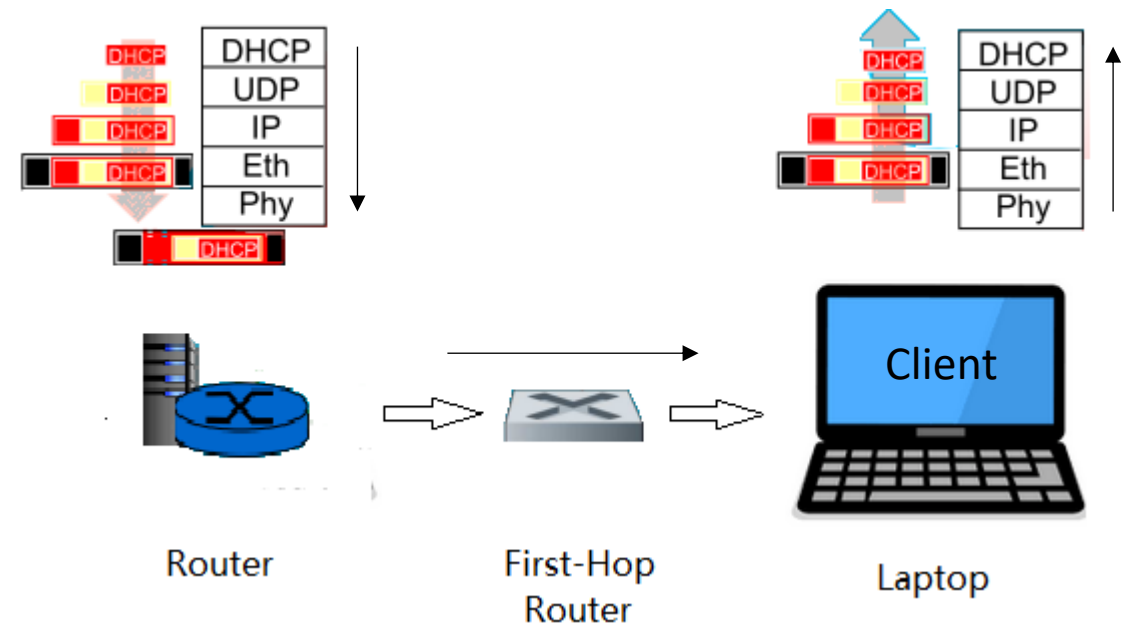
- DHCP ACK
- Nachrichteninhalt:
IP des Client, IP des First-Hop Router,
Name & IP Adresse des DNS Servers
- Gleicher Vorgang wie vorhin
- DHCP Client erhält das DHCP ACK
Reply



Verbindungsaufbau

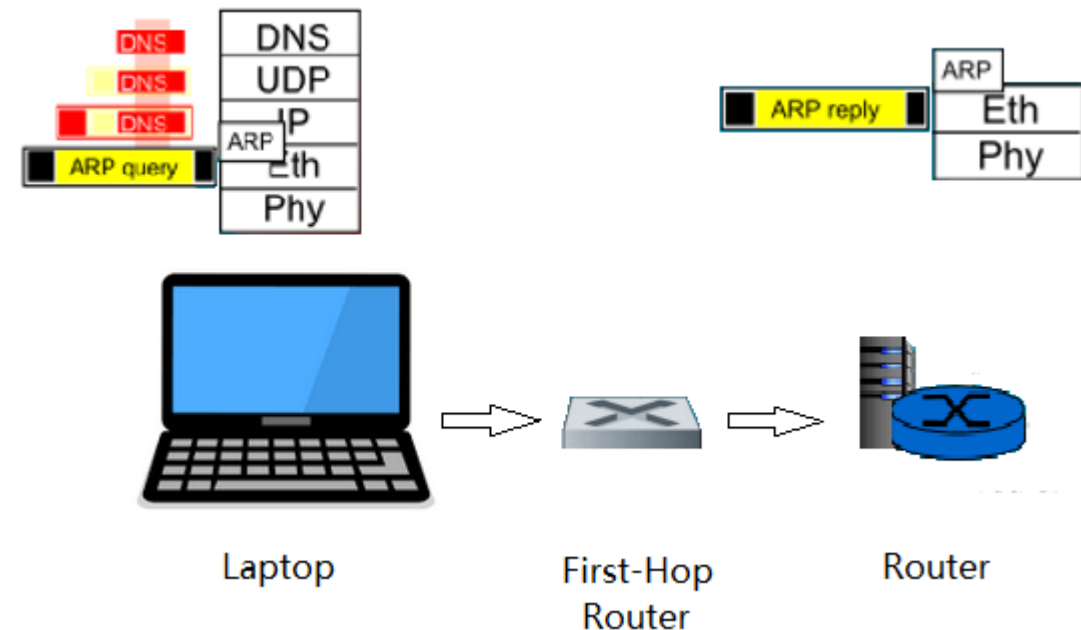
- IP des Client = Adresse des Clienten
- IP des First-Hop Router = Adresse des Gateways zum Endgerät
- IP des DNS Server = Adresse zum DNS Server
- **Domain Name System (DNS)**
Eine Art Telefonbuch-Service zum gegenseitigen Vernetzen
Umwandeln von Webseitenamen (www.moodle.uni-due.de) in IP-Adressen (**132.252.183.131**)
- Bevor wir eine HTTP Request senden können, benötigen wir die IP Adresse von Moodle durch die Hilfe von einem DNS Server

Information erhalten durch <http://www.ping.comlex.de/>



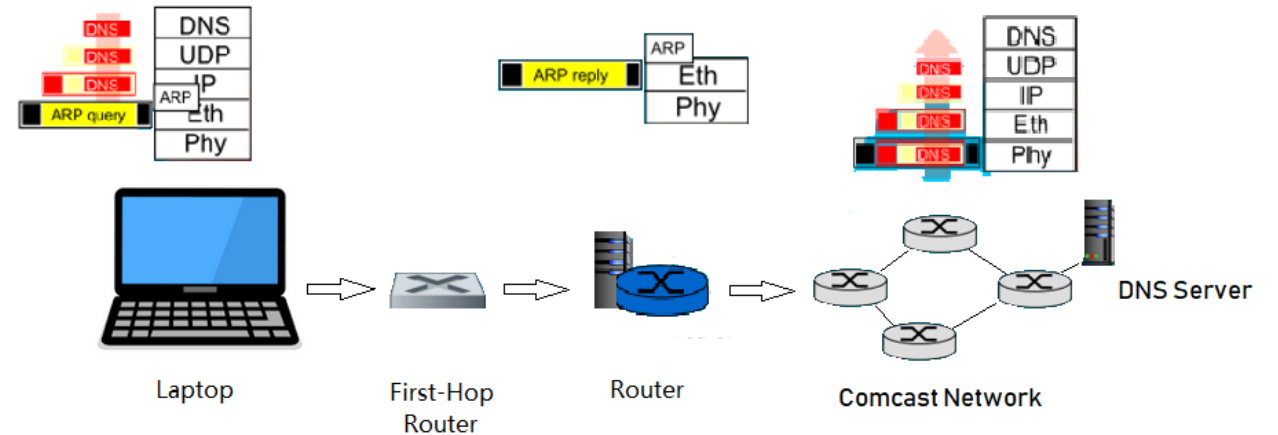
Verbindungsaufbau

- Address Resolution Protocol (ARP)
- DNS query kreiert, UDP, IP, Ethernet eingekapselt
- Zum Versenden: MAC Adresse des Router Interfaces benötigt
- ARP query broadcasted, durch den Router empfangen, welcher eine ARP reply mit seiner MAC Adresse des Interfaces antwortet
- Damit ist der Client in der Lage, DNS queries zu versenden



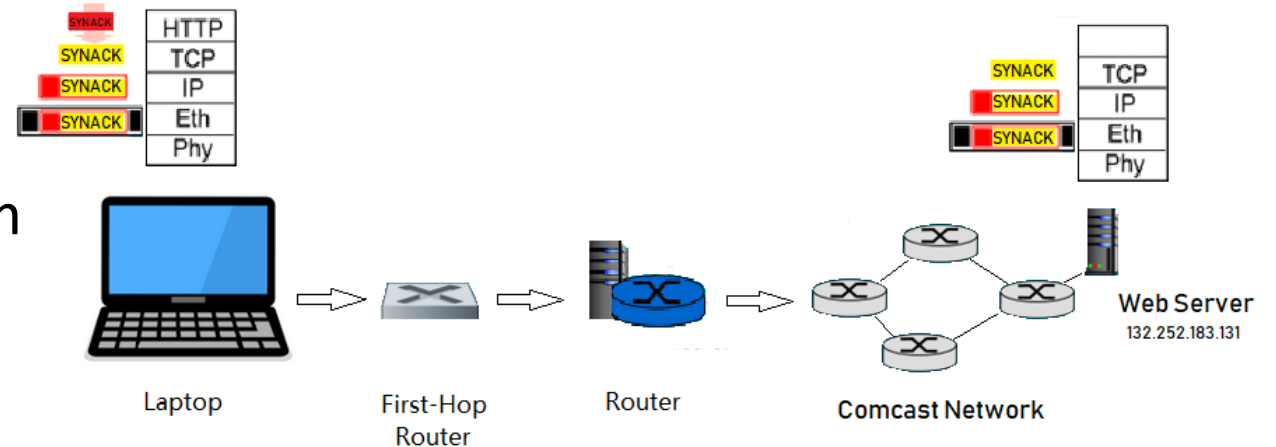
Verbindungsaufbau

- IP Datagram mit DNS Query an LAN Switch -> ersten Hop Router übertragen
- Vom lokalen Netzwerk wird IP Datagram an Comcast Netzwerk weitergeleitet bis zum DNS Server
- Demuxed zum DNS Server
- DNS Server leitet IP Adresse von www.moodle.uni-due.de weiter an Client



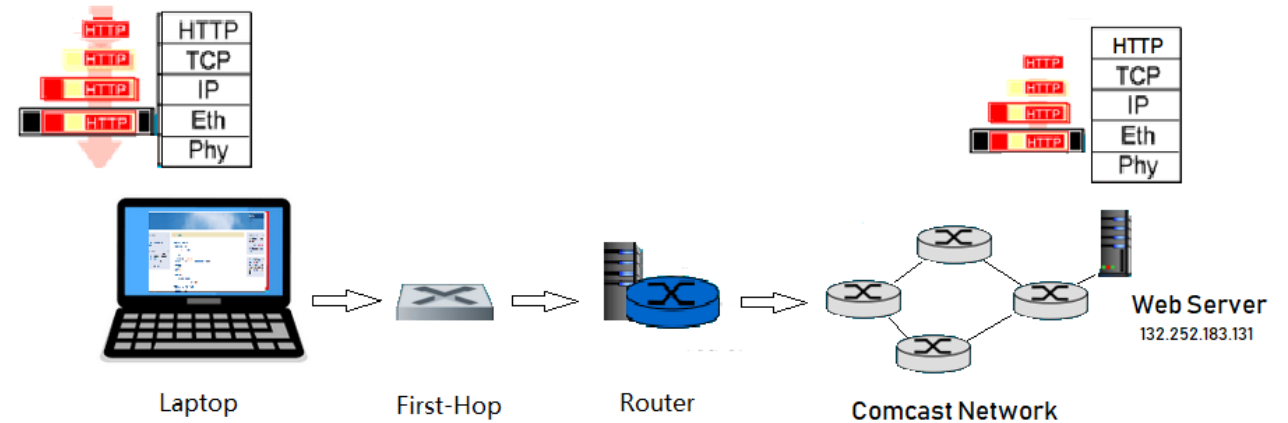
Verbindungsaufbau

- Transmission Control Protocol (TCP)
Verbindung mit HTTP
- Verwendung des 3-Way Handshakes
- TCP Schnittstelle zum Webserver
öffnen und ein TCP SYN Segment zum
Webserver aufbauen / senden
- Webserver reagiert mit TCP SYNACK
- Resultat: TCP Verbindung zwischen
Client und Webserver wurde
aufgebaut



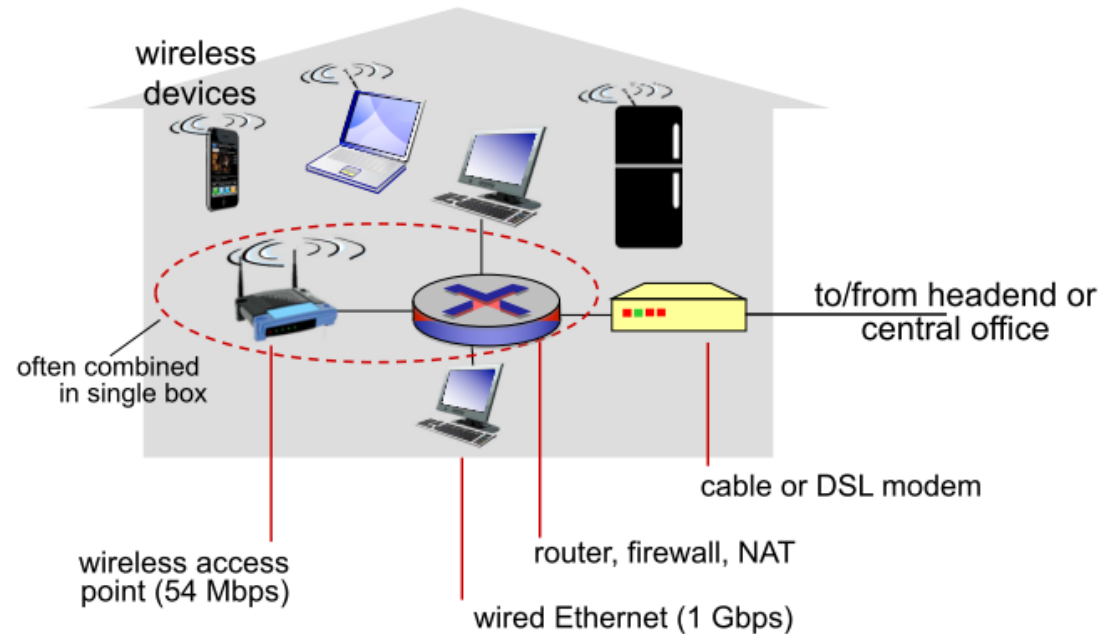
Verbindungsaufbau

- HTTP Request an TCP Socket gesendet
- IP Datagram beinhaltet HTTP Request, welche zu www.moodle.de geroutet wird
- Web Server antwortet mit einem HTTP Reply
- IP Datagram beinhaltet HTTP Reply, welche zum Clienten geroutet wird
- Empfang der Webseite

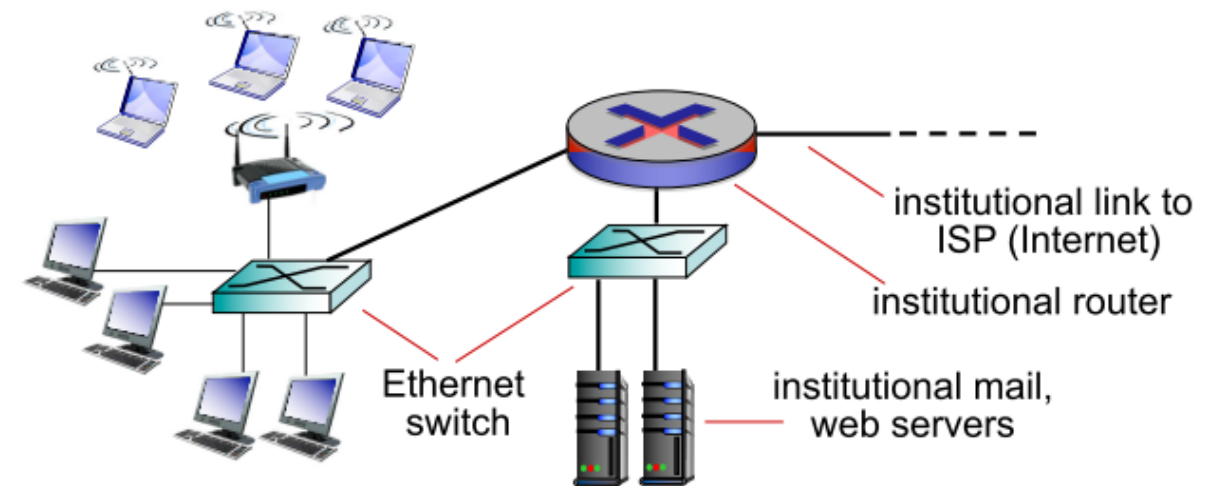


Home Network and öffentliches Netz

Home Network

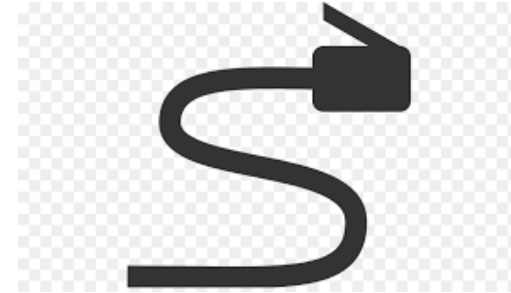


Enterprise Network



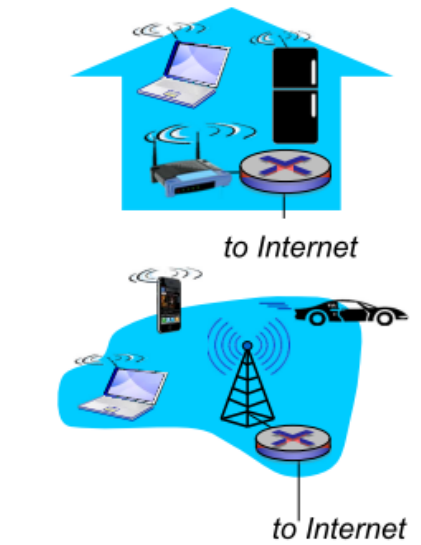
Netzwerkverbindung durch Kabel

- Physikalische Medien (Kabel)
- Kabelvariation:
 - Kupferkabel
 - Koaxkabel
 - Faserkabel
- Doppelader (Twisted Pair)
 - Leitung aus zwei Einzelkabeln, in der Regel aus Kupfer und miteinander verdreht, wodurch Störspannungen aufgehoben werden
 - Höhere Variation vorhanden
 - CAT5: 100Mbps, 1Gbps. **CAT6:** 10Gbps



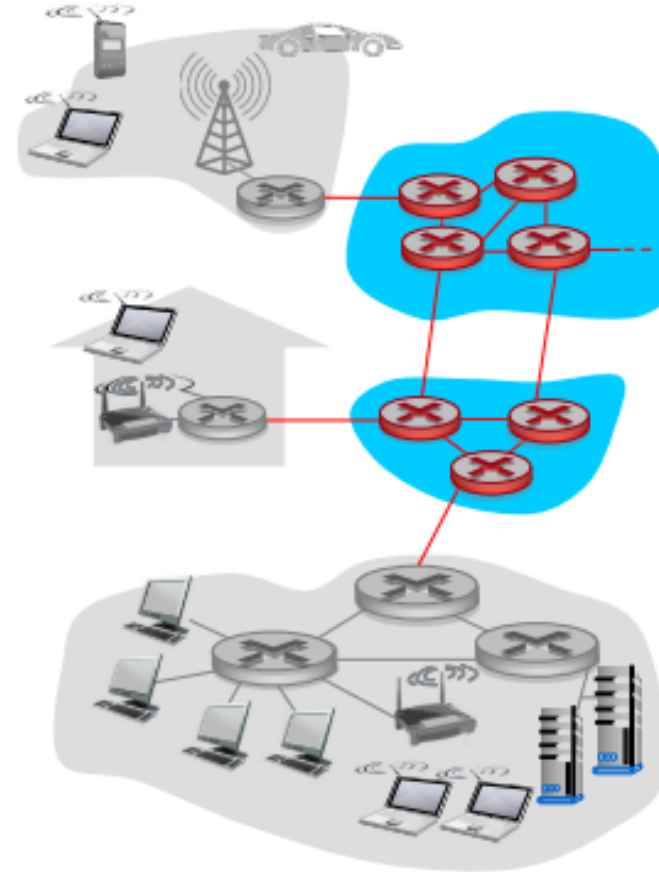
Kabelloser Empfang (Wireless Access Network)

- Zwei Verbindungsmöglichkeiten:
 - 1) Endgerät zum Router (Basis Station des Sendens)
 - Durch Access Points ermöglicht, => mit Router verbunden ist
 - 802.11 b/g/n (WiFi): 11, 54, 450 Mbps
 - 2) Durch Wide-Area Wireless Access möglich
 - Telekommunikationsanbieter
 - 3G, 4G (LTE): zw. 1 – 10 Mbps (soon 5G mit 10Gbps!)



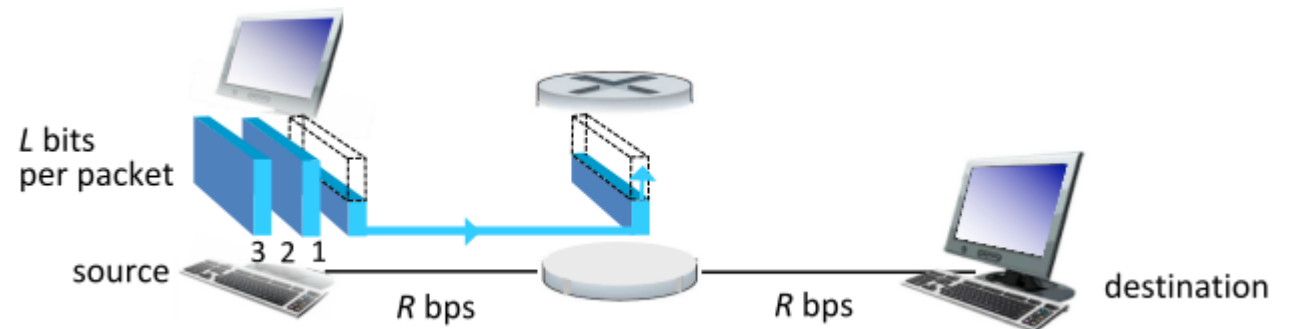
Zwischenverbindungen

- Verbindung von Router zu Router
- Packet-switching: hosts break application-layer messages into packets
- Weiterleitung von Datenpaketen von Sender-Endpunkt zum Empfänger-Endpunkt



Zwischenverbindungen

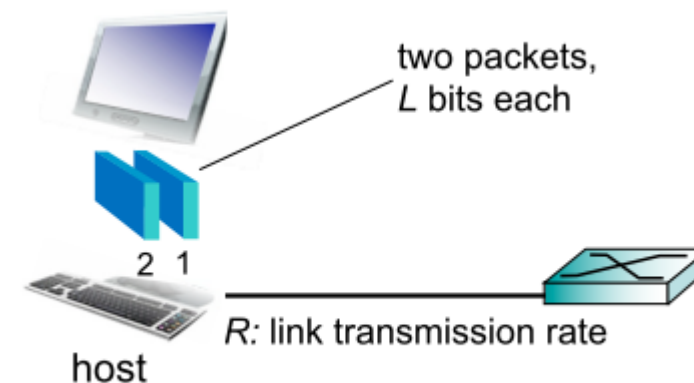
- Store-and-Forward
- Verzögerung von End- zu Endverbindung entspricht: $2 * L / R$
L = Größe der Datenpakete (in bit)
R = Übertragungsrate (in bps)
- Wichtig: volles Paket benötigt, um weiterzuleiten!



KN2_01_OSI page 29: „Packet-Switching : Store-and-Forward“

Datenpakete

- Senden von Daten über Datenpakete, die in Länge von L Bits zerkleinert werden (Erzeugung von Paketen)
- Versendung der Pakete in Rate R durch Netzwerk
- Abhängig Faktoren:
 - Übertragungsrate / Empfangsrate
 - Kapazität
 - Größe der Pakete

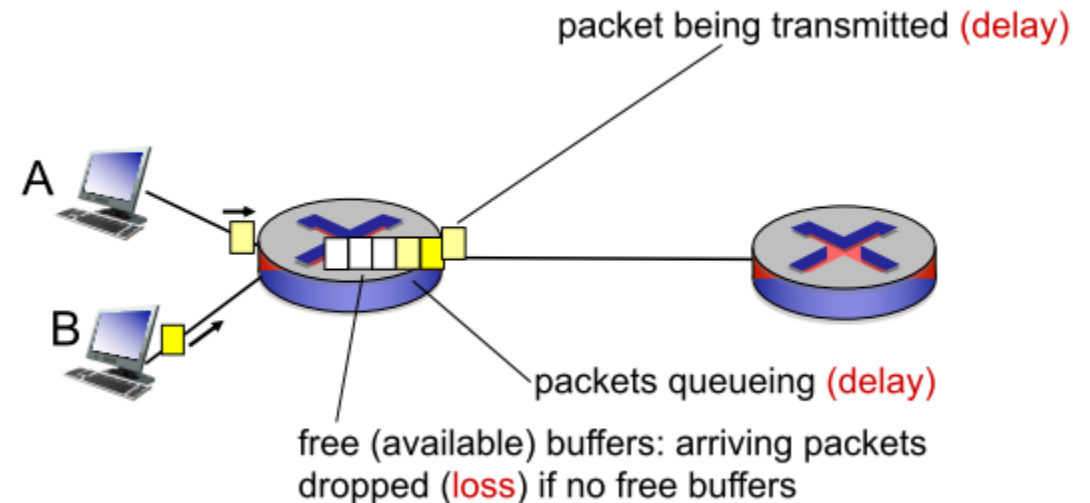


KN2_01_OSI page 24: „Sending Data Packets“

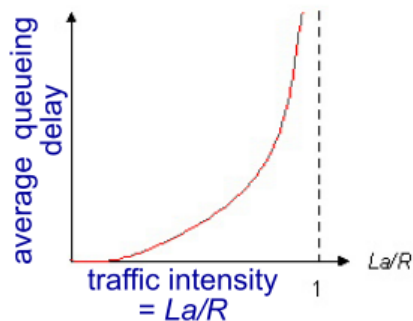
$$\text{packet transmission delay} = \text{time needed to transmit } L\text{-bit packet into link} = \frac{L \text{ (bits)}}{R \text{ (bits/sec)}}$$

Datenpakete

- Verzögerung und Verlust von Datenpaketen:
 - Pakete werden in beim Empfang im Routerbuffer eingereiht
 - Datenpakete können nicht alle direkt verarbeitet werden
 - Sobald Kapazität der eingereihten Pakete im Puffer des Routers übersteigt Verlust von Paketen



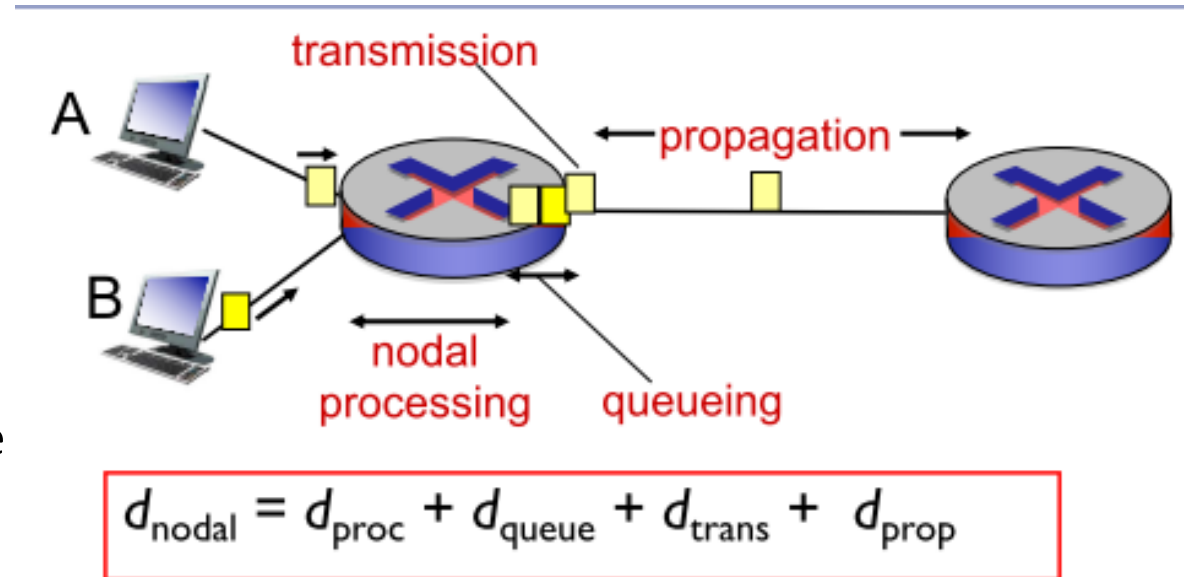
KN2_01_OSI page 44: „How Do Loss and Delay Occur? “



$$\text{packet transmission delay} = \text{time needed to transmit } L\text{-bit packet into link} = \frac{L \text{ (bits)}}{R \text{ (bits/sec)}}$$

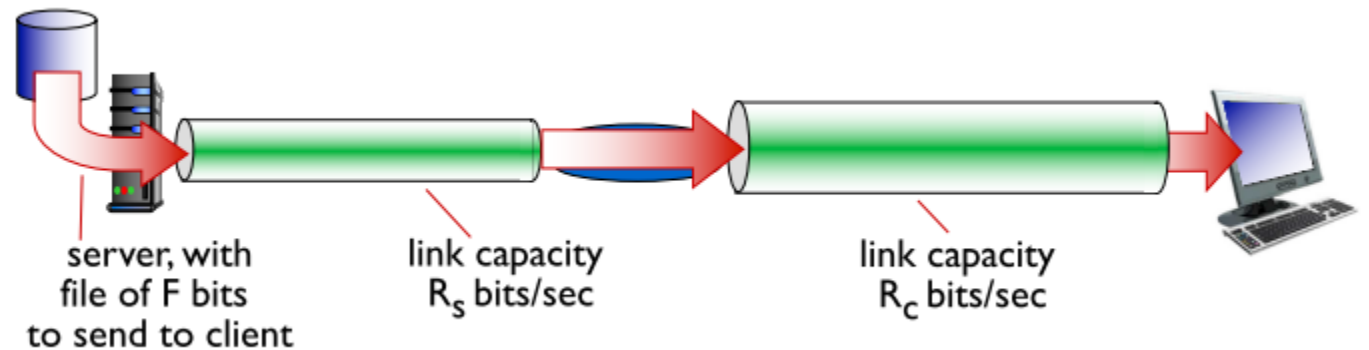
Datenpakete

- D_{proc} : nodal processing
Verarbeitung innerhalb einzelner Knotenpunkte; mögliche Check Bit Errors
= < msec
- D_{queue} : queueing delay
Warteschlange der zu versendenden Pakete
= Abhängig vom Router und der Verarbeitung
- D_{trans} : transmission delay
L: Länge der Pakete || R: Bandbreite
= $L \text{ (in bits)} / R \text{ (in bps)}$
- D_{prop} : propagation delay
Laufzeit von Sender zum Empfänger über phys. Medium
d: Länge d. phys. Mediums (in m) || s: Übertragungsgeschwindigkeit durch Medium
= d / s (in $\sim 2 \times 10^8 \text{ m/sec}$)



Weitere Beispiele in der Zusammenfassung erklärt

- Packet-Switching: Store-and-Forward
- Packet Switching: Queuing Delay and Loss
- **Circuit Switching**
- Packet Switching versus Circuit Switching
- Throughput



Sicherheit im Netzwerk

- Wie sicher ist das Netzwerk?
- Möglichkeiten von Gefahren:
 - Malware
 - Denial of Service (DoS)
 - Packet Sniffing
 - Fake Addresses
 - ...

IoT Projektidee

IoT Projektidee

„Simon Says“

- Spiel mit mehreren Nodes und ihren Lichtsensoren
- Ziel: Überlebe die Vorgaben des Gamemasters (GM)
- Spielmechanik: Erfülle die Vorgaben des GM in begrenzter Zeit. Zeit wird nach jeder Runde weiter verkürzt bis ein Spieler ausscheidet. Runde wird neu gestartet mit einem Spieler weniger
- Wichtig für uns: Verbindung zwischen Knoten untereinander und GM (Spiel ist Bonus)
- Fragen lösen wie:
 - „Wie lange braucht ein Knoten bis sie Daten versendet / empfängt?“
 - „Wie bauen sich die Knoten ihre Verbindungen auf?“
 - „Auf welche Art und Weise verbinden sich die Knoten?“

IoT Projektidee

Habt ihr Ideen?