



CHARITÉ CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

Institut für
**Medizinische Informatik,
Biometrie und Epidemiologie**

Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Thomas Tolxdorff

Netzwerktechnologie

Prof. Dr. Thomas Tolxdorff

Vorlesung an der Charité - Universitätsmedizin Berlin

- Klassifikation/Topologien von Netzwerken
- Netzwerkkomponenten und -technologien
- Standardisierungen
- Internetprotokolle
- Steuerung der Datenübertragungen (Routing)
- Datenverkehrswege in Forschungsnetzen
- Visualisierung von Datenverkehrsströmen

Wenn Sie diese Vorlesung absolviert haben, dann können Sie:

- Netzwerke klassifizieren und topologisch einordnen,
- Übertragungskapazitäten einzelner Technologien zuordnen,
- die technologische Funktionsweise des Internets verstehen und in der Praxis umsetzen,
- wesentliche Internetdienste benennen und anwenden.

Allgemein:

Austausch von Informationen zwischen verschiedenen Computer und Standorten über ein Übertragungsmedium

In der Anwendung:

- Nutzung von zentral gespeicherten Daten
(z.B. *Patientendaten, Labordaten, etc.*)
- Nutzung von zentralen Diensten (Server)
durch individuelle Anwender (Client)
- Bündelung von Rechnerkapazitäten
 - Zerlegung rechenintensiver Prozesse
 - parallele Verarbeitung
 - Zusammenführung der Ergebnisse
(z.B. *3D-Rekonstruktion, 3D-Simulation*)

- LAN (**L**ocal **A**rea **N**etwork)
 - lokales Netzwerk
(z.B. innerhalb eines Labors, einer Praxis oder einer Klinik)
- MAN (**M**etropolitan **A**rea **N**etwork)
 - Verknüpfung mehrerer LANs
(z.B. Verknüpfung mehrerer Standorte in einer Stadt, wie CBF, CCM, CVK, CCB)
- WAN (**W**ide **A**rea **N**etwork)
 - Vernetzung weit entfernter lokaler Netze
(z.B. Internet)

- Ring-Topologie
 - **Vorteil:**
 - Keine Datenkollision (TOKEN-Mechanismus)
 - **Nachteil:**
 - Ausfall eines Gerätes im Ring ist kritisch



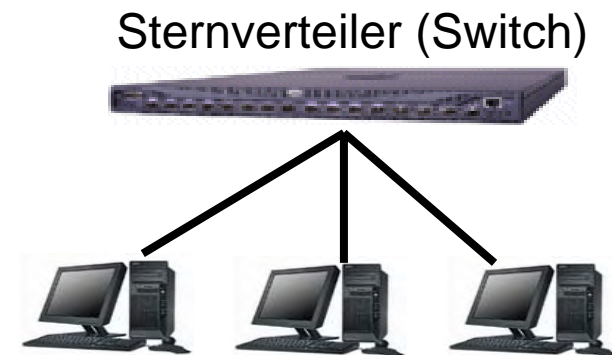
Quelle der Fotos: IBM

- Bus-Topologie
 - **Vorteil:**
 - Einfache Verkabelung (→ ein Hauptkabel)
 - **Nachteil:**
 - Auswirkung eines Kabelbruchs ist kritisch



Quelle der Fotos: IBM

- Stern-Topologie
 - **Vorteil:**
 - Hohe Geschwindigkeit
 - Auswirkung eines Kabelbruchs regional begrenzt
 - **Nachteil:**
 - Ausfall des zentralen Computers (Sternverteiler) ist kritisch



Quelle der Fotos: IBM

- **Adapter**



- **HUB**



- **Switch**



- **Router**



Quelle der Fotos: IBM

■ Netzwerk-Adapter

- Verbindung zwischen Computer und Netzwerkmedium (*Draht/Funk/Optik*)
- Besitzt eindeutige Hardware-Nummer **MAC** (*M*edia *A*ccess *C*ontrol)
- Bauformen:

WorkStation/Server:



Notebook:



Quelle der Fotos: IBM

- **HUB** (*engl.*= Nabe/Mittelpunkt)



- Einsatz in der *Stern*-Topologie als Verteiler
- Verbindung zwischen mehreren Rechnern über Anschlüsse (*ports*) des HUBs
- Signale **jedes** Ports werden an **jeden anderen** Port weitergeleitet (*repeating*)

■ Switch



- Einsatz in der *Stern-Topologie* als Verteiler
- Unabhängige Verbindung zwischen mehreren Rechnern über Anschlüsse (*ports*) des Switch
- Signale eines Ports werden **gezielt** (*anhand der MAC-Nummer*) an den Empfangsport ausgegeben (***switching***)

■ Router



- Vermittelt Datenpakete
- Verbindet Teilnetze (sub-nets)

- Drahtgebunden
 - Analoges Telefonnetz (**Modem**)
 - Digitales Telefonnetz (**ISDN**)
 - Digital Subscriber Line (**DSL**)
 - Asymmetrisch (**ADSL**): z.B. senden mit 128 Kbit/s ; empfangen mit 1 MBit/s
 - Symmetrisch (**SDSL**):
senden/empfangen mit 1 Mbit/s
 - Ethernet (**LAN**)

- **Optisch**
 - Glasfaser (fibre channel)
- **Funk**
 - Global System for Mobile Communications (GSM)
 - Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)
 - Wireless-Lan (WLAN, 802.11x x=[a,b,g])

- Drahtgebunden (1)
 - **Analoges Telefonnetz (Modem)**
 - Signale werden beim Senden auf ein Trägersignal *moduliert* und beim Empfang *demoduliert* (**modem**)
 - Vorteile:
 - Hohe Verfügbarkeit (weltweit)
 - Nachteile:
 - Störanfällig
 - Üblicherweise geringe Datenrate

- Drahtgebunden (2)
 - **Digitales Telefonnetz (ISDN)**
 - Datenübertragung als Dienst verankert
 - Vorteile:
 - Garantierte Datenrate (64 KBit/s) pro Kanal
 - Steigerung der Datenrate durch Kanalbündelung
 - Nachteile:
 - Eingeschränkte Verfügbarkeit

- Drahtgebunden (3)
 - **Digital Subscriber Line (DSL)**
 - Hochgeschwindigkeitsverbindung zwischen LAN / WAN
 - wählbare Datenraten für Verkehrsrichtung (*up/down-Stream*)
 - Vorteile:
 - Optimiert für Datenübertragung
 - Hohe Datenraten verfügbar (max. 6 Mbit/s)
 - Nachteile:
 - Eingeschränkte Verfügbarkeit

- Drahtgebunden (4)
 - **Ethernet (LAN)**
 - Etablierter Standard für Netzwerke
 - Jeder Netzwerkadapter besitzt eine Hardwareadresse (**MAC-Adresse**)
 - Hohe Datenraten verfügbar (1 Gbit/s)

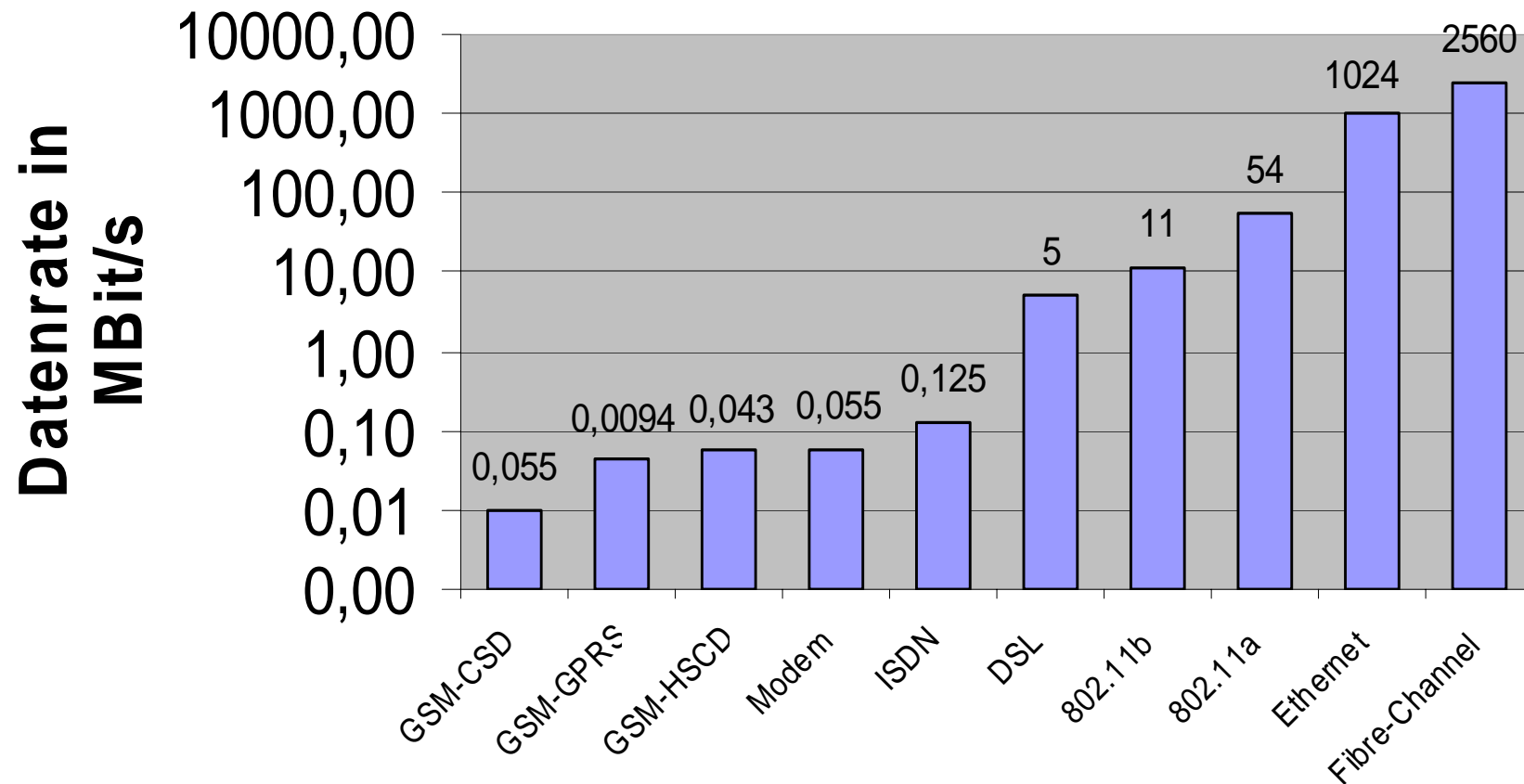
- Optisch
 - **Glasfasertechnik (fibre-channel)**
 - Übertragung mittels modulierter (Laser-) Lichtstrahlen in Lichtwellenleitern
 - Hohe Datenraten verfügbar (2,5 Gbit/s)

- Funk (1)
 - **Global System for Mobile Communications (GSM)**
 - Kopplung von Computer und Mobilfunktelefon
 - Netzbetreiber bietet Übergänge (**Gateways**) zum Internet
 - Teilweise sehr geringe Datenraten:
 - Circuit Switched Data (**CSD**): 9,6 Kbit/s
 - General Packet Radio Service (**GPRS**): 44 Kbit/s
 - High Speed Circuit Switched Data (**HSCSD**): max. 57,6 Kbit/s (4x14.4 Kbit/s)

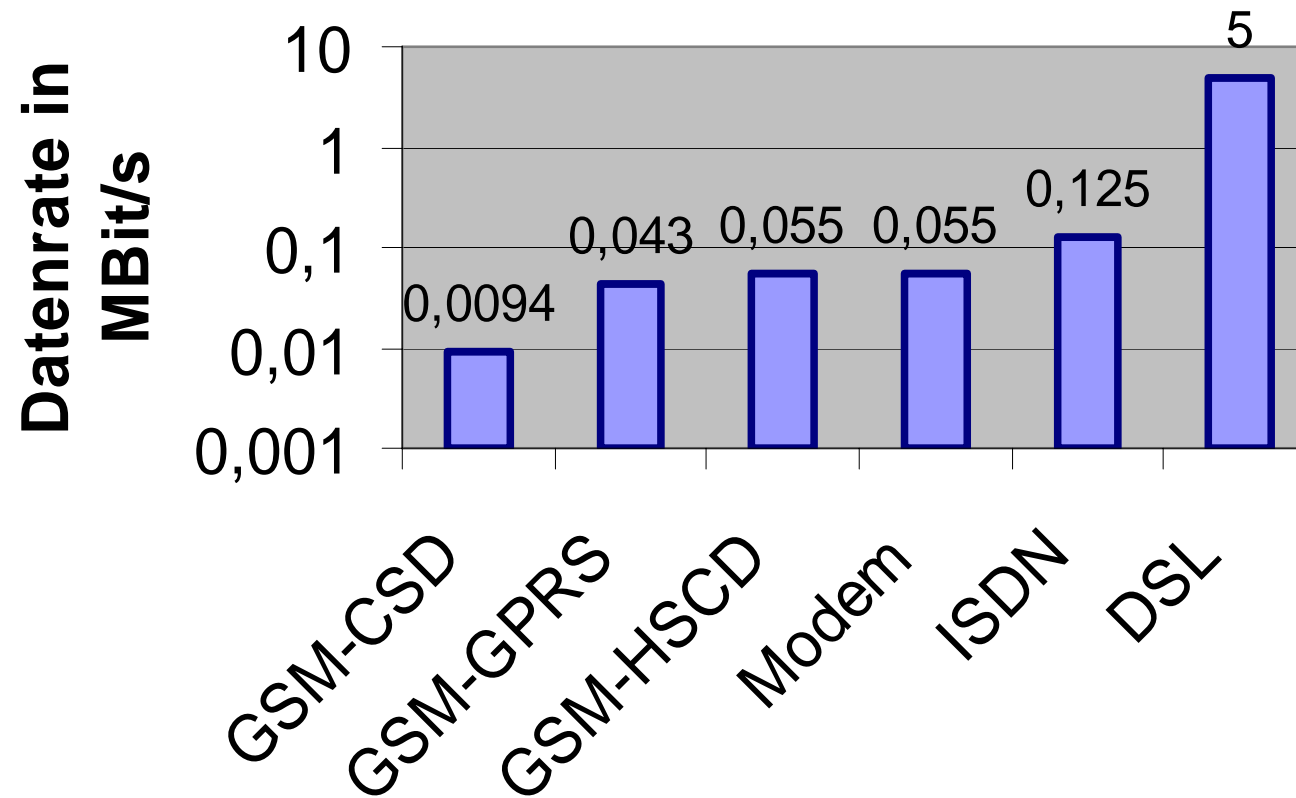
- Funk (2)
 - **Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)**
 - Kopplung von Computer und Mobilfunktelefon
 - Netzbetreiber bietet Übergänge (**Gateways**) zum Internet
 - Hohe Datenrate: max. 2 Mbit/s

- Funk (3)
 - **Wireless Local Area Network (WLAN)**
 - Kopplung von Computer und Basisstation (*AccessPoint/HotSpot*).
Basis ist *Gateway* zum Internet
 - Übertragung per Radiowellen:
 - 802.11b und 802.11g: 2,4 GHz-Band
 - 802.11a: 5 GHz-Band
 - Hohe Datenraten:
 - 802.11a: max. 54 MBit/s (brutto)
 - 802.11b: max. 11 MBit/s (brutto)
 - 802.11g: max. 54 Mbit/s (brutto)

- Übersicht der erzielbaren Datenraten



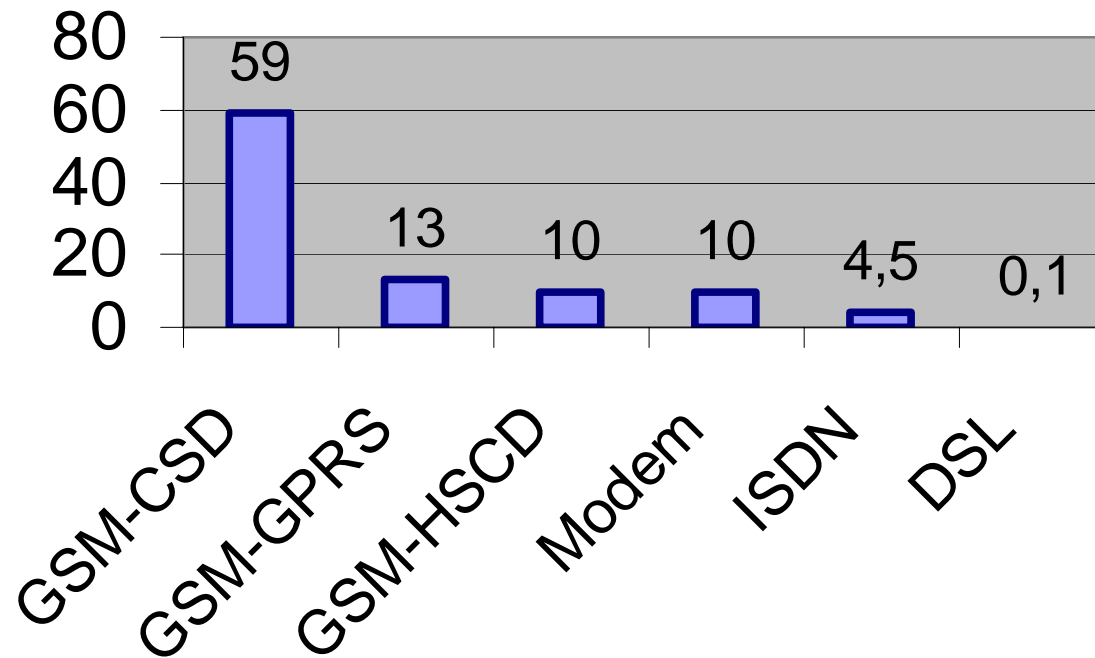
- Verfügbare Datenraten (z.B. Praxen/Labore)



- Zeitbedarf Verbindung (z.B. Praxen/Labore)

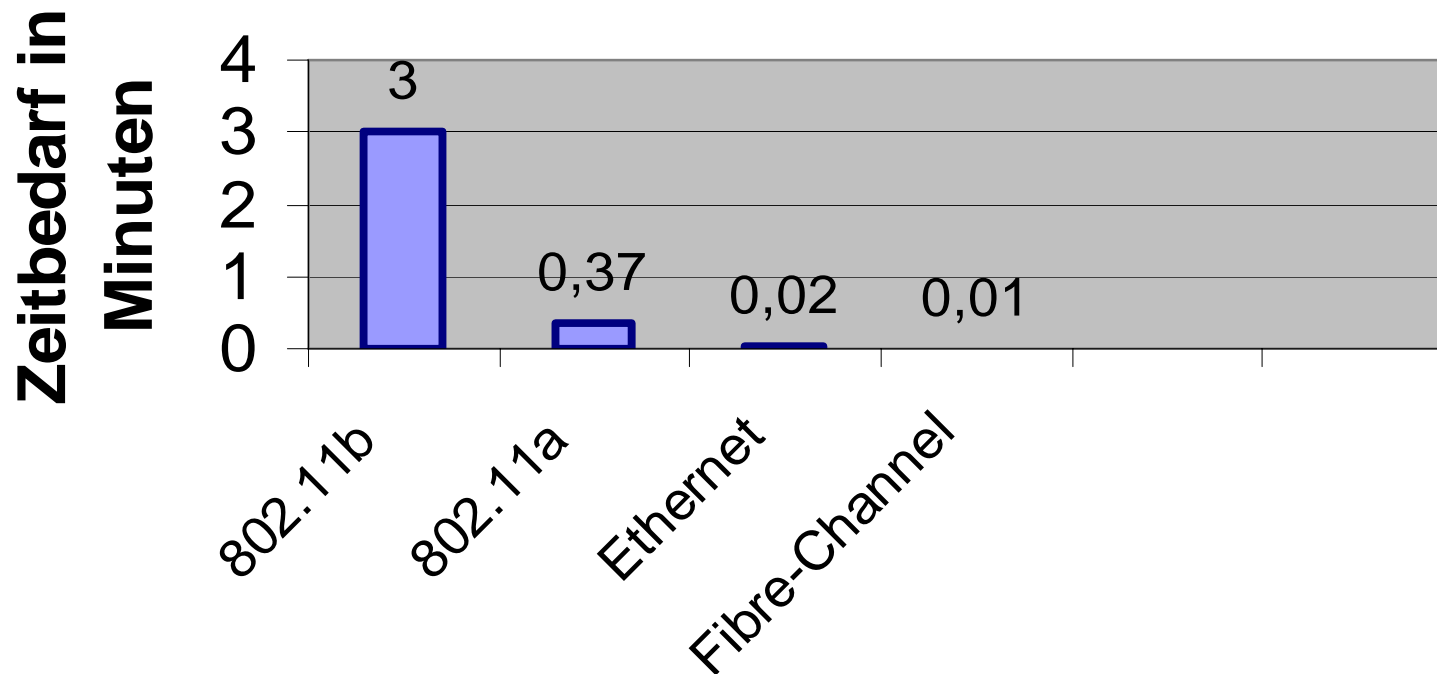
Dauer Transfervolumen 250 MByte

Zeitbedarf in
Stunden



- Zeitbedarf innerhalb einer Klinik

Dauer Transfervolumen 250 MByte

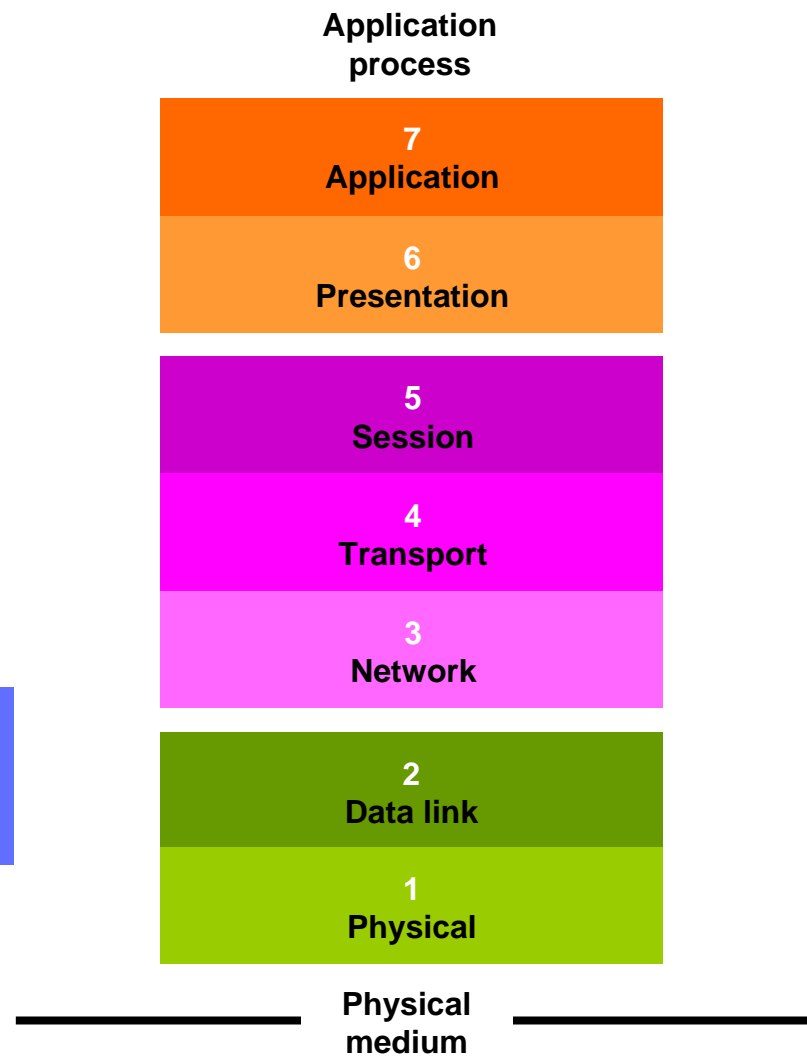


- Standardisierung ist die Voraussetzung zur Verbindung **verschiedener Computer-Systeme** und für die maschinelle Kommunikation
- **Offene Standards** werden von gemeinnützigen **Gremien** entwickelt und betreut (z.B. *International Organization for Standardization (ISO)*)

- Internationales Referenzmodell für die Datenübertragung
- Das Modell beschreibt sieben, aufeinander aufbauende Schichten (**layers**) mit konkreten Bezügen:
 - Level 1. + 2. : Hardware
 - Level 3. + 4. : Übertragung
 - Level 5. – 7. : Anwendung

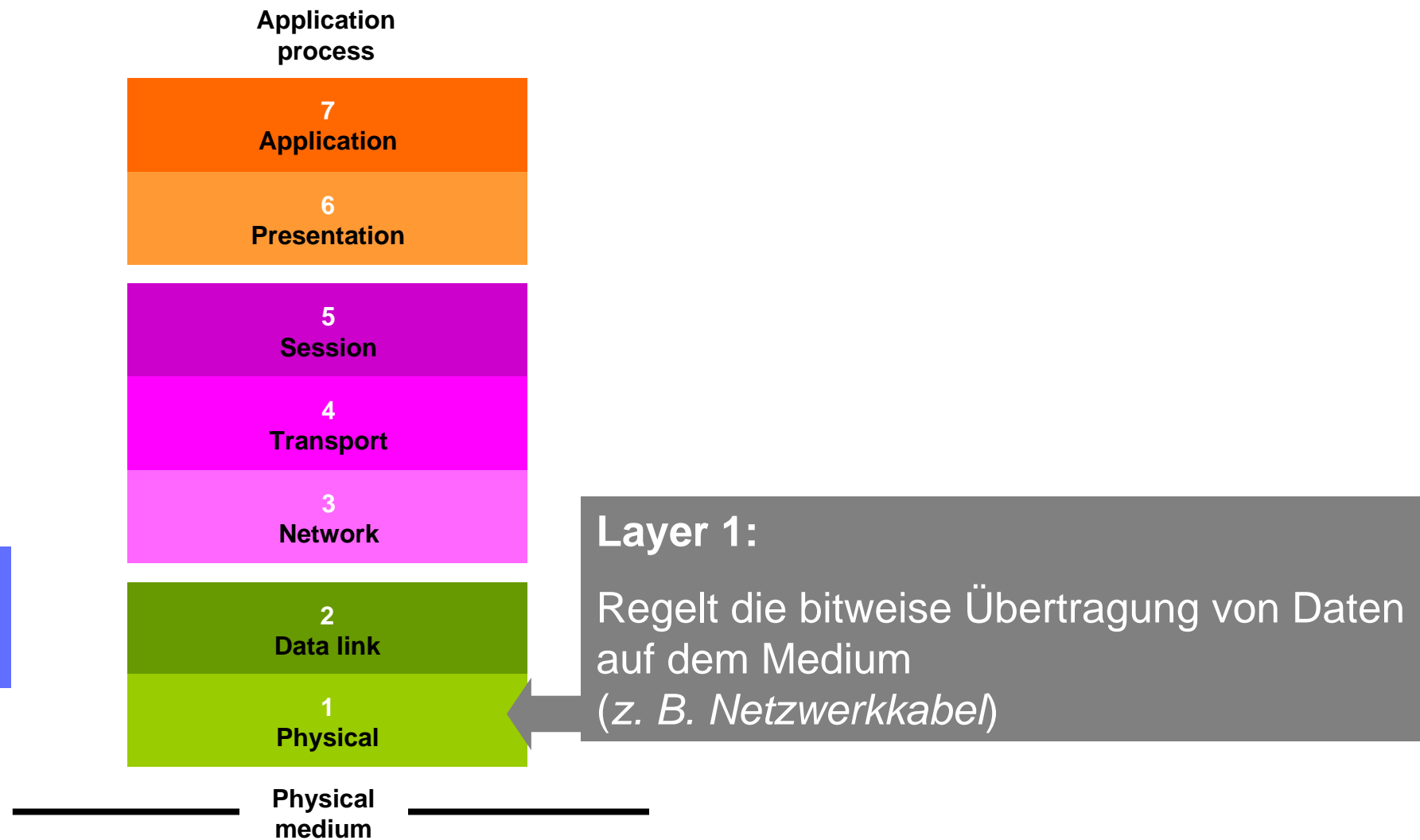
Open Systems Interconnection (OSI)

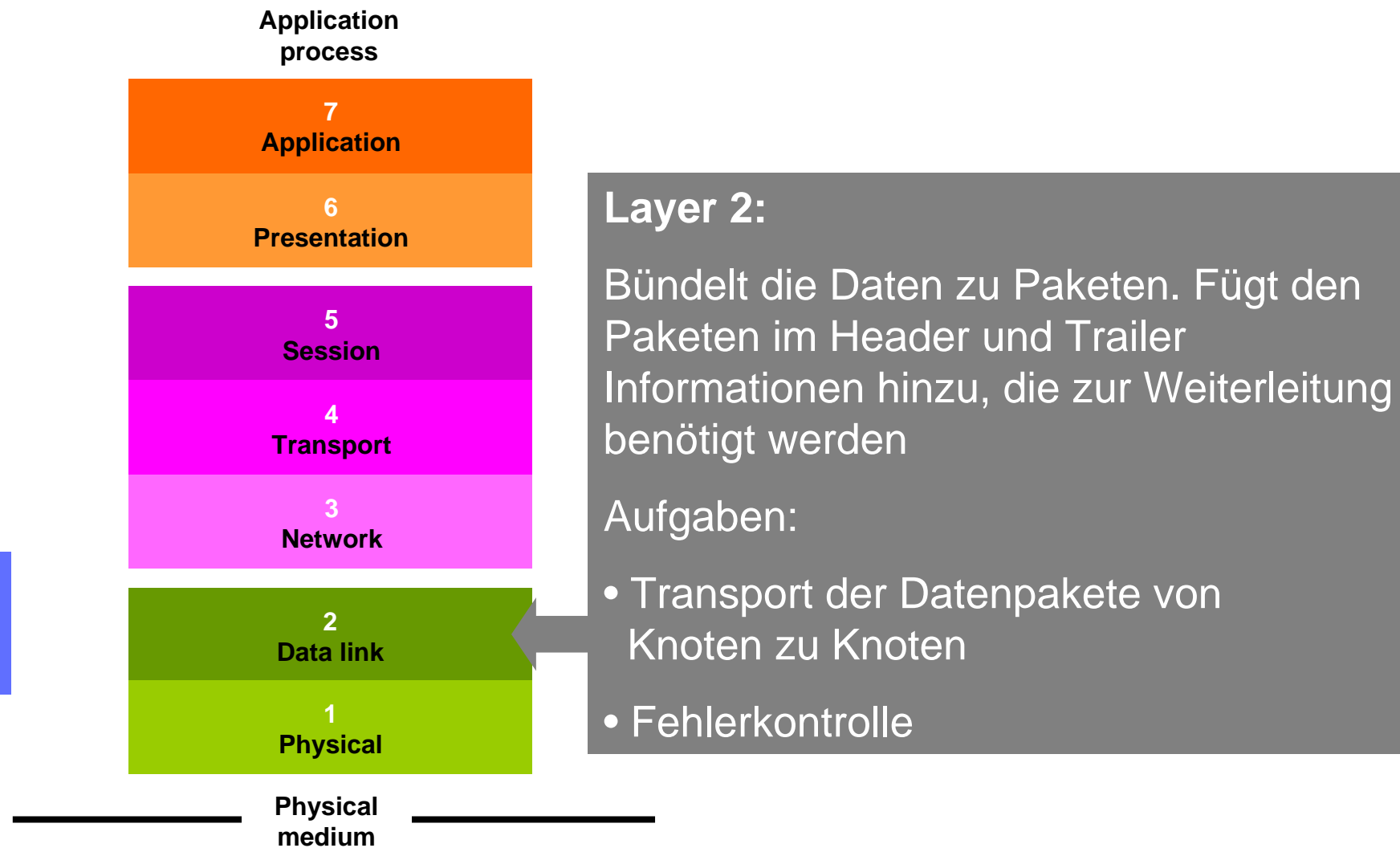
31

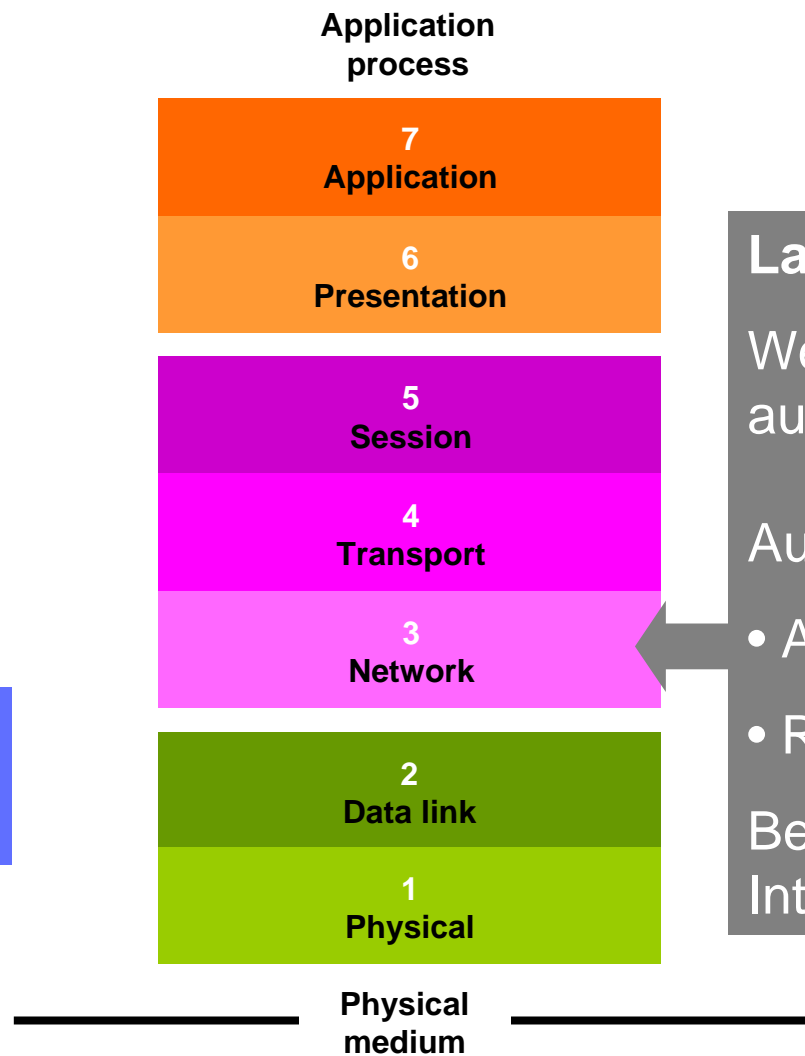


Open Systems Interconnection (OSI)

32







Layer 3:

Weiterleitung der Datenpakete basierend auf Layer2

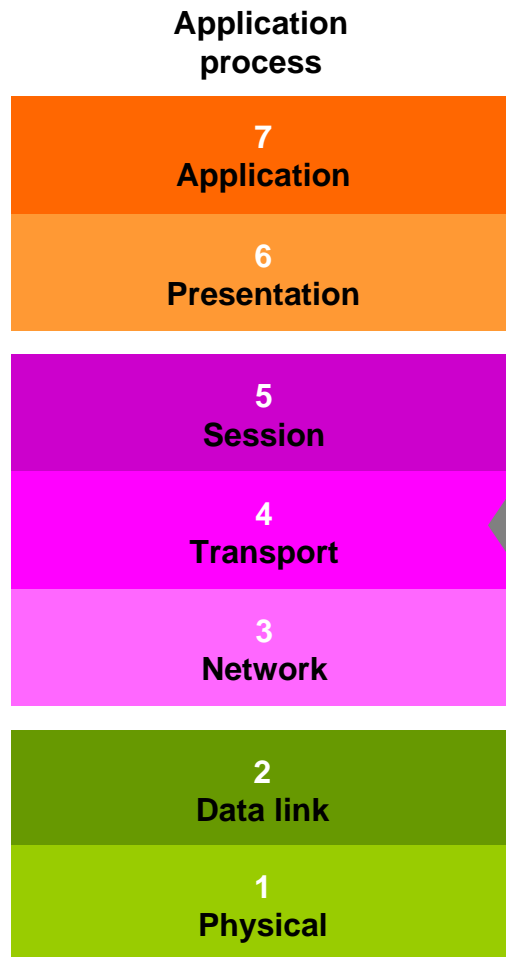
Aufgaben:

- Adressierung der Pakete
- Routing im Netz

Beispiel für ein Protokoll dieser Schicht: Internet-Protocol (IP)

Open Systems Interconnection (OSI)

35



Layer 4:

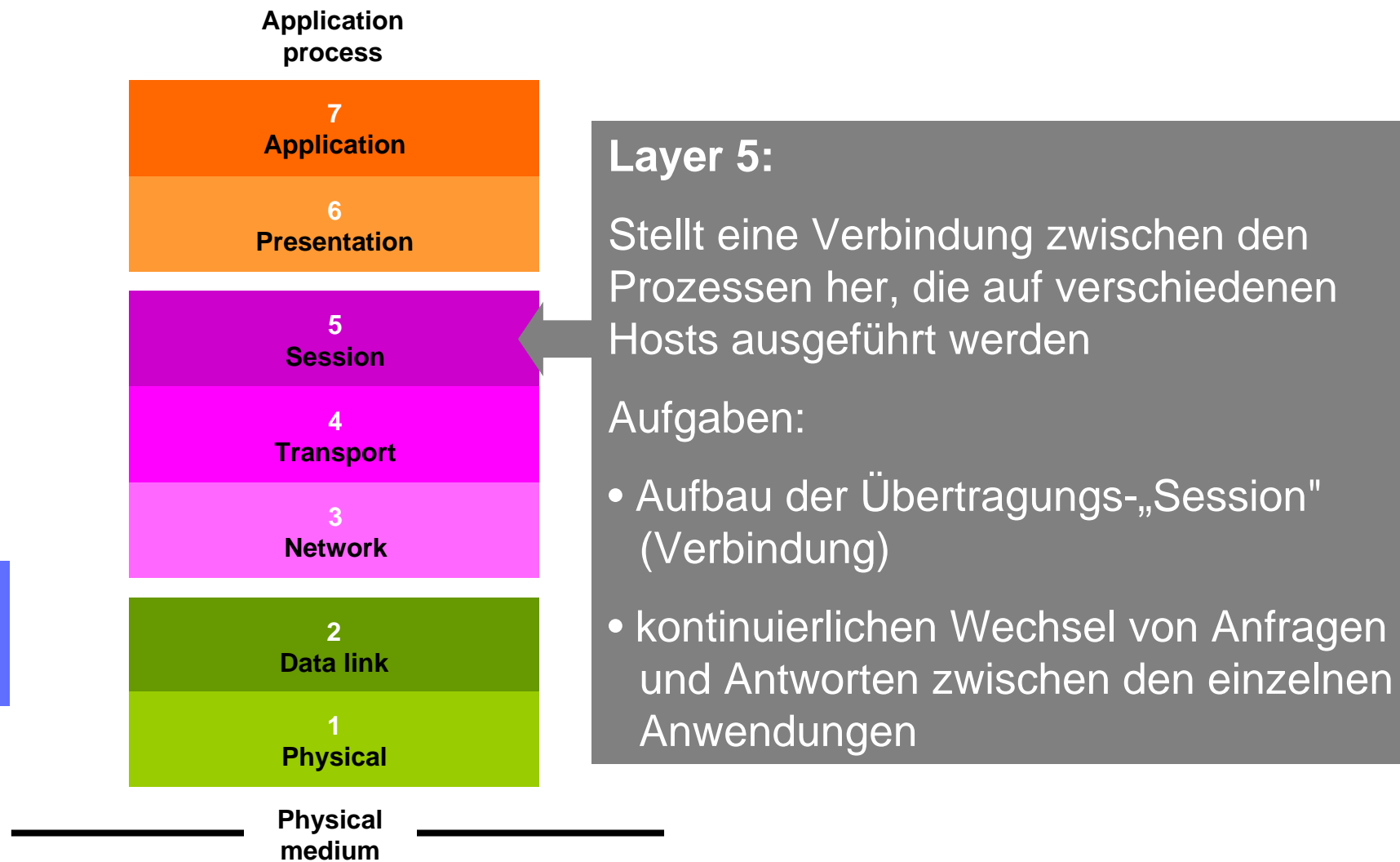
regelt die Übermittlung von Datenpaketen zwischen Computern (Hosts)

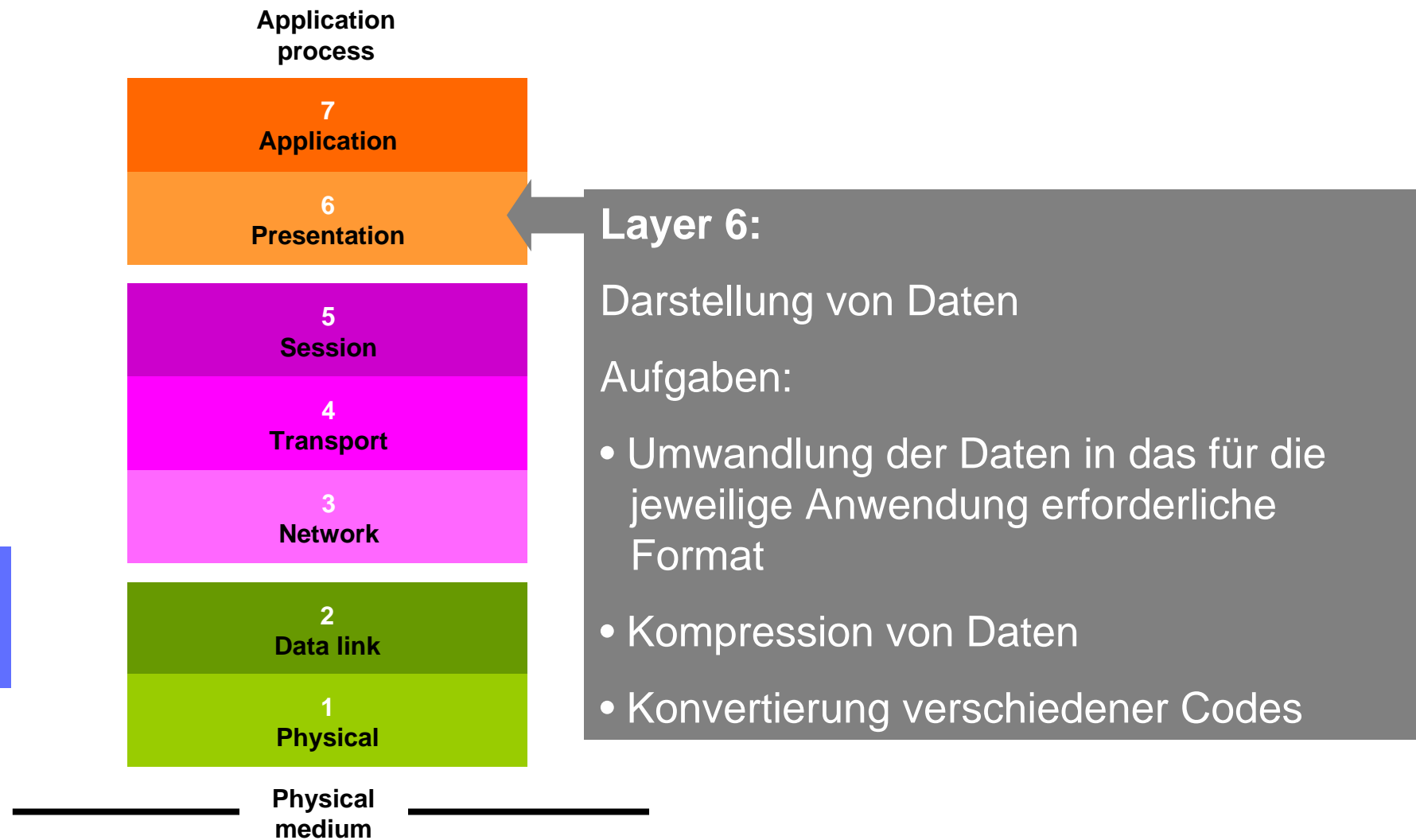
Aufgaben:

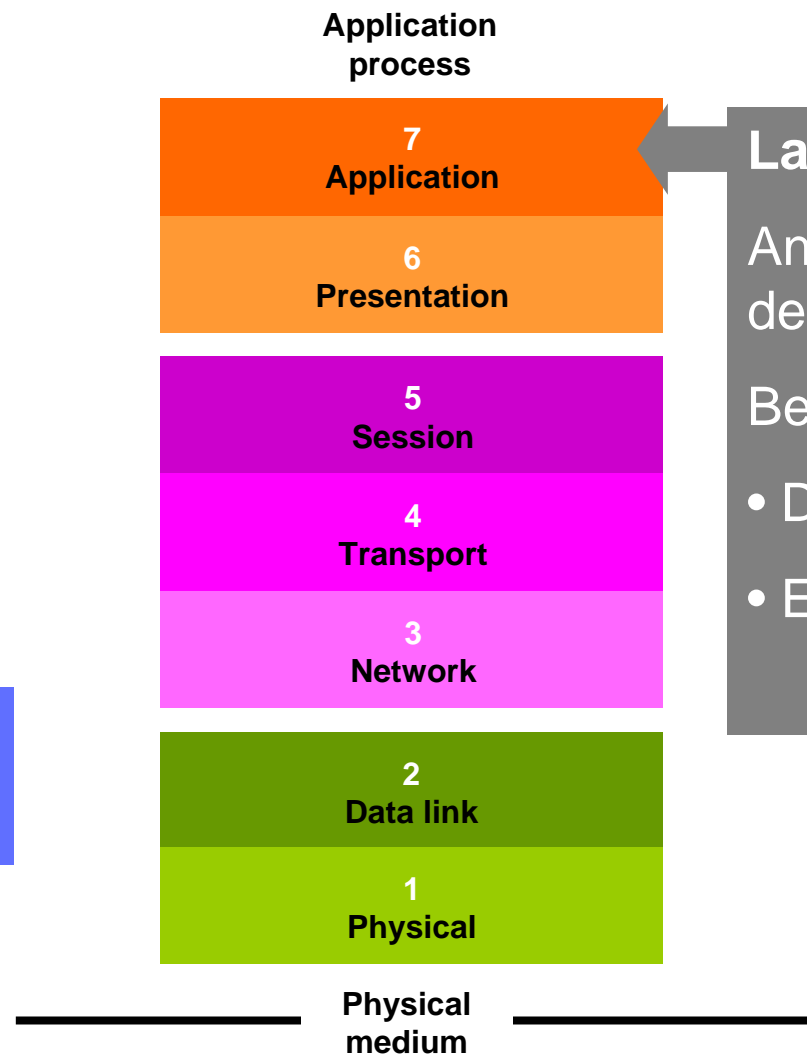
Überprüfung der Vollständigkeit der Datenpakete

Beispiel für ein Protokoll dieser Schicht:
Transmission Control Protocol (TCP)

Physical
medium







Layer 7:

Anwendungen mit direktem Nutzenbezug des Benutzers

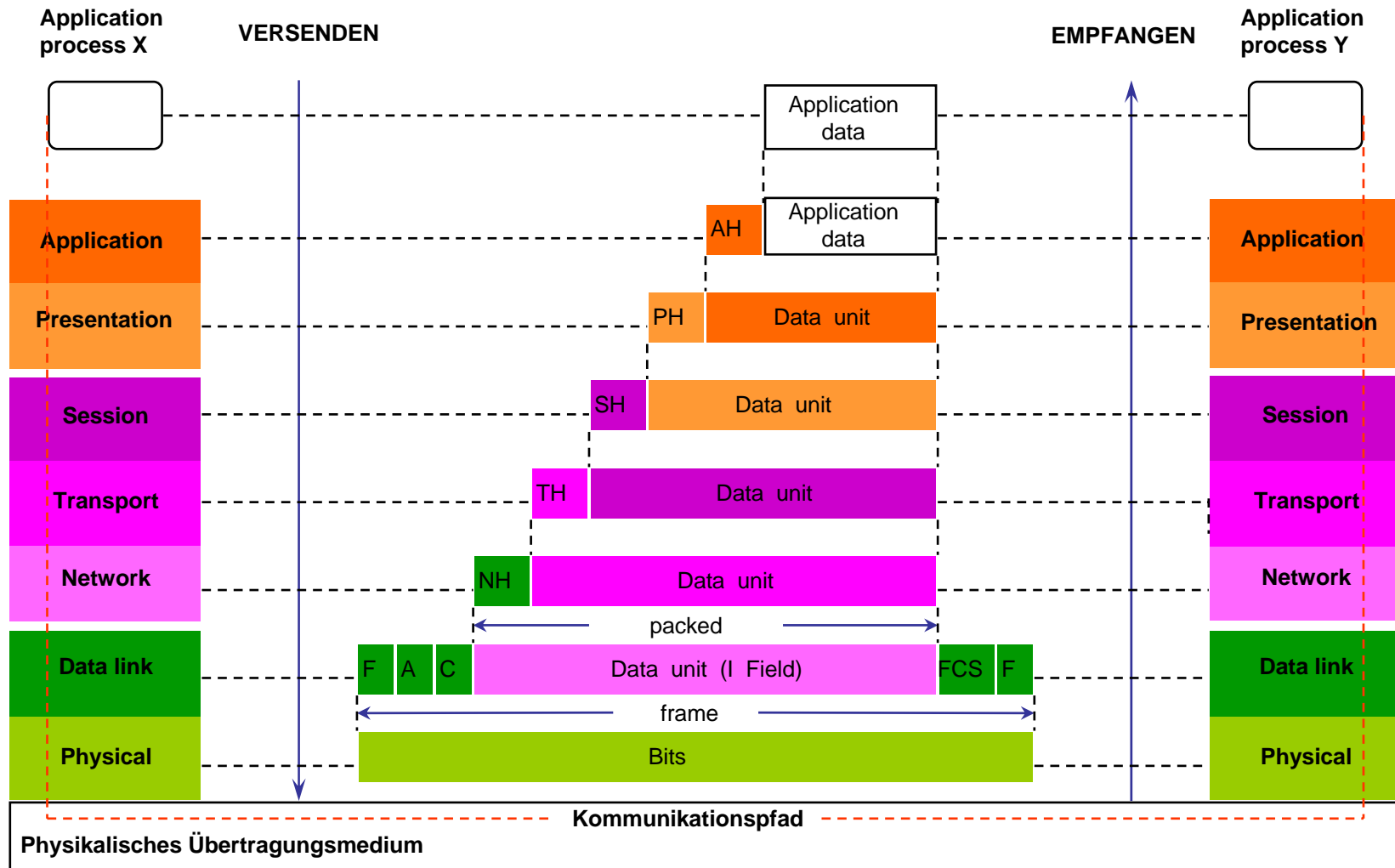
Beispiele:

- Datenübertragung
- E-mail-Dienst

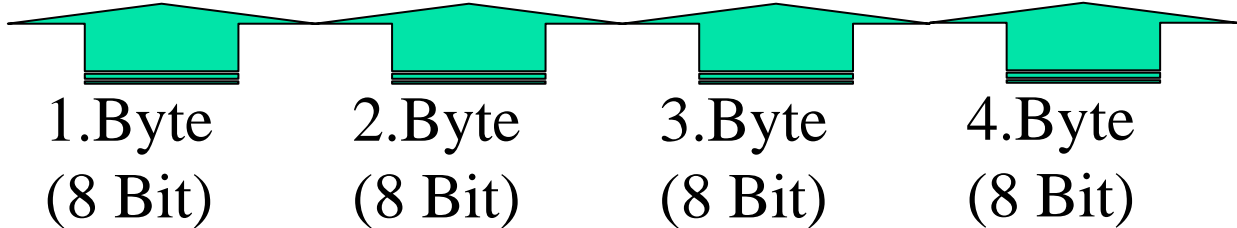
- Schicht-Protokolle sind ineinander geschachtelt
- **Beispiel Versendung von Applikationsdaten:**
 - Beginnt auf höchster Schicht-Ebene
 - Jede Schicht stellt dem Paket aus der höheren Schicht spezifische Informationen voran (*header*)
 - Vorgang wiederholt sich bis zur niedrigsten Schicht
 - Daten werden über das Medium übertragen

- Beispiel Empfang der Applikationsdaten:
 - Beginnt auf niedrigster Schicht-Ebene
 - Jede Schicht entfernt den *header* aus der tieferen Schicht
 - Vorgang wiederholt sich bis zur höchsten Schicht
 - Daten werden in der Ziel-Applikation verarbeitet

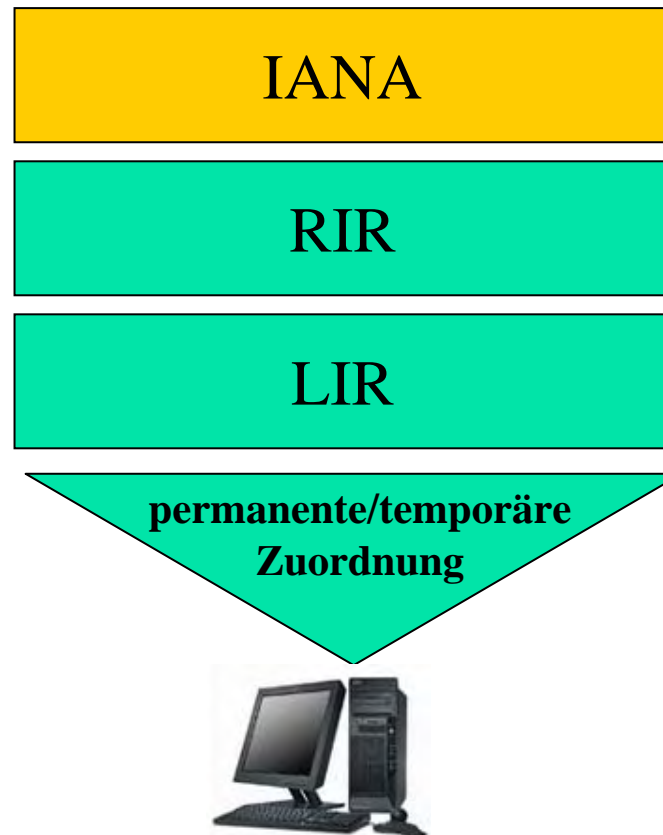
Kommunikationsweise



- Durch Kopplung von nationalen Netzen weltumspannendes Netzwerk
- Jedes verbundene Gerät besitzt eindeutige Adresse
- Das Internet Protocol (**IP**) regelt die Adressierung
- Das *Transmission Control Protocol* (**TCP**) regelt die verbindungsorientierte Übertragung

- Aktuelle Versionsnummer 4 (IPv4)
 - Verfügbarer Adressraum wird durch 32 Bit limitiert (wird in Version 6 auf 128 Bit erweitert)
 - Verschiedene Repräsentation einer IP-Adresse:
 - Binär (32 Bit):
 - 11000000 10101000 01100100 01100111
- 
- Punktierter-**Byte**-Schreibweise:
 - 192.168.100.103

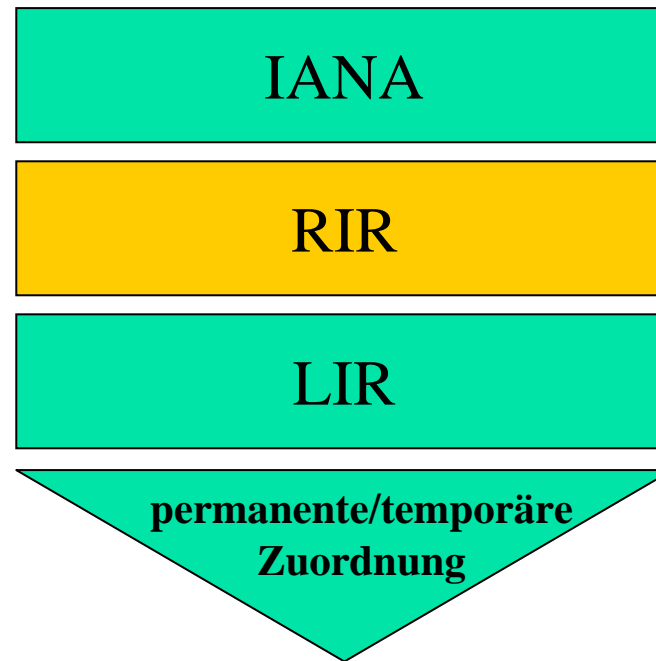
- Vergabe von IP-Adressen:



Quelle der Fotos: IBM

- Dachorganisation: *Internet Assigned Numbers Authority (IANA)*
 - IANA vergibt IP-Adressbereiche an regionale Organisationen (*Regionale Internet-Registries (RIR)*):
 - ARIN für Nordamerika
 - **RIPE für Europa**
 - APNIC für Asien und die Pazifik-Region
 - LACNIC für Lateinamerika und die Karibik
 - AfriNIC für Afrika

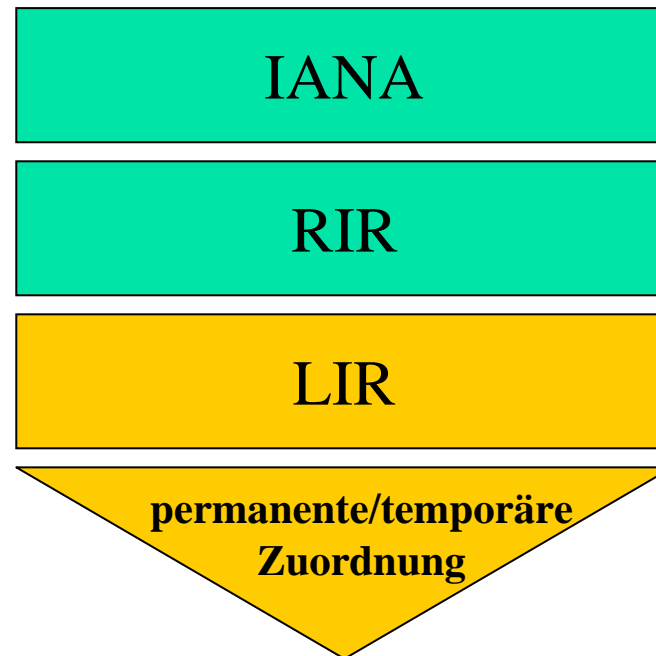
- Vergabe von IP-Adressen:



Quelle der Fotos: IBM

- **RIR** (z.B. RIPE) vergibt IP-Adressbereiche an lokale Mitglieder (*Local Internet Registry* (LIR)):
 - Unet-DE
 - Deutsche Telekom AG
 - Telefonica Deutschland GmbH
 - DFN-Verein
 - . . .
- **LIR** vergibt IP-Adressen an Nutzer

- Vergabe von IP-Adressen:



Quelle der Fotos: IBM

- Spezielle Adressbereiche für „private Internets“ (RFC-1918):
 - 10.0.0.0 – 10.255.255.255
 - 172.16.0.0 – 172.31.255.255
 - 192.168.0.0 – 192.168.255.255
- Private Internet-Adressen sind weltweit nicht eindeutig
- Dienen zur Adressierung in einem geschlossenen, privaten Netzwerk (Intranet)

- Internet ist unterteilt in Teilnetze (***Subnets***)
- Direkte Kommunikation zwischen zwei Hosts ist ausschließlich im selben ***Subnet*** möglich
- Kommunikation über die ***Subnet***-Grenze hinaus, muss über einen ***Router*** erfolgen
- ***Subnets*** werden über eine ***Subnet-ID*** definiert

- IP-Adresse besteht aus zwei Teilen:
 - Teilnetz-ID (*Subnet-ID*)
 - Rechner-ID (*Host-ID*)
- Die Anzahl der Bits für die *Subnet-ID* wird mit einer Subnetzmaske (*netmask*) mittels Boolescher Algebra bestimmt.
Die übrigen Bits repräsentieren die *Host-ID*.

- Beispiel zur Ermittlung des *Subnets*:
IP-Adresse 192.168.100.103 entspricht **binär**:
11000000 10101000 01100100 01100111
Bei Verwendung der **netmask**:
255.255.255.0 entspricht **binär**:
11111111 11111111 11111111 00000000

- Boolesche Berechnung des *Subnets*:

UND

11000000	10101000	01100100	01100111	(192.168.100.103)
11111111	11111111	11111111	00000000	(255.255.255.0)
<hr/>				
11000000	10101000	01100100	00000000	(192.168.100.0
				= <i>Subnet</i>)

Demnach:

11000000 10101000 01100100 01100111 (192.168.100.103)

Subnet-ID

Host-ID

- **Besonderheiten eines *Subnets*:**
 - Die ***erste*** IP-Adresse (alle **Hostbits** auf **0**) eines *Subnets* adressiert das Subnetz selbst (z. B. **192.168.100.0**)
 - Die ***letzte*** IP-Adresse (alle **Hostbits** auf **1**) eines *Subnets* dient als *Broadcast*-Adresse für das *Subnet* und kann nicht einem Host zugewiesen werden (z. B. **192.168.100.255**)

- Verbindung eines *privaten* Internet-Subnets (z.B. 192.168.100.0) mit dem *offiziellen* Internet:
 - Mittels *Network Address Translation (NAT)-Router*
 - NAT-Router verbirgt privaten Adressraum
 - NAT-Router benötigt eine offizielle IP-Adresse als Schnittstelle zum offiziellen Internet

IP-Routing (Zusammenfassung)

Router Private Subnets



192.168.x.x

N
A
T

160.45.207.43



NAT-Router



Offizielles
Internet

Privates Subnet
192.168.100.0

IP: 192.168.100.103
MAC: 00304811CE72

IP: 192.168.100.121
MAC: 00304811BC11

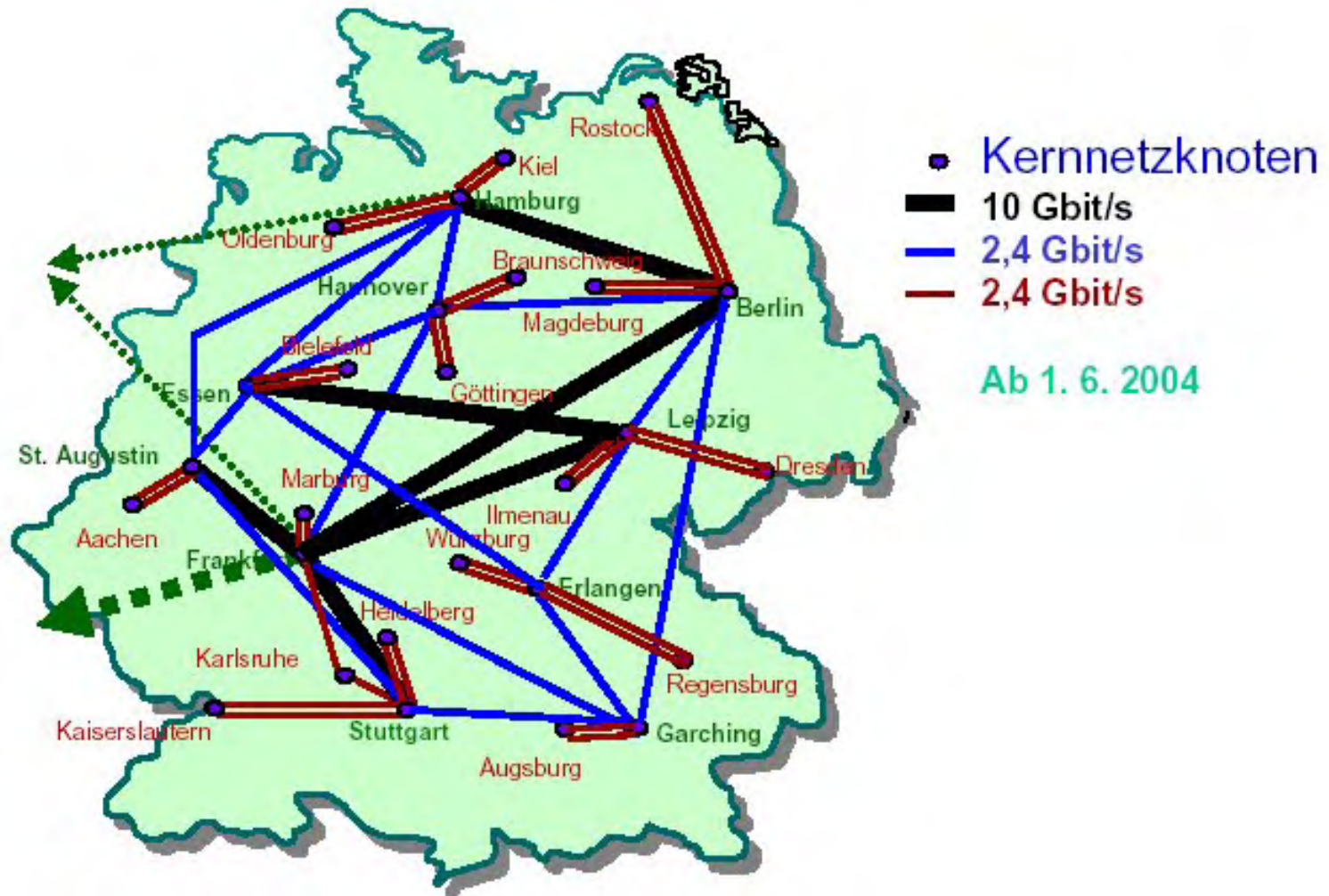
Privates Subnet
192.168.200.0

IP: 192.168.200.098
MAC: 00304811CE40

IP: 192.168.200.011
MAC: 00304811BD03

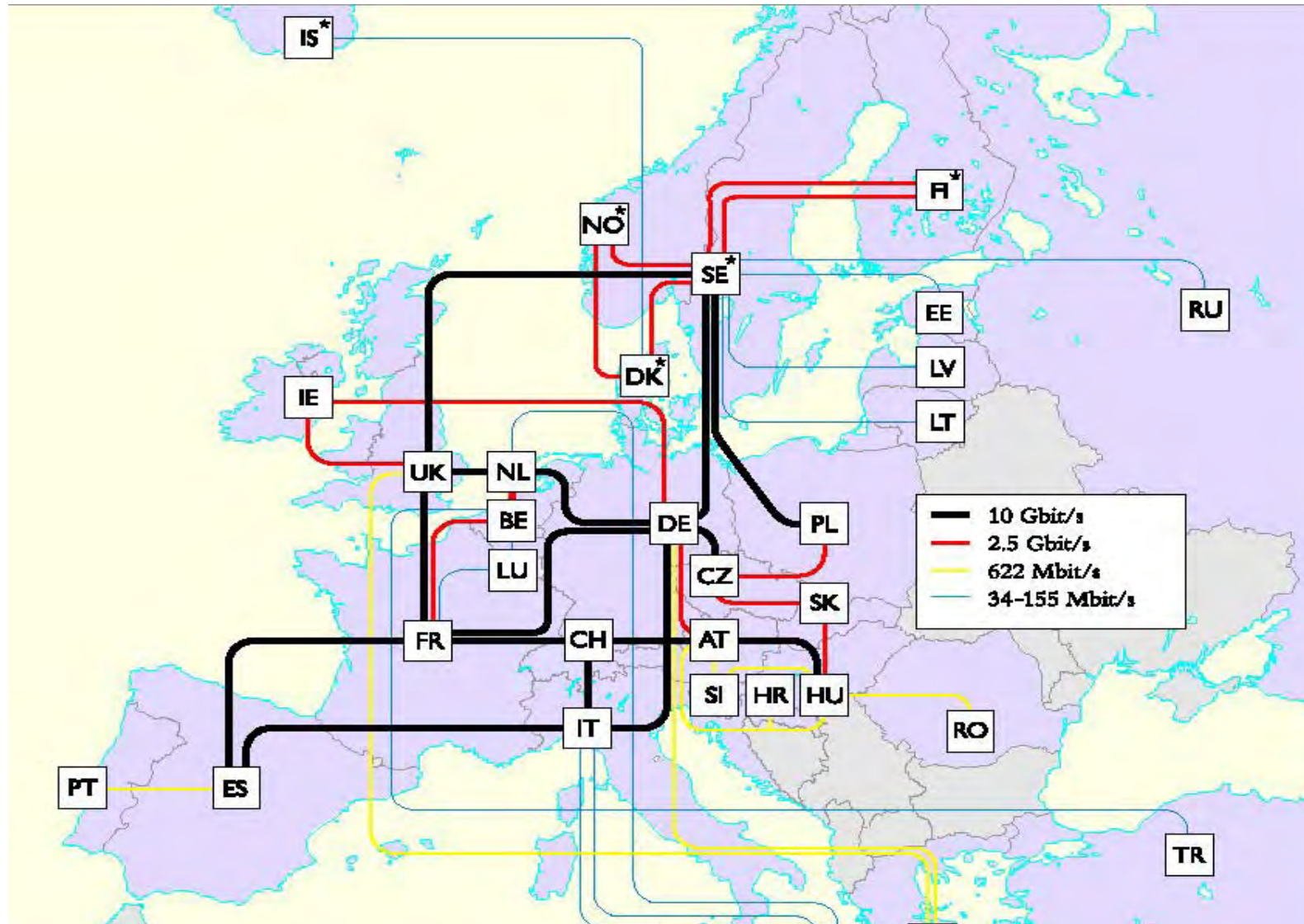
Internet Verkehrswege Deutschland

57



Internet Verkehrswege Europa

58





- *Domain Name Service (DNS)*
 - Benennungsschema für an das Internet angeschlossene Rechner
 - Umsetzung von IP-Adressen in „Klarnamen“, z.B. `www.charite.de` statt `193.175.72.10`
 - Aufbau des DNS-Namens:
 - `host.subdomain.domain.toplevel_domain`
`www.ukbf.fu-berlin.de`

- *World-Wide-Web* (**WWW**)
 - Bietet Hypertext-Dokumente an
 - Dokumente in *Hypertext-Markup-Language* (**HTML**) verfasst
 - Hypertext-Dokumente beinhalten Querverweise (*Hyperlinks*) zu anderen Dokumenten
 - Nutzung mit einem *Webbrowser*
 - *Webbrowser* lädt die Dokumente und dient zur Anzeige der enthaltenen Informationen

- Darstellung der aktuellen IP-Route
 - Tabellarische Auflistung

```
C:\>tracert www.google.de
Routenverfolgung zu www.google.akadns.net [66.102.9.99] über maximal 30 Abschnitte:

 1  <10 ms    <10 ms    <10 ms    rouHdamm.ukbf.fu-berlin.de [160.45.172.1]
 2   10 ms    <10 ms    <10 ms    rouhhstb0.ukbf.fu-berlin.de [160.45.190.9]
 3  <10 ms    <10 ms    <10 ms    roukbf.ukbf.fu-berlin.de [160.45.190.163]
 4  <10 ms    <10 ms    10 ms     zedat.router.fu-berlin.de [160.45.252.37]
 5  <10 ms    <10 ms    <10 ms    ice.spine.fu-berlin.de [130.133.98.2]
 6  <10 ms    <10 ms    <10 ms    ar-fuberlin1.g-win.dfn.de [188.1.33.33]
 7   10 ms    <10 ms    <10 ms    cr-berlin1-po5-0.g-win.dfn.de [188.1.20.5]
 8   10 ms    10 ms     20 ms     cr-erlangen1-po2-2.g-win.dfn.de [188.1.18.170]
 9   20 ms    10 ms     10 ms     cr-muenchen1-po5-2.g-win.dfn.de [188.1.18.206]
10  20 ms     10 ms     20 ms     ir-muenchen1-ge0-0-0.g-win.dfn.de [188.1.74.4]
11  10 ms     20 ms     10 ms     so-0-3-0-crj1-MUC1.de.cw.net [188.1.52.6]
12  10 ms     20 ms     10 ms     ge-2-0-0-crj2-MUC1.de.cw.net [62.208.240.114]
13  20 ms     20 ms     10 ms     so-1-2-0-crj2-FFM1.de.cw.net [62.208.240.213]
14  20 ms     20 ms     10 ms     ge-1-3-0-bcr3.fra.cw.net [195.2.3.53]
15  40 ms     40 ms     30 ms     bcr3.tsd.cw.net [195.2.1.15]
16  50 ms     40 ms     41 ms     ycr2-so-0-0-0.Dublin.cw.net [166.63.209.198]
17  50 ms     40 ms     40 ms     ycr1-ae0.Dublin.cw.net [208.175.245.5]
18  50 ms     50 ms     40 ms     google.Dublin.cw.net [208.175.245.94]
19  50 ms     40 ms     50 ms     64.233.174.186
20  50 ms     50 ms     50 ms     64.233.174.18
21  40 ms     40 ms     50 ms     66.102.9.99

Ablaufverfolgung beendet.
C:\>
```

- Darstellung der aktuellen IP-Route
 - Visuelle Darstellung



- Klassifikation, Komponenten und Topologien Netzwerken
- Übertragungstechnologien und -kapazitäten
- Aktuelle Standardisierung (ISO/OSI)
- Adressierung und Steuerung im Internet
- Zentrale Dienste im Internet (DNS, WWW, FTP)
- Visualisierung von Datenverkehrsströmen im Internet zur Lokalisation von Störungen