

## Netzwerktechnologie

Prof. Dr. Thomas Tolxdorff

Vorlesung an der Charité - Universitätsmedizin Berlin

## Überblick Netzwerktechnologie

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

Prof. Dr. Thomas Tolxdorff - Medizinische Informatik/Charité (CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN)

## Inhalt und Ziele der Veranstaltung

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.

Prof. Dr. Thomas Tolxdorff - Medizinische Informatik/Charité (CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN)

## Zweck eines Computer-Netzwerks

**Allgemein:**  
Austausch von Informationen zwischen verschiedenen Computer und Standorten über ein Übertragungsmedium

Prof. Dr. Thomas Tolxdorff - Medizinische Informatik/Charité (CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN)

## Zweck eines Computer-Netzwerks

**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)

Prof. Dr. Thomas Tolxdorff - Medizinische Informatik/Charité (CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN)

## Klassifikation von Netzwerken

- 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)

Prof. Dr. Thomas Tolxdorff - Medizinische Informatik/Charité (CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN)

## Topologische Unterscheidung

7

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



Quelle der Fotos: IBM

Prof. Dr. Thomas Toltdorf - Medizinische Informatik/CHARITE CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Topologische Unterscheidung

8

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



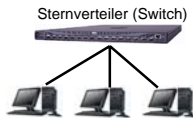
Quelle der Fotos: IBM

Prof. Dr. Thomas Toltdorf - Medizinische Informatik/CHARITE CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Topologische Unterscheidung

9

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



Quelle der Fotos: IBM

Prof. Dr. Thomas Toltdorf - Medizinische Informatik/CHARITE CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Netzwerkcomponenten

10

- **Adapter**
- **HUB**
- **Switch**
- **Router**



Quelle der Fotos: IBM

Prof. Dr. Thomas Toltdorf - Medizinische Informatik/CHARITE CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Netzwerkcomponenten

11

- **Netzwerk-Adapter**
  - Verbindung zwischen Computer und Netzwerkmedium (*Draht/Funk/Optik*)
  - Besitzt eindeutige Hardware-Nummer **MAC (Media Access Control)**
  - Bauformen:

WorkStation/Server:



Notebook:



Quelle der Fotos: IBM

Prof. Dr. Thomas Toltdorf - Medizinische Informatik/CHARITE CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Netzwerkcomponenten

12

- **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*)

Quelle der Fotos: IBM

Prof. Dr. Thomas Toltdorf - Medizinische Informatik/CHARITE CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Netzwerkkomponenten

13

- **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**)

Quelle der Fotos: IBM

Prof. Dr. Thomas Tobisdorf - Medizinische Informatik/CHARITE CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Netzwerkkomponenten

14

- **Router**

  - Vermittelt Datenpakete
  - Verbindet Teilnetze (sub-nets)

Quelle der Fotos: IBM

Prof. Dr. Thomas Tobisdorf - Medizinische Informatik/CHARITE CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Übertragungstechnologien

15

- 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**)

Prof. Dr. Thomas Tobisdorf - Medizinische Informatik/CHARITE CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Übertragungstechnologien

16

- **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})

Prof. Dr. Thomas Tobisdorf - Medizinische Informatik/CHARITE CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Übertragungstechnologien

17

- 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

Prof. Dr. Thomas Tobisdorf - Medizinische Informatik/CHARITE CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Übertragungstechnologien

18

- 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

Prof. Dr. Thomas Tobisdorf - Medizinische Informatik/CHARITE CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

- 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

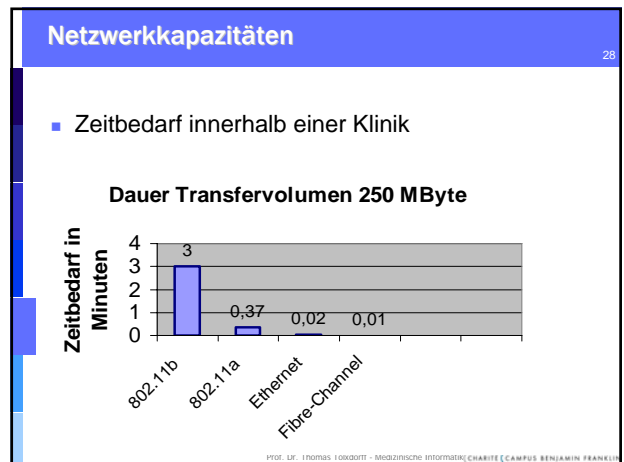
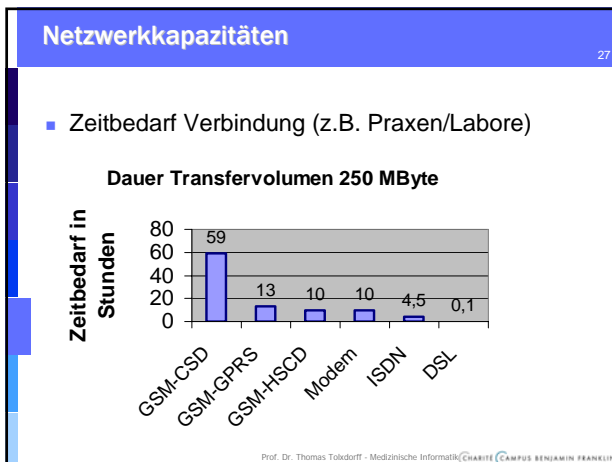
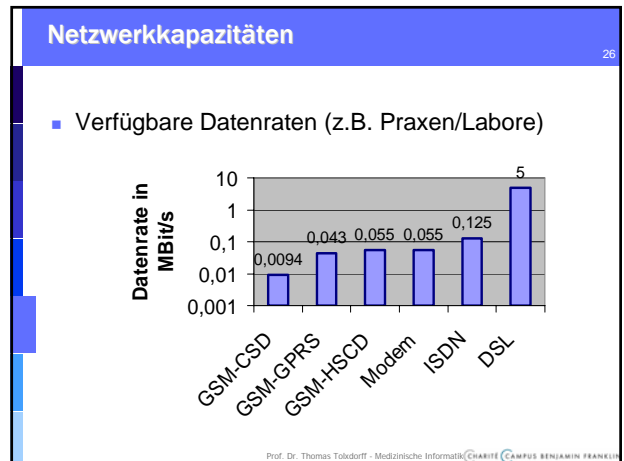
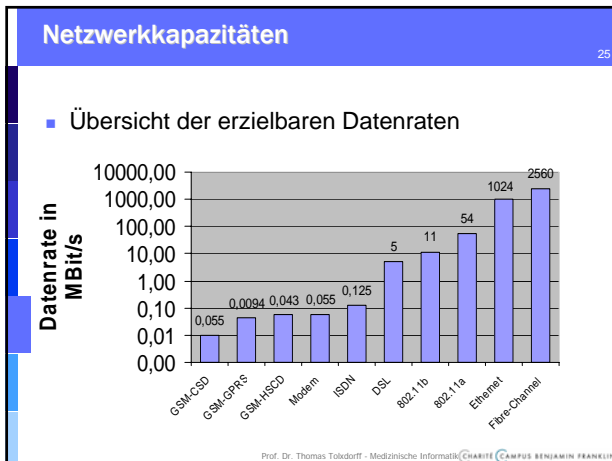
- Drahtgebunden (4)
  - **Ethernet (LAN)**
    - Etablierter Standard für Netzwerke
    - Jeder Netzwerkadapter besitzt eine Hardwareadresse (**MAC-Adresse**)
    - Hohe Datenraten verfügbar (1 Gbit/s)

- 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)



### Standardisierung

29

- 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)*)

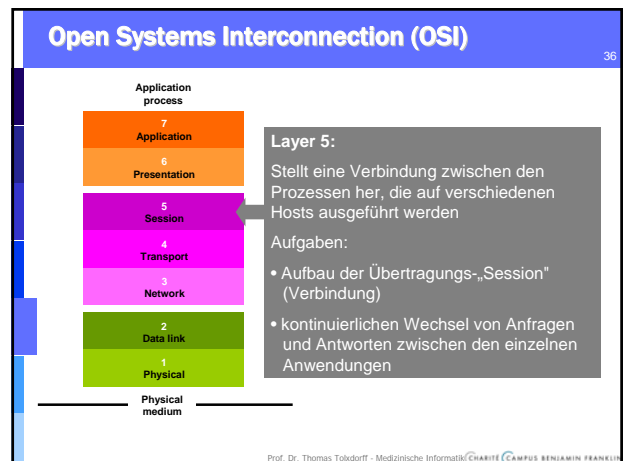
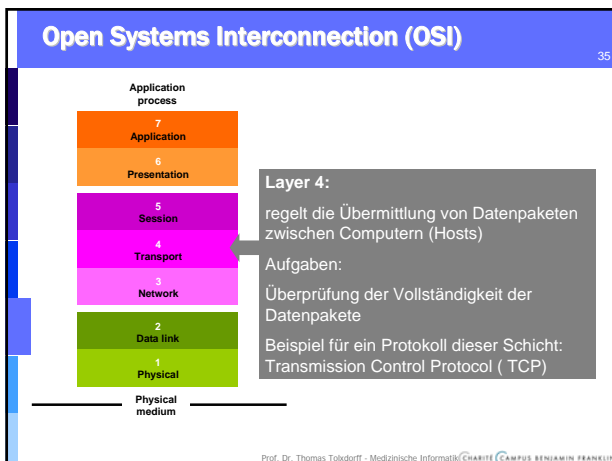
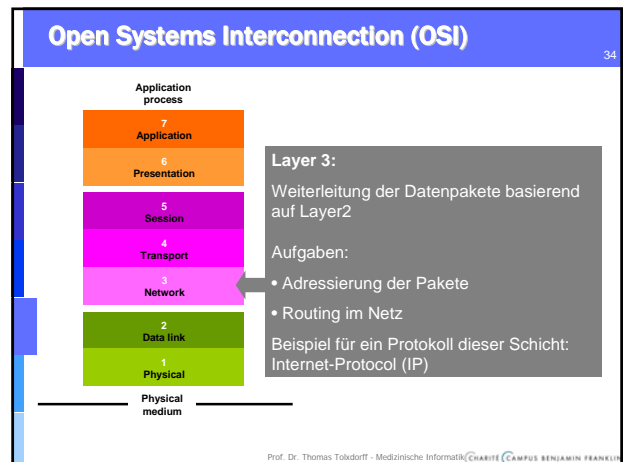
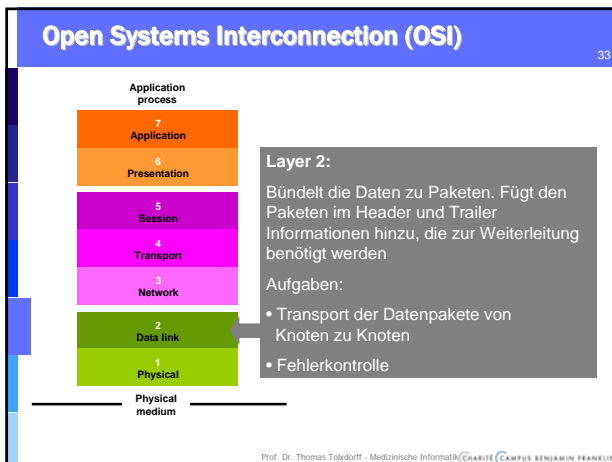
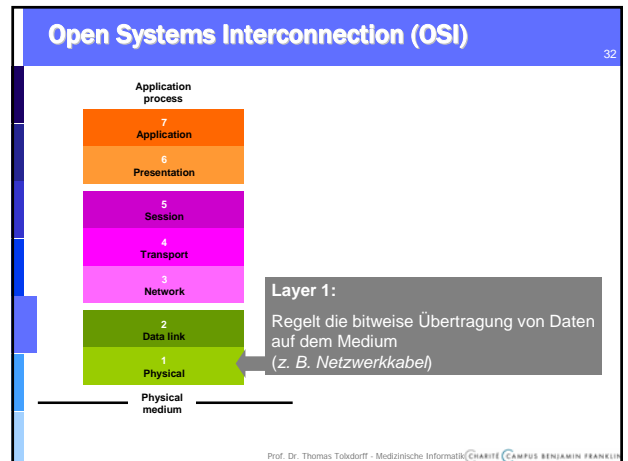
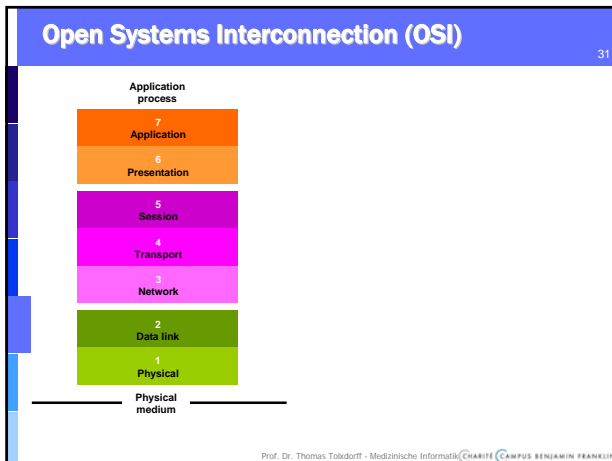
Prof. Dr. Thomas Tolzdorf - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

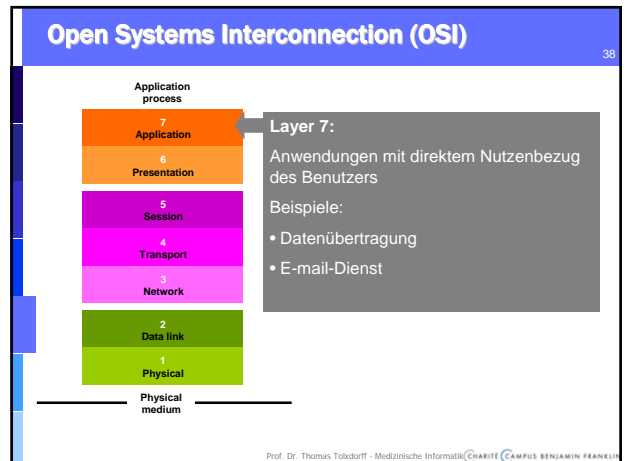
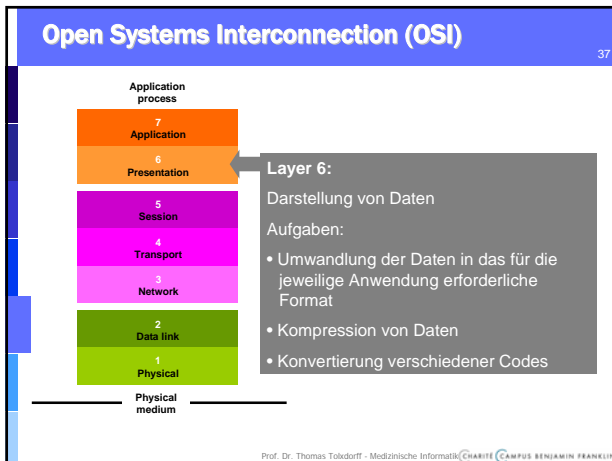
### Open Systems Interconnection (OSI)

30

- 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

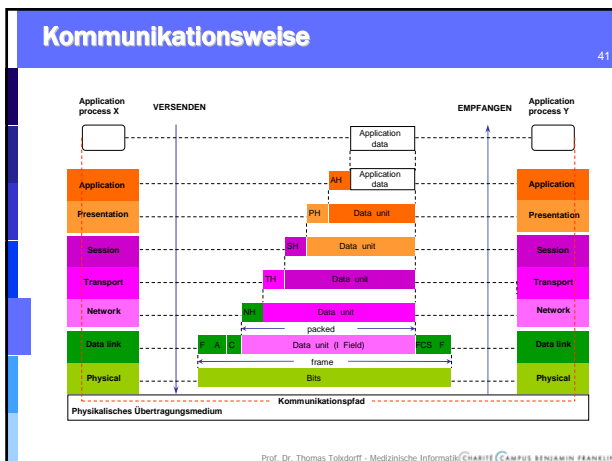
Prof. Dr. Thomas Tolzdorf - Medizinische Informatik | CHARITÉ | CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN





- ### Kommunikationsweise
- 39
- 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
- Prof. Dr. Thomas Toboldorf - Medizinische Informatik/CHARITE CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

- ### Kommunikationsweise
- 40
- 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
- Prof. Dr. Thomas Toboldorf - Medizinische Informatik/CHARITE CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN



- ### Interconnected Networks (Internet)
- 42
- 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
- Prof. Dr. Thomas Toboldorf - Medizinische Informatik/CHARITE CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Internet Protocol (IP) 43

- 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

- Punktierte-Byte-Schreibweise:
  - 192.168.100.103

Prof. Dr. Thomas Tobisdorf - Medizinische Informatik/CHARITE CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## IP-Adressen 44

- Vergabe von IP-Adressen:

Quelle der Fotos: IBM

Prof. Dr. Thomas Tobisdorf - Medizinische Informatik/CHARITE CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## IP-Adressen 45

- 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

Prof. Dr. Thomas Tobisdorf - Medizinische Informatik/CHARITE CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## IP-Adressen 46

- Vergabe von IP-Adressen:

Quelle der Fotos: IBM

Prof. Dr. Thomas Tobisdorf - Medizinische Informatik/CHARITE CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## IP-Adressen 47

- **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

Prof. Dr. Thomas Tobisdorf - Medizinische Informatik/CHARITE CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## IP-Adressen 48

- Vergabe von IP-Adressen:

Quelle der Fotos: IBM

Prof. Dr. Thomas Tobisdorf - Medizinische Informatik/CHARITE CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## IP-Adressbereiche

49

- 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)

Prof. Dr. Thomas Tolxdorff - Medizinische Informatik/CHARITE CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## IP-Routing

50

- 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

Prof. Dr. Thomas Tolxdorff - Medizinische Informatik/CHARITE CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## IP-Routing

51

- 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**.

Prof. Dr. Thomas Tolxdorff - Medizinische Informatik/CHARITE CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## IP-Routing

52

- 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**

Prof. Dr. Thomas Tolxdorff - Medizinische Informatik/CHARITE CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## IP-Routing

53

- Boolesche Berechnung des **Subnets**:

UND **11000000 10101000 01100100 01100111 (192.168.100.103)**  
**11111111 11111111 11111111 00000000 (255.255.255.0)**  
**11000000 10101000 01100100 00000000 (192.168.100.0)**  
= **Subnet**

Demnach:  
**11000000 10101000 01100100 01100111 (192.168.100.103)**

**Subnet-ID**

**Host-ID**

Prof. Dr. Thomas Tolxdorff - Medizinische Informatik/CHARITE CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## IP-Routing

54

- **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**)

Prof. Dr. Thomas Tolxdorff - Medizinische Informatik/CHARITE CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## IP-Routing

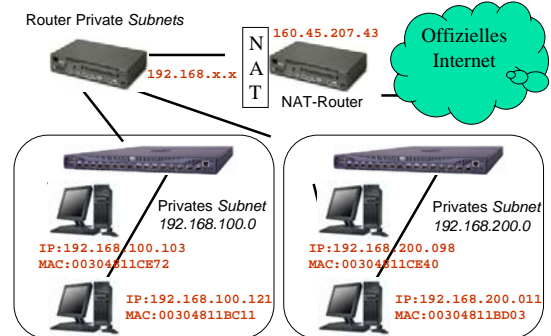
55

- 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

Prof. Dr. Thomas Tolzdorf - Medizinische Informatik/CHARITE CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## IP-Routing (Zusammenfassung)

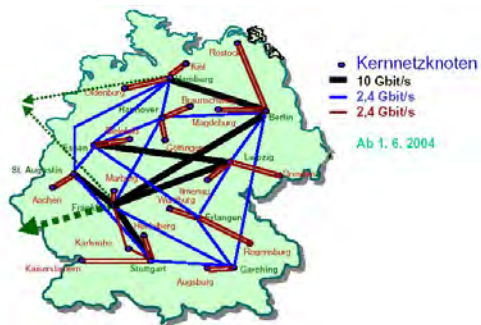
56



Prof. Dr. Thomas Tolzdorf - Medizinische Informatik/CHARITE CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Internet Verkehrswege Deutschland

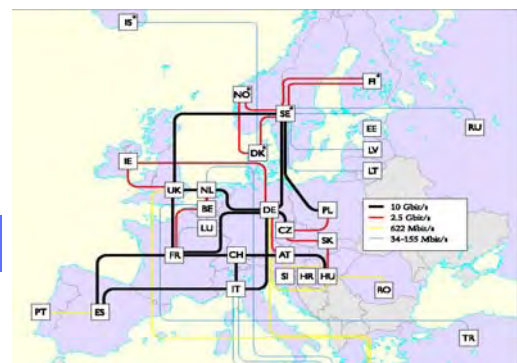
57



Prof. Dr. Thomas Tolzdorf - Medizinische Informatik/CHARITE CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Internet Verkehrswege Europa

58



Prof. Dr. Thomas Tolzdorf - Medizinische Informatik/CHARITE CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Internet Verkehrswege Global

59



Prof. Dr. Thomas Tolzdorf - Medizinische Informatik/CHARITE CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Internet Dienste

60

- *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`

Prof. Dr. Thomas Tolzdorf - Medizinische Informatik/CHARITE CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Internet Dienste

61

- **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

Prof. Dr. Thomas Toboldorf - Medizinische Informatik/CHARITÉ CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Internet Visualisierung

62

- Darstellung der aktuellen IP-Route
  - Tabellarische Auflistung

```
tracert www.google.de
Routeverfolgung zu www.google.de[66.102.9.99] über maximal 30 Hops:
  0:  <10 ms <10 ms <10 ms
  1:  <10 ms <10 ms <10 ms
  2:  <10 ms <10 ms <10 ms
  3:  <10 ms <10 ms <10 ms
  4:  <10 ms <10 ms <10 ms
  5:  <10 ms <10 ms <10 ms
  6:  <10 ms <10 ms <10 ms
  7:  <10 ms <10 ms <10 ms
  8:  <10 ms <10 ms <10 ms
  9:  <10 ms <10 ms <10 ms
 10: <10 ms <10 ms <10 ms
 11: <10 ms <10 ms <10 ms
 12: <10 ms <10 ms <10 ms
 13: <10 ms <10 ms <10 ms
 14: <20 ms <20 ms <10 ms
 15: <40 ms <40 ms <30 ms
 16: <50 ms <50 ms <40 ms
 17: <50 ms <50 ms <40 ms
 18: <50 ms <50 ms <40 ms
 19: <50 ms <50 ms <40 ms
 20: <50 ms <50 ms <40 ms
 21: <40 ms <40 ms <40 ms
 22: <40 ms <40 ms <40 ms
Routeverfolgung beendet.
```

Prof. Dr. Thomas Toboldorf - Medizinische Informatik/CHARITÉ CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Internet Visualisierung

63

- Darstellung der aktuellen IP-Route
  - Visuelle Darstellung



Prof. Dr. Thomas Toboldorf - Medizinische Informatik/CHARITÉ CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN

## Zusammenfassung

64

- 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

Prof. Dr. Thomas Toboldorf - Medizinische Informatik/CHARITÉ CAMPUS BENJAMIN FRANKLIN