



Vorlesung Informatik  
Dr. Harald Sack  
Institut für Informatik  
Friedrich Schiller Universität Jena

Sommersemester 2007

<http://www.informatik.uni-jena.de/~sack/>

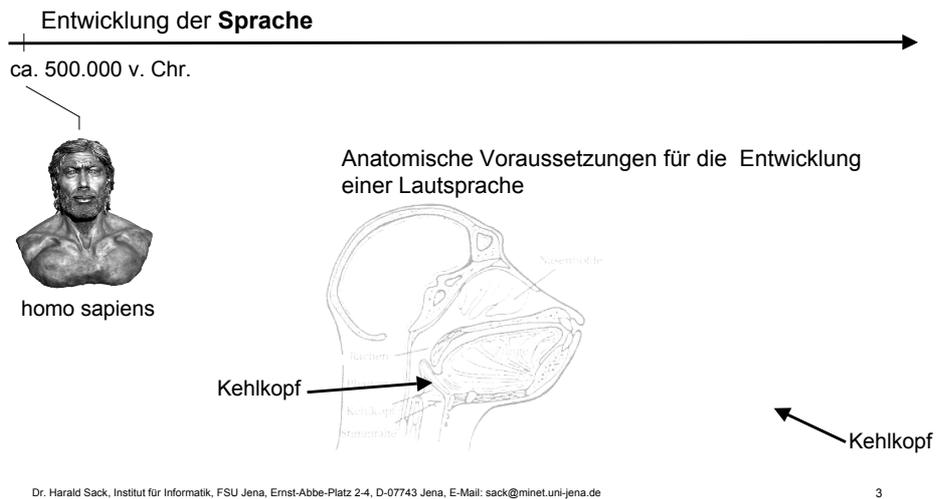
# Technische Grundlagen des Internet

ein chronologischer Abriss über

- historische Grundlagen
- Netzwerktechnologie
- Kommunikationsprotokolle
- Internetworking
- Internetanwendungen
- World Wide Web
- Internetorganisationen
- ...

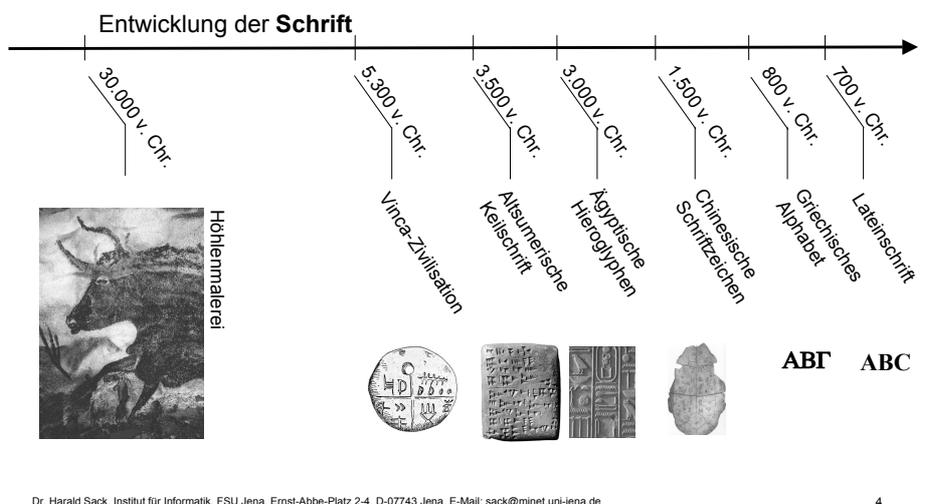
# Technische Grundlagen des Internet

## Prä-Internet Timeline



# Technische Grundlagen des Internet

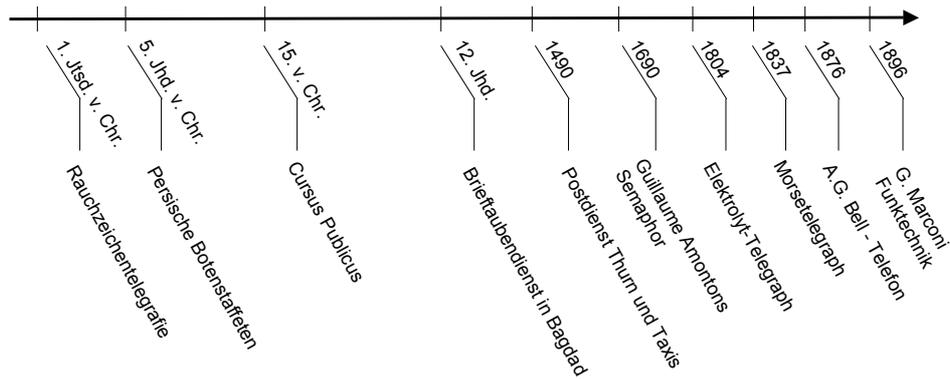
## Prä-Internet Timeline



# Technische Grundlagen des Internet

## Prä-Internet Timeline

Entwicklung der **Telekommunikation**



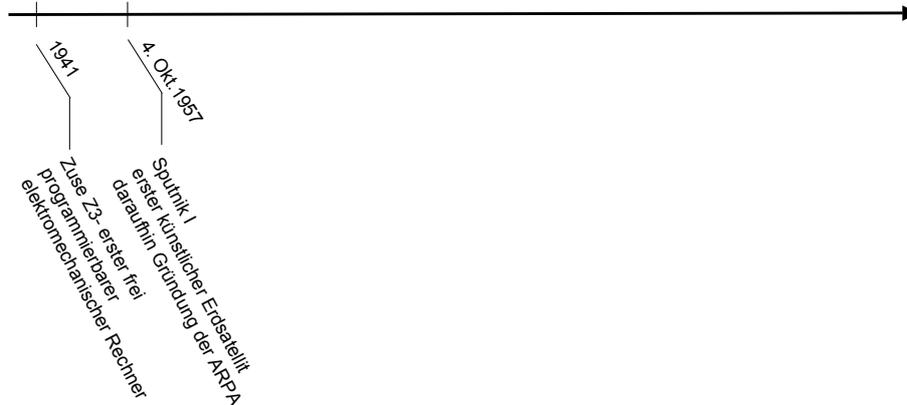
Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

5

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

Entwicklung der **Rechnerkommunikation**



Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

6

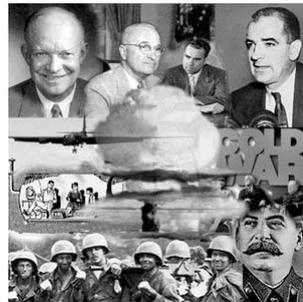
# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- **4. Oktober 1957** - der „Sputnik Schock“



...und der kalte Krieg“



# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- **1958** – Gründung der ARPA
  - **Advanced Research Projects Agency**
    - finanziert Forschungseinrichtungen
    - soll technologische Vormachtstellung der USA sichern (...zurückgewinnen)
    - 1972 in DARPA umbenannt

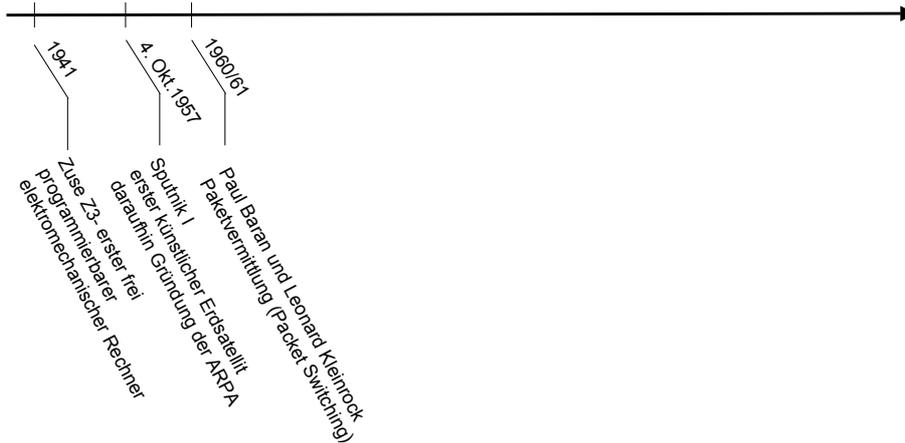


➡ Gewährleistung ausfallsicherer Kommunikation

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

Entwicklung der **Rechnerkommunikation**



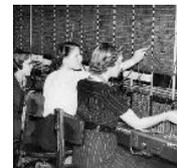
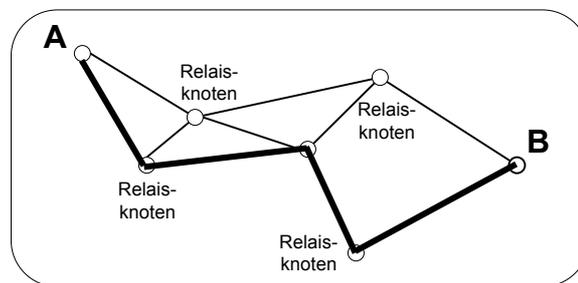
Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

9

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- **1960** - Leitungsvermittlung



### Circuit Switching

z.B. Telefonnetz

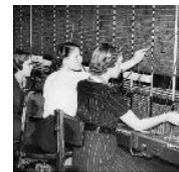
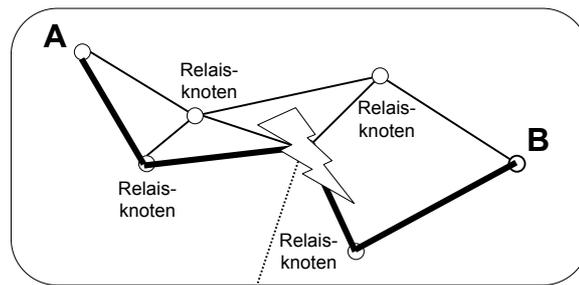
Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

10

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1960 - Leitungsvermittlung

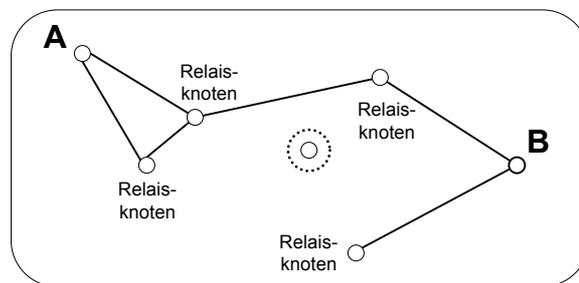


Ausfall eines Relaisknoten

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1960 - Leitungsvermittlung



Verbindung bricht zusammen

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

○ 1960 / 1961 - Paketvermittlung

● **Idee:**

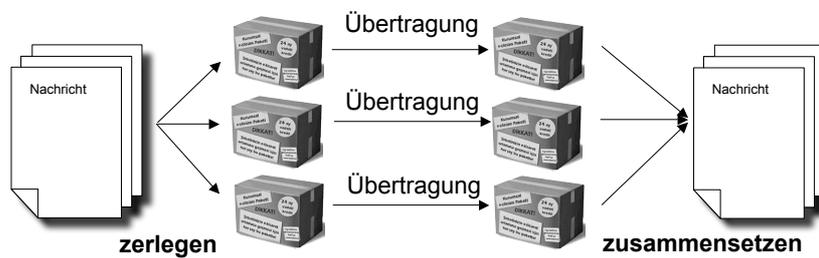
- nutze das **gesamte Netzwerk** (alle Wege...)
- zerlege die Nachricht zum Senden in **einzelne Pakete**
- **setze** die Nachricht beim Empfänger **wieder zusammen**



Paul Baran  
(1960)



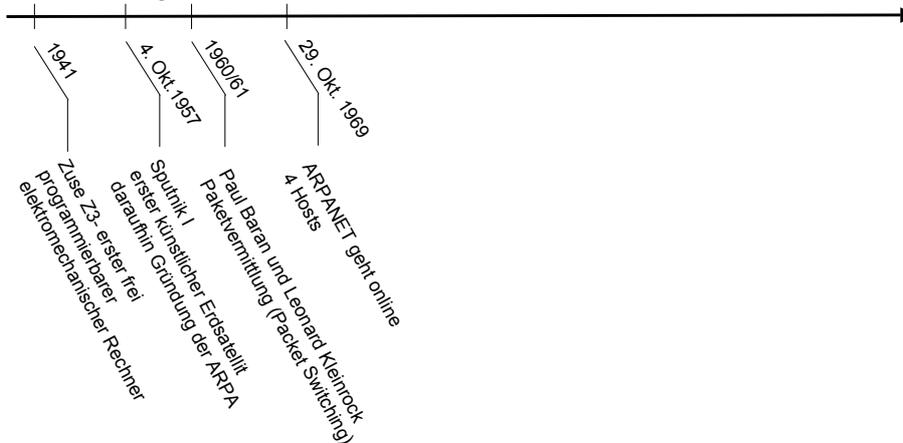
Leonard  
Kleinrock  
(1961)



# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

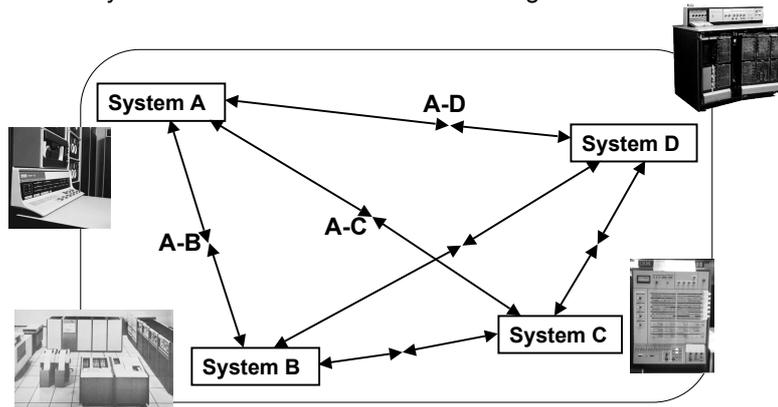
Entwicklung der **Rechnerkommunikation**



# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1969 – Rechnerkommunikation  
Babylonische Vielfalt und einfache Lösung



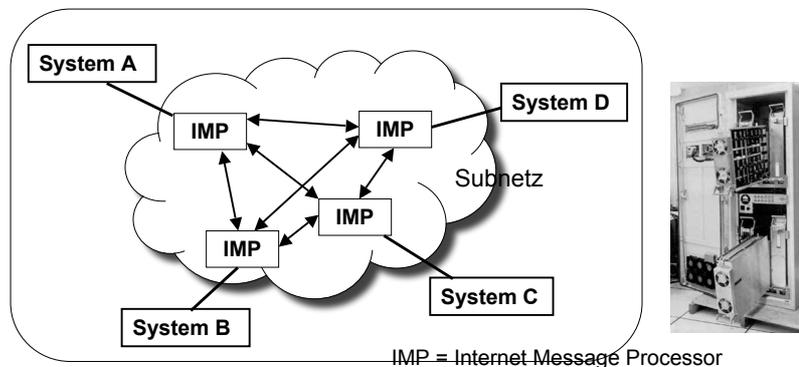
Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

15

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1969 – Rechnerkommunikation  
Babylonische Vielfalt und einfache Lösung



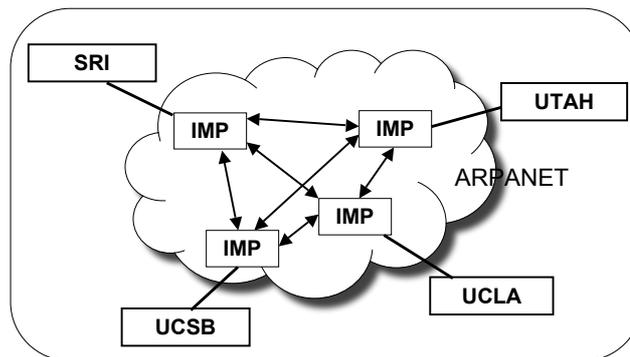
Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

16

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 29. Oktober 1969 22:30 PCT – ARPANET  
das erste Login....



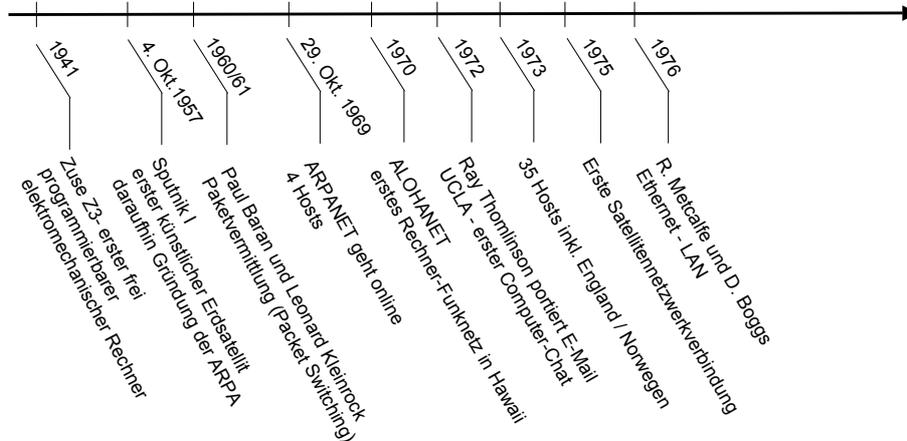
Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

17

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

Entwicklung der **Rechnerkommunikation**



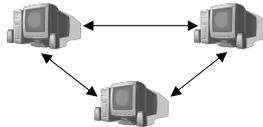
Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

18

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1976 – Grundprinzipien der Rechnernetzung
  - Einfachste Variante: **Punkt-zu-Punkt Verbindung**



- **Problem:** quadratisches Wachstum der benötigten Verbindungen

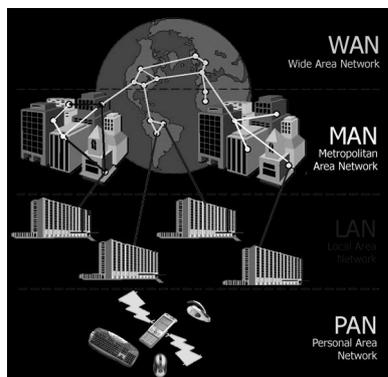
$$n \text{ Rechner} \rightarrow \frac{n \cdot (n-1)}{2} \text{ Verbindungen}$$

- **Idee:**
  - **gemeinsame** Nutzung des Netzwerks.
  - Computer senden **abwechselnd** Datenpakete über **ein gemeinsames** Kommunikationsmedium

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1976 – Grundprinzipien der Rechnernetzung



### **WAN - Wide Area Network**

Vernetzung von mehreren Städten, Ländern, Kontinenten (skalierbar)

### **MAN - Metropolitan Area Network**

Vernetzung einer Stadt

### **LAN - Local Area Network**

Vernetzung von Gebäuden

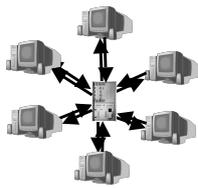
### **PAN – Personal Area Network**

Mini-Vernetzung im persönlichen Umfeld

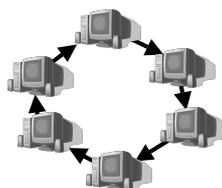
# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

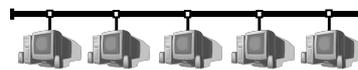
- 1976 – Grundprinzipien der Rechnernetzung
  - Lokale Netze (LANs) lassen sich nach ihrer Topologie klassifizieren



Sterntopologie



Ringtopologie



Bustopologie

# Technische Grundlagen des Internet

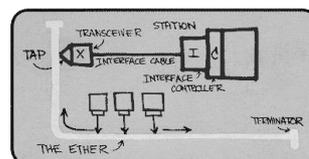
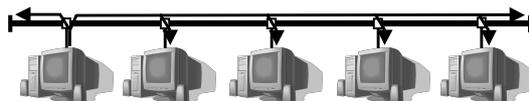
## Internet Timeline

- 1976 – Ethernet
  - 1973 von Robert Metcalfe am PARC entwickelt
  - 1976 publiziert
  - entwickelt sich zum LAN-Standard



Robert Metcalfe

### Ethernet Prinzip



Original Entwurfskizze (1973)

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

### ○ 1976 - Ethernet



- **Ethernet-LAN** besteht ursprünglich aus einem einzigen Koaxialkabel – das so genannte **Ether** - an das mehrere Computer angeschlossen sind
- heute existieren **viele verschiedene Ethernet Standards**
- unterscheiden sich alle in
  - Geschwindigkeit
  - Gesamtlänge und
  - im Abstand der Computer untereinander
- Bsp.
  - **10Base2** (1988): Bandbreite 10 Mbps, max. Kabellänge: 185m
  - **10GBaseX** (2002): Bandbreite 10.000 Mbps, max. Kabellänge: 40 km

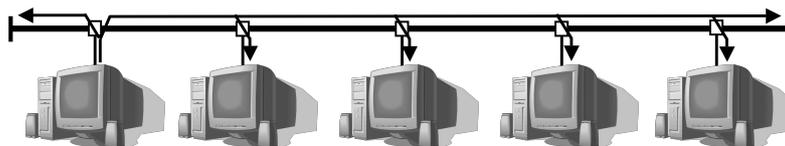
# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

### ○ 1976 - Ethernet

#### ● Das Ethernet-Prinzip

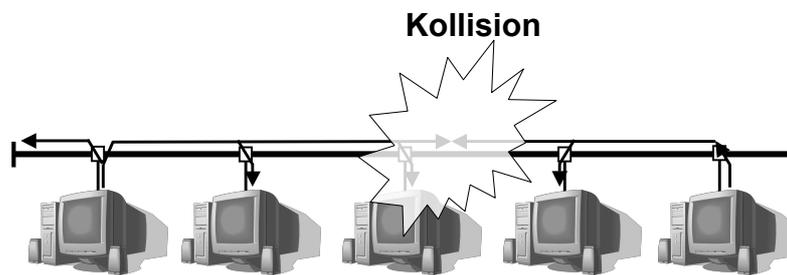
- zur **Kommunikation** sendet der Computer ein Signal an **beide Enden des Kabels**.
- Während Übertragung darf **nur der sendende** Computer das gesamte Kabel nutzen - alle **anderen** müssen **warten**
- nach der Übertragung kann der **nächste** senden



# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1976 - Ethernet
  - **Problem:**  
Was passiert, wenn zwei Rechner **annähernd gleichzeitig** mit dem Senden beginnen?



Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

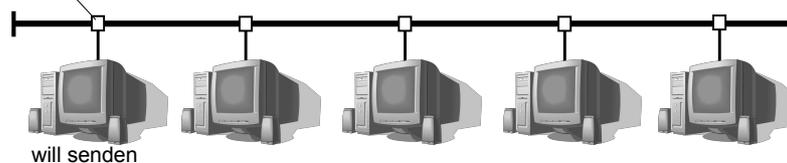
25

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1976 - Ethernet
  - **Lösung:**  
Netzwerkadapter kann auf den Bus hinaus „**lauschen**“, ob
    - gerade eine Kommunikation stattfindet
    - gerade eine Kollision stattgefunden hat
    - die Leitung frei ist

Netzwerkadapter lauscht



Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

26

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1976 – Ethernet
- **Problem:** Wer entscheidet, welcher Rechner senden darf?

### CSMA/CD-Algorithmus

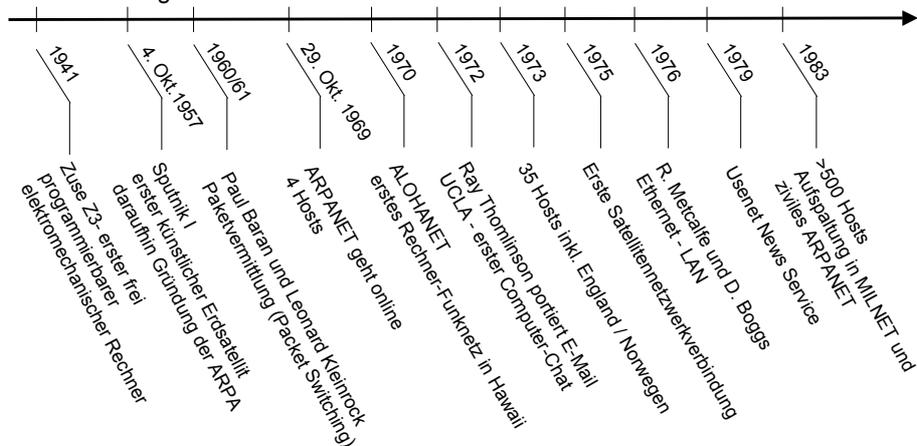
Carrier **S**ense with **M**ultiple **A**ccess / **C**ollision **D**etect and **B**ackoff

- lausche auf Kabel und **warte bis das Kabel frei** ist
- senden zwei Computer **gleichzeitig**, entsteht eine **Kollision**
- wird Kollision erkannt, wird **Übertragung abgebrochen**
- und **exponentieller Backoff** gestartet:
  - wähle zufälliges **Zeitintervall** bis zum nächsten Übertragungsversuch. wenn weitere Kollision, verdopple die Wartezeit

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

Entwicklung der **Rechnerkommunikation**



# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

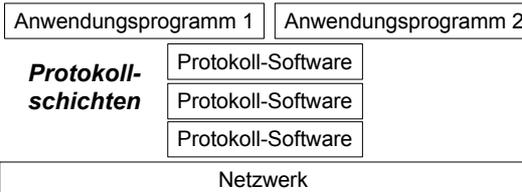
Entwicklung der **Internetkommunikation**



# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

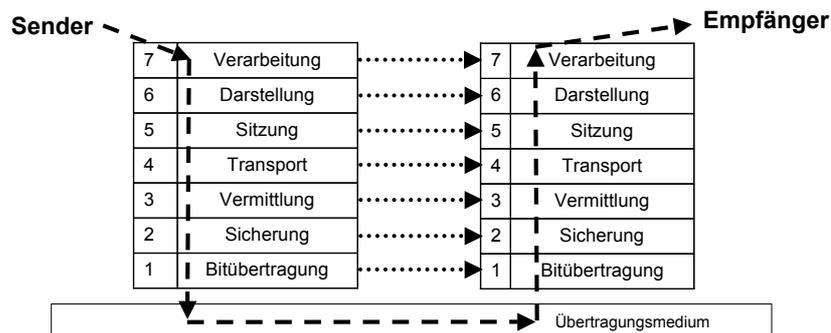
- **1983** – TCP/IP Protokoll
  - **Netzprotokoll** oder **Kommunikationsprotokoll**
    - Sammlung von **Vereinbarungen und Regeln**
    - Spezifiziert **Nachrichtenformate** und erforderliche **Aktionen** zur Nachrichtenübermittlung
  - **Protokoll-Software**
    - implementiert Netzprotokoll
    - komfortable und anspruchsvolle **Schnittstelle** zum Netzwerk



# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1983 – TCP/IP Protokoll
  - das ISO/OSI-Referenzmodell war historisch das erste Schichtenmodell der Rechnerkommunikation



# Technische Grundlagen des Internet

- Rechnernetzung – ein kleiner Exkurs
  - Schichtenmodell der Kommunikation – eine Analogie...

Tanti Auguri!



italiano

➔

**Problem**

????

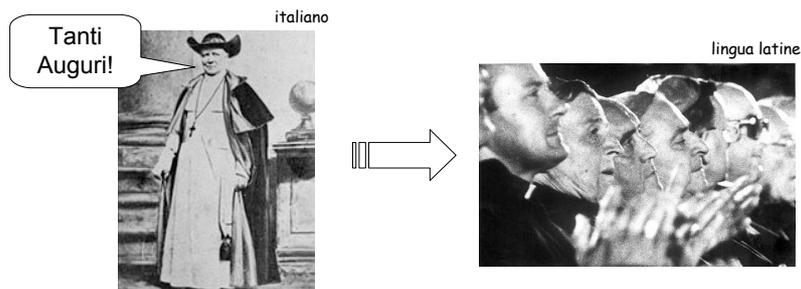


hindi

**1874:** Papst Pius IX. möchte dem Maharadscha von Pannah zum Geburtstag gratulieren

# Technische Grundlagen des Internet

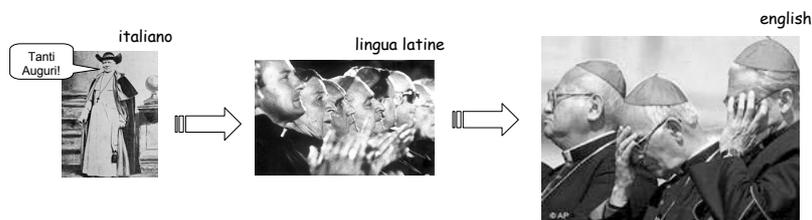
- Rechnernetzung – ein kleiner Exkurs
  - Schichtenmodell der Kommunikation – eine Analogie...



das Kardinalskollegium findet die Idee toll und lässt die vom Papst diktierte Botschaft **ins Lateinische** übersetzen

# Technische Grundlagen des Internet

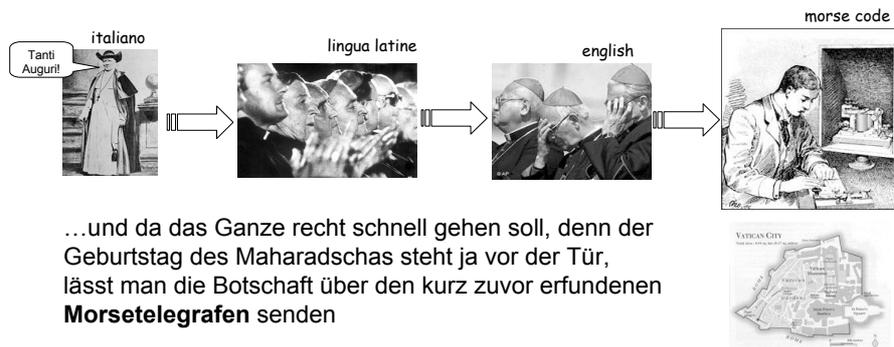
- Rechnernetzung – ein kleiner Exkurs
  - Schichtenmodell der Kommunikation – eine Analogie...



allerdings gibt man zu bedenken, dass der Maharadscha sicherlich kein Latein sprechen kann....und man gibt den Auftrag, die Botschaft weiter **ins Englische** zu übersetzen

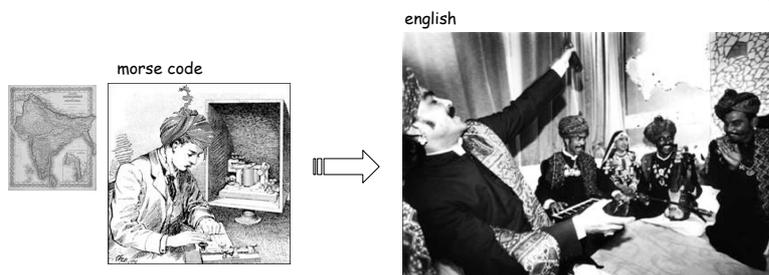
# Technische Grundlagen des Internet

- Rechnernetzung – ein kleiner Exkurs
  - Schichtenmodell der Kommunikation – eine Analogie...



# Technische Grundlagen des Internet

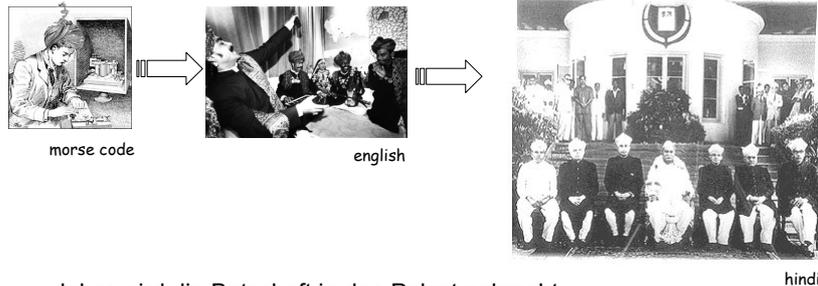
- Rechnernetzung – ein kleiner Exkurs
  - Schichtenmodell der Kommunikation – eine Analogie...



in **Indien** erhält der dort ansässige Telegrafendienst die Botschaft des Papstes. Die übertragenen Morsezeichen erweisen sich als eine **in Englisch** abgefasste Botschaft, die an den Maharadscha von Pannah adressiert ist

# Technische Grundlagen des Internet

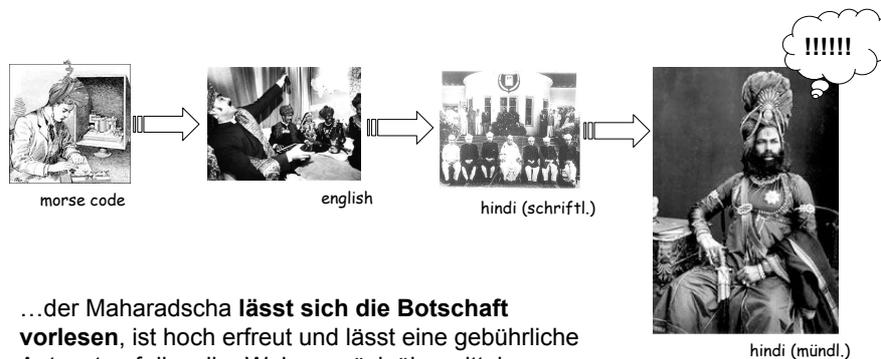
- Rechnernetzung – ein kleiner Exkurs
  - Schichtenmodell der Kommunikation – eine Analogie...



...daher wird die Botschaft in den Palast gebracht.  
Allerdings schreibt es das Protokoll vor, dass die  
Nachricht zunächst **in Hindi übersetzt** werden muss,  
bevor Sie dem Maharadscha eröffnet werden kann

# Technische Grundlagen des Internet

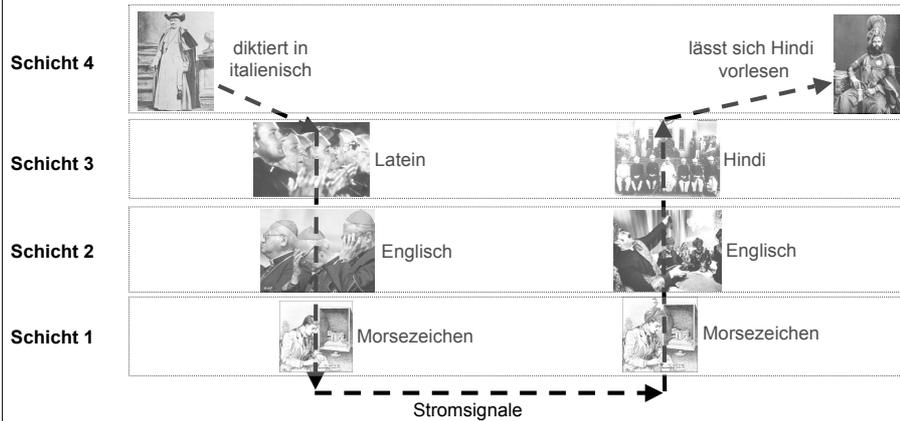
- Rechnernetzung – ein kleiner Exkurs
  - Schichtenmodell der Kommunikation – eine Analogie...



...der Maharadscha **lässt sich die Botschaft vorlesen**, ist hoch erfreut und lässt eine gebührende  
Antwort auf dieselbe Weise zurück übermitteln

# Technische Grundlagen des Internet

- Rechnernetzwerk – ein kleiner Exkurs
  - Schichtenmodell der Kommunikation – eine Analogie...



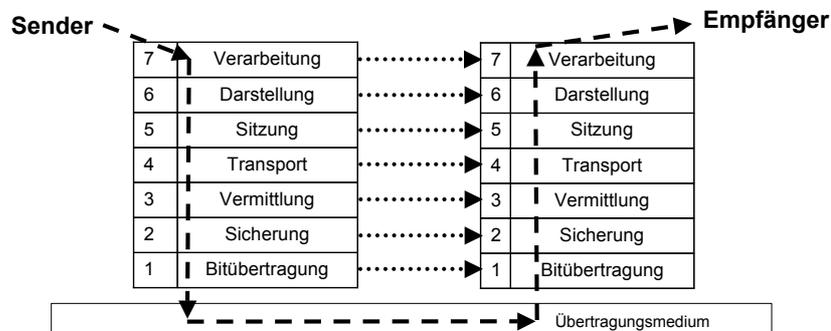
Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

39

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1983 – TCP/IP Protokoll
  - das **ISO/OSI-Referenzmodell** war historisch das erste Schichtenmodell der Rechnerkommunikation



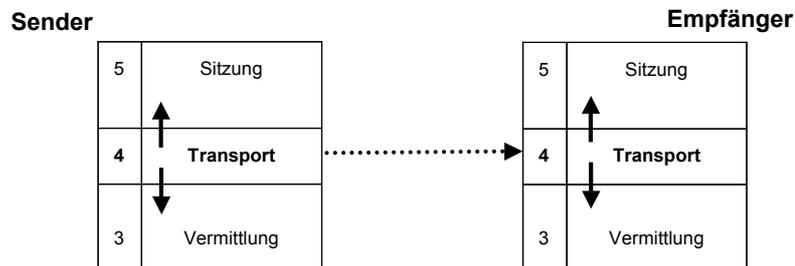
Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

40

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1983 – TCP/IP Protokoll
- der **modulare Aufbau** des Protokollstapels erleichtert
  - die Implementierung
  - die Umstellung auf technologische Weiterentwicklungen und
  - die Wartung



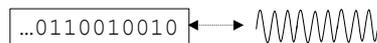
Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

41

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1983 – TCP/IP Protokoll
- ISO/OSI Schichtenmodell
- **Schicht 1: Bitübertragung (Physical)**
  - Übertragung einzelner Bits
  - Umwandlung Bits / elektrische (optische) Signale



- **Schicht 2: Sicherung (Data Link)**
  - Organisation von Daten in Paketen
  - Übertragung von Paketen
  - (Paketformate, Bitstopfen, Prüfsummen, ...)



7	Verarbeitung
6	Darstellung
5	Sitzung
4	Transport
3	Vermittlung
2	Sicherung
1	Bitübertragung

Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

42

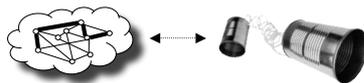
# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1983 – TCP/IP Protokoll
- ISO/OSI Schichtenmodell
- **Schicht 3: Vermittlung (Network)**
  - Zuweisung von **Adressen**
  - **Weiterleitung** von Paketen im Netz
    - (Adressierung, Routing,...)



- **Schicht 4: Transport (Transport)**
  - **zuverlässigen Übertragung**



7	Verarbeitung
6	Darstellung
5	Sitzung
4	Transport
3	Vermittlung
2	Sicherung
1	Bitübertragung

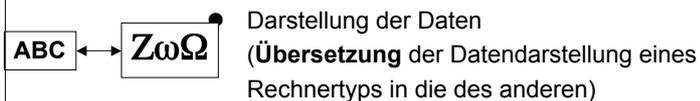
# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

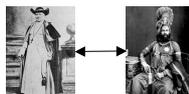
- 1983 – TCP/IP Protokoll
- ISO/OSI Schichtenmodell
- **Schicht 5: Sitzung (Session)**
  - Aufbau einer **Übertragungssitzung** zu entfernten System
  - Spezifikation von **Sicherheitstechniken** (z.B. Passwörter)



- **Schicht 6: Darstellung (Presentation)**



- **Schicht 7: Verarbeitung (Application)**

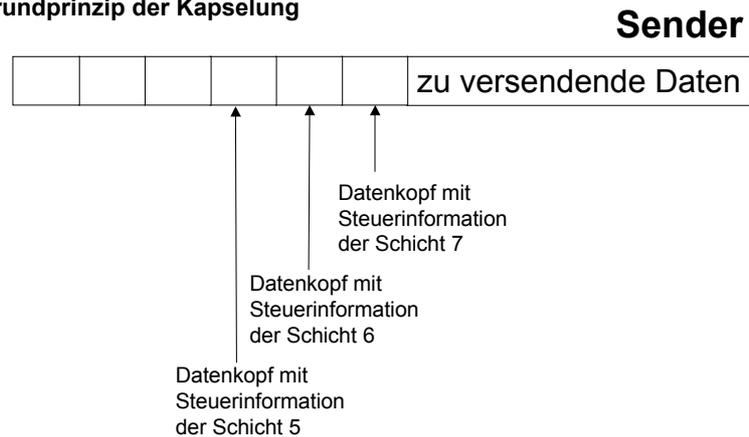


7	Verarbeitung
6	Darstellung
5	Sitzung
4	Transport
3	Vermittlung
2	Sicherung
1	Bitübertragung

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1983 – TCP/IP Protokoll
- Grundprinzip der Kapselung



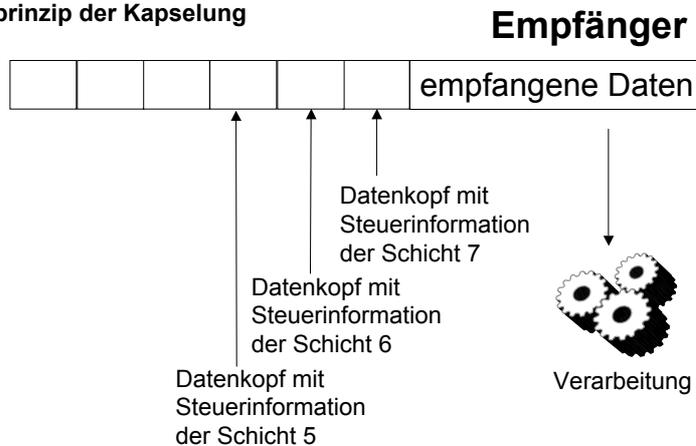
Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

45

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1983 – TCP/IP Protokoll
- Grundprinzip der Kapselung



Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

46

# Technische Grundlagen des Internet

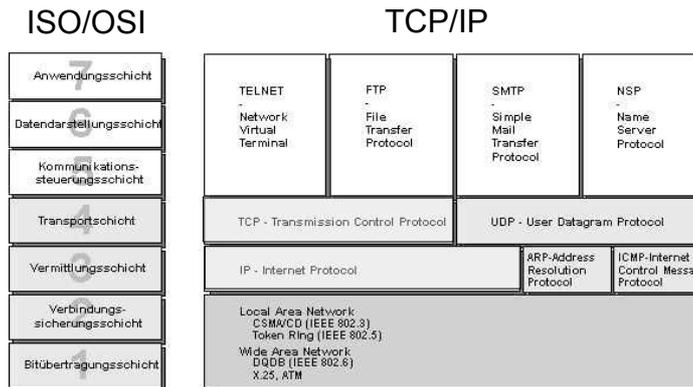
## Internet Timeline

- 1983 – TCP/IP Protokoll



Robert Kahn

Vinton Cerf



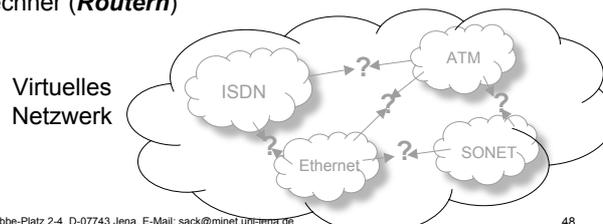
Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

47

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1983 – TCP/IP Protokoll
- **Internetworking**
  - Zahlreiche unterschiedliche Technologien müssen im **Internet** zu einem **homogen wirkenden Netzwerk** zusammengeschlossen werden
- **Internet:**
  - Zusammenschluss einzelner physischer Netze
  - die Verbindung zwischen verschiedenen Netzen erfolgt über spezielle Rechner (**Routern**)



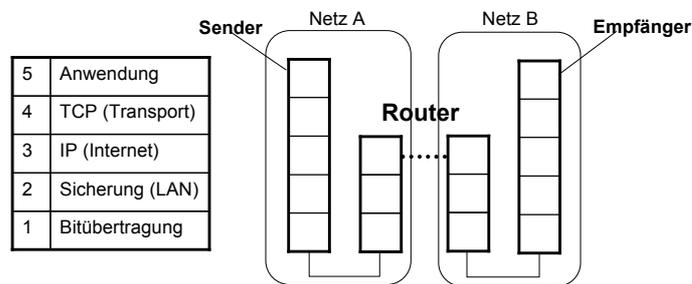
Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

48

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- **1983** – TCP/IP Protokoll
- **Router**
  - verbindet zwei autarke Netze zu einem **Internet**
  - Subnetze werden logisch auf Schicht 3 getrennt
  - Netzwerklogik muss dem Router bekannt sein, um effizient Datenpakete weiterleiten zu können



Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

49

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- **1983** – TCP/IP Protokoll

5	Verarbeitung (Application Layer)
4	Transport (Transport Layer)
3	<b>Vermittlung (Internet Layer)</b>
2	Sicherung (Network Interface Layer)
1	Bitübertragung (Physical Layer)

### IP – Internet Protocol

- Datenkommunikation zwischen zwei Endsystemen  
→ **einheitliches Adressierungs-Schema**
- Wahl eines Verbindungsweges zwischen zwei Endsystemen  
→ **Routing**
- Anpassung der Systemparameter zwischen unterschiedlichen Netzwerken  
→ **Fragmentierung / Defragmentierung**
- Erkennen von Übertragungsfehlern  
→ **fehlererkennende Kodierung**
- Erkennung und Behebung von Überlast- und Stausituationen im Netzwerk  
→ **Flusskontrolle**

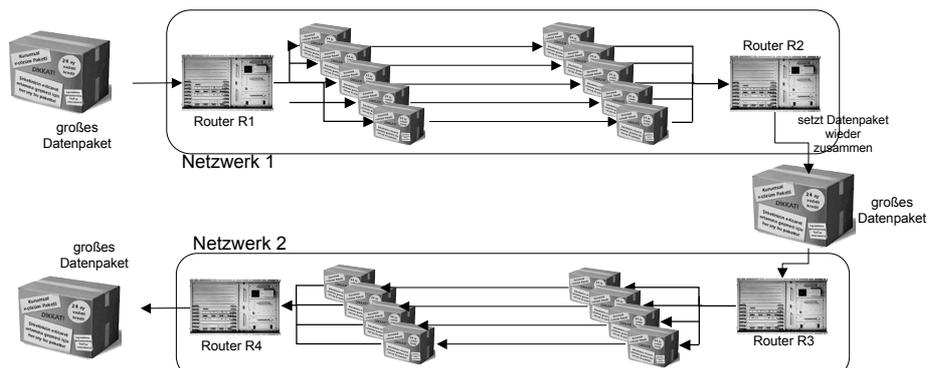
Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

50

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1983 – TCP/IP Protokoll
- Transparente Fragmentierung



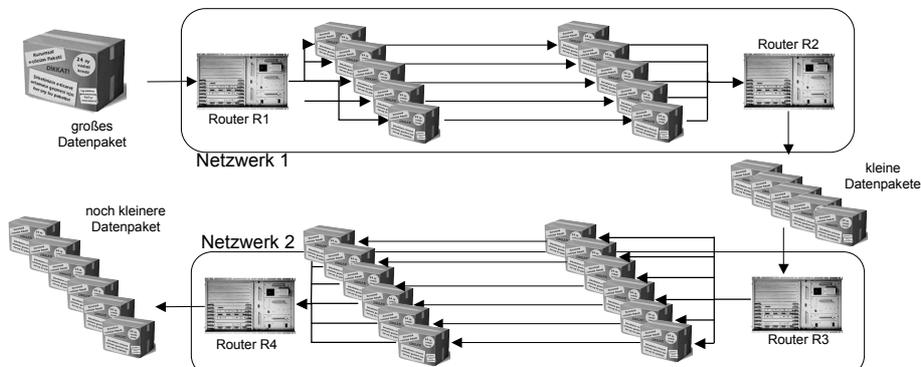
Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

51

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1983 – TCP/IP Protokoll
- Nicht-transparente Fragmentierung



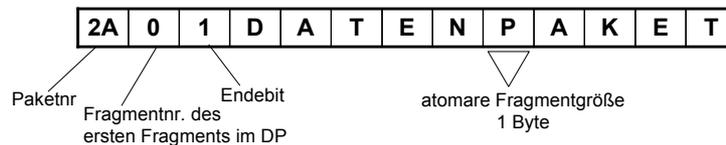
Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

52

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1983 – TCP/IP Protokoll
- IP-Fragmentierung
  - Festlegung einer **atomaren Fragmentgröße** (kleiner kann das Fragment nicht geteilt werden)
  - **Zusätzliche Information** im Header des Datenpakets:
    - Paketnummer
    - Nummer des ersten im IP-Datenpaket enthaltenen Fragments
    - Steuerungsbit, das angibt, ob es sich um das letzte Fragment eines Datenpakets handelt (=1) oder ob noch weitere Fragmente folgen (=0)



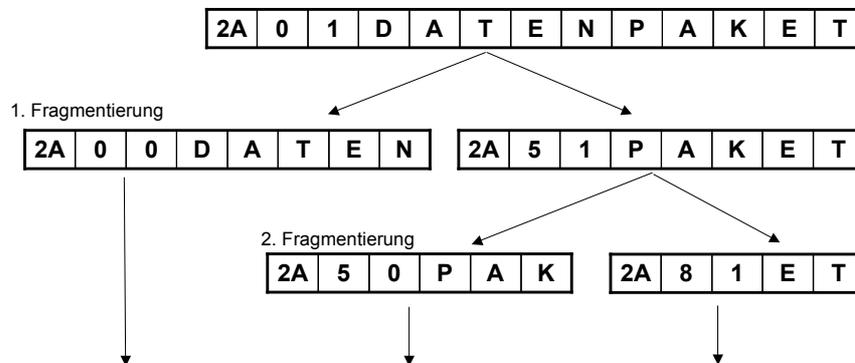
Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

53

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1983 – TCP/IP Protokoll
- IP-Fragmentierung



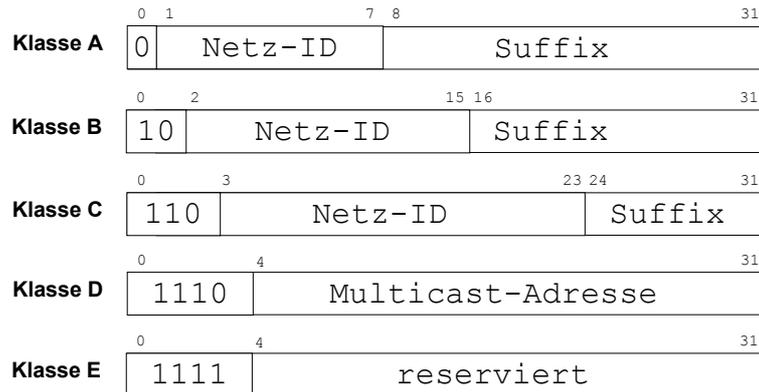
Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

54

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1983 – TCP/IP Protokoll
- IPv4 Adressierung



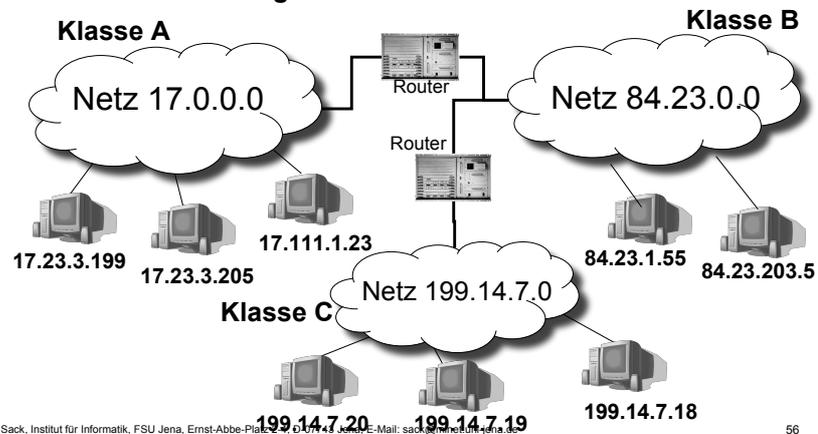
Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

55

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1983 – TCP/IP Protokoll
- IPv4 Adressierung



Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

56

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1983 – TCP/IP Protokoll
- **Routing-Protokolle**
  - **Routing** = Wegstreckenwahl bei der Nachrichtenvermittlung im Netzwerk
  - Jeder **Router** verfügt über eine interne Routingtabelle, die angibt,
    - über welchen **Ausgang** ein ankommendes Datenpaket weitergeleitet werden soll
    - (entspricht jeweils dem **Next Hop**)
    - alle Rechner eines bestimmten **Subnetzes** sind jeweils über denselben Ausgang erreichbar
      - Speichere nur Adresse des **zugehörigen Routers**
      - Hierarchische Adressierung

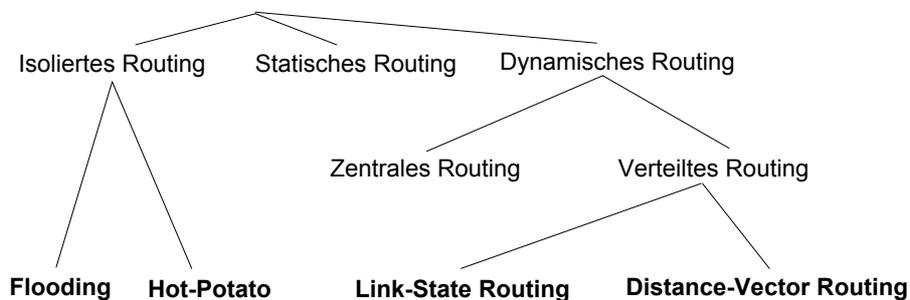
Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

57

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1983 – TCP/IP Protokoll
- **Routingverfahren**



Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

58

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- **1983** – TCP/IP Protokoll
- **Distance-Vector Routing**
  - dezentrales, verteiltes Routingverfahren
  - **Dynamisch**: passt sich an die aktuellen Gegebenheiten des Netzwerks an
  - **Prinzipieller Ablauf**: Router **berechnet seine eigene Routing-Tabelle lokal** und **gibt diese an seine direkten Nachbarn weiter**
  - Routing-Information wird periodisch an Nachbar-Router versendet
    - Routing-Tabellen werden ständig aktualisiert
    - Änderungen (z.B. Ausfall eines Routers) können erkannt werden

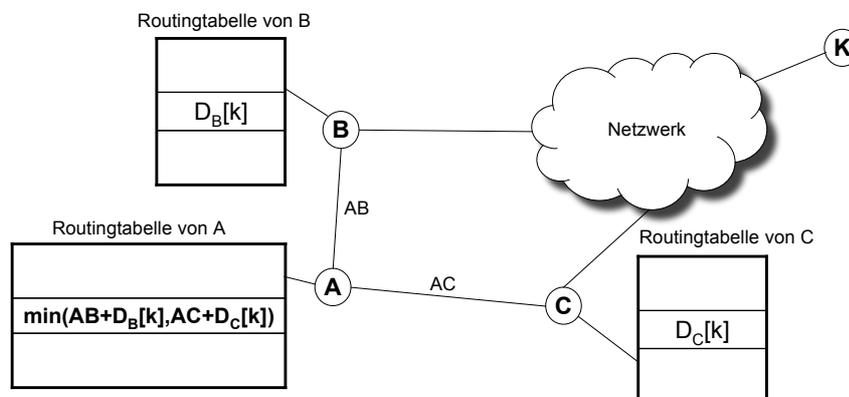
Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

59

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- **1983** – TCP/IP Protokoll
- **Distance-Vector Routing**



Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

60

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

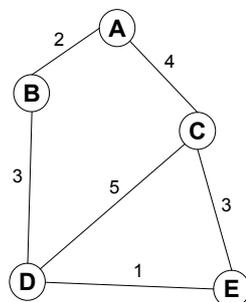
- **1983** – TCP/IP Protokoll
- **Link-State Routing**
  - Internet-Standard
  - auch als SPF (Shortest-Path-First) / OSPF bezeichnet
  - Suche alle **direkten Nachbarn** im Netzwerk
  - **Messe die Distanz** zu jedem direkten Nachbarn
  - Bilde ein **Link-State-Paket** mit den ermittelten Distanzinformationen
  - Versende das Link-State-Paket via Broadcast **an alle Router** im Netzwerk

⇒ **Schnelle Anpassung** an Veränderungen der Netzwerktopologie

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- **1983** – TCP/IP Protokoll
- **Link-State Routing**



Link State Pakete

A	B	C	D	E
B 2	A 2	A 4	B 3	C 3
C 4	D 3	D 5	C 5	D 1
		E 3	E 1	

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- **1983** – TCP/IP Protokoll
- **Services des IP-Protokolls**
  - **Verbindungslos**  
Jedes Datenpaket kann auf unterschiedlichem Weg zum Ziel gelangen
  - **Best Effort**  
Es wird nicht garantiert, dass ein gesendetes Datenpaket tatsächlich am Ziel ankommt bzw. wann es dort eintrifft
  
  - Bestimmte Aufgaben erfordern aber **Dienstgarantien**
    - Sichere Übertragung
    - Einhaltung von Zeitschranken

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- **1983** – TCP/IP Protokoll

5	Verarbeitung (Application Layer)
4	<b>Transport</b> (Transport Layer)
3	Vermittlung (Internet Layer)
2	Sicherung (Network Interface Layer)
1	Bitübertragung (Physical Layer)

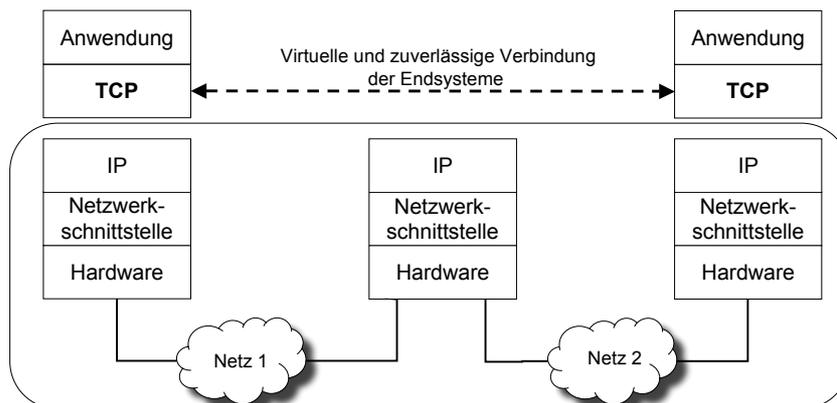
### TCP – Transport Control Protocol

- Kommunikationsverbindung zwischen zwei Anwendungsprogrammen  
→ **verbindungsorientiert**
- sichere Datenübertragung  
→ **sicheres Verbindungsmanagement**  
→ **fehlerfreie Datenübertragung**  
→ **Flusssteuerung**

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1983 – TCP/IP Protokoll
- Transmission Control Protocol



Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

65

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1983 – TCP/IP Protokoll
- Transmission Control Protocol
  - Verbindungsorientierte Datenübertragung
    1. Verbindungsaufbau
    2. Datenübertragung
    3. Verbindungsabbau
  - Verbindung kommt rein **software-technisch** (virtuell) zu Stande
  - TCP-Nachricht wird zur Übertragung in **IP-Datagramm gekapselt** ( als Nutzdaten)
  - TCP-Implementierung daher auf Zwischensystemen nicht erforderlich
  - Zuverlässige Übertragung durch **Quittierungsmechanismus**

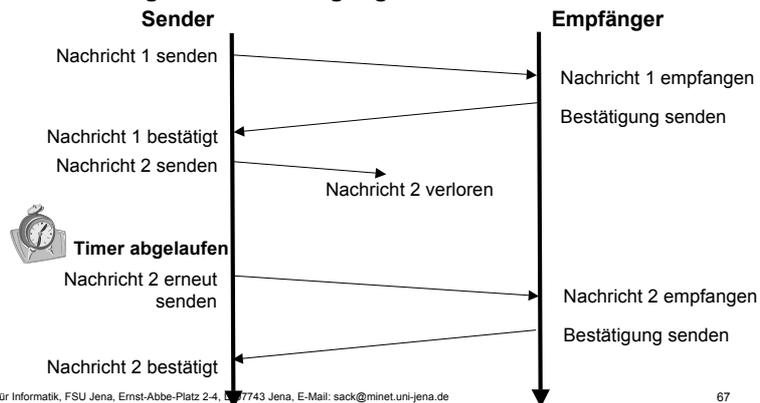
Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

66

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1983 – TCP/IP Protokoll
- Transmission Control Protocol
  - Zuverlässige Datenübertragung



Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

67

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1983 – TCP/IP Protokoll
- Transmission Control Protocol
  - Zuverlässige Verbindungsaufbau (3-Wege Handshake)
  - IP-Datenpakete aus früheren Verbindungen müssen ignoriert werden können
  - 3-Wege Handshake
    1. Signalisiere Verbindungsaufbau-Wunsch mit Synchronisations-Segment und sendet Sequenznr x zur Identifikation (SYN+Sequenznr x)
    2. Empfänger bestätigt Empfang des Synchronisations-Segments (SYN ACK+ Sequenznr x) und sendet eigene Sequenznr y zur Identifikation
    3. Sender bestätigt Empfang von SYN ACK und der Sequenznr y

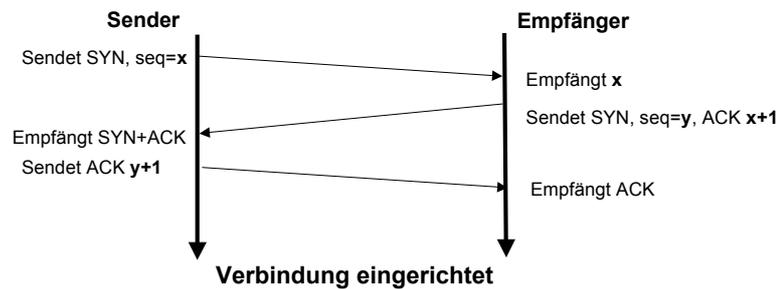
Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

68

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1983 – TCP/IP Protokoll
- Transmission Control Protocol
  - Zuverlässige Verbindungsaufbau (3-Wege Handshake)



Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

69

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1983 – TCP/IP Protokoll
  - Transmission Control Protocol
    - Zuverlässige Verbindungsabbau (mod. 3-Wege Handshake)
    - Partei möchte Verbindung beenden, muss aber darauf achten, dass **alle abgesendeten Daten auch zugestellt werden**, bevor die Verbindung beendet wird
1. Anwendung sendet ENDE-Segment (FIN) mit Sequenznr. X
  2. Gegenseite bestätigt Empfang von FIN, nimmt keine weiteren Segmente mehr entgegen und benachrichtigt zuständiges Anwendungsprogramm  
Verbindung in Richtung Sender → Empfänger ist abgeschlossen
  3. Anwendung auf Gegenseite beendet Verbindung und sendet eigenes FIN mit Sequenznr. y
  4. Bestätigung des Empfangs des FIN-Segments  
Sobald Gegenseite die Bestätigung erhält, gilt die Verbindung als beendet

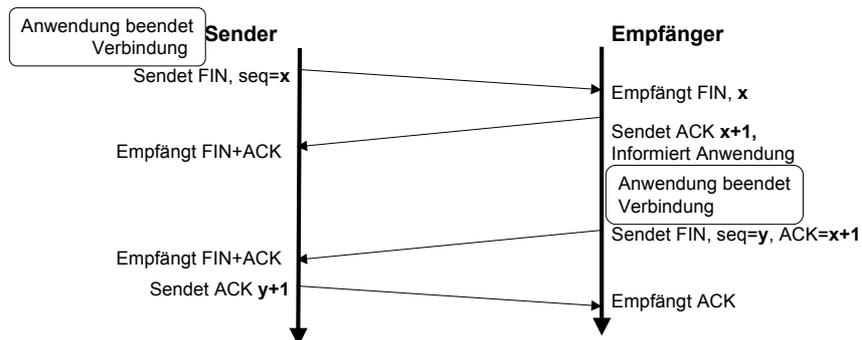
Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

70

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1983 – TCP/IP Protokoll
- Transmission Control Protocol
- Zuverlässige Verbindungsabbau (mod. 3-Wege Handshake)



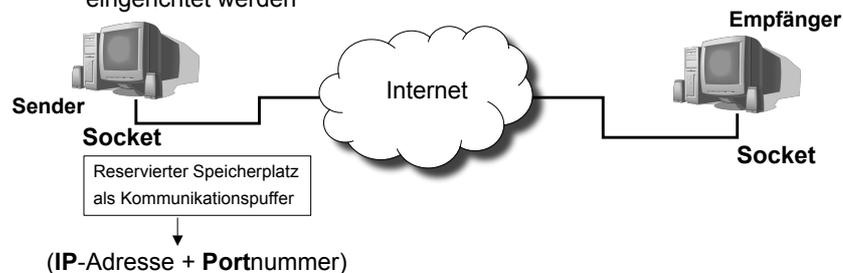
Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

71

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1983 – TCP/IP Protokoll
- Transmission Control Protocol
- TCP Ports
  - Um **Verbindung zwischen zwei Endsystemen** einzurichten und aufrecht zu erhalten, müssen auf Sender und Empfänger eindeutig identifizierbare Endpunkte der Kommunikation (**Sockets**) eingerichtet werden

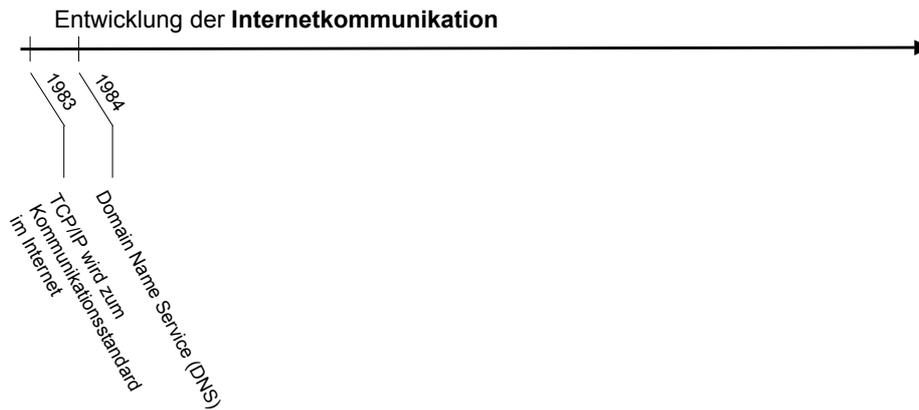


Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

72

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline



Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

73

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- **1984** – Domain Name Service (DNS)
- **Client-/Server-Prinzip**
  - Internetanwendungen sind Hauptakteure, die über das Internet miteinander kommunizieren
  - Internetanwendungen basieren auf dem Client-/Server-Prinzip



- aktive Komponente
- stellt Anfrage an gleichartige Anwendung, die auf einem anderen Rechner läuft (**Request**)

- passive Komponente
- antwortet auf Anfrage mit der gewünschten Information (**Reply**)

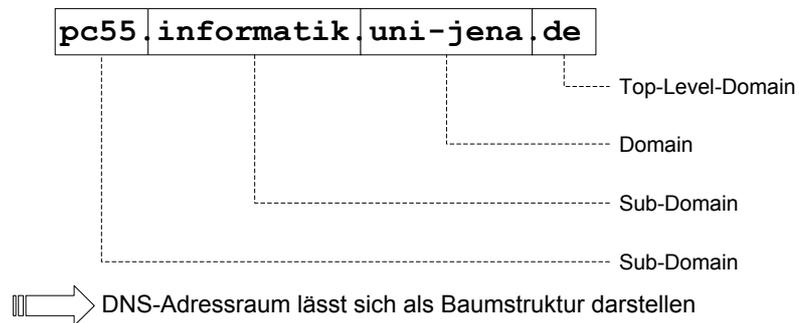
Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

74

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1984 – Domain Name Service (DNS)
- DNS Adressraum



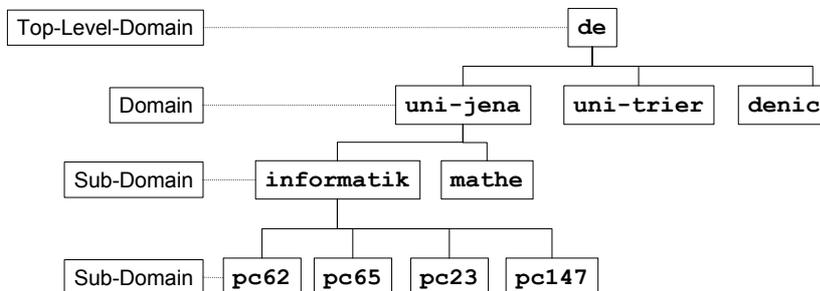
Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

75

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1984 – Domain Name Service (DNS)
- Ausschnitt au dem DNS Adressraum



Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

76

# Technische Grundlagen des Internet

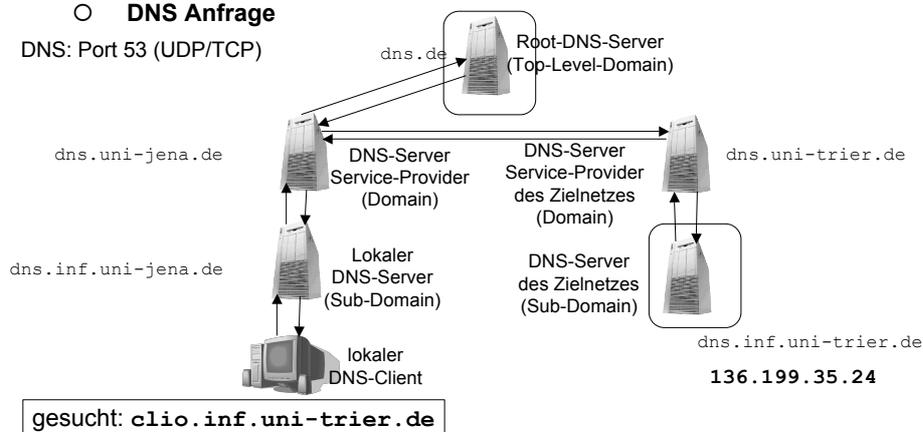
## Internet Timeline

- 1984 – Domain Name Service (DNS)
  - **DNS Server**
    - Macht es Sinn, wenn es einen **einzigsten, zentralen Server** gibt, der alle IP-Adressen und die ihnen zugeordneten DNS-Namen verwaltet ?
      - Problem:  $> 433 * 10^6$  Internet-Hosts
      - permanente Überlastung!
- ⇒
- DNS-Adressraum wird in nicht überlappende **Zonen** hierarchisch aufgeteilt
  - **DNS-Server** kennt jeweils
    - **alle** Server/Hosts auf der **direkt unter** ihm liegenden Hierarchiestufe
    - den Server, der **direkt über** diesem in der Hierarchie steht

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

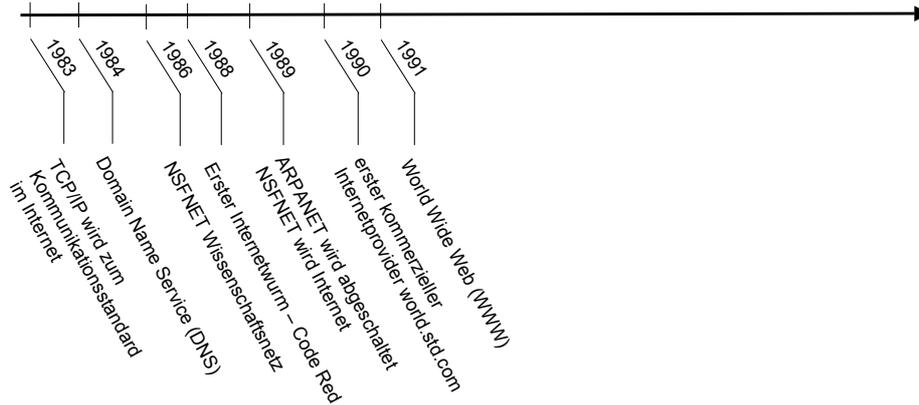
- 1984 – Domain Name Service (DNS)
  - **DNS Anfrage**
- DNS: Port 53 (UDP/TCP)



# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

Entwicklung der Internetkommunikation



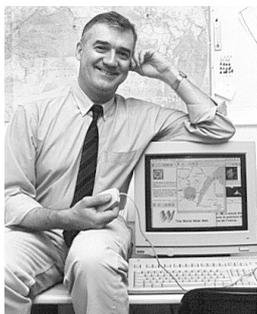
Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

79

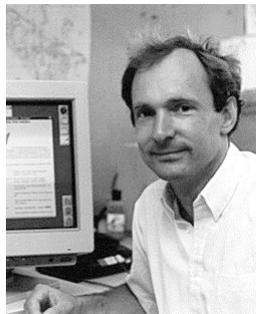
# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

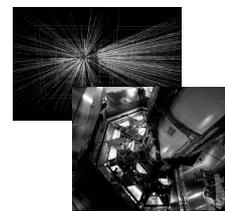
- 1991 – World Wide Web



Robert Cailliau



Sir Tim Berners Lee



1991 am CERN zur Dokumentenverwaltung entwickelt

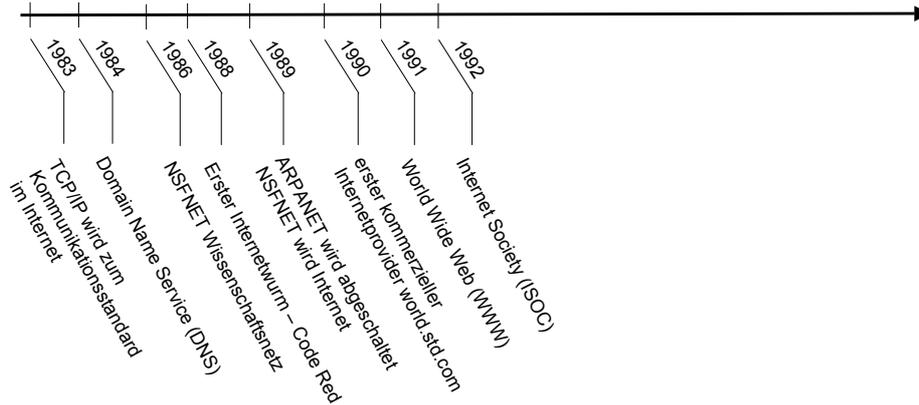
Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

80

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

Entwicklung der **Internetkommunikation**



Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

81

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- **1992** – Internet Society (ISOC)
  - Internet besitzt **keine** Leitstelle oder **zentrale Administration (kein einheitliches internationales Recht)**
  - es existieren jedoch **Organisationen**, die sich mit
    - der Entwicklung,
    - dem Betrieb und der
    - Standardisierung des Internets beschäftigen
  - **Internet Society (ISOC)** und deren Unterorganisationen
  - **World Wide Web Consortium (W3C)**
  - **Internet Corporation for Assigned Names and Numbers (ICANN)**

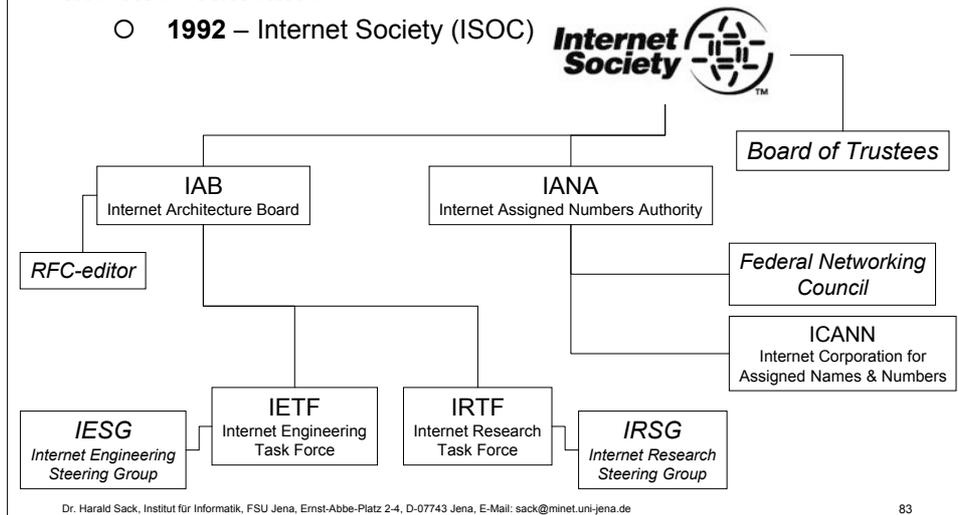
Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

82

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1992 – Internet Society (ISOC)



Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

83

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1992 – Internet Society (ISOC)
- Request for Comments (RFC)
  - RFC = Vorschlag für einen neuen Standard
    - Autor reicht einen Vorschlag beim **IAB** ein
    - RFC wird darauf hin von **IAB** oder **IETF** als **RFC** veröffentlicht
    - bis RFC als Standard verabschiedet werden kann, muss dieser den **Internet-Standardisierungsprozess** durchlaufen
  - RFCs werden fortlaufend durchnummeriert
  - RFCs sind über Internet/WWW **frei verfügbar** und
  - RFCs können **öffentlich diskutiert** werden
  - RFCs enthalten nur technische Informationen / Spezifikationen

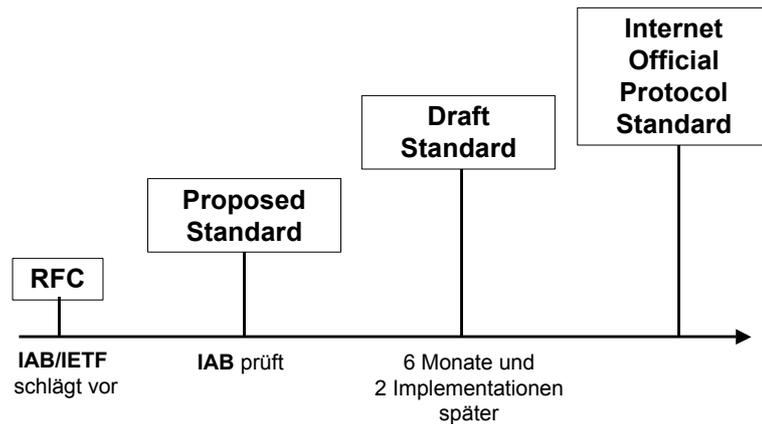
Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

84

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1992 – Internet Society (ISOC)



Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

85

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1992 – Internet Society (ISOC)
  - Einige wichtige RFCs
    - RFC 1160: Internet Architecture Board
    - RFC 821: E-Mail
    - RFC 822: SMTP
    - RFC 791: Internet Protokoll – IP
    - RFC 793: TCP Protokoll
    - RFC 1034/1035: Domain Name Service – DNS
    - RFC 1630: URIs für World Wide Web
    - RFC 1866: HTML
    - RFC 1945/2068: HTTP

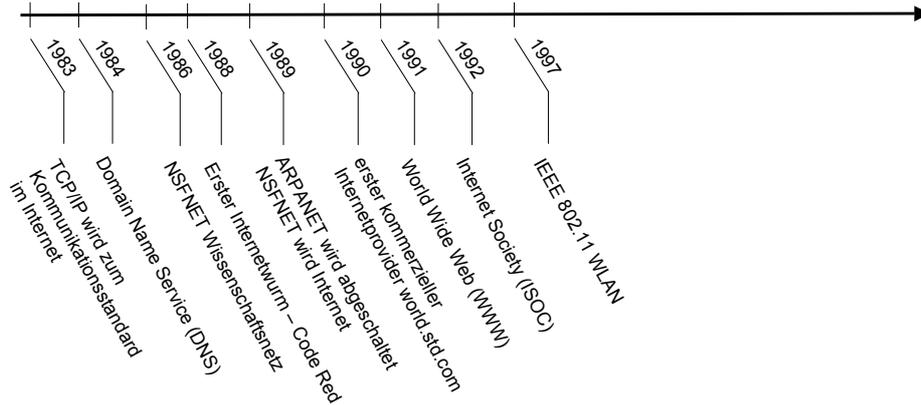
Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

86

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

Entwicklung der **Internetkommunikation**



Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

87

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- **1997** – IEEE 802.11 WLAN
- 1971 **ALOHA-Net**, erstes Funk-Datennetz auf Hawaii
- 1985 Festlegung der **ISM-Frequenzbänder**
  - (Industrial, **S**cientific, **M**edical), lizenzfreie Nutzung



Frequenz  
MHz

- 1988 IEEE Arbeitsgruppe 802 – lokale Netzwerke
- 1997 IEEE **802.11** – Wireless LAN
- 2003 IEEE 802.11g/i
  - Bandbreiten bis 108 Mbps

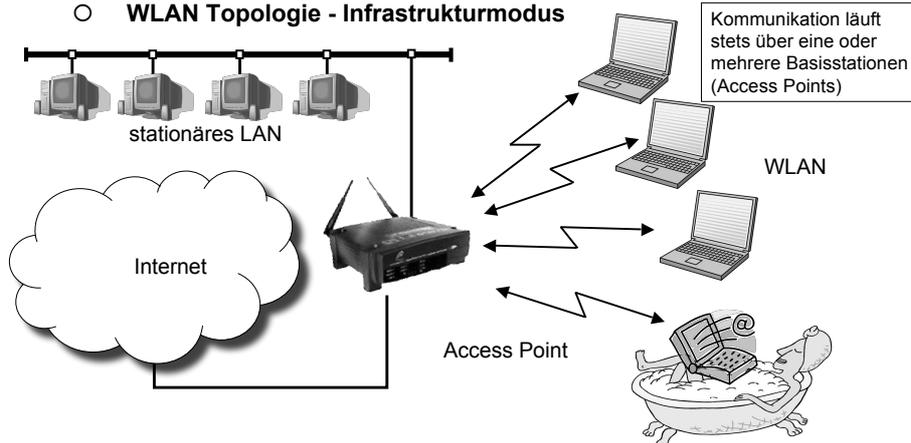
Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

88

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1997 – IEEE 802.11 WLAN
- WLAN Topologie - Infrastrukturmodus



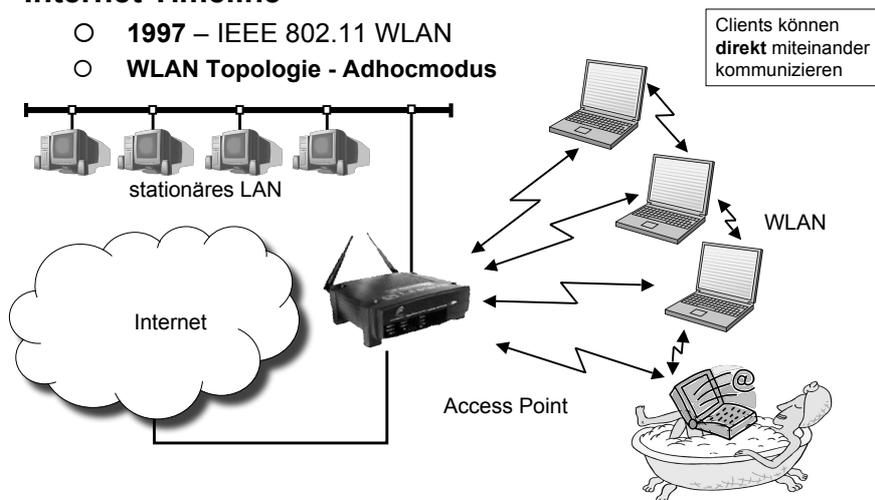
Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

89

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1997 – IEEE 802.11 WLAN
- WLAN Topologie - Adhocmodus



Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

90

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1997 – IEEE 802.11 WLAN

Standard	802.11	802.11a	802.11b	802.11g
Frequenz	2,4 GHz	5 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz
Kanäle		14	3	3
Reichweite		800m	400m	1000m
Übertragungsrate	2Mbit	54 Mbit	22 Mbit	54 Mbit

- dazu
  - 802.11e (WiFi-Multimedia, Verbesserung Übertragungskapazität, Sicherheit für zeitkritische Anwendungen, z.B. VoIP)
  - 802.11h (europäische Variante zu 802.11a)
  - 802.11i (Verbesserung der Sicherheit, WPA, TKIP)
  - 802.11n ( Standard erst 2006/7 → 108 - 540 Mbps)

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1997 – IEEE 802.11 WLAN
- 802.11 Protokollstack

Transport	TCP / UDP	
Internet	IP	
Sicherung	802.2	Logical Link Control
	802.11 MAC	Media Access Control
Physikalisch	802.11 PHY	Physical

**Physical:** Funk Layer mit Modulation, Kodierung, etc.  
**Media Access:** Regeln für konkurrierenden gemeinsamen Zugriff

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1997 – IEEE 802.11 WLAN
- **802.11 Protokollstack Physical Layer**
  - **Modulationsverfahren:**
    - **F**requency **H**opping **S**pread **S**pectrum (**FHSS**)
    - **D**irect **S**equene **S**pread **S**pectrum (**DSSS**)
    - **O**rthogonal **F**requency **D**ivision **M**ultiplexing (**OFDM**)
  - **Operationsfrequenzen:**
    - 2.4 GHz und 5 GHz im ISM-Band
  - **Sendestärke:**
    - 100 mW bei 2.4 GHz
    - 50 mW – 1 W bei 5 GHz

# Technische Grundlagen des Internet

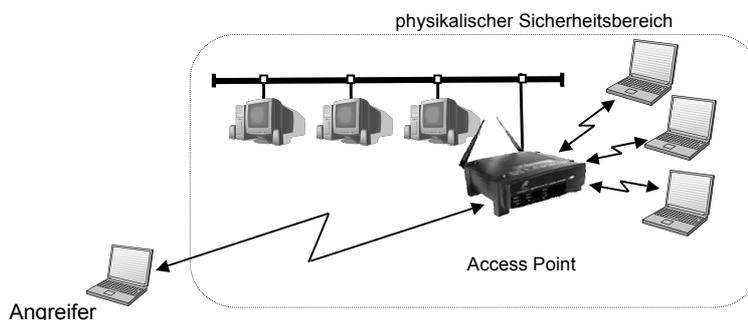
## Internet Timeline

- 1997 – IEEE 802.11 WLAN
- **802.11 Protokollstack Medium Access Layer (MAC)**
  - regelt konkurrierenden Zugriff auf das Funknetz über
  - **C**arrier **S**ense **M**ultiple **A**cces with **C**ollision **A**voidance (**CSMA/CA**)
    - ähnlich Ethernet CSMA/CD-Algorithmus
    - Sendeerlaubnis, sobald Kanal für bestimmte Zeitspanne frei
    - Empfänger bestätigt stets Empfang einer vollständig empfangenen Nachricht
    - Kollisionen werden vermieden (**MACA**-Algorithmus)
  - Weitere Aufgaben:
    - Authentifikation
    - Verschlüsselung
    - Power Management

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- 1997 – IEEE 802.11 WLAN
- 802.11 Sicherheit
  - im Gegensatz zu kabelgebundenen Netzen kann (potenziell) jeder mithören → Datenverkehr im WLAN muss eigentlich stets verschlüsselt werden



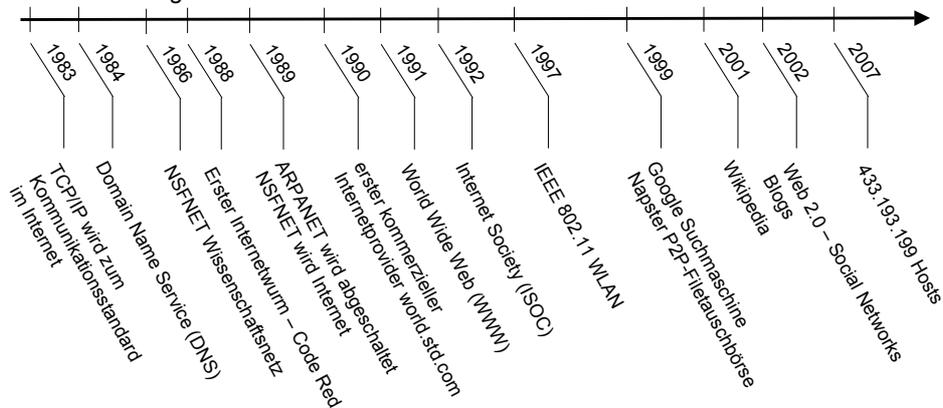
Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

95

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

Entwicklung der Internetkommunikation



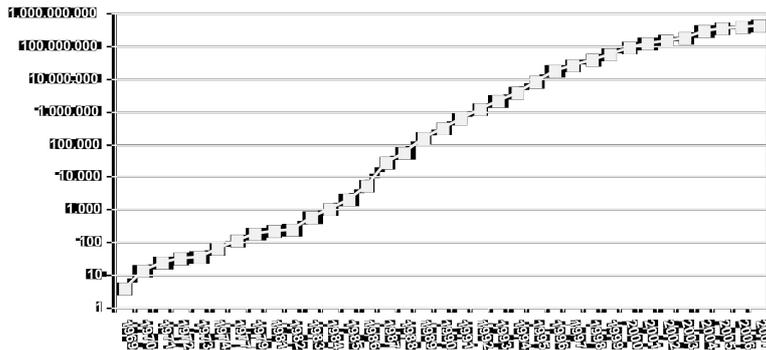
Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

96

# Technische Grundlagen des Internet

## Internet Timeline

- Internet Wachstum – 433.193.199 Hosts (Stand 02/2007)



Hosts (neue Zeilung)

Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

97

# Webtechnologien

## Technische Grundlagen des Internet

### ○ Literatur



- Ch. Meinel, H. Sack:  
**WWW – Kommunikation, Internetworking, Web Technologien**, Springer, 2004.



- A. Tanenbaum:  
**Computer Networks, 4th ed.**, Pearson, 2003.

Dr. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

98