



# Informatik der digitalen Medien

Ergänzungs-Studienangebot der Mediendidaktik für  
Lehramtstudenten  
Dr. Harald Sack  
Institut für Informatik  
FSU Jena  
Sommersemester 2007

<http://www.informatik.uni-jena.de/~sack/SS07/infod.htm>

## Informatik der digitalen Medien

---

1 2 3 4 5 6 7 **18.06.2007 – Vorlesung Nr. 8** 9 10 11 12  
13  
14

### 3. Internet und WWW (Teil 1)

## Informatik der digitalen Medien

---

### 3. Internet und WWW

- Grundlagen der Rechnernetzung
  - Grundbegriffe
  - Paketvermittlung
  - Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell
  - LAN-Technologien
  - WAN-Technologien

## Informatik der digitalen Medien

---

### 3. Internet und WWW

- Grundlagen der Rechnernetzung
  - **Grundbegriffe**
  - Paketvermittlung
  - Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell
  - LAN-Technologien
  - WAN-Technologien

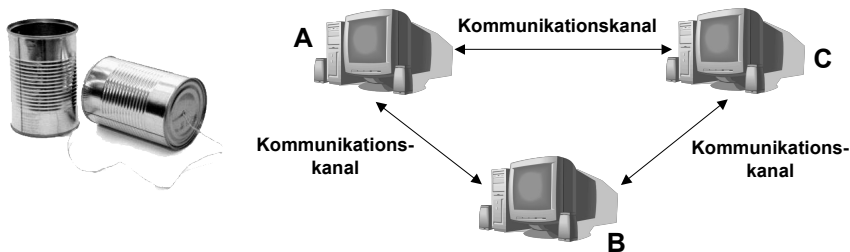
## Internet und WWW - Grundbegriffe

---

### ○ Problem: Wie vernetzt man Computer miteinander?

#### ○ Punkt-zu-Punkt Verbindungen

- älteste Form der Vernetzung
- je zwei miteinander verbundenen Rechner verfügen über eigenen Kommunikationskanal (z.B. Mietleitung)
- wird heute nur noch für Fernnetze und Sonderfälle genutzt



Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

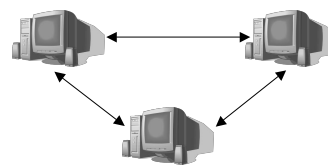
5

## Internet und WWW - Grundbegriffe

---

### ○ Vorteile der Punkt-zu-Punkt Verbindung

- wahlfreie Benutzung der Kommunikationshardware
- Kommunikationskanal ist stets frei verfügbar
- Protokolle, Datenformate, Fehlererkennung zwischen den Kommunikationspartnern sind frei wählbar
- Protokolle und Sicherheitsmechanismen sind einfach zu implementieren



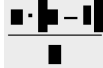
Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

6

## Internet und WWW - Grundbegriffe

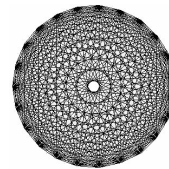
---

### ○ Nachteile der Punkt-zu-Punkt Verbindung:

- es ist schwierig, mehr als zwei Computer miteinander kommunizieren zu lassen
- für  $n$  Computer ergibt sich ein quadratischer Anstieg  der benötigten Direktverbindungen !

# Rechner	# Kabel
4	6
10	45
100	4950
1000	499500

Bsp.: 23 Rechner  
--> 253 Kabel



Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

7

## Internet und WWW - Grundbegriffe

---

### ○ Idee: **Verwende gemeinsam genutzte Kommunikationskanäle**

- Ende der 60er Jahre kehrte man von Punkt-zu-Punkt Verbindungsschema ab und führte die so genannten "**Local Area Networks - LANs**" ein
- LANs basieren alle auf folgender Grundidee:
  - gemeinsame Nutzung des Netzwerks.
  - Computer senden abwechselnd Datenpakete über ein gemeinsames Kommunikationsmedium



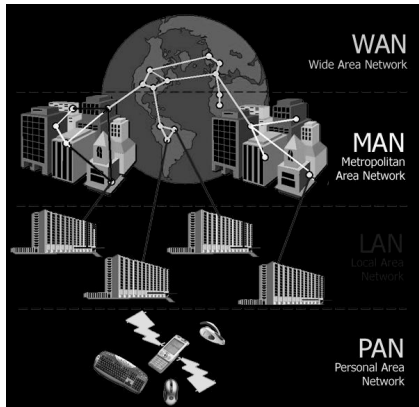
Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

8

## Internet und WWW - Grundbegriffe

---

- Unterteilung von Computernetzwerken nach Reichweite und Größe



### **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

Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

9

## Internet und WWW - Grundbegriffe

---

### ● Welche Arten der Rechnerkommunikation lassen sich unterscheiden?

- 1:1 Verbindung - Unicast
- 1:alle Verbindung - Broadcast
- 1:viel Verbindung - Multicast

Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

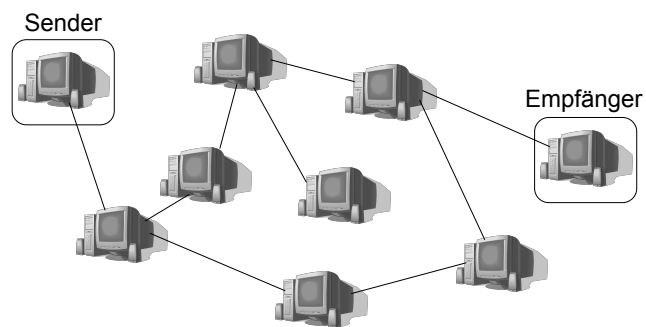
10

## Internet und WWW - Grundbegriffe

---

### ○ Unicast

- 1:1 Kommunikation (1 Sender → 1 Empfänger)



Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

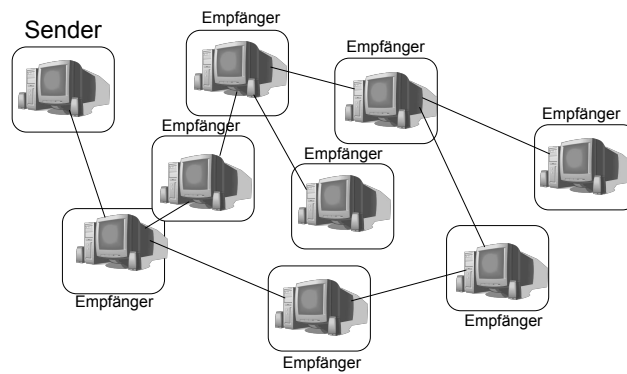
11

## Internet und WWW - Grundbegriffe

---

### ○ Broadcast

- 1:alle Kommunikation (1 Sender → alle Empfänger)



Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

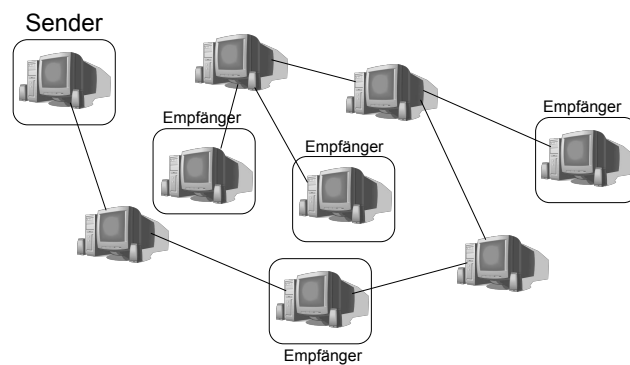
12

## Internet und WWW - Grundbegriffe

---

### ○ Multicast

- 1:viele Kommunikation (1 Sender → viele Empfänger)



Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

13

## Informatik der digitalen Medien

---

### 3. Internet und WWW

- Grundlagen der Rechnernetzung
  - Grundbegriffe
  - **Paketvermittlung**
  - Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell
  - LAN-Technologien
  - WAN-Technologien

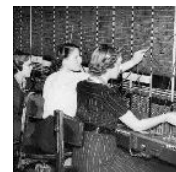
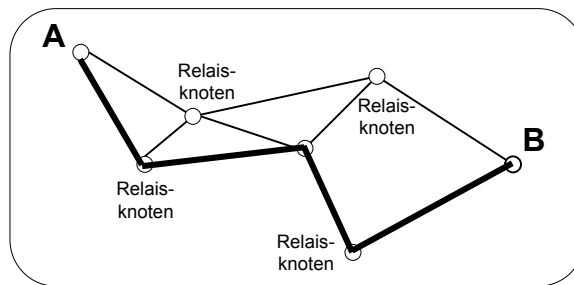
Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

14

## Internet und WWW - Paketvermittlung

### ○ Leitungsvermittlung

- Herkömmliche **geschaltete** Verbindungen



**Switched Circuit**  
z.B. Telefonnetz

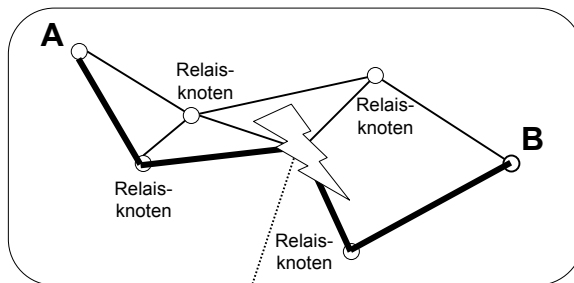
Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

15

## Internet und WWW - Paketvermittlung

### ○ Leitungsvermittlung

- Herkömmliche **geschaltete** Verbindungen



**Ausfall eines Relaisknoten**

Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

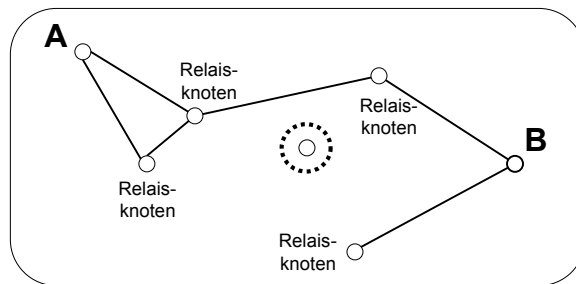
16



# Internet und WWW - Paketvermittlung

- **Leitungsvermittlung**

- Herkömmliche **geschaltete** Verbindungen



➡ **Verbindung bricht zusammen**

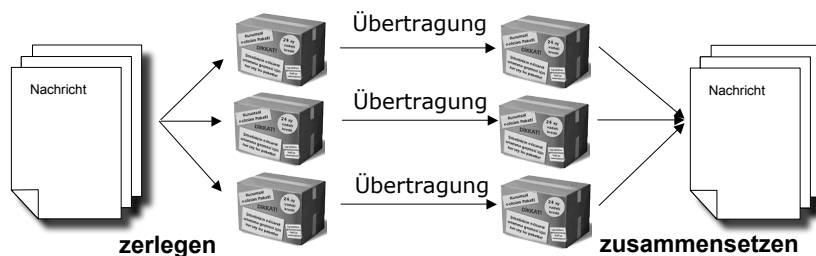
Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

17

# Internet und WWW - Paketvermittlung

- **Paketvermittlung**

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



- Netzwerke auf dieser Basis heißen **Paketvermittlungsnetze** (Packet Switching Networks).

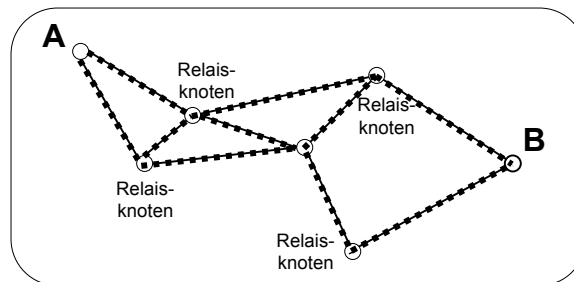
Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

18

## Internet und WWW - Paketvermittlung

### ○ Paketvermittlung

- Netzwerke auf dieser Basis heißen **Paketvermittlungsnetze** (Packet Switching Networks).



- Die Grundidee der Packet Switching Netzwerke stammt aus den frühen 60er Jahren



Paul Baran  
(1960)



Leonard  
Kleinrock  
(1961)

19

Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

## Internet und WWW - Paketvermittlung

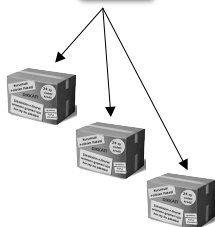
### ○ Paketvermittlung

- Nachricht wird dazu in einzelne Pakete zerlegt  
➔ **Fragmentierung**



Damit die Ursprungsnachricht am Ziel **wieder korrekt zusammengesetzt** werden kann, muss das Paket Zusatzinformationen enthalten:

- **Adressinformation** (...wohin soll das Paket?)
- **Paketnummer** (...wie kann die Ursprungsnachricht wieder zusammengesetzt werden?)
- **Fehlererkennung/-korrektur** (...ist etwas verloren gegangen?)



Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

20

## Internet und WWW - Paketvermittlung

---

- **Fehlererkennung bei der Paketvermittlung:**

- System versendet kleine Mengen zusätzlicher Informationen zusammen mit den Daten:



- **Sender** erzeugt zusätzliche Information aus den Nutzdaten eines Pakets (z.B. Paritätsprüfung - Parity Check, Prüfsummen und zyklische Redundanzprüfung CRC, Kombination von Blöcken)
- **Empfänger** führt gleiche Berechnung an den empfangenen Nutzdaten durch, um Übertragungsergebnis zu prüfen.

## Internet und WWW - Paketvermittlung

---

- **Vorteile der Paketvermittlung**

- Gemeinsam genutztes Kommunikationsnetz (**Kostensparnis**)
- Gleichberechtigten und fairen Zugang für alle Teilnehmer
  - angeschlossene Geräte versenden der Reihe nach jeweils ein Paket (**Zeitmultiplexverfahren**)
  - Geringe Wartezeit, da Pakete viel kleiner als Gesamtnachricht
- Einfacheres Entdecken und Beheben von Übertragungsfehlern



**Vereinfachung der Kommunikation zwischen Sender und Empfänger**

## 3. Internet und WWW

- Grundlagen der Rechnernetzung
  - Grundbegriffe
  - Paketvermittlung
  - **Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell**
  - LAN-Technologien
  - WAN-Technologien

## Internet und WWW - Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell

---

- **Netzprotokoll oder Kommunikationsprotokoll**
  - Sammlung von **Vereinbarungen und Regeln** nach denen sich die Kommunikationspartner richten sollen
  - Spezifiziert **Nachrichtenformate** und erforderliche **Aktionen** zur Nachrichtenübermittlung



*z.B. Telefonieren  
(Wählen, Klingeln, Abheben, „Hallo?“, „Hallo!“...)*



*z.B. jemanden zu Hause besuchen (Klingeln oder Anknöpfen, durch Türspion schauen,...)*

## Internet und WWW - Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell

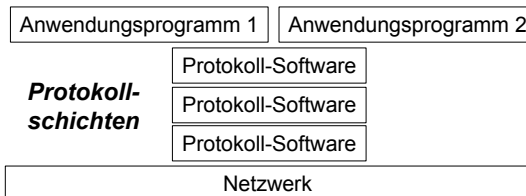
### ● Netzprotokoll oder Kommunikationsprotokoll

#### • Protokoll-Software

- implementiert Netzprotokoll
- komfortable und anspruchsvolle **Schnittstelle** zum Netzwerk
- kümmert sich automatisch um den Großteil der Kommunikations-Einheiten und Probleme auf den unteren Ebenen



Anwendungsprogramme, die in einem Netz kommunizieren, interagieren nicht direkt mit der Netzwerk-Hardware, sondern über die zwischengeschaltete **Protokoll-Software**



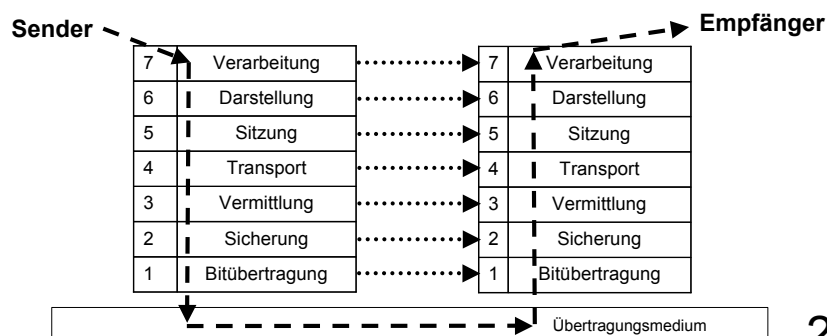
Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

25

## Internet und WWW - Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell

### ● ISO/OSI Schichtenmodell

- das **ISO/OSI-Referenzmodell** Modell war historisch das erste Schichtenmodell. Es wurde Anfang der 70er Jahre von der **International Organisation for Standardization** entwickelt

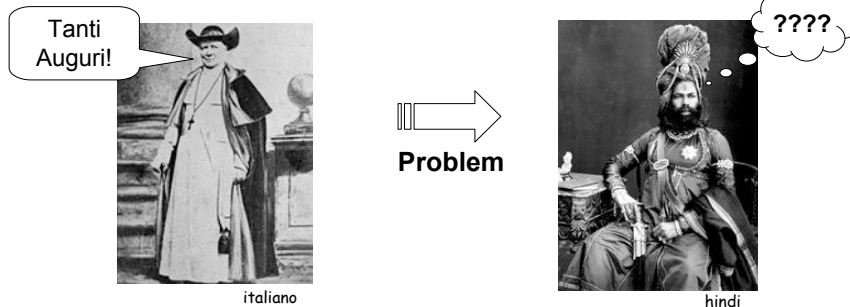


Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

26

## Internet und WWW - Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell

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



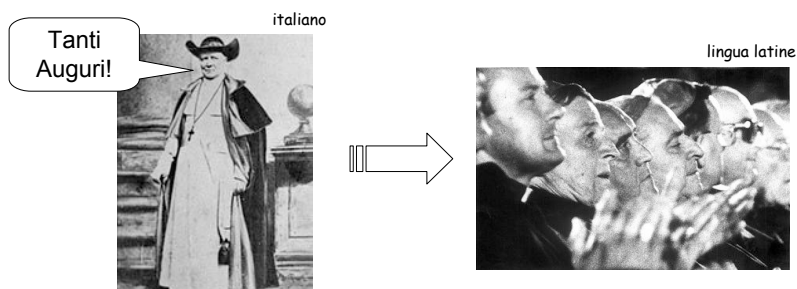
**1874:** Papst Pius IX. möchte dem Maharadscha von Pannah zum Geburtstag gratulieren

Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

27

## Internet und WWW - Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell

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



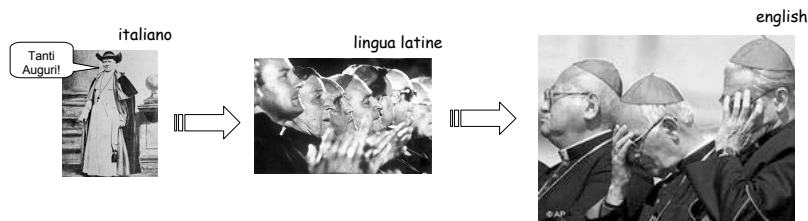
das Kardinalskollegium findet die Idee toll und lässt die vom Papst diktierete Botschaft **ins Lateinische** übersetzen

Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

28

## Internet und WWW - Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell

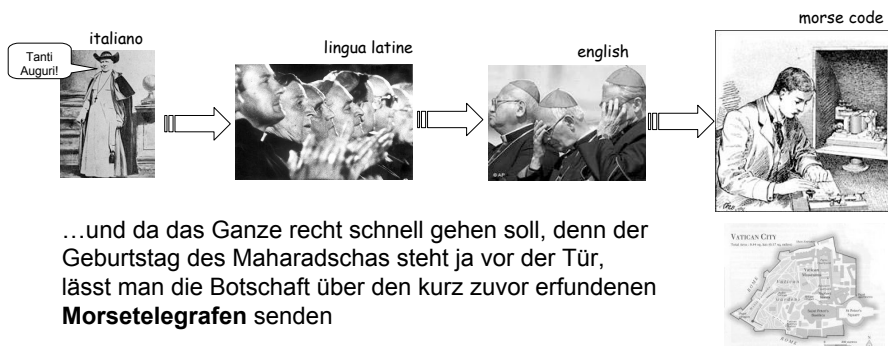
- Rechnernetzung – ein kleiner Exkurs
  - Schichtenmodell der Kommunikation – eine Analogie,,



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

## Internet und WWW - Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell

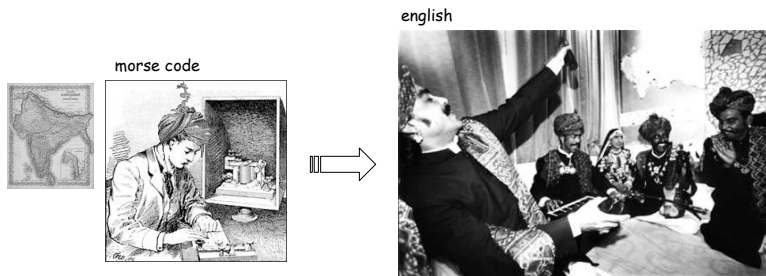
- Rechnernetzung – ein kleiner Exkurs
  - Schichtenmodell der Kommunikation – eine Analogie...



...und da das Ganze recht schnell gehen soll, denn der Geburtstag des Maharadschas steht ja vor der Tür, lässt man die Botschaft über den kurz zuvor erfundenen **Morselegraphen** senden

## Internet und WWW - Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell

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



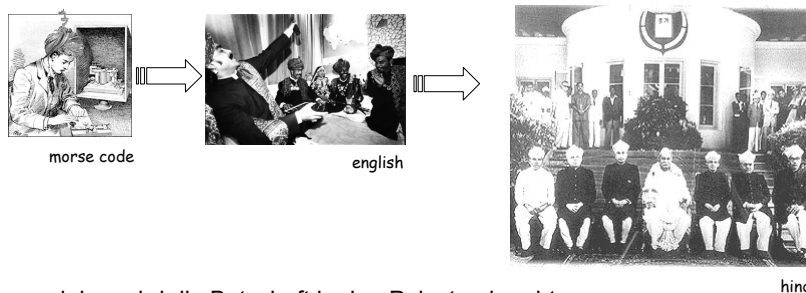
in **Indien** erhält der dort ansässige Telegrafendienst die Botschaft des Papstes. Die übertragenen Morsezeichen erweisen sich als eine **in Englisch** abgefasste Botschaft, die an den Maharadscha von Pannah adressiert ist

Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

31

## Internet und WWW - Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell

- 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

Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

32



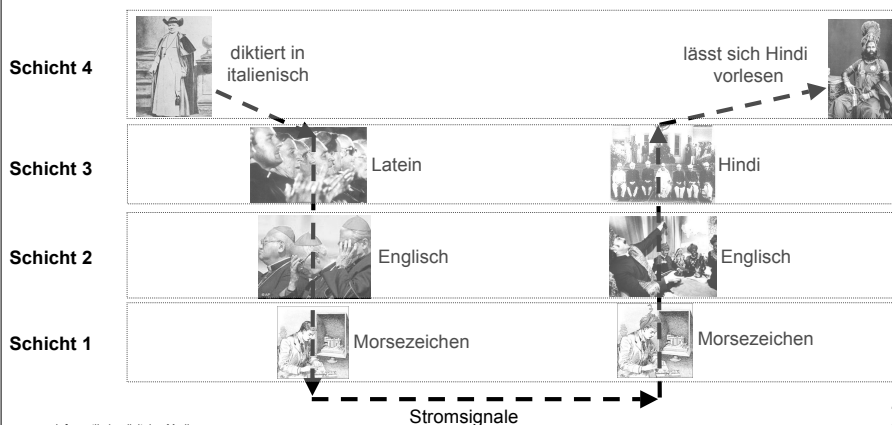
## Internet und WWW - Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell

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



## Internet und WWW - Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell

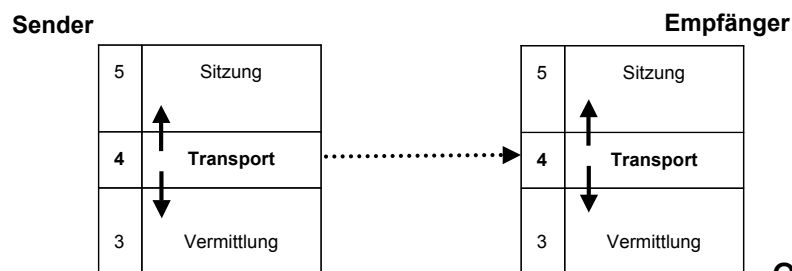
- Rechnernetzwerkung – ein kleiner Exkurs
  - Schichtenmodell der Kommunikation – eine Analogie...



## Internet und WWW - Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell

### ● ISO/OSI Schichtenmodell

- der **modulare Aufbau** des Protokollstapels erleichtert
  - die Implementierung
  - die Umstellung auf technologische Weiterentwicklungen und
  - die Wartung



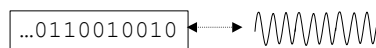
Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

35

## Internet und WWW - Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell

### ● 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

Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

36

## Internet und WWW - Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell

### ● ISO/OSI Schichtenmodell

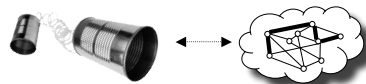
#### → Schicht 3: Vermittlung (Network)

- Zuweisung von **Adressen**
- **Weiterleitung** von Paketen im Netz
  - (Adressierung, Routing,...)



#### → Schicht 4: Transport (Transport)

- **zuverlässigen Übertragung**
- (...umfasst komplexeste Protokolle)



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

37

Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

## Internet und WWW - Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell

### ● ISO/OSI Schichtenmodell

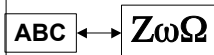
#### → Schicht 5: Sitzung (Session)

- Aufbau einer **Übertragungssitzung** zu entfernten System
- Spezifikation von **Sicherheitstechniken** (z.B. Passwörter)



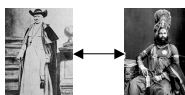
#### → Schicht 6: Darstellung (Presentation)

- Darstellung der Daten  
(**Übersetzung** der Datendarstellung eines Rechnertyps in die des anderen)



#### → Schicht 7: Verarbeitung (Application)

- Benutzung des Netzes durch eine Anwendung (z.B. wie kann Datei von einem anderen Rechner geladen werden)



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

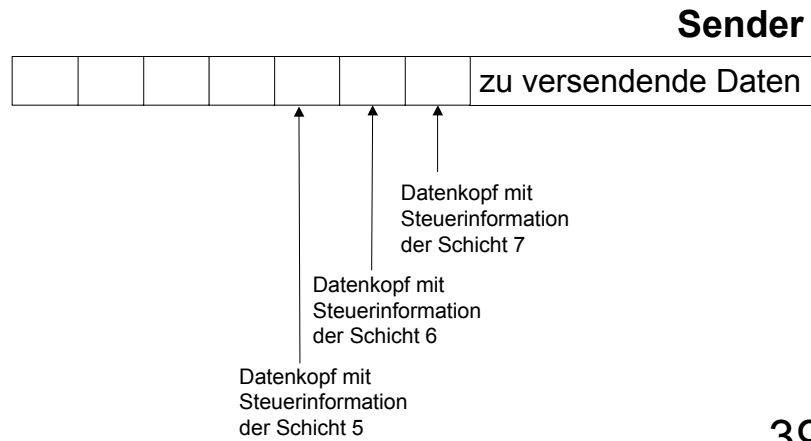
38

Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

# Internet und WWW - Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell

## ● ISO/OSI Schichtenmodell

- Grundprinzip der Kapselung

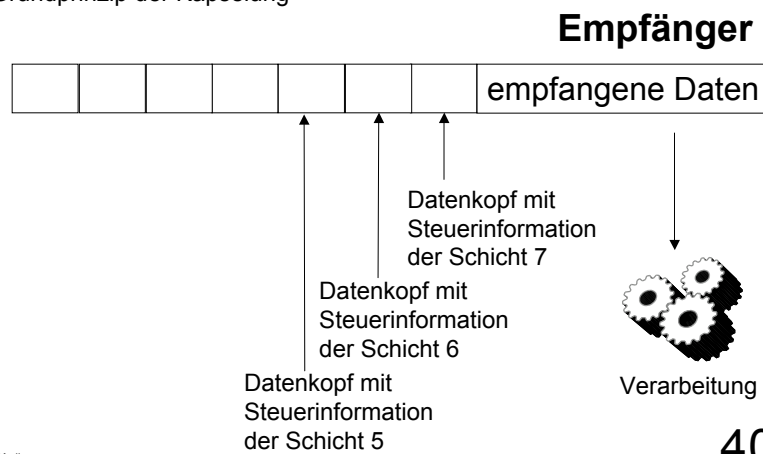


Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

# Internet und WWW - Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell

## ● ISO/OSI Schichtenmodell

- Grundprinzip der Kapselung



Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

## Internet und WWW - Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell

### ● TCP/IP Schichtenmodell

- **Referenzmodell für das Internet**
- nur **5 Schichten**
  - entsprechen Schicht 1,2,3,4,(5-7) des ISO/OSI-Modells
  - einfachere Implementation
  - geringerer Overhead
- defacto-Standard



Robert Kahn



Vinton Cerf

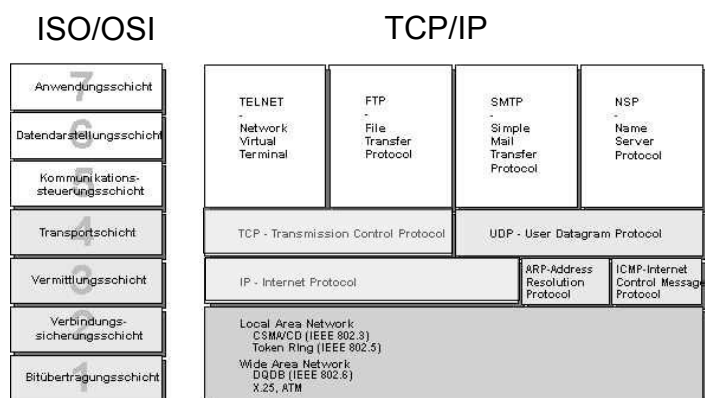
1973 Beginn der Entwicklung von TCP/IP  
1981 TCP/IP Standard in RFC 793

Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

41

## Internet und WWW - Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell

### ● TCP/IP Schichtenmodell



Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

42

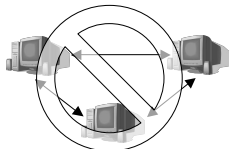
### 3. Internet und WWW

- Grundlagen der Rechnernetzung
  - Grundbegriffe
  - Paketvermittlung
  - Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell
  - **LAN-Technologien**
  - WAN-Technologien

## Internet und WWW - LAN Technologie

---

- **LAN-Technologien**
  - **Gemeinsam genutzte Kommunikationskanäle**
    - Ende der 60er Jahre kehrte man von Punkt-zu-Punkt Verbindungsschema ab und führte die so genannten "**Local Area Networks - LANs**" ein
  - **LANs folgen alle derselben Grundidee:**
    - gemeinsame Nutzung des Netzwerks.
    - Computer senden abwechselnd Datenpakete über ein gemeinsames Kommunikationsmedium



## Internet und WWW - LAN Technologie

### ○ LAN-Technologien

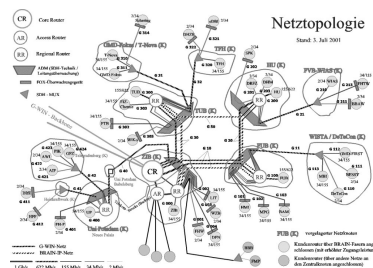
- gemeinsame Mediennutzung erfordert erheblichen **Koordinierungsaufwand**
- kostet **Ressourcen** und **Zeit**, z.B. längere Transferzeiten im Fernverkehr usw.
- Koordination geht zu Lasten der **Datenübertragung**
- Kommunikationskanal mit hoher Bandbreite **verteuert sich mit zunehmender Entfernung**

⇒ ideales Einsatzgebiet: **lokale Kommunikation**

## Internet und WWW - LAN Technologie

### ● LAN Topologien

- Unterschiedliche LAN-Technologien lassen sich nach ihrer jeweiligen **Topologie** klassifizieren
- **Topologie** beschreibt die geometrische Anordnung der Rechner im Netzwerk
- **Stern-, Ring- und Bustopologie** sind die gebräuchlichsten LAN-Topologien.
- Jede Topologie besitzt jeweils eigene Vor- und Nachteile



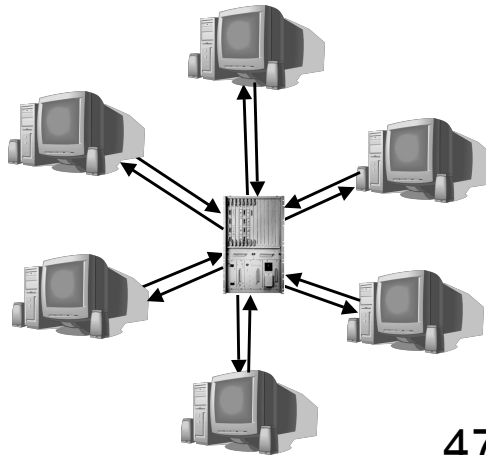
## Internet und WWW - LAN Technologie

---

- **LAN Topologien**

- **Sterntopologie:**

- LAN, bei dem alle Geräte sternförmig an einem zentralen Punkt, dem **Hub** (engl. Nabe), angeschlossen sind



Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

47

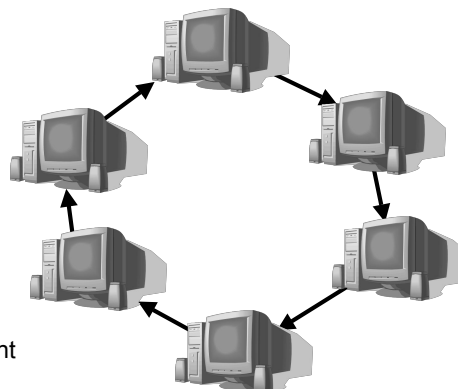
## Internet und WWW - LAN Technologie

---

- **LAN Topologien**

- **Ringtopologie:**

- LAN, bei dem alle angeschlossenen Geräte ringförmig in einer geschlossenen Schleife angeordnet sind



- **Achtung:**

- Ring bezieht sich auf logische Anordnung, nicht auf physische

Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

48



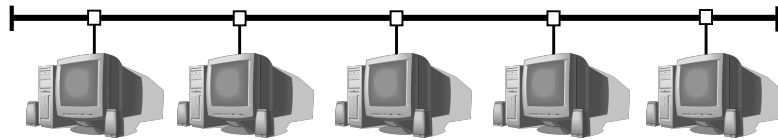
## Internet und WWW - LAN Technologie

---

- **LAN Topologien**

- **Bustopologie:**

- LAN, in dem alle Geräte an einem einzigen langen Kabel angeschlossen sind und bei dem das Kabel keine Schleife bildet



Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

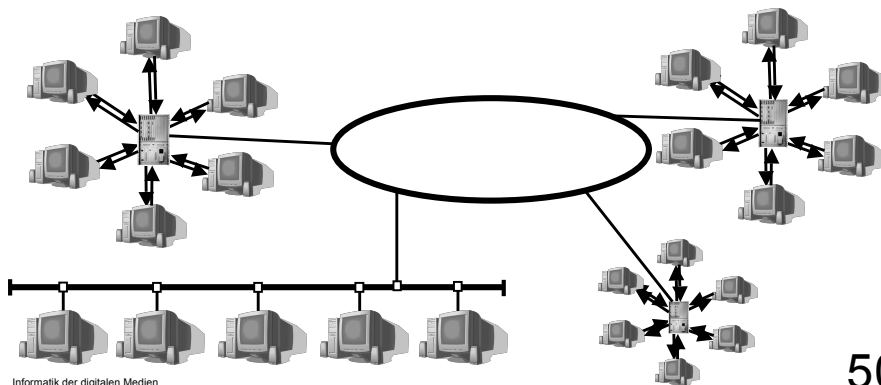
49

## Internet und WWW - LAN Technologie

---

- **LAN Topologien**

- Heute sind vor allem **Mischformen** der drei Grundtopologien im Einsatz



Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

50

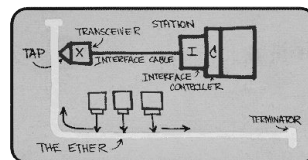
## Internet und WWW - LAN Technologie

### ● Ethernet - Beispiel für Bustopologie

- Ethernet ist die am häufigsten anzutreffende LAN-Technologie
- basiert auf der **Bustopologie**
- **1973** am Palo-Alto-Forschungszentrum von Xerox entwickelt (Robert Metcalfe)
- später wurde es zu einem gemeinsamen **Produktstandard** (DIX Ethernet) von **Digital Equipment, Intel und Xerox**.
- heute ist **IEEE** für die Pflege der Ethernetstandards zuständig



Robert Metcalfe



Original Entwurfsskizze (1973)

Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

51

## Internet und WWW - LAN Technologie

### ● Ethernet - Beispiel für Bustopologie

- **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



Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

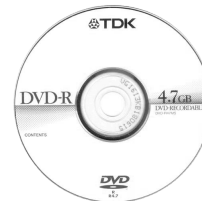
52

## Internet und WWW - LAN Technologie

---

- **Ethernet - Beispiel für Bustopologie**

- **Kleiner Geschwindigkeitsvergleich**
  - Übertragung einer DVD (4.7 GigaByte)



	<b>Modem 28.8kbps</b>	<b>DSL 768kbps</b>	<b>Ethernet 10Mbps</b>	<b>100 Mbps</b>	<b>1Gbps</b>	<b>10Gbps</b>
Dauer	16d 5h	14h 36min	67min 17s	6min 43s	40,37s	4,04s

Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

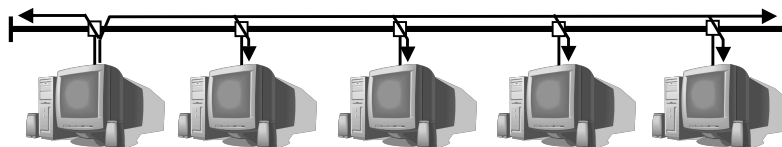
53

## Internet und WWW - LAN Technologie

---

- **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



Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

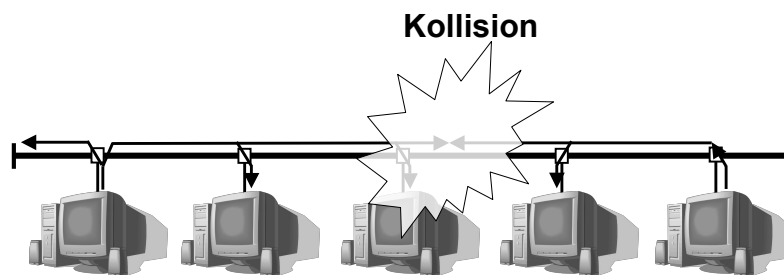
54

## Internet und WWW - LAN Technologie

---

- **Das Ethernet-Prinzip**

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



Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

55

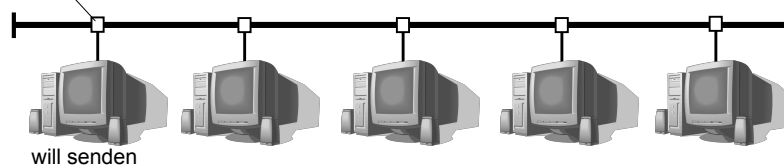
## Internet und WWW - LAN Technologie

---

- **Das Ethernet-Prinzip**

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

Netzwerkadapter lauscht



Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

56

## Internet und WWW - LAN Technologie

---

- **Das Ethernet-Prinzip**

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

### CSMA/CD-Algorithmus

Carrier Sense with Multiple Access / Collision Detect and Backoff

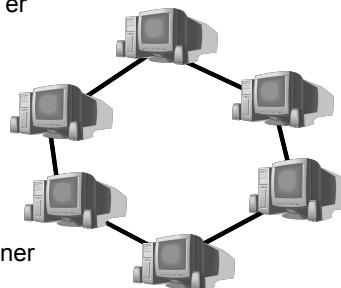
- lausche auf Kabel und **warte bis das Kabel frei** ist
- senden zwei Computer **gleichzeitig**, entsteht eine **Kollision**
- wird Kollision erkannt, wird **Übertragung abgebrochen**
- und **exponentieller Backoff** gestartet:
  - wähle zufälliges **Zeitintervall** bis zum nächsten Übertragungsversuch.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

## Internet und WWW - LAN Technologie

---

- **LAN-Technologien - Token Ring**

- **Funktionsprinzip:**
- will ein Computer Daten übertragen, muss er warten, **bis ihm der Zugriff auf das Netz (den Ring) gestattet wird**
- hat er die Übertragungserlaubnis (**Token**) erhält er vollständige Kontrolle über den Ring
- Daten werden von Rechner zu Rechner **weitergereicht**
- **Fehlererkennung** durch sendenden Rechner
- Bandbreiten: 16 Mbps – 100 Mbps

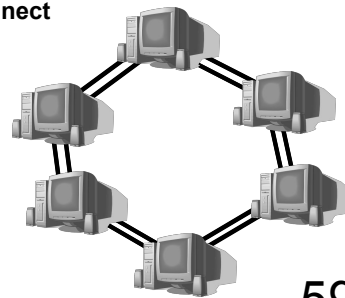


## Internet und WWW - LAN Technologie

---

- **LAN-Technologien - FDDI**

- größter **Nachteil** von Token-Ring-Netzen ist die **Fehleranfälligkeit**
- Ausfall eines Rechners legt gesamtes Netzwerk lahm
- **FDDI - Fiber Distributed Data Interconnect** ist Token-Ring-Technik mit
  - Doppelring,
  - Glasfasertechnologie und
  - Datenraten von 100 Mbps



59

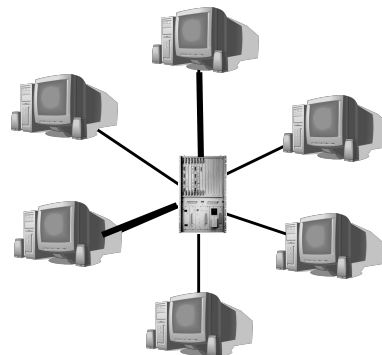
Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

## Internet und WWW - LAN Technologie

---

- **LAN-Technologien – ATM  
(Asynchronous Transfer Mode)**

- Rechner sind sternförmig an ein zentrales Hub (**ATM-Switch**) angeschlossen
- Daten werden **nur zwischen dem kommunizierendem Rechnerpaar** verteilt
- Ausfall eines Rechners hat keine Auswirkungen auf Gesamtfunktionalität
- **Garantierte Dienstqualität (!)**
  - Übertragung von Multimediadaten
- Einsatz auch im **WAN**
- Bandbreite bis >10.000 Mbps

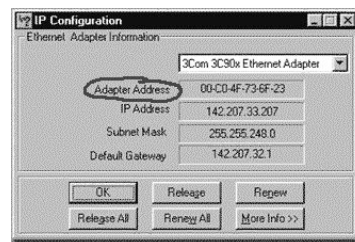


60

Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

## Internet und WWW - LAN Technologie

- Problem: Wie findet ein Datenpaket im LAN sein Ziel?
- **LAN-Technologien – Hardware-Adressierung**
  - jeder Rechner im LAN besitzt **eindeutige Hardware-Adresse** (Nummer)
  - jedes Paket enthält die Adresse des Senders (**Source**) und des Empfängers (**Destination**), sowie für den Transport notwendige Zusatzinformationen
  - Verschiedene Netzwerktypen verwenden unterschiedliche **Adressformate**

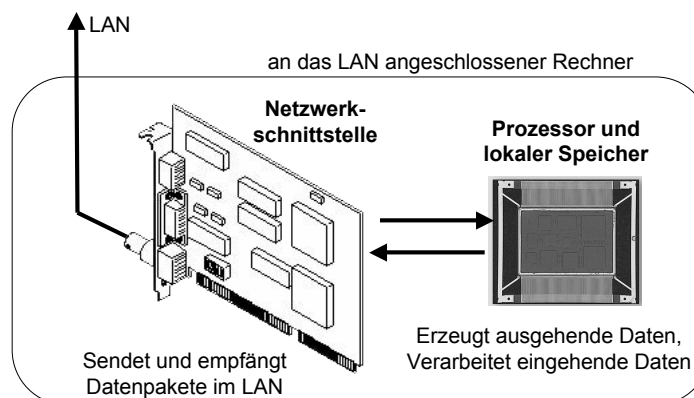


Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

61

## Internet und WWW - LAN Technologie

- **LAN-Technologien – Hardware-Adressierung**



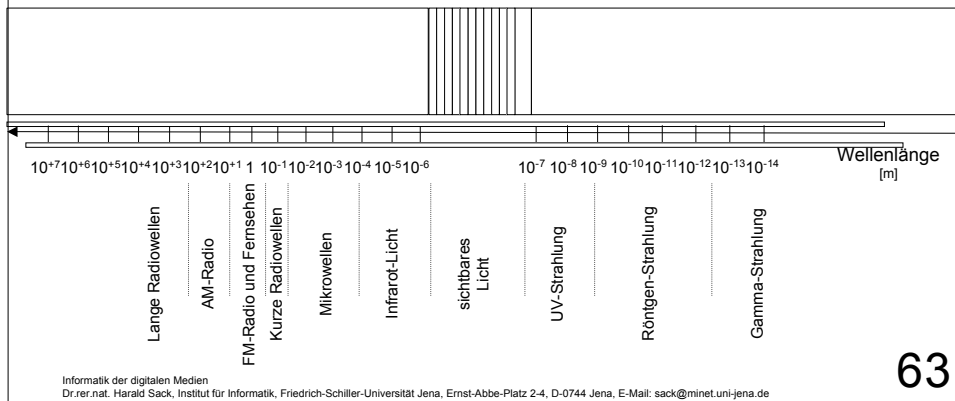
Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

62

# Internet und WWW - LAN Technologie

## Exkurs: Wireless LAN

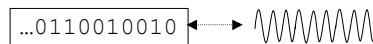
- **Exkurs: Wireless LAN**
  - Physikalische Grundlagen
    - Elektromagnetische Wellen



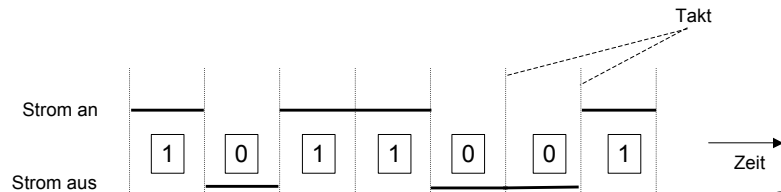
# Internet und WWW - LAN Technologie

## Exkurs: Wireless LAN

- **Modulation**
  - Wie kann man digitale Daten über ein analoges Medium übertragen?



- Einfachste Lösung:
  - Simuliere Digitale Datenübertragung (1=Strom an / 0=Strom aus)



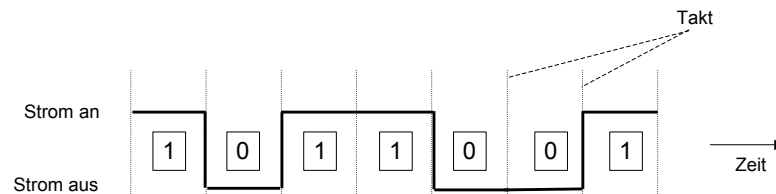


## Internet und WWW - LAN Technologie

### Exkurs: Wireless LAN

#### ● Modulation

- **Problem:** Rechteckwellen setzen sich aus **sehr vielen unterschiedlichen Frequenzanteilen** zusammen



- daher treten bei der Übertragung verstärkt **Signalverzerrungen** auf

Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

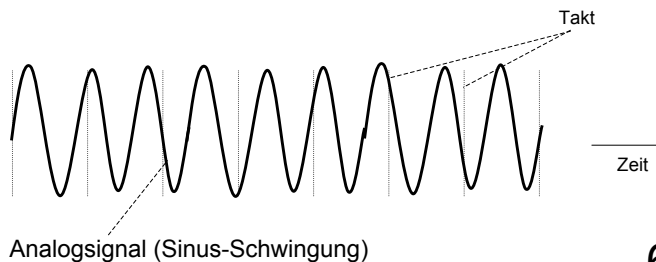
65

## Internet und WWW - LAN Technologie

### Exkurs: Wireless LAN

#### ● Modulation

- Verwende daher zur Übertragung ein möglichst **schmalbandiges Signal**
- = Signal mit wenig unterschiedlichen Frequenzanteilen
- um Störung durch Signalverzerrung gering zu halten



Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

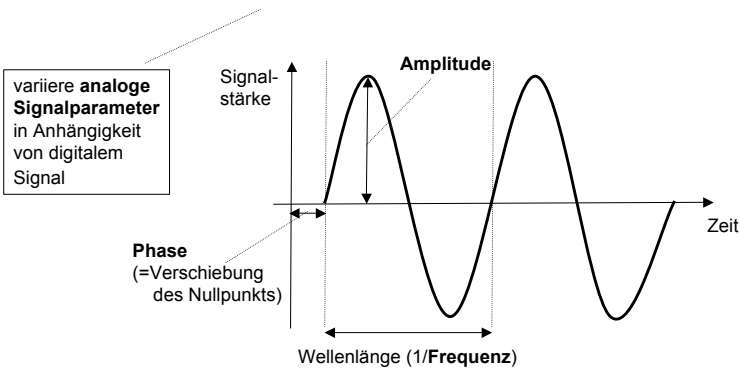
66

# Internet und WWW - LAN Technologie

## Exkurs: Wireless LAN

### ● Modulation

- Idee:
  - **moduliere** digitales Signal auf einfache, monofrequente Trägerwelle



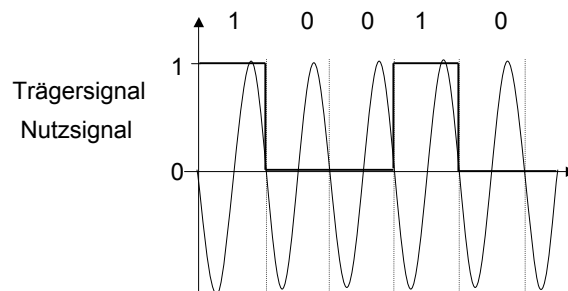
Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

67

# Internet und WWW - LAN Technologie

## Exkurs: Wireless LAN

### ● Amplituden-Modulation



multipliziere Amplitudenwerte

modulierte Amplitude

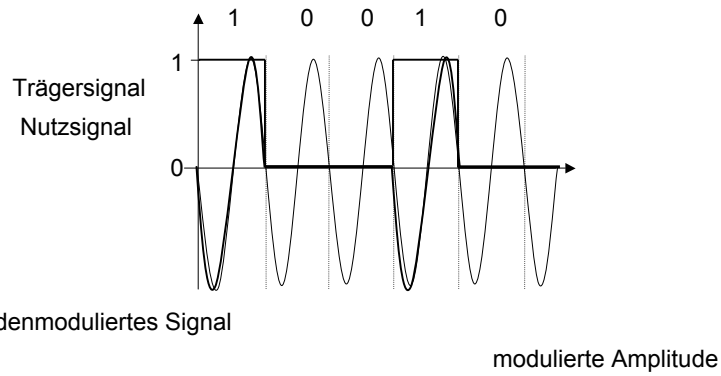
Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

68

# Internet und WWW - LAN Technologie

## Exkurs: Wireless LAN

- **Amplituden-Modulation**



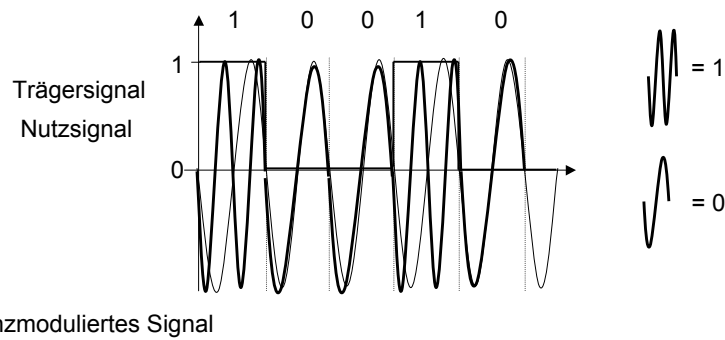
Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

69

# Internet und WWW - LAN Technologie

## Exkurs: Wireless LAN

- **Frequenz-Modulation**



Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

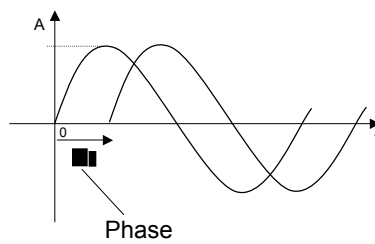
70

# Internet und WWW - LAN Technologie

## Exkurs: Wireless LAN

- **Phasen-Modulation**

- Information wird durch **Verschiebung der Phase** des Signals kodiert



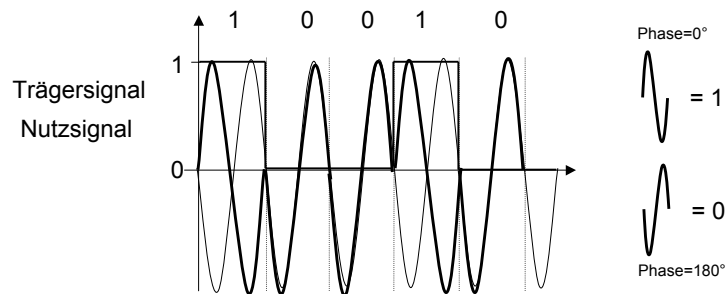
Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

71

# Internet und WWW - LAN Technologie

## Exkurs: Wireless LAN

- **Phasen-Modulation**



phasenmoduliertes Signal

Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

72

## Internet und WWW - LAN Technologie

### Exkurs: Wireless LAN

---

#### ● Kanalaufteilung

- In der Regel ist einem funkgestützten Kommunikationssystem eine bestimmte **Frequenz** bzw. ein Frequenzbereich zugeordnet von der Funkaufsichtsführenden Behörde zugeordnet.
- Wenn das Kommunikationssystem **von vielen Teilnehmern gleichzeitig** genutzt werden soll, müssen sich diese die zur Verfügung stehende Frequenz(en) teilen
  - **Frequenzmultiplexing**
  - **Zeitmultiplexing**
  - **Codemultiplexing**

Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

73

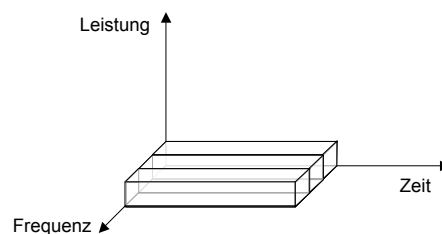
## Internet und WWW - LAN Technologie

### Exkurs: Wireless LAN

---

#### ● Frequenzmultiplexing

- **FDMA** (Frequenz Division Multiple Access)
- **Aufteilung des** zur Verfügung stehenden **Frequenzbereichs** (Frequenzband) auf die Teilnehmer **in disjunkte einzelne Kanäle**
- benachbarte Kanäle stören sich



Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

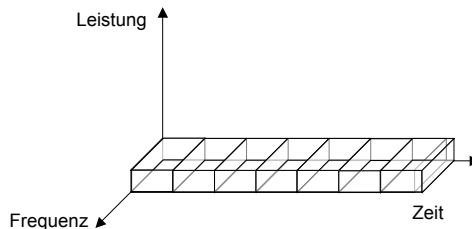
74

# Internet und WWW - LAN Technologie

## Exkurs: Wireless LAN

- **Zeitmultiplexing**

- **TDMA** (Time Division Multiple Access)
- Aufteilung der Sendezeit in **disjunkte Zeitschlitze** für die einzelnen Teilnehmer, die in Gruppen zu **Zeitrahmen** zusammengefasst werden
- Systemtakt notwendig



Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

75

# Internet und WWW - LAN Technologie

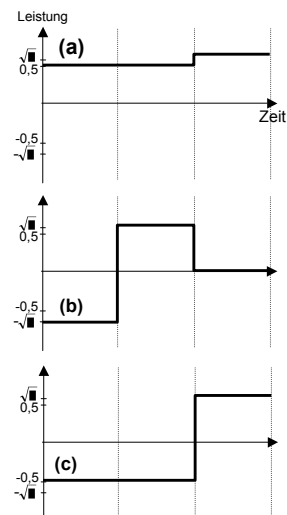
## Exkurs: Wireless LAN

- **Codemultiplexing**

- **CDMA** (Code Division Multiple Access)
- Alle im Frequenzband gleichzeitig gesendeten Signale werden mit einem **speziellen CDMA-Code** versehen

- z.B.  $a = (0.5, 0.5, \dots)$   
 $b = (-, \dots, 0)$   
 $c = (-0.5, -0.5, \dots)$

- **CDMA-Codes** müssen wechselseitig orthogonal sein (d.h.  $a \cdot b = 0 \dots$ )



Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

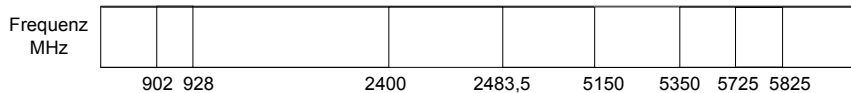
76

# Internet und WWW - LAN Technologie

## Exkurs: Wireless LAN

### ● Kleine WLAN Historie

- 1971 **ALOHA-Net**, erstes Funk-Datennetz auf Hawaii
- 1985 Festlegung der **ISM-Frequenzbänder**
  - (Industrial, Scientific, Medical), lizenzfreie Nutzung



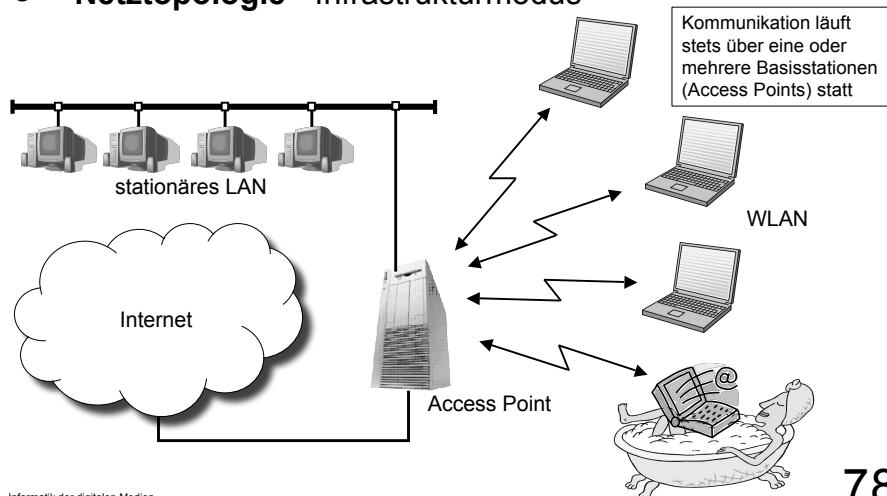
- 1988 IEEE Arbeitsgruppe 802 – lokale Netzwerke
- 1997 IEEE **802.11** – Wireless LAN
- 2003 IEEE 802.11g
  - Bandbreiten bis 54 Mbps



# Internet und WWW - LAN Technologie

## Exkurs: Wireless LAN

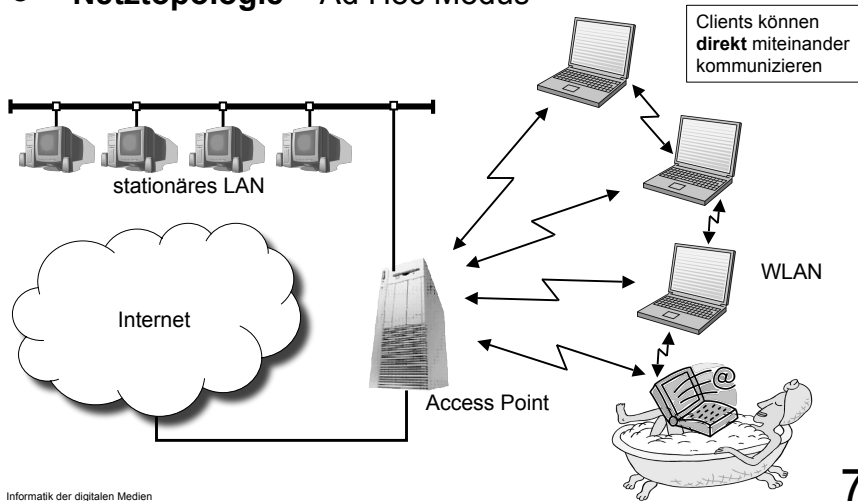
### ● Netztopologie - Infrastrukturmodus



# Internet und WWW - LAN Technologie

## Exkurs: Wireless LAN

### ● Netztopologie – Ad Hoc Modus



Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

# Internet und WWW - LAN Technologie

## Exkurs: Wireless LAN

### ○ WLAN Standards

Standard	802.11	802.11a	802.11b	802.11g
Frequenz	2,4 GHz	5 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz
Reichweite	150m	800m	400m	1000m
Übertragungsrate	2 Mbit	54 Mbit	22 Mbit	54 Mbit
seit	1997	1999	1999	2003

- dazu
  - 802.11e (Verbesserung Übertragungskapazität, Sicherheit)
  - 802.11d länderspezifisches WLAN
  - 802.11i (Verbesserung der Sicherheit)
  - 802.11n (vor. ab 2008, bis 248 Mbps)

Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

80



## Internet und WWW - LAN Technologie

### Exkurs: Wireless LAN

---

- **802.11 Protocol Stack**

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

Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

81

## Internet und WWW - LAN Technologie

### Exkurs: Wireless LAN

---

- **802.11 Protocol Stack – Physical Layer**

- **Modulationsverfahren:**
  - **F**requency **H**opping **S**pread **S**pectrum (**FHSS**)
  - **D**irect **S**equene **S**pread **S**pectrum (**DSSS**)
  - **O**rtogonal **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 – 1000 mW bei 5 GHz

Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

82

## Internet und WWW - LAN Technologie

### Exkurs: Wireless LAN

#### ● 802.11 Protocol Stack – Physical Layer

- **Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)**
  - verfügbares Frequenzband wird in 79 Kanäle von 1 MHz Bandbreite unterteilt
  - Schmalbandträgerwelle (1MHz breit) wechselt permanent die Frequenz (**G**aussian **F**requency **S**hift **K**eying - **GFSK**)
- **Abhörsicherheit:**  
nächste Frequenz kann von Lauscher nicht vorhergesagt werden
- **Mehrfachnutzung:**  
mehrere Netzwerke nutzen gleichzeitig denselben Frequenzraum und benutzen dazu jeweils unterschiedliche GFSK-Signaturen

Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

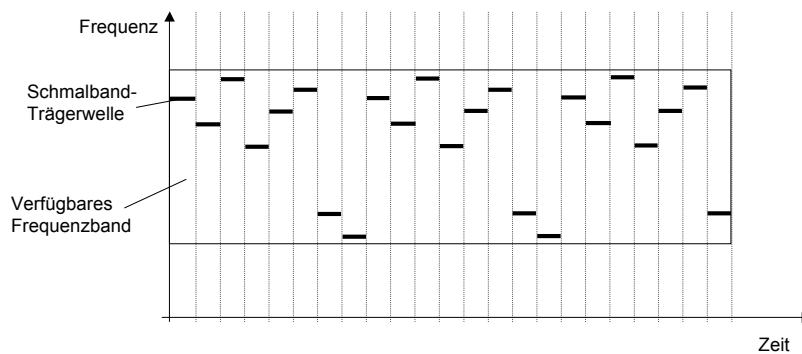
83

## Internet und WWW - LAN Technologie

### Exkurs: Wireless LAN

#### ● 802.11 Protocol Stack – Physical Layer

- **Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)**



Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

84

## Internet und WWW - LAN Technologie

### Exkurs: Wireless LAN

#### ● 802.11 Protocol Stack – Physical Layer

- **Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)**
  - Kombination des zuzendenden Datenstroms mit einem speziellen Code → **Chipping Code**
  - Jedes Datenbit (0/1) wird dabei auf eine speziell zwischen Sender und Empfänger vereinbarte (zufällige) Bitfolge abgebildet
    - 1 → Chipping Code
    - 0 → invertierter Chipping Code
  - **Abhörsicherheit:**  
Bitsignatur durch Chipping Code ist nur Sender und Empfänger bekannt
  - **Fehlertoleranz:**  
Bitsignatur gewährleistet effiziente Fehlerkorrektur → geringe Störanfälligkeit

Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

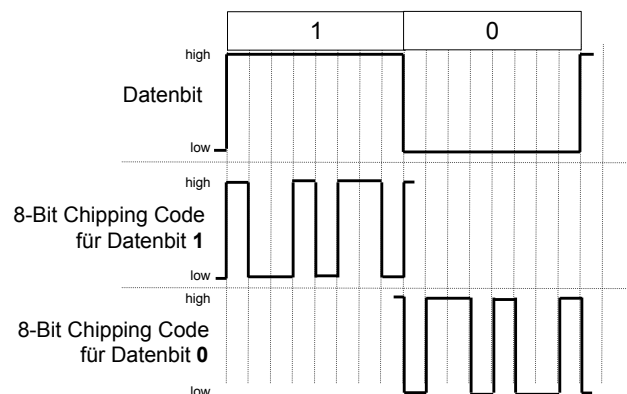
85

## Internet und WWW - LAN Technologie

### Exkurs: Wireless LAN

#### ● 802.11 Protocol Stack – Physical Layer

- **Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)**



Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

86

## Internet und WWW - LAN Technologie

### Exkurs: Wireless LAN

#### ● 802.11 Protocol Stack – MAC Layer

- regelt konkurrierenden Zugriff auf das Funknetz über
- **Carrier Sense Multiple Acces with Collision Avoidance (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

Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

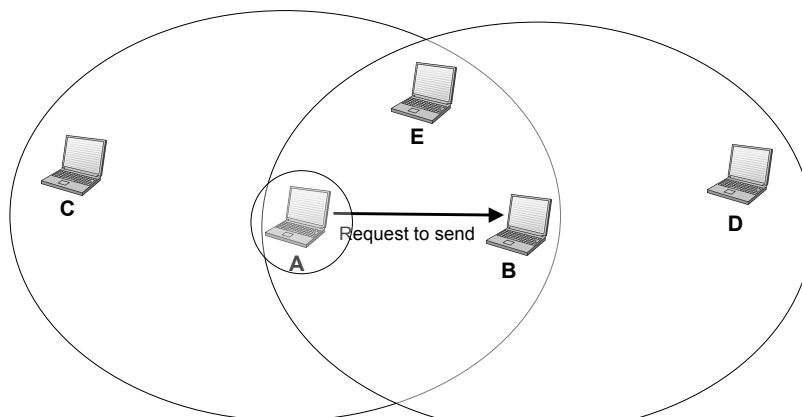
87

## Internet und WWW - LAN Technologie

### Exkurs: Wireless LAN

#### ● 802.11 Protocol Stack – MAC Layer

- **Multiple Acces with Collision Avoidance (CSMA/CA)**



Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

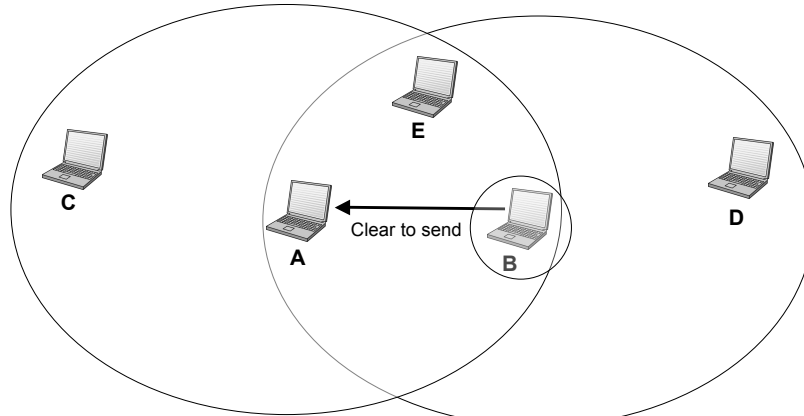
88

# Internet und WWW - LAN Technologie

## Exkurs: Wireless LAN

- **802.11 Protocol Stack – MAC Layer**

- **Multiple Acces with Collision Avoidance (CSMA/CA)**



Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

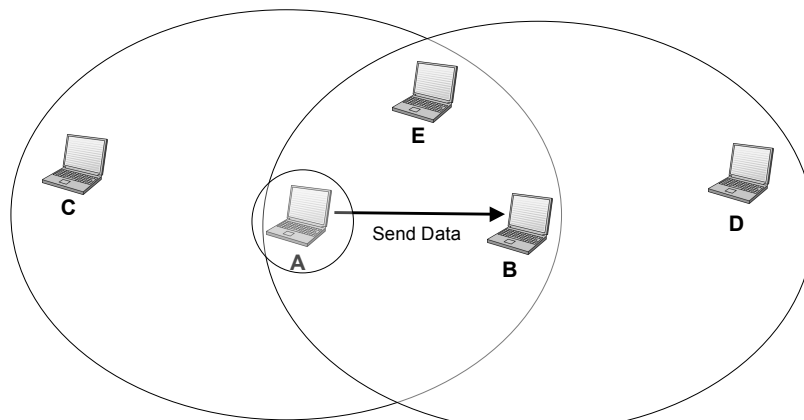
89

# Internet und WWW - LAN Technologie

## Exkurs: Wireless LAN

- **802.11 Protocol Stack – MAC Layer**

- **Multiple Acces with Collision Avoidance (CSMA/CA)**



Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

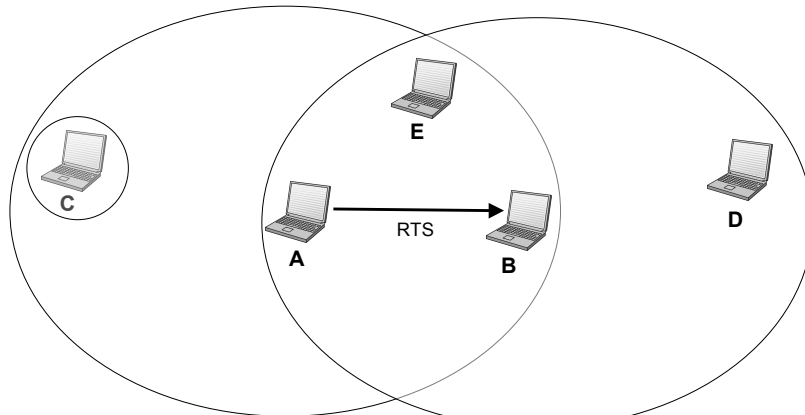
90

# Internet und WWW - LAN Technologie

## Exkurs: Wireless LAN

- **802.11 Protocol Stack – MAC Layer**

- Multiple Acces with Collision Avoidance (CSMA/CA)



Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

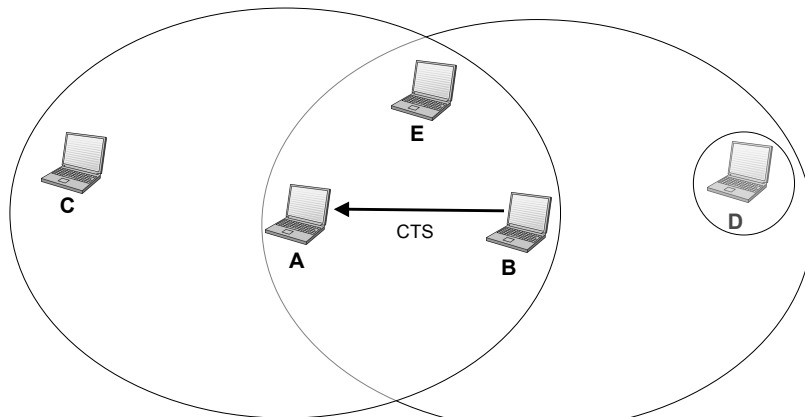
91

# Internet und WWW - LAN Technologie

## Exkurs: Wireless LAN

- **802.11 Protocol Stack – MAC Layer**

- Multiple Acces with Collision Avoidance (CSMA/CA)



Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

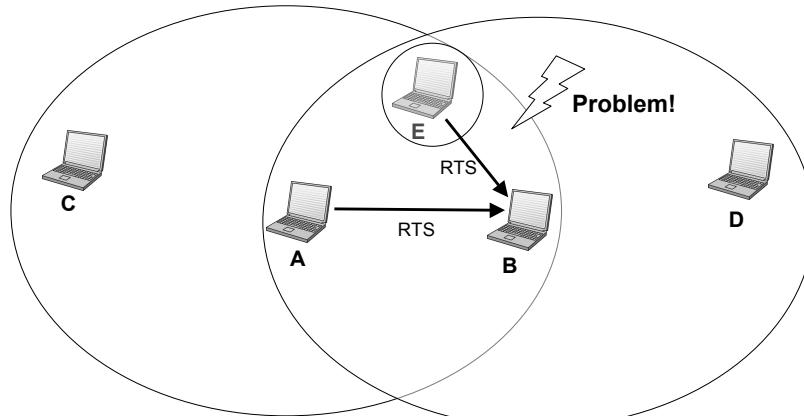
92

# Internet und WWW - LAN Technologie

## Exkurs: Wireless LAN

- **802.11 Protocol Stack – MAC Layer**

- **Multiple Acces with Collision Avoidance (CSMA/CA)**



Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

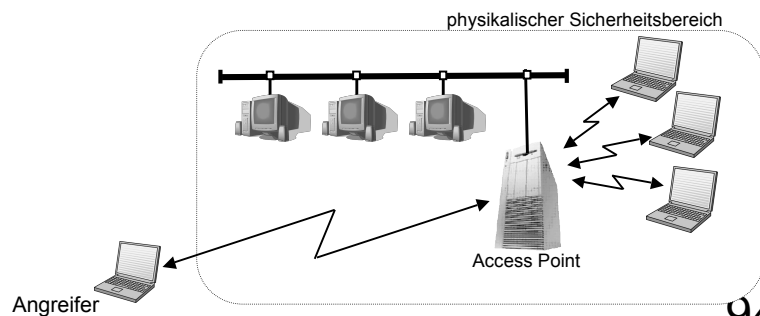
93

# Internet und WWW - LAN Technologie

## Exkurs: Wireless LAN

- **802.11 Sicherheit**

- im Gegensatz zu kabelgebundenen Netzen kann (potenziell) jeder mithören
- daher muss der Datenverkehr im WLAN eigentlich **stets verschlüsselt** werden



Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

94

## Internet und WWW - LAN Technologie

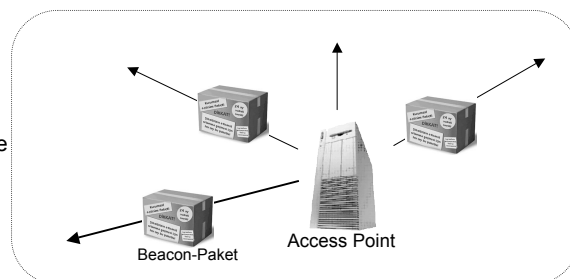
### Exkurs: Wireless LAN

#### ● 802.11 Sicherheit

- um den am WLAN teilnehmenden Rechnern Zugang zu gewähren, versendet der Access Point regelmäßig

#### „War Driving“

Angreifer fängt Beacon-Pakete ab und nutzt die darin enthaltene Information, um sich Zugang zu verschaffen



physikalischer Sicherheitsbereich

95

Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

## Informatik der digitalen Medien

### 3. Internet und WWW

- Grundlagen der Rechnernetzung
  - Grundbegriffe
  - Paketvermittlung
  - Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell
  - LAN-Technologien
  - **WAN-Technologien**

96

Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

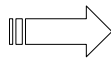


## Internet und WWW - WAN Technologie

---

- **WAN-Technologien – Wide Area Networks**

- **LANs sind stets beschränkt in**
  - ihrer geografischen Ausdehnung
  - der Anzahl der daran angeschlossenen Rechner
- **Warum?**
  - Alle Rechner sind an ein gemeinsam genutztes Kommunikationsmedium angeschlossen
  - Komplexe Algorithmen regeln reibungslose Kommunikation
  - Je **mehr** Rechner/je **größer** die geografische Ausdehnung, desto **aufwändiger** wird die Verwaltung der Kommunikation und damit auch **langsamer**



Daher muss die Kommunikation **zwischen einzelnen LANs** anders geregelt werden

Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

97

## Internet und WWW - WAN Technologie

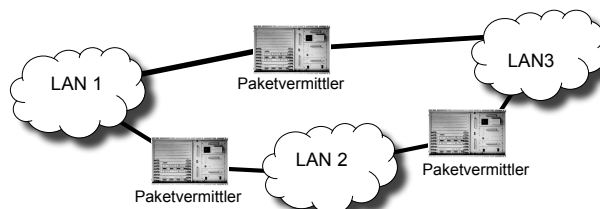
---

- **Paketvermittler (Packet Switches)**

- übernehmen Vermittlung von Datenpaketen zwischen verschiedenen Netzen
- ist **Computer** mit Prozessor, Speicher und E/A-Geräten, der **ausschließlich zum Senden und Empfangen von Paketen** benutzt wird



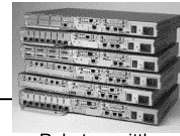
Paketvermittler



Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

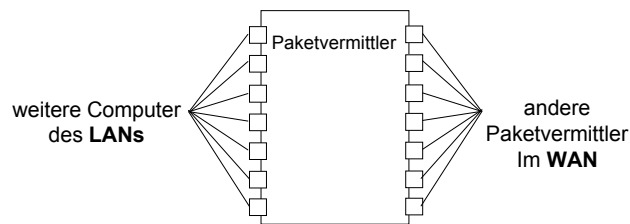
98

## Internet und WWW - WAN Technologie



Paketvermittler

- **Paketvermittler (Packet Switches)**



- Ports für weitere Paketvermittler: **sehr hohe Geschwindigkeiten.**
- Ports zum Anschluss von Computern: **niedrigere Geschwindigkeit**

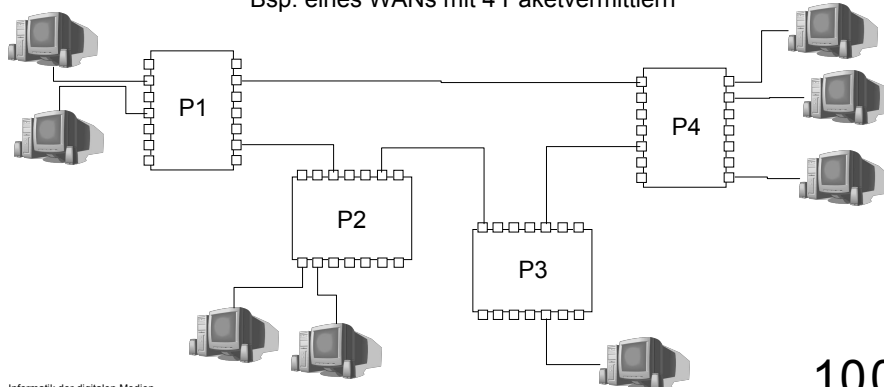
Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

99

## Internet und WWW - WAN Technologie

- **Paketvermittler (Packet Switches)**

Bsp. eines WANs mit 4 Paketvermittlern



Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

100

## Internet und WWW - WAN Technologie

---

- **Arbeitsweise eines WANs**

- ähnlich einem LAN:
  - jede WAN-Technologie definiert **eigenes Paketformat**
  - jeder angeschlossene Computer erhält **Hardwareadresse**
  - Sender muss in seinen Paketen **Zieladresse des gewünschten Kommunikationspartners** angeben.
  
- Zieladressen sind meist **hierarchisch** aufgebaut:

(Zielpaketvermittler, Zielrechner)

Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

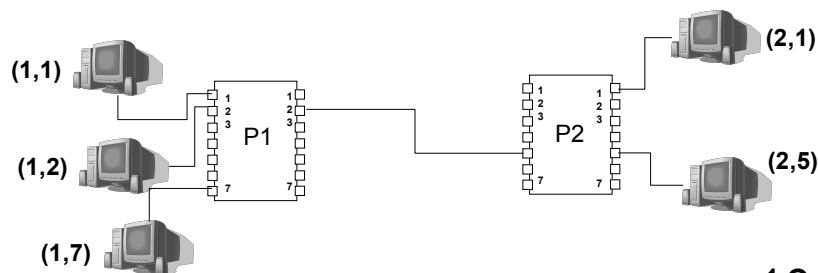
101

## Internet und WWW - WAN Technologie

---

- **Arbeitsweise eines WANs**

- **Adresse** ist aufgeteilt in mehrere Teiladressen aufgeteilt, z.B.
  - - **erster** Teil identifiziert Paketvermittler
  - - **zweiter** Teil identifiziert an diesen Paketvermittler angeschlossenen Computer



Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

102

## Internet und WWW - WAN Technologie

### ● Arbeitsweise eines WANs

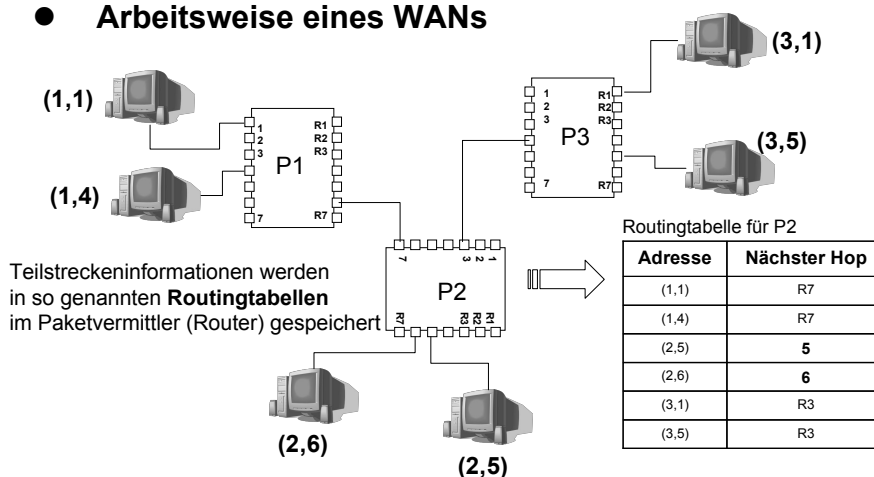
- **Woher weiß Paketvermittler, wohin ein Datenpaket weitergegeben werden muss?**
    - Paketvermittler halten nur Information über **nächste Teilstrecke = Hop**
    - jeder Paketvermittler muss für weiterzuleitendes Paket **Route** wählen.
      - (a) Ist ein Paket für **direkt angeschlossenen** Computer bestimmt, erfolgt direkte Zustellung
      - (b) ist ein Paket für einen Computer an einem **anderen Paketvermittler** bestimmt, wird es zu diesem Paketvermittler gesendet
- zur Auswahl der Leitung wird die **Zieladresse** benötigt

Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

103

## Internet und WWW - WAN Technologie

### ● Arbeitsweise eines WANs

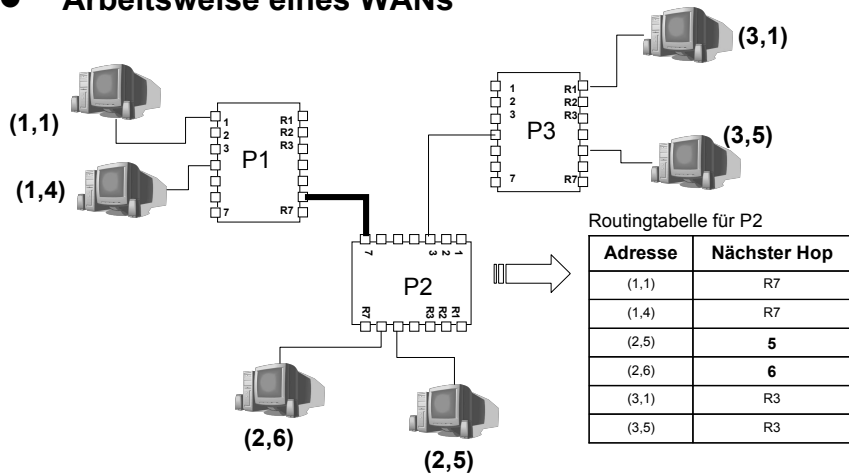


Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

104

## Internet und WWW - WAN Technologie

### ● Arbeitsweise eines WANs

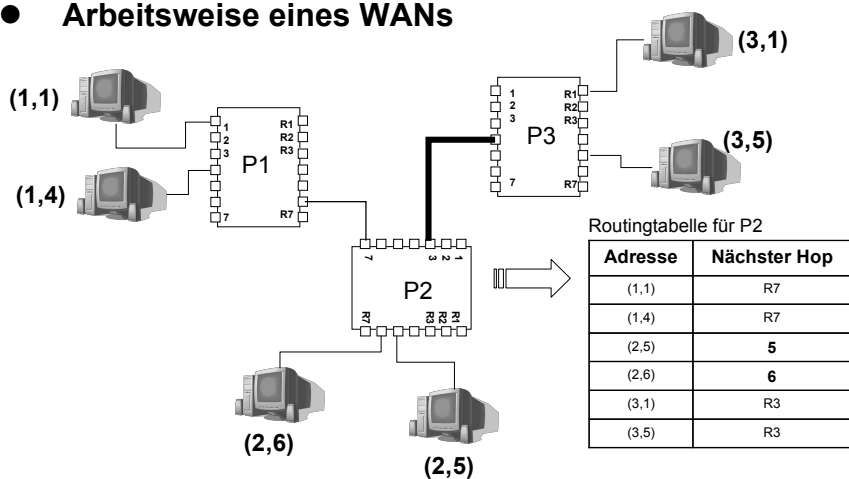


Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

105

## Internet und WWW - WAN Technologie

### ● Arbeitsweise eines WANs

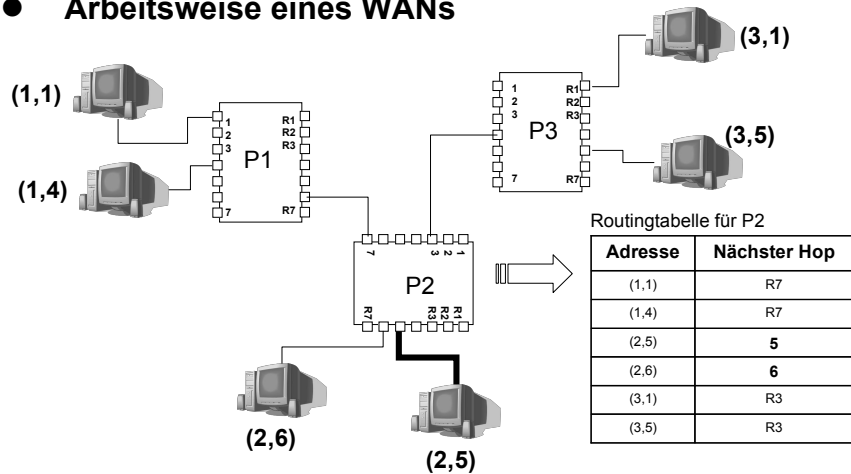


Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

106

## Internet und WWW - WAN Technologie

### ● Arbeitsweise eines WANs



Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

107

## Internet und WWW - WAN Technologie

### ● Beispiele für WAN-Technologien

- Arpanet
- X.25
- ISDN
- Frame Relay
- ATM
- PDH / SDH
- SONET

Informatik der digitalen Medien  
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

108

## Internet und WWW - WAN Technologie

---

- **Probleme:**

- Wie vermittele ich zwischen verschiedenen LAN/WAN-Technologien?
- Wie findet ein Datenpaket in einem komplexen, heterogenen Netzwerk sein Ziel?
- Wie kommt der Paketvermittler (Router) zu seiner Routingtabelle?
- Wie vermeide ich Stau und Überlastsituationen?
- Wie vermeide/umgehe ich Übertragungsfehler?



**Internetworking**

## Informatik der digitalen Medien

---

### 3. Internet und WWW

- Grundlagen der Rechnernetzung
  - Grundbegriffe
  - Paketvermittlung
  - Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell
  - LAN-Technologien
  - WAN-Technologien

# Informatik der digitalen Medien

---

## 3. Internet und WWW

### ○ Literatur



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

- IEEE LAN-Arbeitsgruppe 802  
<http://www.ieee.org/802/>