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)

3. Internet und WWW

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

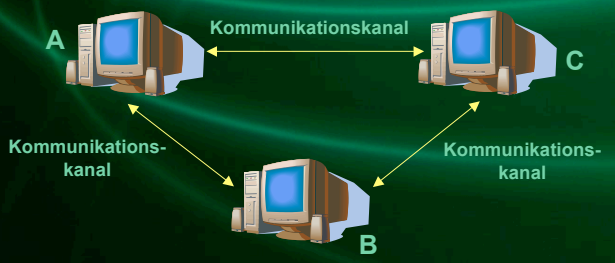
Informatik der digitalen Medien

3. Internet und WWW

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

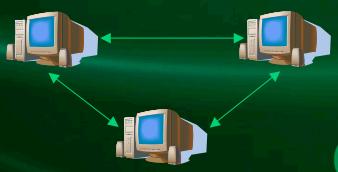
Internet und WWW - Grundbegriffe

- **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



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

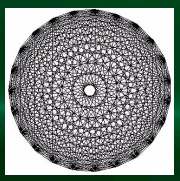


Internet und WWW - Grundbegriffe

- **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 $\frac{n \cdot (n-1)}{2}$ der benötigten Direktverbindungen !

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

Bsp.: 23 Rechner
--> 253 Kabel

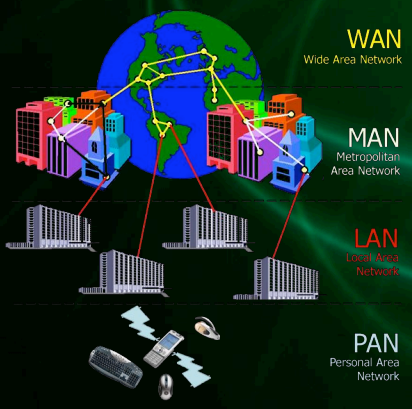


Internet und WWW - Grundbegriffe

- **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

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

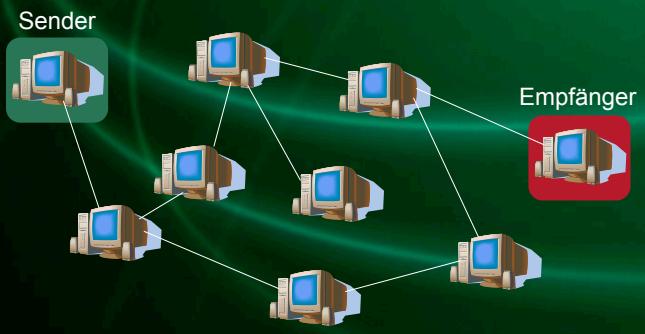
PAN – *Personal Area Network*
Mini-Vernetzung im persönlichen Umfeld

Internet und WWW - Grundbegriffe

- **Welche Arten der Rechnerkommunikation lasen sich unterscheiden?**
  - 1:1 Verbindung - Unicast
  - 1:alle Verbindung - Broadcast
  - 1:viel Verbindung - Multicast

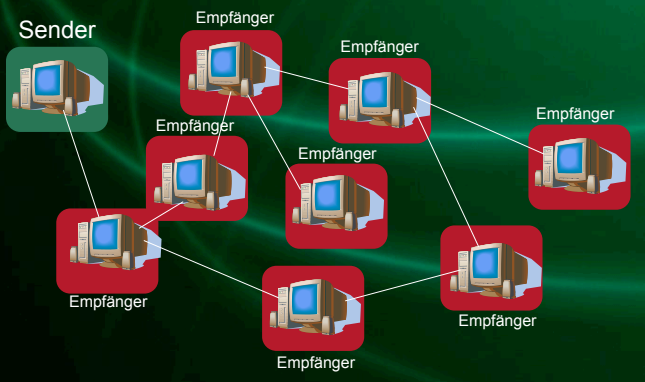
Internet und WWW - Grundbegriffe

- **Unicast**
  - **1:1** Kommunikation (1 Sender ➔ 1 Empfänger)



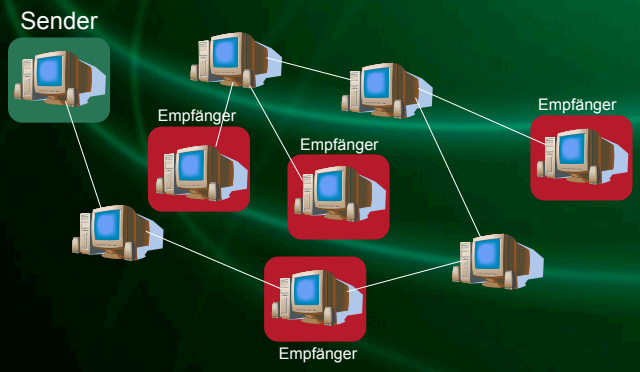
Internet und WWW - Grundbegriffe

- **Broadcast**
  - **1:alle** Kommunikation (1 Sender ➔ alle Empfänger)



Internet und WWW - Grundbegriffe

- **Multicast**
  - **1:viele** Kommunikation (1 Sender ➔ viele Empfänger)



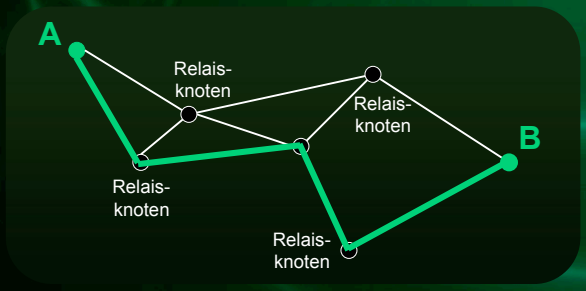
Informatik der digitalen Medien

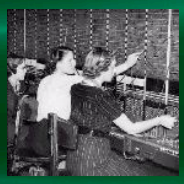
3. Internet und WWW

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

Internet und WWW - Paketvermittlung

- **Leitungsvermittlung**
  - Herkömmliche **geschaltete** Verbindungen

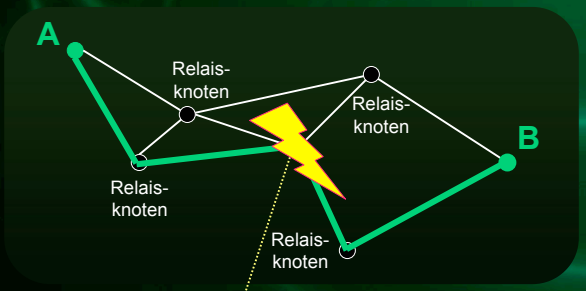


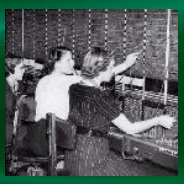


Switched Circuit
z.B. Telefonnetz

Internet und WWW - Paketvermittlung

- **Leitungsvermittlung**
  - Herkömmliche **geschaltete** Verbindungen

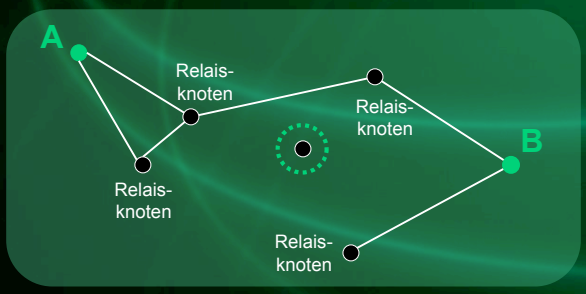




Ausfall eines Relaisknoten

Internet und WWW - Paketvermittlung

- **Leitungsvermittlung**
  - Herkömmliche **geschaltete** Verbindungen

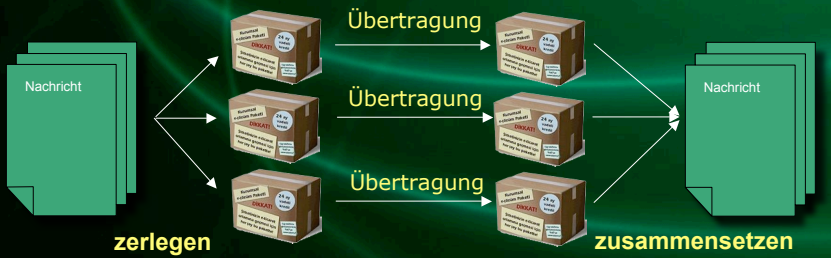


Verbindung bricht zusammen

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

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**

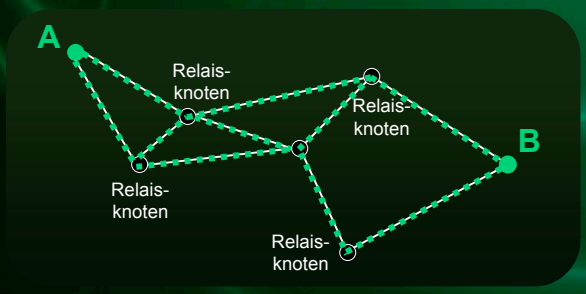


  - Netzwerke auf dieser Basis heißen **Paketvermittlungsnetze** (Packet Switching Networks).

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

Internet und WWW - Paketvermittlung

- **Paketvermittlung**
  - Netzwerke auf dieser Basis heißen **Paketvermittlungs-netze** (Packet Switching Networks).



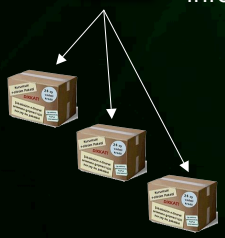
Paul Baran (1960)

Leonard Kleinrock (1961)

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

Internet und WWW - Paketvermittlung

- Paketvermittlung
  - Nachricht wird dazu in einzelne Pakete zerlegt
    ➡ **Fragmentierung**

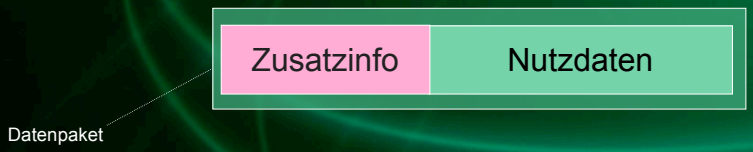


Damit die Ursprungsnachricht am Ziel **wieder korrekt zusammengesetzt** werden kann, muss das Paket Zusatz-informationen enthalten:

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

Internet und WWW - Paketvermittlung

- **Fehlererkennung bei der Paketvermittlung:**
  - System versendet kleine Mengen zusätzlicher Informationen zusammen mit den Daten:



Datenpaket

  - **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 (**Kostenersparnis**)
  - 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 Rechnervernetzung
  - Grundbegriffe
  - Paketvermittlung
  - **Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell**
  - LAN-Technologien
  - WAN-Technologien

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

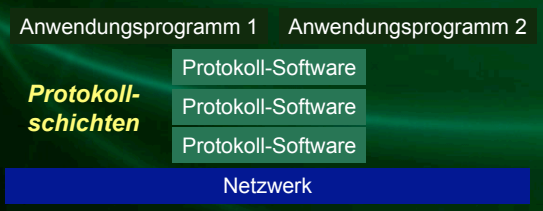
z.B. Telefonieren
(Wählen, Klingeln, Abheben, „Hallo?“, „Hallo!“…)

z.B. jemanden zu Hause besuchen (Klingeln oder Anklopfen, 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-Einzelheiten 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

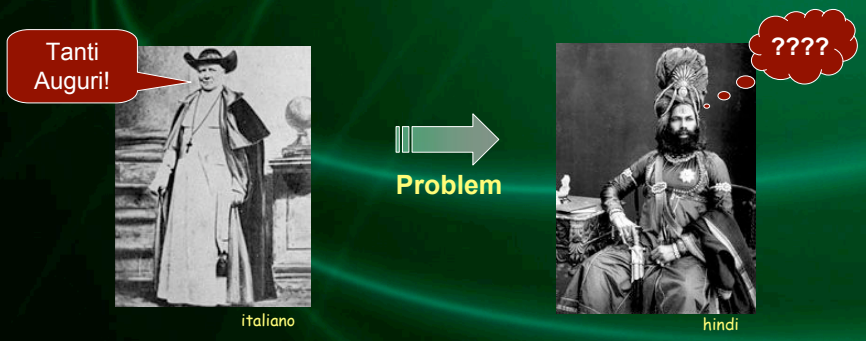
Internet und WWW - Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell

- **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

Internet und WWW - Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell

- Rechnervernetzung – ein kleiner Exkurs
  - **Schichtenmodell der Kommunikation – eine Analogie...**

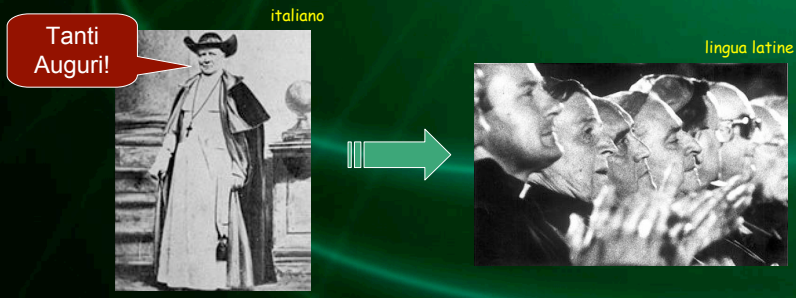


1874: Papst Pius IX. möchte dem Maharadscha von Pannah zum Geburtstag gratulieren

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

Internet und WWW - Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell

- Rechnervernetzung – ein kleiner Exkurs
  - **Schichtenmodell der Kommunikation – eine Analogie,,,**

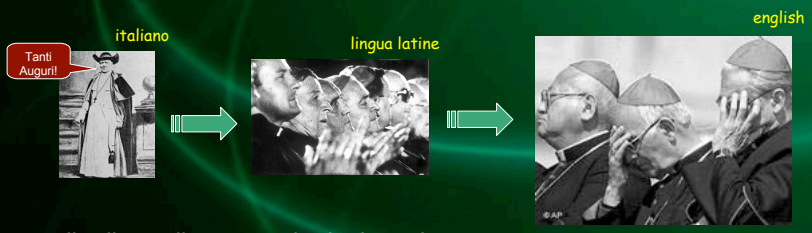


das Kardinalskollegium findet die Idee toll
und lässt die vom Papst diktierte Botschaft
ins Lateinische übersetzen

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

Internet und WWW - Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell

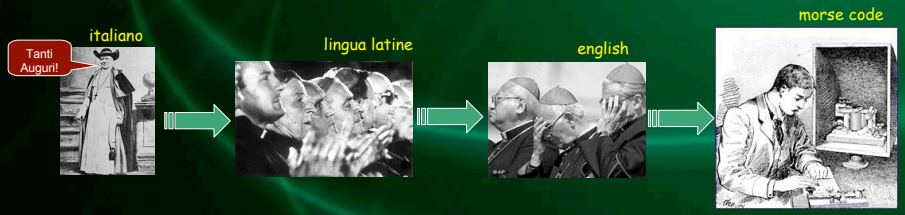
- Rechnervernetzung – ein kleiner Exkurs
  - **Schichtenmodell der Kommunikation – eine Analogie,,,**



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

- Rechnervernetzung – 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 **Morsetelegrafen** senden

Internet und WWW - Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell

- Rechnervernetzung – ein kleiner Exkurs
  - **Schichtenmodell der Kommunikation – eine Analogie...**

morse code

english

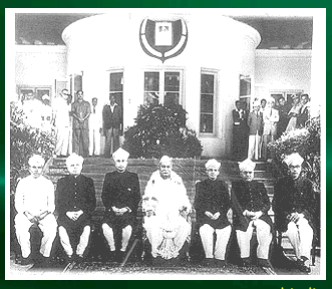
in **Indien** erhält der dort ansässige Telegrafendienst die Botschaft des Papstes. Die übertragenen Morsezeichen erweisen sich als eine **in Englisch** abgefasste Botschaft, die an den Maharadscha von Pannah adressiert ist

Internet und WWW - Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell

- Rechnervernetzung – ein kleiner Exkurs
  - **Schichtenmodell der Kommunikation – eine Analogie...**

morse code

english



hindi

…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

Internet und WWW - Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell

- Rechnervernetzung – ein kleiner Exkurs
  - **Schichtenmodell der Kommunikation – eine Analogie...**

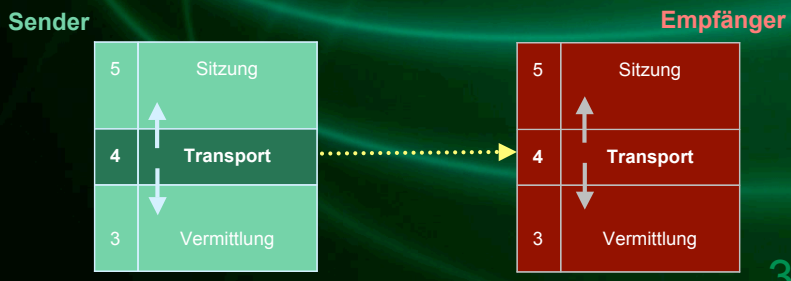
…der Maharadscha **lässt sich die Botschaft vorlesen**, ist hoch erfreut und lässt eine gebührliche Antwort auf dieselbe Weise zurück übermitteln

Internet und WWW - Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell

- Rechnervernetzung – 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



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

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)

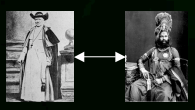
7	Verarbeitung
6	Darstellung
5	Sitzung
4	Transport
3	Vermittlung
2	Sicherung
1	Bitübertragung

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)

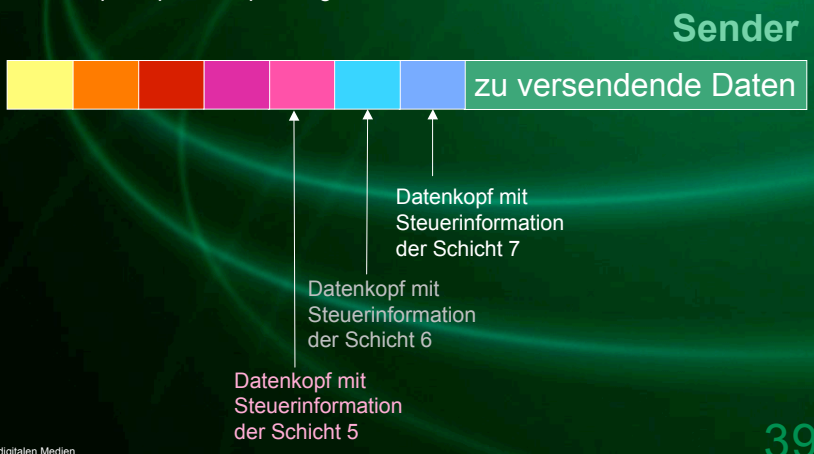
  - ➔ *Schicht 7:* ***Verarbeitung*** *(Application)*
    - Benutzung des Netzes durch eine Anwendung (z.B. wie kann Datei von einem anderen Rechner geladen werden)



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

Internet und WWW - Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell

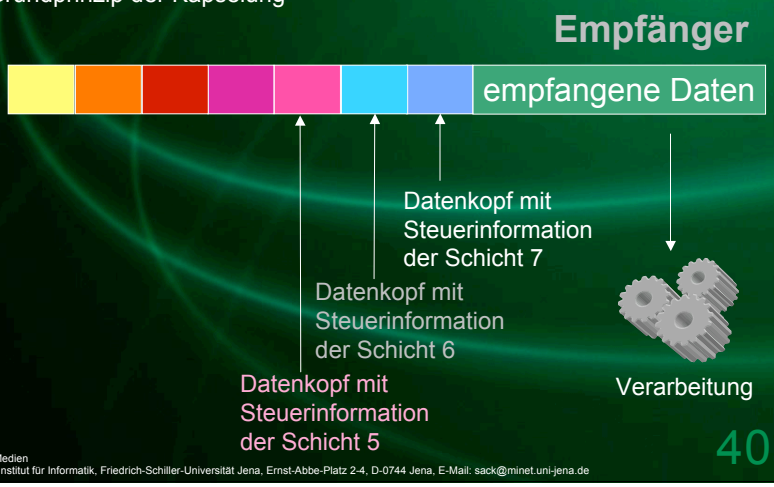
- **ISO/OSI Schichtenmodell**
  - Grundprinzip der Kapselung



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

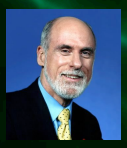


Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

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



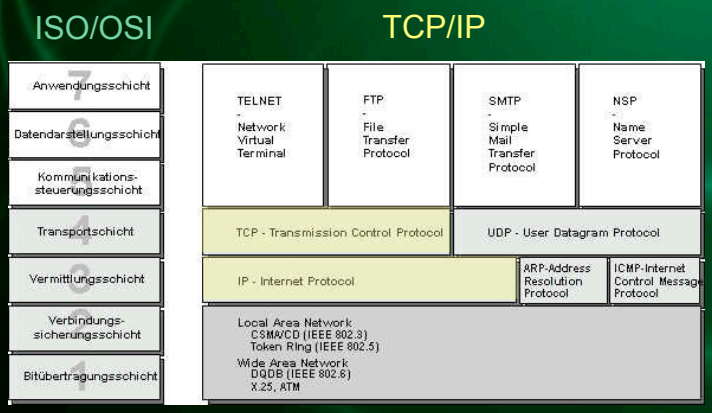
Vinton Cerf

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

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

3. Internet und WWW

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

- **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

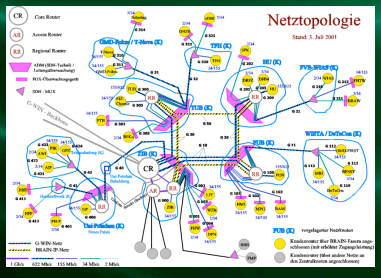
Internet und WWW - LAN Technologie

- **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**

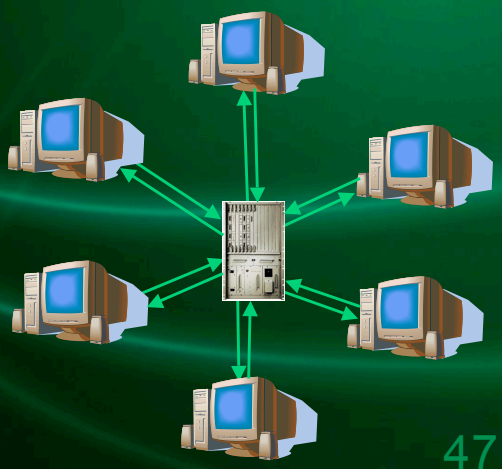
Internet und WWW - LAN Technologie

- **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



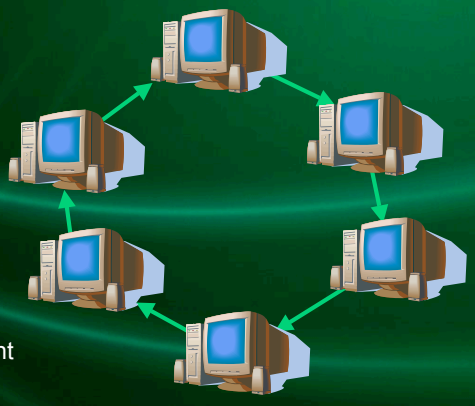
Internet und WWW - LAN Technologie

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



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

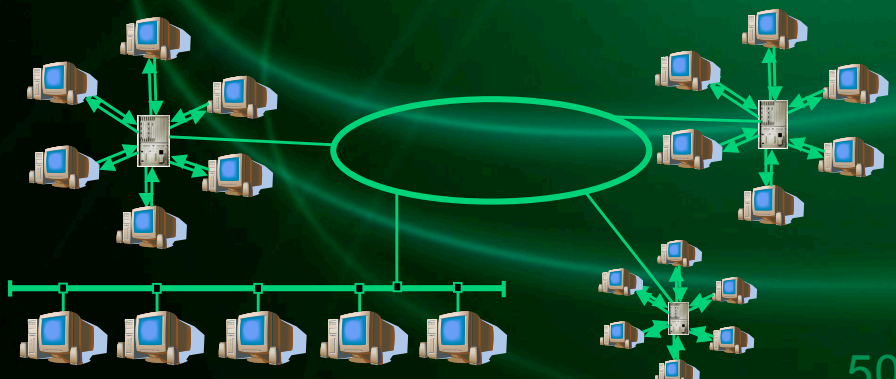


Internet und WWW - LAN Technologie

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

Internet und WWW - LAN Technologie

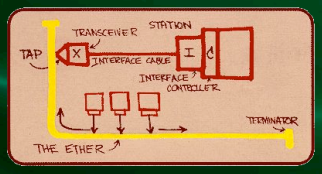
- **LAN Topologien**
  - Heute sind vor allem **Mischformen** der drei Grundtopologien im Einsatz



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 **D**igital Equipment, **I**ntel und **X**erox.
  - heute ist **IEEE** für die Pflege der Ethernetstandards zuständig

Robert Metcalfe



Original Entwurfskizze (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

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

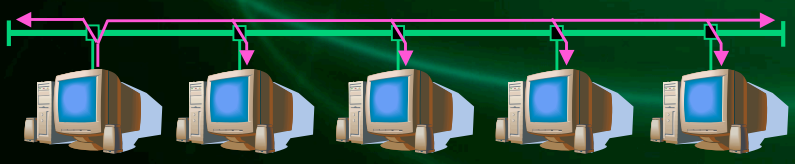
Internet und WWW - LAN Technologie

- **Ethernet - Beispiel für Bustopologie**
  - **Kleiner Geschwindigkeitsvergleich**
    - Übertragung einer DVD (4.7 GigaByte)

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

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

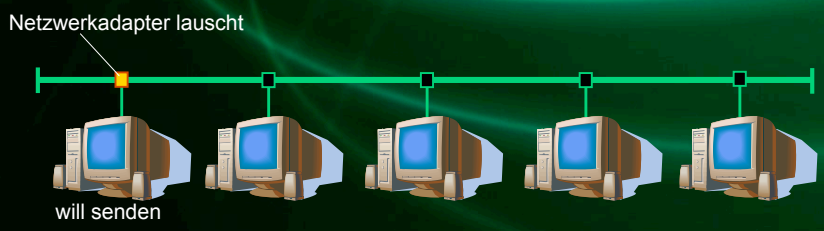


Internet und WWW - LAN Technologie

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

Internet und WWW - LAN Technologie

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



Internet und WWW - LAN Technologie

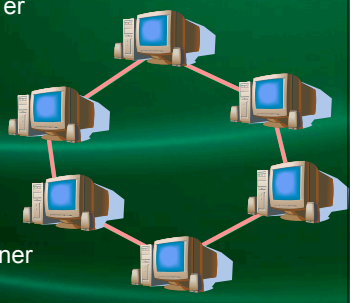
- **Das Ethernet-Prinzip**
  - **Problem**: Wer entscheidet, welcher Rechner senden darf?

CSMA/CD-Algorithmus
Carrier **S**ense with **M**ultiple **A**ccess / **C**ollision **D**etect 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

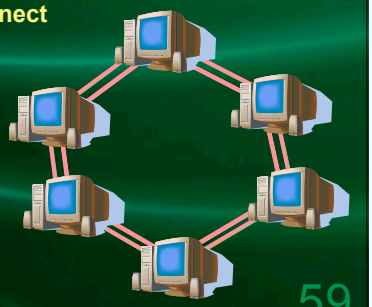
Internet und WWW - LAN Technologie

- **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



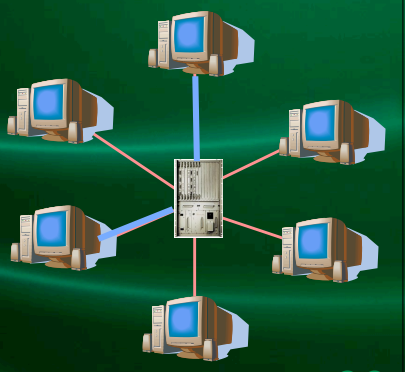
Internet und WWW - LAN Technologie

- **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



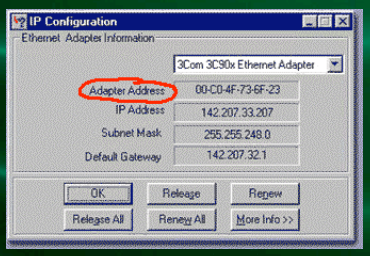
Internet und WWW - LAN Technologie

- **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



Internet und WWW - LAN Technologie

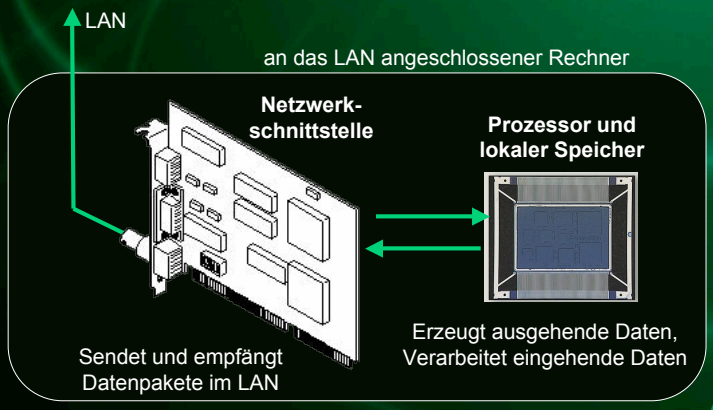
- Problem: Wie findet ein Datenpaket im LAN sein Ziel?
  - **LAN-Technologien – Hardware-Adressierung**
    - jeder Rechner im LAN besitzt **eindeutige Hardware-Adresse** (Nummer)
    - jedes Paket enthält die Adresse des Senders (**Source**) und des Empfängers (**Destination**), sowie für den Transport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

Internet und WWW - LAN Technologie

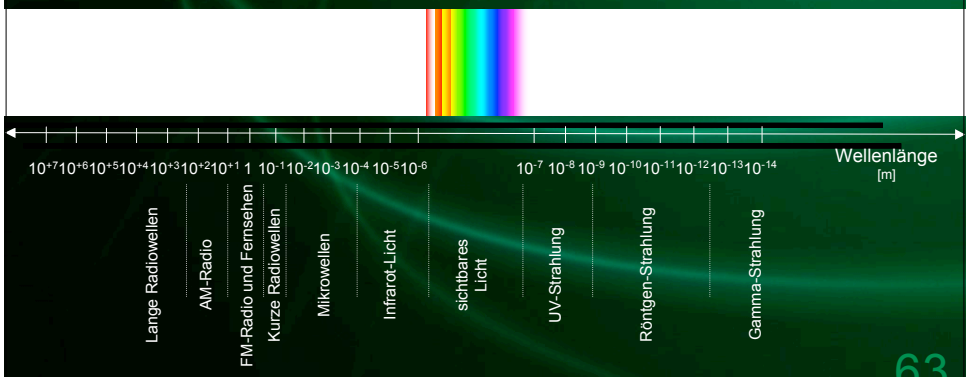
- **LAN-Technologien – Hardware-Adressierung**



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

Internet und WWW - LAN Technologie
Exkurs: Wireless LAN

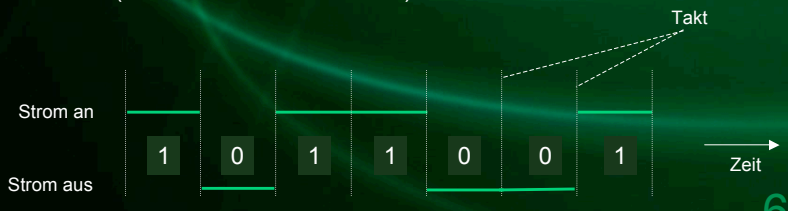
- **Exkurs: Wireless LAN**
  - Physikalische Grundlagen
    - Elektromagnetische Wellen



Internet und WWW - LAN Technologie
Exkurs: Wireless LAN

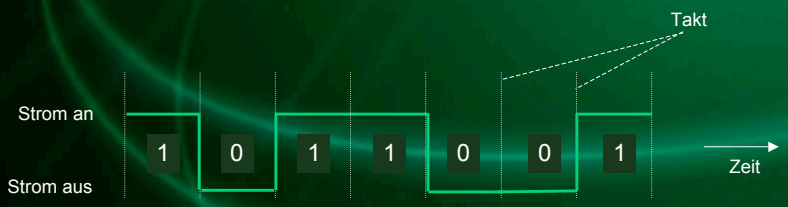
- **Modulation**
  - Wie kann man digitale Daten über ein analoges Medium übertragen?

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



Internet und WWW - LAN Technologie
Exkurs: Wireless LAN

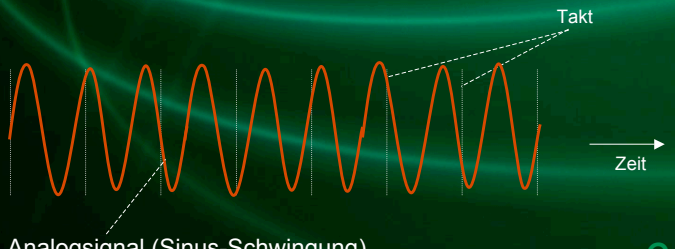
- **Modulation**
  - **Problem**: Rechteckwellen setzen sich aus **sehr vielen unterschiedlichen Frequenzanteilen** zusammen



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

Internet und WWW - LAN Technologie
Exkurs: Wireless LAN

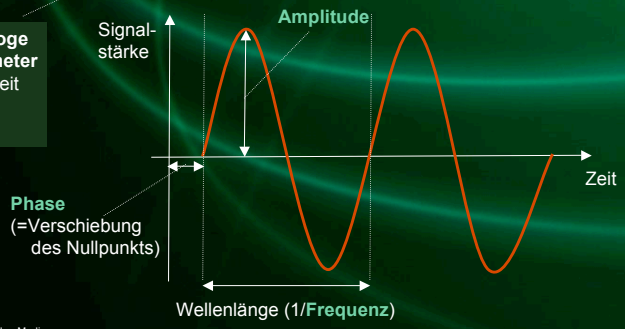
- **Modulation**
  - Verwende daher zur Übertragung ein möglichst **schmalbandiges Signal**
  - = Signal mit wenig unterschiedlichen Frequenzanteilen
  - um Störung durch Signalverzerrung gering zu halten



Internet und WWW - LAN Technologie
Exkurs: Wireless LAN

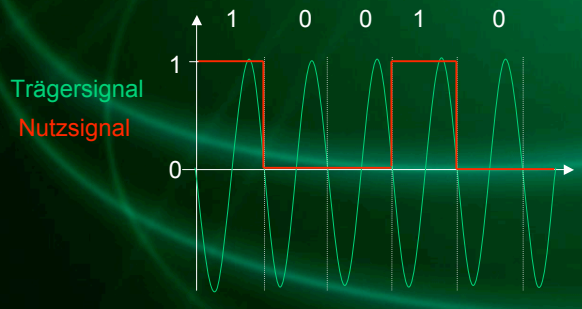
- **Modulation**
  - **Idee:**
    - **moduliere** digitales Signal auf einfache, monofrequente Trägerwelle

variiere **analoge Signalparameter** in Anhängigkeit von digitalem Signal



Internet und WWW - LAN Technologie
Exkurs: Wireless LAN

- **Amplituden-Modulation**

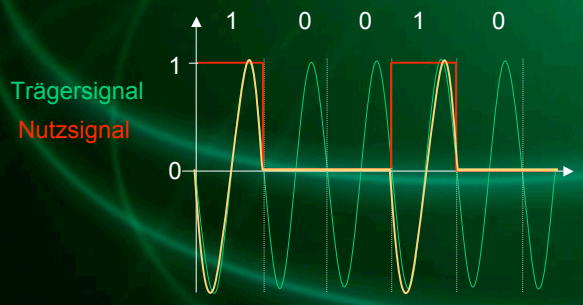


multipliziere Amplitudenwerte

modulierte Amplitude

Internet und WWW - LAN Technologie
Exkurs: Wireless LAN

- **Amplituden-Modulation**



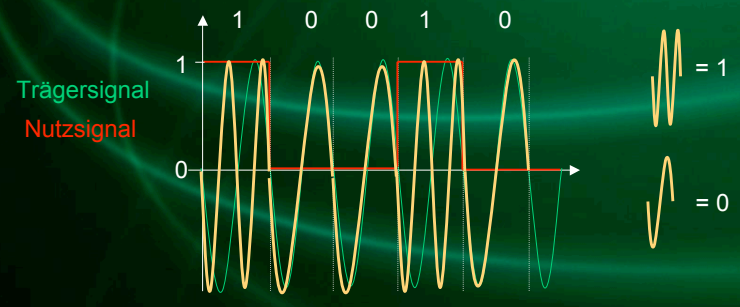
Amplitudenmoduliertes Signal

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

Internet und WWW - LAN Technologie
Exkurs: Wireless LAN

- **Frequenz-Modulation**

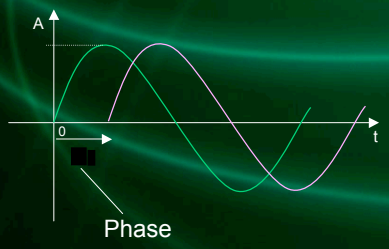


Frequenzmoduliertes Signal

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

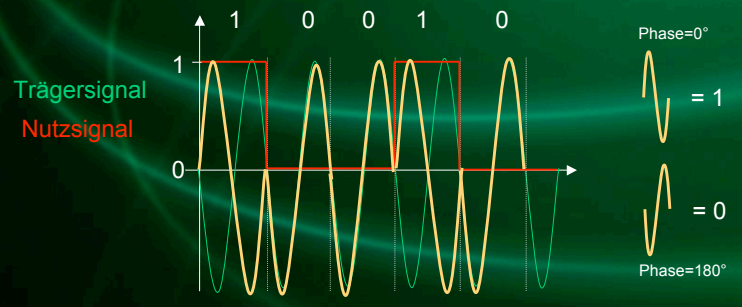
Internet und WWW - LAN Technologie
Exkurs: Wireless LAN

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



Internet und WWW - LAN Technologie
Exkurs: Wireless LAN

- **Phasen-Modulation**



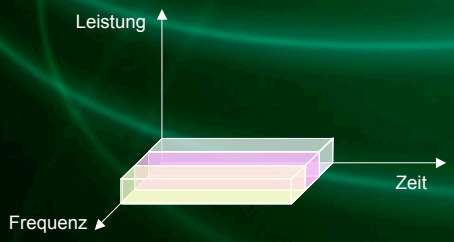
phasenmoduliertes Signal

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**

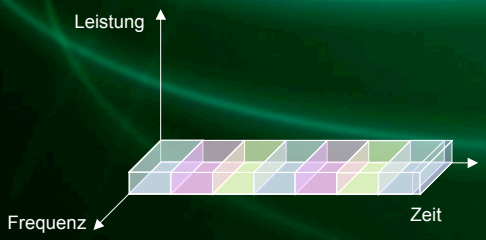
Internet und WWW - LAN Technologie
Exkurs: Wireless LAN

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



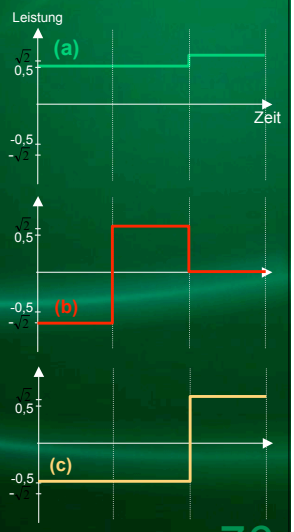
Internet und WWW - LAN Technologie
Exkurs: Wireless LAN

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



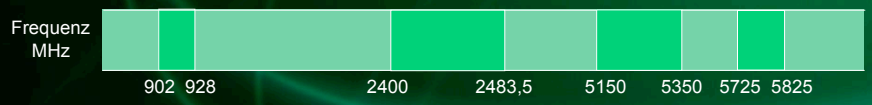
Internet und WWW - LAN Technologie
Exkurs: Wireless LAN

- **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,)
      b=(- , , 0)
      c=(-0.5,-0.5,)
  - **CDMA-Codes** müssen wechselseitig orthogonal sein (d.h. a|b=0…)



Internet und WWW - LAN Technologie
Exkurs: Wireless LAN

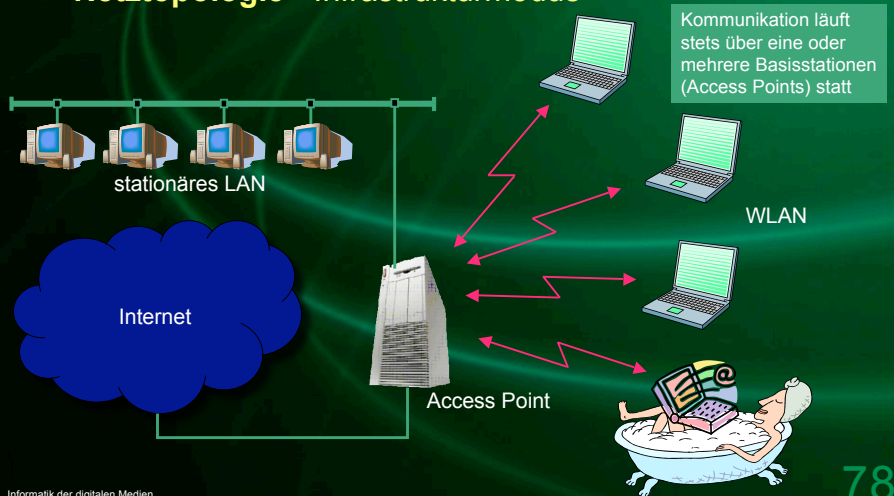
- **Kleine WLAN Historie**
  - 1971 **ALOHA-Net**, erstes Funk-Datennetz auf Hawaii
  - 1985 Festlegung der **ISM-Frequenzbänder**
    - (**I**ndustrial, **S**cientific, **M**edical), lizenzfreie Nutzung



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

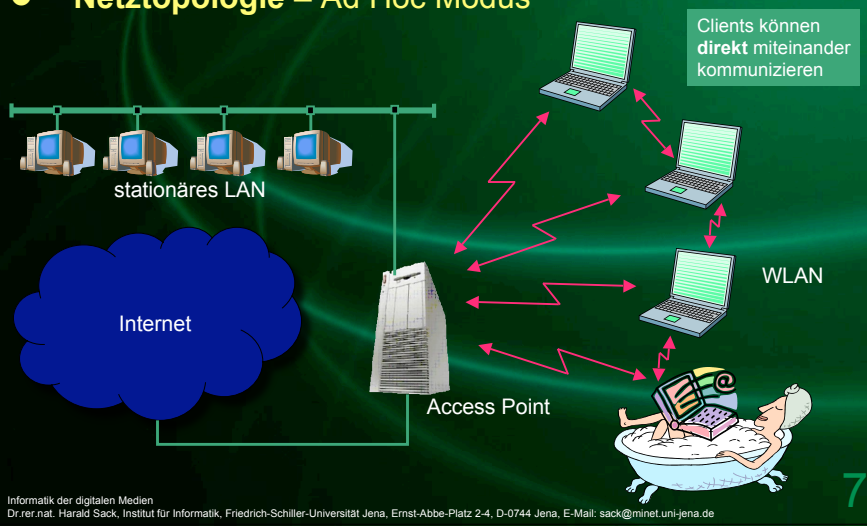
Internet und WWW - LAN Technologie
Exkurs: Wireless LAN

- **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

- **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

- **802.11 Protocol Stack – Physical Layer**
  - **Modulationsverfahren**:
    - **F**requency **H**opping **S**pread **S**pectrum (**FHSS**)
    - **D**irect **S**equence **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 – 1000 mW bei 5 GHz

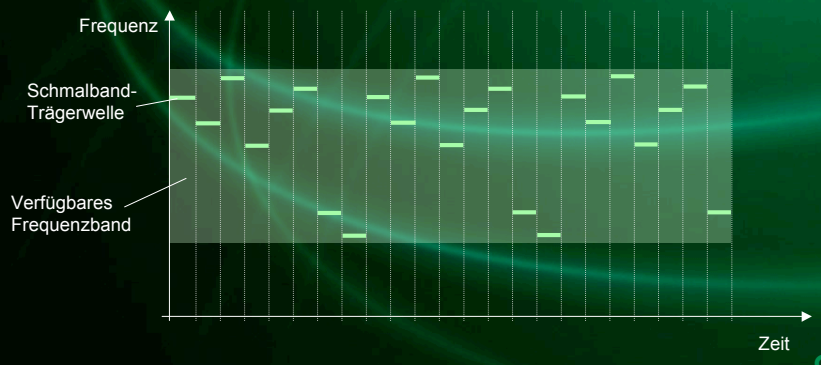
Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-0744 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

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 (Gausian Frequency Shift Keying - GFSK)
    - **Abhörsicherheit**:
      nächste Frequenz kann von Lauscher nicht vorhergesagt werden
    - **Mehrfachnutzung**:
      mehrere Netzwerke nutzen gleichzeitig denselben Frequenzraum und benutzen dazu jeweils unterschiedliche GFSK-Signaturen

Internet und WWW - LAN Technologie
Exkurs: Wireless LAN

- **802.11 Protocol Stack – Physical Layer**
  - Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)

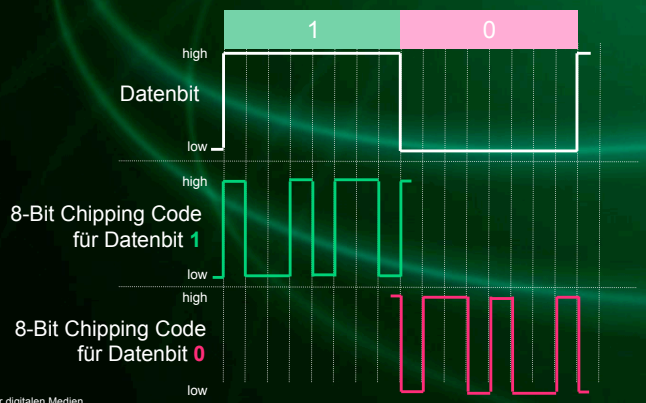


Internet und WWW - LAN Technologie
Exkurs: Wireless LAN

- **802.11 Protocol Stack – Physical Layer**
  - Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)
    - Kombination des zusendenden Datemstroms 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

Internet und WWW - LAN Technologie
Exkurs: Wireless LAN

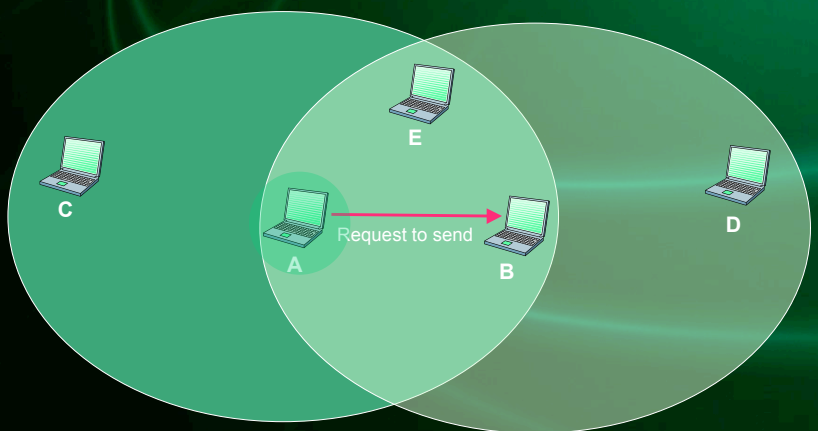
- **802.11 Protocol Stack – Physical Layer**
  - Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)



- **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

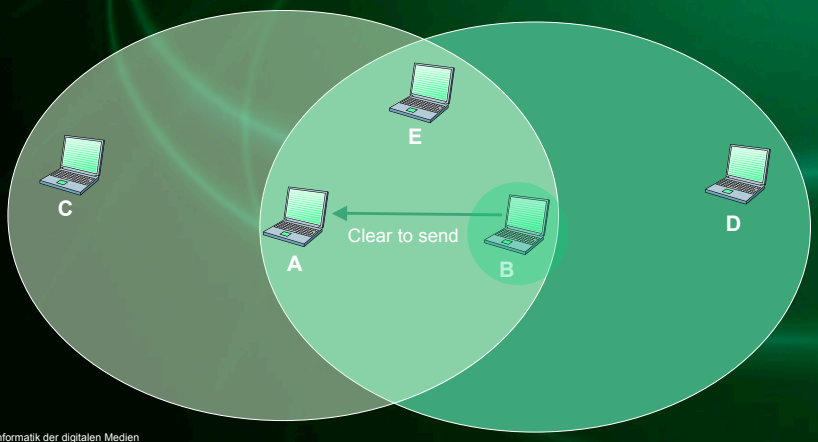
Internet und WWW - LAN Technologie
Exkurs: Wireless LAN

- **802.11 Protocol Stack – MAC Layer**
  - Multiple Acces with Collision Avoidance (CSMA/CA)



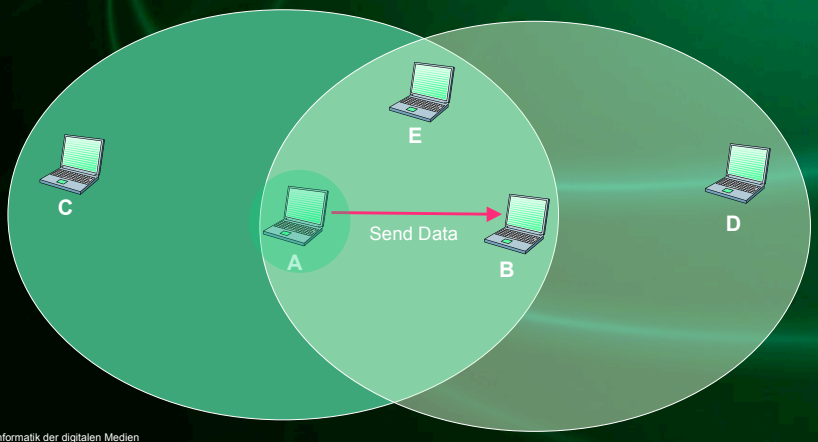
Internet und WWW - LAN Technologie
Exkurs: Wireless LAN

- **802.11 Protocol Stack – MAC Layer**
  - Multiple Acces with Collision Avoidance (CSMA/CA)



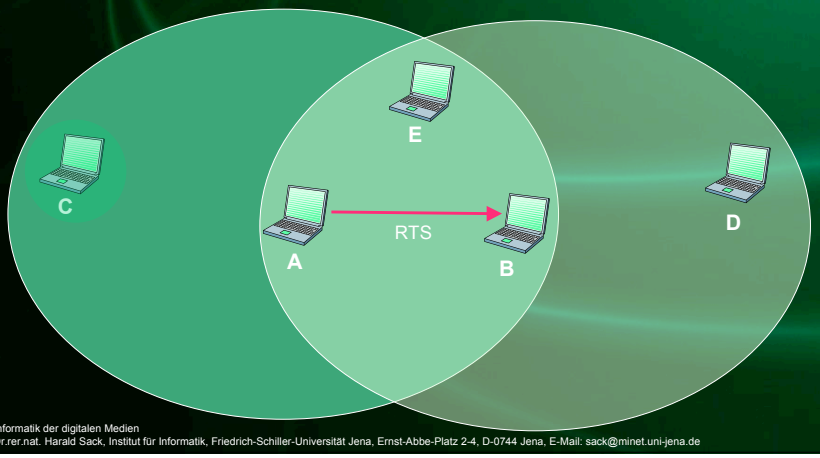
Internet und WWW - LAN Technologie
Exkurs: Wireless LAN

- **802.11 Protocol Stack – MAC Layer**
  - Multiple Acces with Collision Avoidance (CSMA/CA)



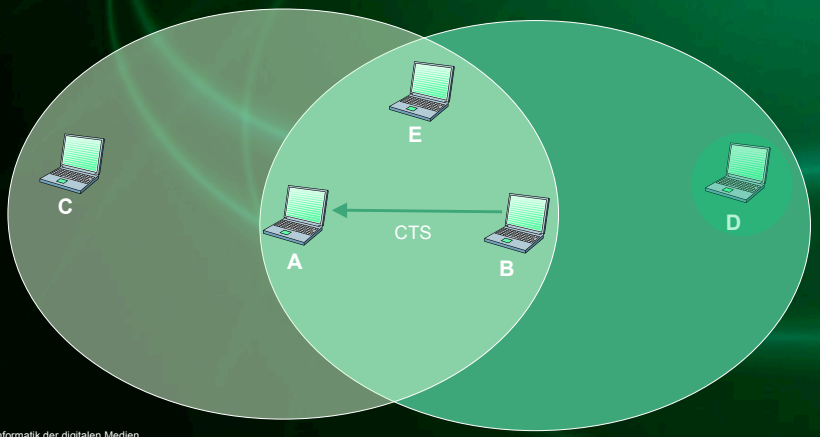
Internet und WWW - LAN Technologie
Exkurs: Wireless LAN

- **802.11 Protocol Stack – MAC Layer**
  - Multiple Acces with Collision Avoidance (CSMA/CA)



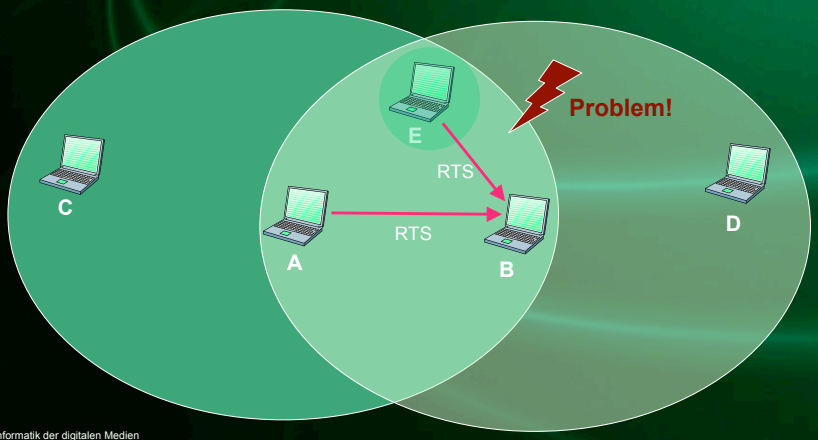
Internet und WWW - LAN Technologie
Exkurs: Wireless LAN

- **802.11 Protocol Stack – MAC Layer**
  - Multiple Acces with Collision Avoidance (CSMA/CA)



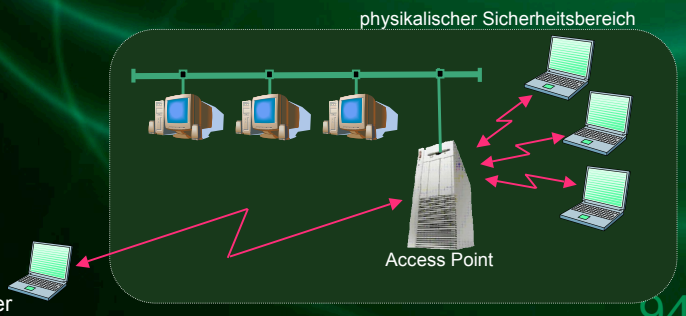
Internet und WWW - LAN Technologie
Exkurs: Wireless LAN

- **802.11 Protocol Stack – MAC Layer**
  - Multiple Acces with Collision Avoidance (CSMA/CA)



Internet und WWW - LAN Technologie
Exkurs: Wireless LAN

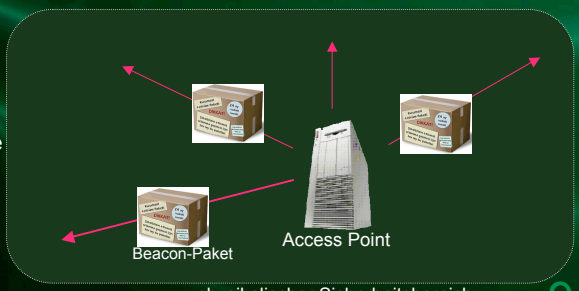
- **802.11 Sicherheit**
  - im Gegensatz zu kabelgebundenen Netzen kann (potenziell) jeder mithören
  - daher muss der Datenverkehr im WLAN eigentlich **stets verschlüsselt** werden



- **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



3. Internet und WWW

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

Internet und WWW - WAN Technologie

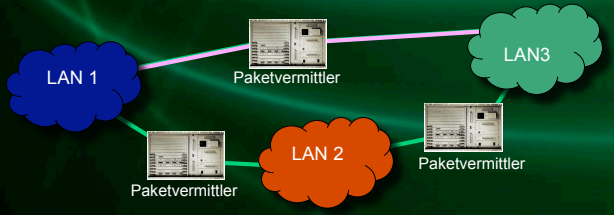
- **WAN-Technologien – Wide Area Networks**
  - **LANs sind stets beschränkt in**
    - ihrer geografischen Ausdehnung
    - der Anzahl der daran angeschlossenen Rechner
  - **Warum?**
    - Alle Rechner sind an ein gemeinsam genutztes Kommunikationsmedium angeschlossen
    - Komplexe Algorithmen regeln 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

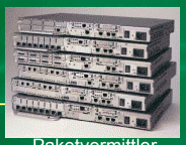
Internet und WWW - WAN Technologie

- **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

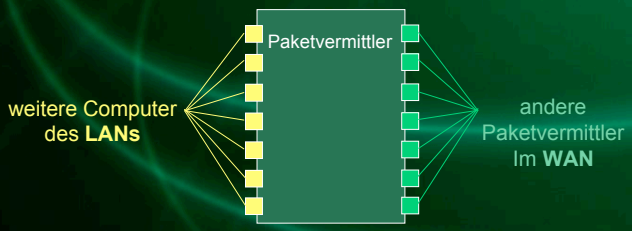
Paketvermittler



Internet und WWW - WAN Technologie


Paketvermittler

- **Paketvermittler (Packet Switches)**



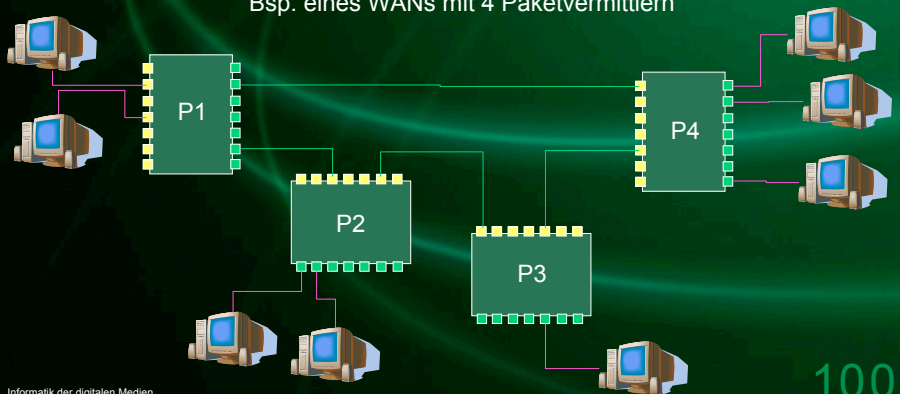
Ports für weitere Paketvermittler: **sehr hohe Geschwindigkeiten**.
Ports zum Anschluss von Computern: **niedrigere Geschwindigkeit**

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

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

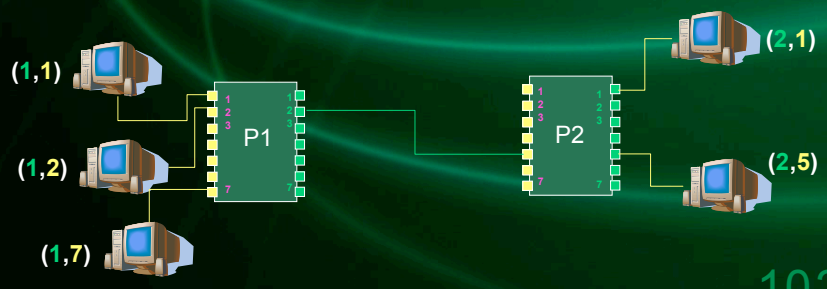
Internet und WWW - WAN Technologie

- **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)

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

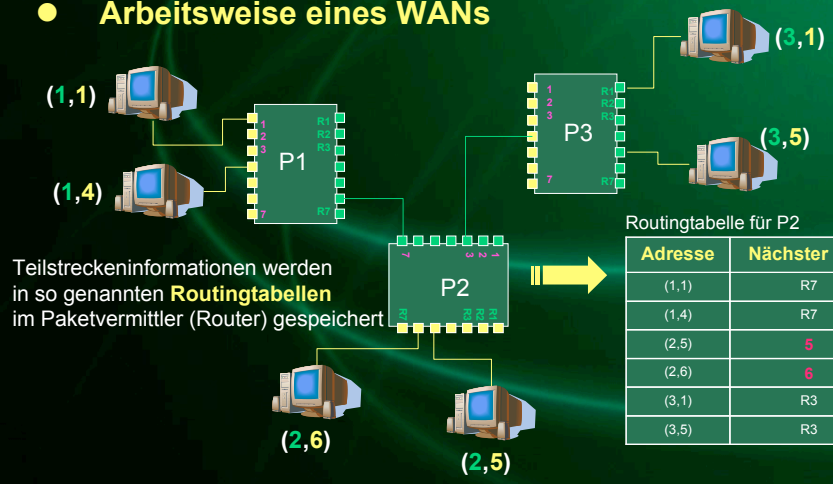


Internet und WWW - WAN Technologie

- **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

Internet und WWW - WAN Technologie

- **Arbeitsweise eines WANs**



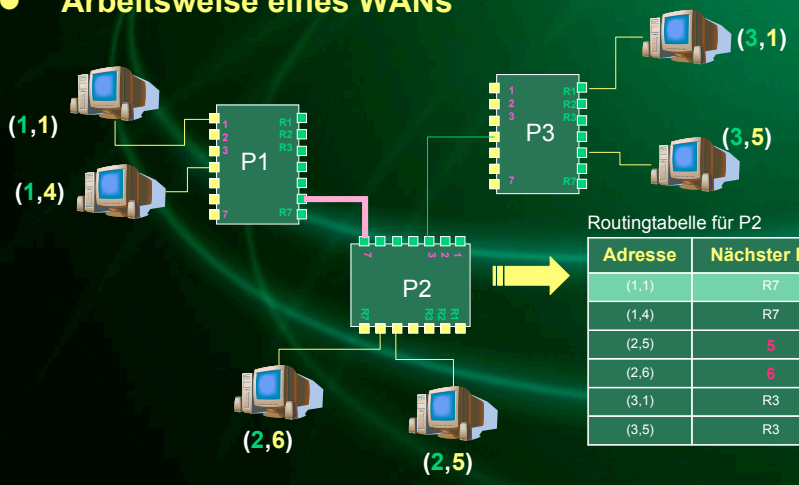
Teilstreckeninformationen werden in so genannten **Routingtabellen** im Paketvermittler (Router) gespeichert

Routingtabelle für P2

Adresse	Nächster Hop
(1,1)	R7
(1,4)	R7
(2,5)	5
(2,6)	6
(3,1)	R3
(3,5)	R3

Internet und WWW - WAN Technologie

- **Arbeitsweise eines WANs**



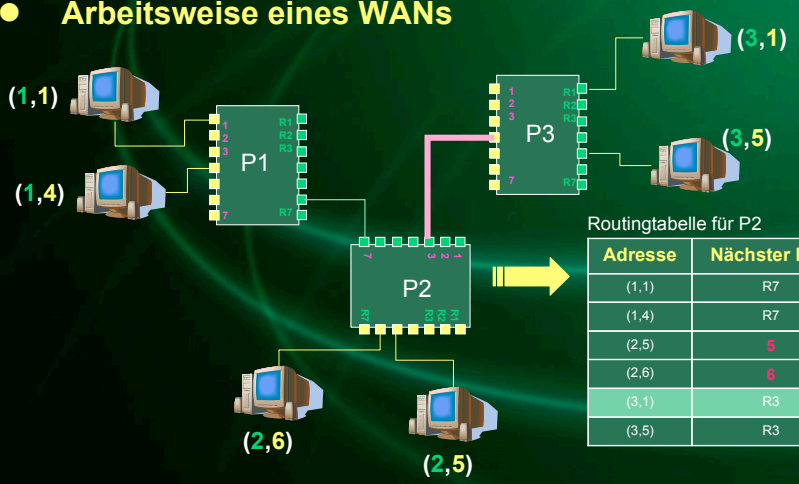
Routingtabelle für P2

Adresse	Nächster Hop
(1,1)	R7
(1,4)	R7
(2,5)	5
(2,6)	6
(3,1)	R3
(3,5)	R3

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

- **Arbeitsweise eines WANs**



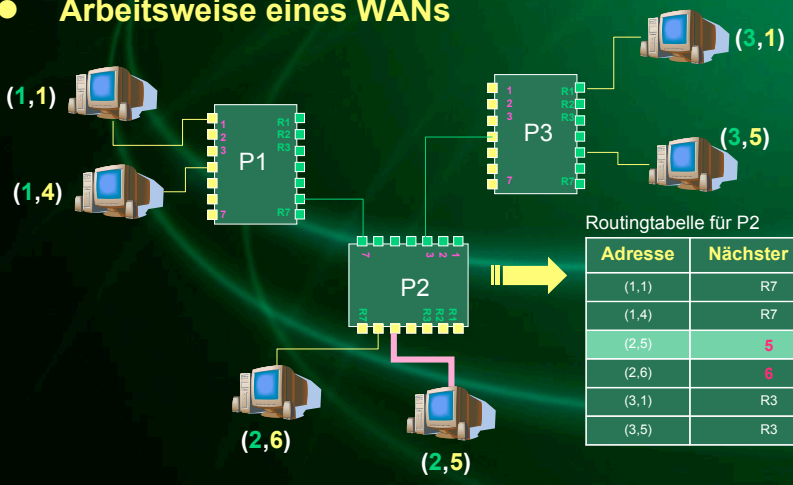
Routingtabelle für P2

Adresse	Nächster Hop
(1,1)	R7
(1,4)	R7
(2,5)	5
(2,6)	6
(3,1)	R3
(3,5)	R3

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

- **Arbeitsweise eines WANs**



Routingtabelle für P2

Adresse	Nächster Hop
(1,1)	R7
(1,4)	R7
(2,5)	5
(2,6)	6
(3,1)	R3
(3,5)	R3

Internet und WWW - WAN Technologie

- **Beispiele für WAN-Technologien**
  - Arpanet
  - X.25
  - ISDN
  - Frame Relay
  - ATM
  - PDH / SDH
  - SONET

Internet und WWW - WAN Technologie

- **Probleme:**
  - Wie vermittle 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 Rechnervernetzung
  - Grundbegriffe
  - Paketvermittlung
  - Kommunikationsprotokolle und Referenzmodell
  - LAN-Technologien
  - WAN-Technologien

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/