



Informatik der digitalen Medien

Ergänzungs-Studienangebot der Mediendidaktik für
Lehramtstudenten
Dr. rer. nat. Harald Sack
Institut für Informatik
FSU Jena

Sommersemester 2004

<http://www.informatik.uni-jena.de/~sack/SS04/info-digitalemedien.htm>

Informatik der digitalen Medien

1 2 3 4 5 6 7 8 9 09.06.2004 – Vorlesung Nr. 10 11 12

13

14

3. Internet und WWW (Teil 4)

Informatik der digitalen Medien

3. Internet und WWW (4)

- Mobiles Internet
 - Funknetzwerke und Mobilfunk
 - Geschichtliche Grundlagen
 - Physikalische Grundlagen
 - Mobilfunk
 - Wireless LAN
 - PANs – Personal Area Networks



Internet und WWW (4)

- Mobiles Internet
 - **Funknetzwerke und Mobilfunk**
 - **Geschichtliche Grundlagen und Hintergründe**
 - Optische Telegrafie
 - Elektrische Telegrafie
 - Telefon
 - Funktelegrafie



Internet und WWW (4)

- Funknetzwerke und Mobilfunk
- Geschichtliche Grundlagen und Hintergründe
- **Optische Telegrafie**
 - Rauch und Feuerzeichen
 - **1184 v. Chr.** Fall Trojas (Aischylos) wird nach Argos gemeldet via Feuerzeichen (555km Troja-Argos, 9 Relaisstationen)
 - **5. Jhd. v. Chr.** Peloponnesischer Krieg (Thukyrides) (vorher verabredete Feuerzeichen)
 - **um 200 v. Chr.** (Polybios) erste frei formulierbare Botschaften mit Fackeltelegrafie
 - **ab 150 n. Chr.** Römisches Fackelzeichen-Telegrafennetz mit ca. 4500 km Ausdehnung



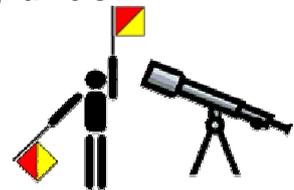
Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Internet und WWW (4)

- Funknetzwerke und Mobilfunk
- Geschichtliche Grundlagen und Hintergründe
- **Optische Telegrafie**
 - **1609 Fernrohr** erweitert den Sichthorizont
 - **1690** Guillome Amontons demonstriert erstmals Flügeltelegrafen
 - **1792 Claude Chappe** präsentiert der Pariser Nationalversammlung den **Semaphor** (70 km Pelletier St. Fargau – St. Martin de Thetre)
 - **1794** 270 km Paris-Lille (22 Relaisstationen) Buchstabe benötigt 2 Minuten
 - **1845** landesübergreifendes Semaphorennetz in Frankreich
 - **1853** der letzte Semaphor stellt seinen Dienst ein



Claude Chappe
(1763 – 1805)



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

Internet und WWW (4)

- Funknetzwerke und Mobilfunk
 - Geschichtliche Grundlagen und Hintergründe
 - **Elektrische Telegrafie**
 - **7. Jhd. v. Chr.** Thales v. Milet beschreibt statische Elektrizität



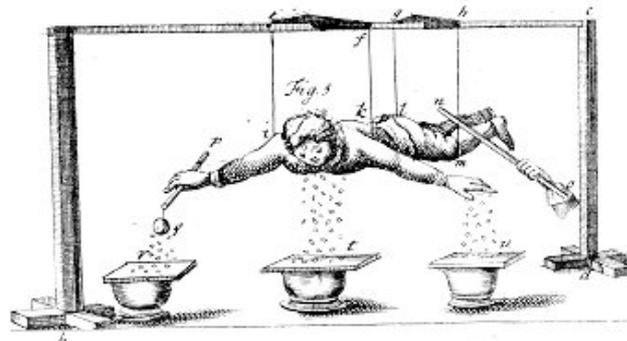
Thales von Milet
(7. Jhd. v. Chr.)



Bernstein
(ελεκτρον)

Internet und WWW (4)

- Funknetzwerke und Mobilfunk
 - Geschichtliche Grundlagen und Hintergründe
 - **Elektrische Telegrafie**
 - **7. Jhd. v. Chr.** Thales v. Milet beschreibt statische Elektrizität
 - **1730** Stephen Gray weist **elektrische Leitfähigkeit** nach

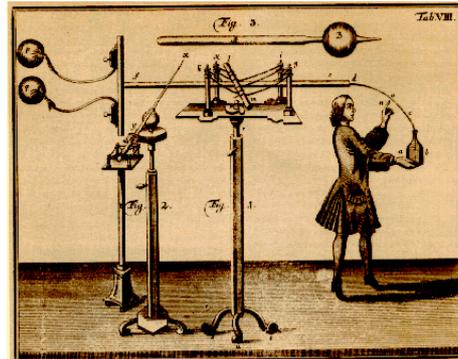


Internet und WWW (4)

- Funknetzwerke und Mobilfunk
 - Geschichtliche Grundlagen und Hintergründe
 - **Elektrische Telegrafie**
 - **7. Jhd. v. Chr.** Thales v. Milet beschreibt statische Elektrizität
 - **1730** Stephen Gray weist **elektrische Leitfähigkeit** nach
 - **1745** Leidener Flasche – erste Vorform der Batterie



Petrus Musschenbroek
(1692 1761)



Internet und WWW (4)

- Funknetzwerke und Mobilfunk
 - Geschichtliche Grundlagen und Hintergründe
 - **Elektrische Telegrafie**
 - **1745** Leidener Flasche – erste Vorform der Batterie
 - **1800** Alessandro Volta entwickelt die erste **Batterie**



Alessandro Volta
(1745 1827)



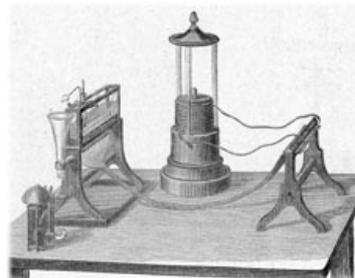
Voltaische Säule

Internet und WWW (4)

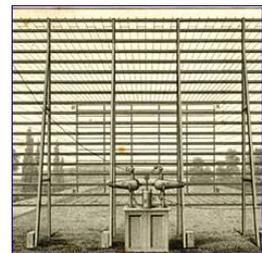
- Funknetzwerke und Mobilfunk
 - Geschichtliche Grundlagen und Hintergründe
 - **Elektrische Telegrafie**
 - **1800** Alessandro Volta entwickelt die erste Batterie
 - **1804** F. Salva y Campillo experimentiert mit **Elektrolyt-Telegrafen**



Salva y Campillo's
„menschlicher“ Telegraf



Elektrolyt Telegraf



Problem: Jeder Buchstabe benötigt eigene Leitung

Internet und WWW (4)

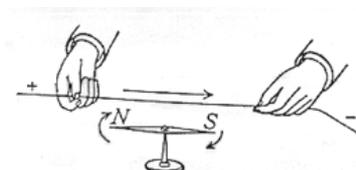
- Funknetzwerke und Mobilfunk
 - Geschichtliche Grundlagen und Hintergründe
 - **Elektrische Telegrafie**
 - **1804** F. Salva y Campillo – Elektrolyt-Telegraf
 - **1820** Christian Ørstedt entdeckt den **Elektromagnetismus**



Hans Christian Ørstedt
(1777 1851)



Ørstedt's Versuch



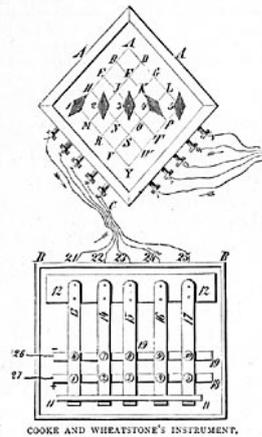
Ørstedt's Beobachtung

Internet und WWW (4)

- Funknetzwerke und Mobilfunk
 - Geschichtliche Grundlagen und Hintergründe
 - **Elektrische Telegrafie**
 - **1820** Christian Ørstedt entdeckt den Elektromagnetismus
 - **1820** A.M. Ampère - erklärt den Elektromagnetismus und entwickelt einen **elektromagnetischen Nadeltelegrafen**



Andre Marie Ampère
(1775 - 1836)



Cooke's und
Wheatstone's
Nadeltelegraf
(1837)

Internet und WWW (4)

- Funknetzwerke und Mobilfunk
 - Geschichtliche Grundlagen und Hintergründe
 - **Elektrische Telegrafie**
 - **1820** A.M. Ampère - erklärt den Elektromagnetismus und entwickelt einen **elektromagnetischen Nadeltelegrafen**
 - **1833** C.F. Gauss / W. Weber – **Zeigertelegraf**



Carl Friedrich Gauss
(1777 - 1855)



Wilhelm Weber
(1804 - 1891)

Gauss and Weber (1833)									
r	a	rrr	c,k	lrl	m	lrrr	vv	llr	4
l	e	rrl	d	rll	n	rrll	z	llr	5
rr	i	rll	v,v	rrrr	p	rll	0	llr	6
rl	o	lrr	g	rrrl	r	rll	1	llr	7
lr	u	ll	h	rrlr	s	lrrl	2	rll	8
ll	b	llr	l	rllr	t	llr	3	lll	9

Telegrafenalphabet



Göttinger Zeigertelegraf

Internet und WWW (4)

- Funknetzwerke und Mobilfunk
- Geschichtliche Grundlagen und Hintergründe
- **Elektrische Telegrafie**



Samuel B. Morse
(1794 1872)

- **1837 Samuel Morse's** schreibender Telegraf
- **1840** Morsealphabet
- **1845** Morsetaste
- **1851** erstes Telegrafen-Seekabel England-Frankreich
- **1856** erstes Transatlantikkabel Neufundland-Irland



Morsetaste



Morseschreiber

MORSE CODE		
A •-•	J •-••	S •••
B -•••	K -••	T -
C -••••	L •••	U ••
D •••	M -••	V ••••
E •	N -••	W -•••
F ••••	O -•••	X -••••
G -•••	P -••••	Y -••••
H •••••	Q -••••	Z -•••••
I ••	R -•••	
1 •-••••	5 •••••	9 -•••••
2 •••••	6 -•••••	0 -•••••
3 ••••••	7 -•••••	Period -••••••
4 •••••••	8 -••••••	Comma -•••••••

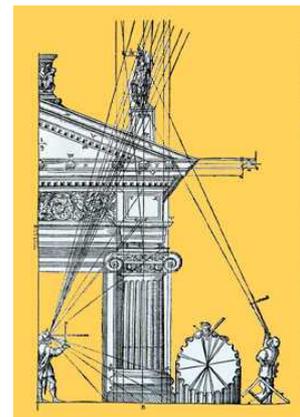
Internet und WWW (4)

- Funknetzwerke und Mobilfunk
- Geschichtliche Grundlagen und Hintergründe
- **Telefon**

- **1. Jhd. v. Chr.** Vitruv (römischerArchitekt) vergleicht Schall mit den Wellen des Wassers



Marcus Vitruvius Pollio
(ca. 90 – 20 v. Chr.)

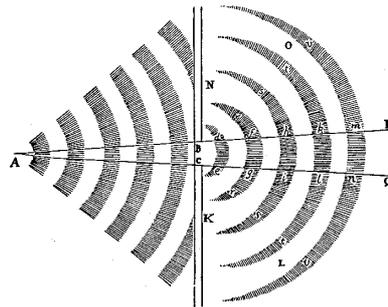


Internet und WWW (4)

- Funknetzwerke und Mobilfunk
 - Geschichtliche Grundlagen und Hintergründe
 - **Telefon**
 - **1700** Isaac Newton weist Zusammenhang zwischen Schallgeschwindigkeit und Luftdruck nach



Isaac Newton
(1643 1727)

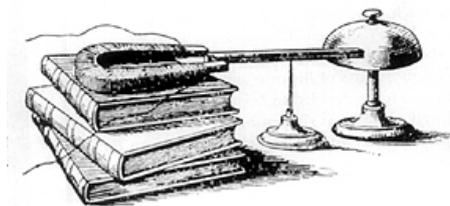


Internet und WWW (4)

- Funknetzwerke und Mobilfunk
 - Geschichtliche Grundlagen und Hintergründe
 - **Telefon**
 - **1700** Isaac Newton weist Zusammenhang zwischen Schallgeschwindigkeit und Luftdruck nach
 - **1821** Michael Faraday nutzt **elektromagnetische Induktion**



Michael Faraday
(1791 1867)



Schallerzeugung via
Elektromagnetischer Induktion

Internet und WWW (4)

- Funknetzwerke und Mobilfunk
 - Geschichtliche Grundlagen und Hintergründe
 - **Telefon**
 - **1821** Michael Faraday nutzt elektromagnetische Induktion
 - **1861** Phillip Reis konstruiert **Apparat zur Schallübertragung**



Phillip Reis
(1834 - 1874)



„Stricknadel“ Telefon
von Phillip Reis

Internet und WWW (4)

- Funknetzwerke und Mobilfunk
 - Geschichtliche Grundlagen und Hintergründe
 - **Telefon**
 - **1861** Phillip Reis konstruiert Apparat zur Schallübertragung
 - **1876** Graham Bell / Elisha Gray erfinden das Telefon
(Bell erhält nach Rechtsstreit das Patent)



Alexander Graham Bell
(1848 - 1922)



Elisha Gray
(1835 - 1901)



Bell's Telefon

Internet und WWW (4)

- Funknetzwerke und Mobilfunk
 - Geschichtliche Grundlagen und Hintergründe
 - **Telefon**



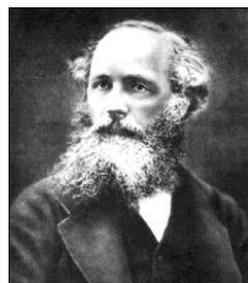
- **1877** erstes Telefonnetz in Boston (5 Anschlüsse)
- **1892** erste vollautomatische **Telefonvermittlung**
- **1896** Wählscheibentelefon
- **1899** M.I.Puppin entwickelt **Selbstinduktionsspule**
- **1903** erste Telefonzelle
- **1947** Entwicklung des Transistors als Verstärkerelement
- **1956** erstes Telefon-Transatlantikkabel



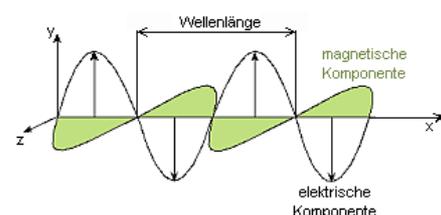
Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Internet und WWW (4)

- Funknetzwerke und Mobilfunk
 - Geschichtliche Grundlagen und Hintergründe
 - **Funktelegrafie**
 - **1865** James Clerk Maxwell postuliert die Existenz der **elektromagnetischen Wellen**



James Clerk Maxwell
(1831 - 1879)



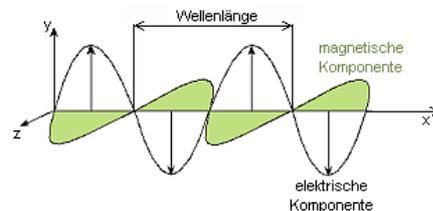
Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Internet und WWW (4)

- Funknetzwerke und Mobilfunk
 - Geschichtliche Grundlagen und Hintergründe
 - **Funktelegrafie**
 - **1865** James Clerk Maxwell postuliert die Existenz der elektromagnetischen Wellen
 - **1885** Heinrich Hertz weist erstmals **elektromagnetische Wellen** nach



Heinrich Hertz
(1857 ~~1895~~)



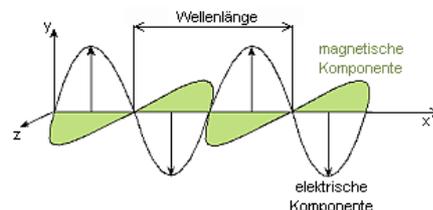
Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Internet und WWW (4)

- Funknetzwerke und Mobilfunk
 - Geschichtliche Grundlagen und Hintergründe
 - **Funktelegrafie**
 - **1885** Heinrich Hertz weist erstmals elektromagnetische Wellen nach
 - **1890** Eduard Branly gelingt **Umwandlung elektromagnetische Wellen in elektrische Impulse**



Eduard Branly
(1846 ~~1940~~)



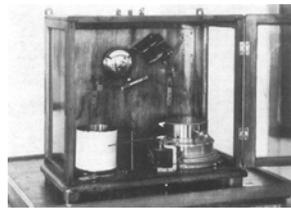
Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Internet und WWW (4)

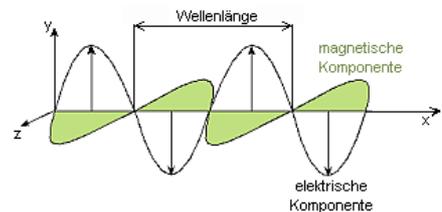
- Funknetzwerke und Mobilfunk
 - Geschichtliche Grundlagen und Hintergründe
 - **Funktelegrafie**
 - **1890** Eduard Branly gelingt Umwandlung elektromagnetische Wellen in elektrische Impulse
 - **1895** A. S. Popow präsentiert ersten **Empfänger** für elektromagnetische Wellen (Gewitteranzeiger)



Aleksandr
Stepanowitsch
Popow
(1858 1906)



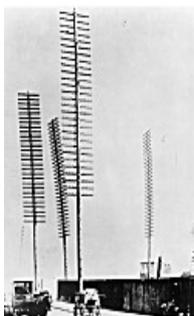
Popov's Gewitteranzeiger



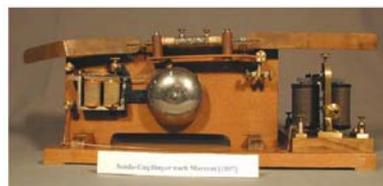
Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Internet und WWW (4)

- Funknetzwerke und Mobilfunk
 - Geschichtliche Grundlagen und Hintergründe
 - **Funktelegrafie**
 - **1895** Popow gelingt erste Funkübertragung (30km)
 - **1898** K.F. Braun patentiert ersten **Funksender**
 - **1901** G. Marconi gelingt erste Funkübertragung über den Atlantik
 - **1912** nach dem Untergang der Titanic wird Funkausrüstung für Schiffe zur Pflicht
 - **1947** Entwicklung des **Transistors** als Verstärkerelement



Telegrafenantennen



Funktelegraf



Guillemo Marconi
(1874 1934)

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

Internet und WWW (4)

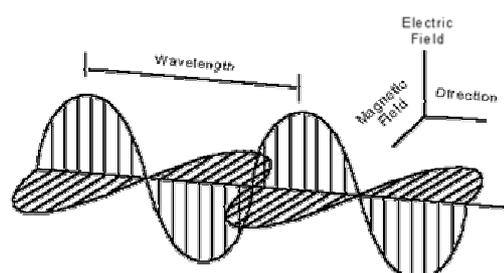
- Funknetzwerke und Mobilfunk
 - Geschichtliche Grundlagen und Hintergründe
 - → **Mobilfunk**
 - **1927** Gründung der Federal Radio Commission um Funkwellen Chaos zu Regeln (ab 1934 Federal Communication Commission, FCC)
 - **1947** erstes **Autotelefon** der Firma AT&T



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

Internet und WWW (4)

- Mobiles Internet
 - **Funknetzwerke und Mobilfunk**
 - Geschichtliche Grundlagen und Hintergründe
 - **Physikalische Grundlagen**
 - **Elektromagnetische Wellen**
 - Modulationsverfahren

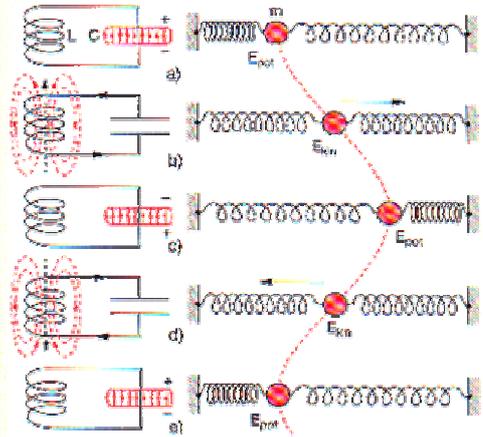


Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Internet und WWW (4)

- Physikalische Grundlagen
 - **Elektromagnetische Wellen**

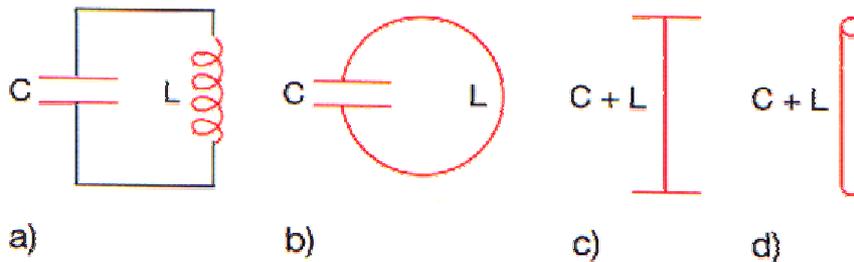
- Elektrischer **Schwingkreis** besteht aus einer Spule und einem Kondensator
 - Energie zwischen Spule und Kondensator wird **periodisch ausgetauscht**, wodurch abwechselnd hoher Strom oder hohe Spannung vorliegen.
- (1) Kondensator geladen → maximale Spannung (Energie ist im elektrischen Feld des Kondensators gespeichert)
 - (2) Kondensator entlädt sich über Spule → Magnetfeld (maximaler Strom)
 - (3) Wegen der Trägheit der Spule gegen Stromänderung sorgt Induktion dafür, dass der Strom weiter fließt (Energie wird dem Magnetfeld entnommen)
 - (4) Kondensator wird in umgekehrter Polung wieder aufgeladen. (Spannung maximal, aber mit umgekehrter Polung)
 - (5) usw.



Schwingkreis

Internet und WWW (4)

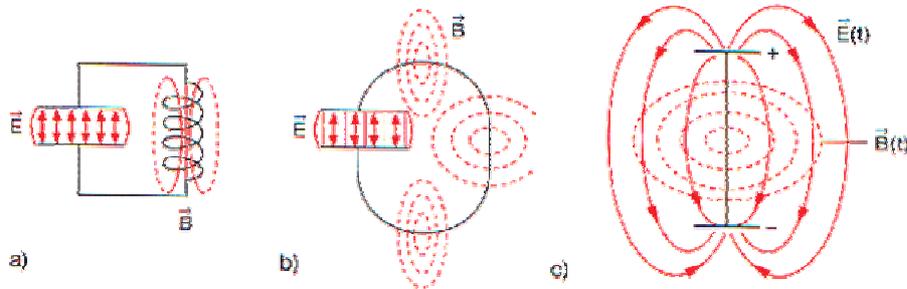
- Physikalische Grundlagen
 - **Elektromagnetische Wellen**



- Die Spule durch eine einzige Leiterschleife ersetzt, die dann die Induktivität darstellt.
- Der Kondensator aufgebogen, bis wir einen Stab (Stabantenne) erhalten

Internet und WWW (4)

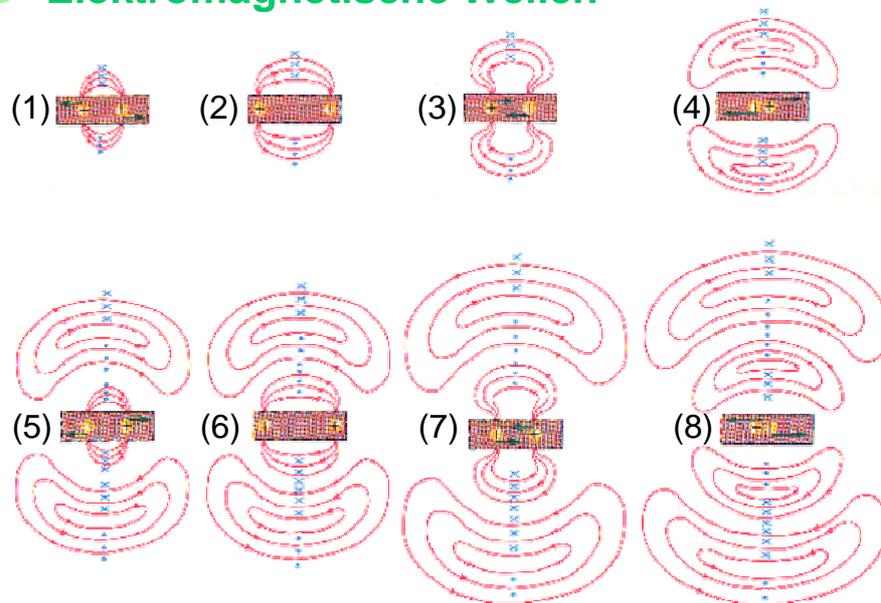
- Physikalische Grundlagen
- **Elektromagnetische Wellen**



- (a) In der Ausgangskonfiguration sind die (zeitlich variierenden) Felder innerhalb von Kapazität und Induktivität lokalisiert
- (c) Beim Stab greifen diese weit in den Raum hinaus

Internet und WWW (4)

- Physikalische Grundlagen
- **Elektromagnetische Wellen**



Internet und WWW (4)

- Physikalische Grundlagen
- **Elektromagnetische Wellen**

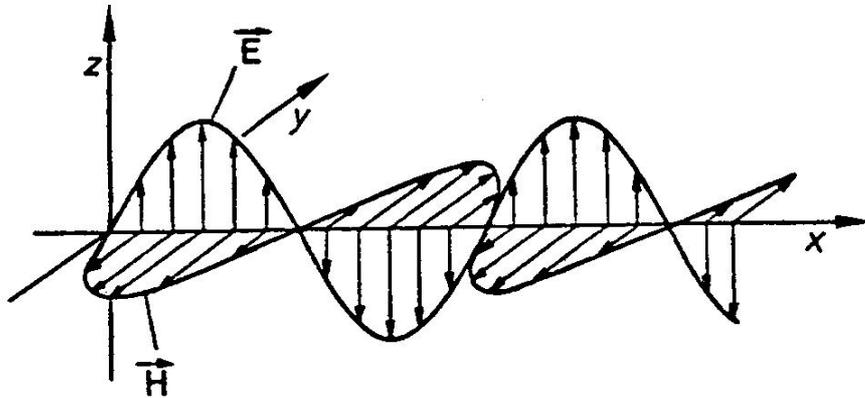
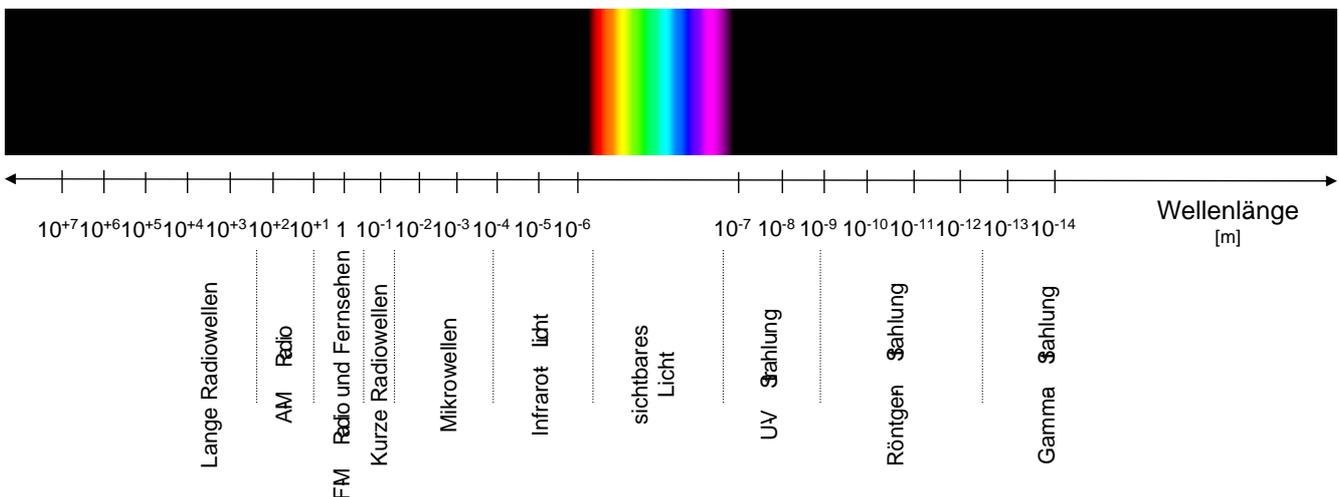


Abb. 3.1 Momentanbild einer elektromagnetischen Welle

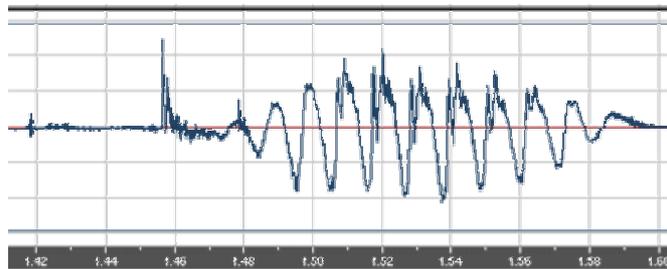
Internet und WWW (4)

- Physikalische Grundlagen
- **Elektromagnetische Wellen**



Internet und WWW (4)

- Mobiles Internet
 - **Funknetzwerke und Mobilfunk**
 - Geschichtliche Grundlagen und Hintergründe
 - **Physikalische Grundlagen**
 - Elektromagnetische Wellen
 - **Modulationsverfahren**



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

Internet und WWW (4)

- Funknetzwerke und Mobilfunk
 - **Physikalische Grundlagen – Modulation**
 - Wie kann man digitale Daten über ein analoges Medium übertragen?

...0110010010 ↔

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



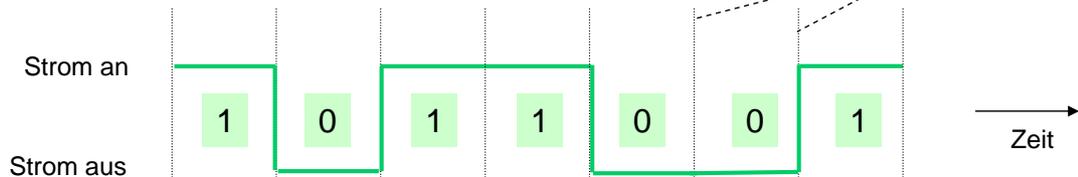
Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Internet und WWW (4)

○ Funknetzwerke und Mobilfunk

● **Physikalische Grundlagen – Modulation**

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



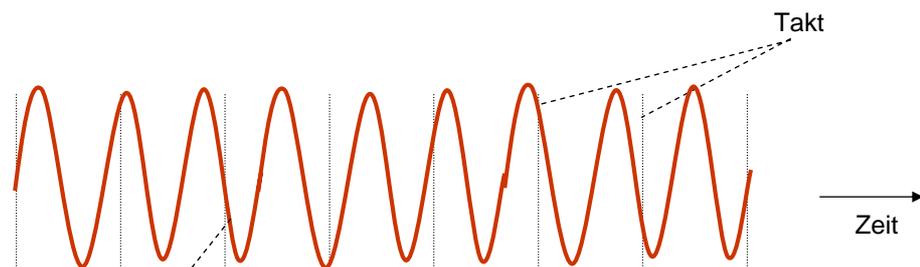
- daher treten bei der Übertragung verstärkt **Signalverzerrungen** auf

Internet und WWW (4)

○ Funknetzwerke und Mobilfunk

● **Physikalische Grundlagen - Modulation**

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



Analogsignal (Sinus-Schwingung)

Internet und WWW (4)

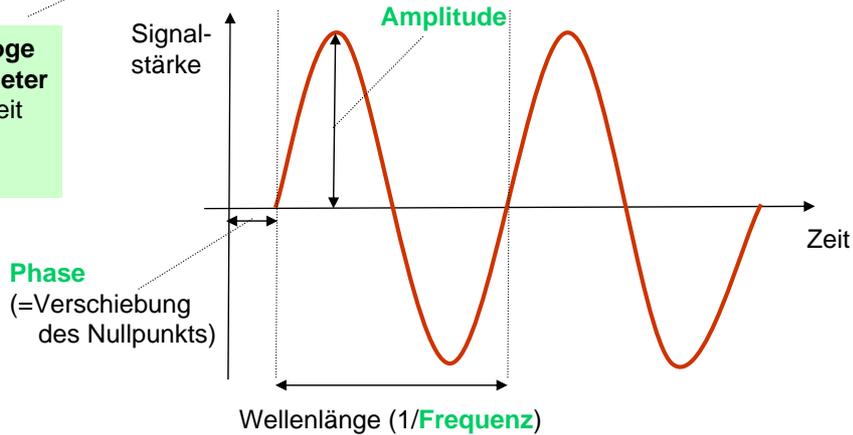
- Funknetzwerke und Mobilfunk

- **Physikalische Grundlagen - Modulation**

- Idee:

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

variieren **analoge Signalparameter** in Abhängigkeit von digitalem Signal



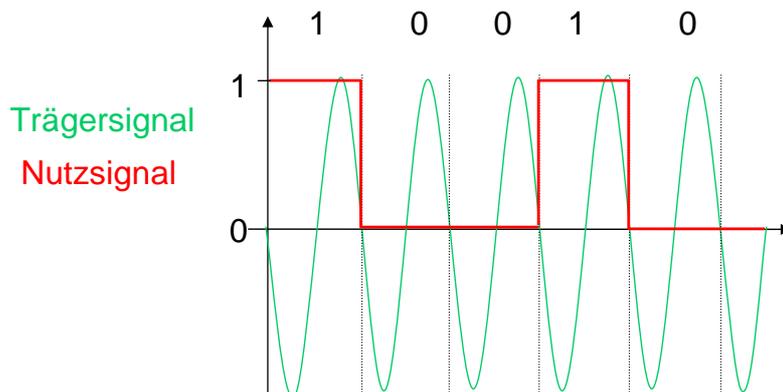
Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Internet und WWW (4)

- Funknetzwerke und Mobilfunk

- Physikalische Grundlagen

- **Amplituden-Modulation**



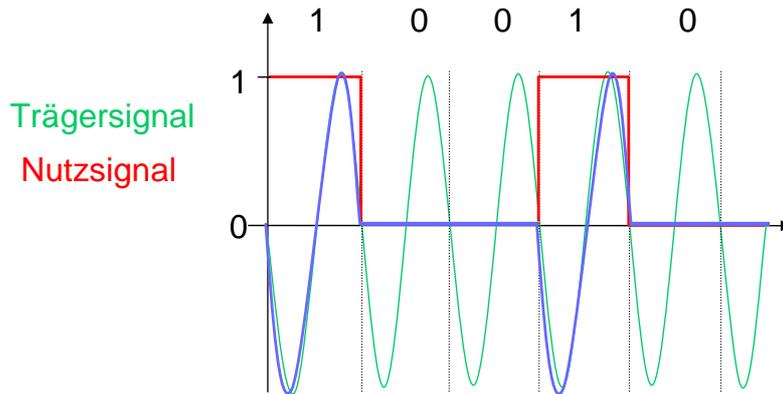
multipliziere Amplitudenwerte

modulierte Amplitude

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

Internet und WWW (4)

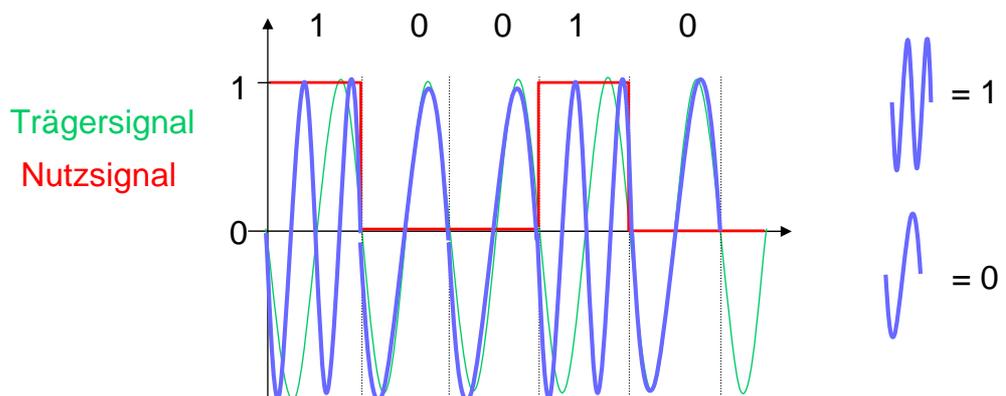
- Funknetzwerke und Mobilfunk
 - Physikalische Grundlagen
 - **Amplituden-Modulation**



Amplitudenmoduliertes Signal

Internet und WWW (4)

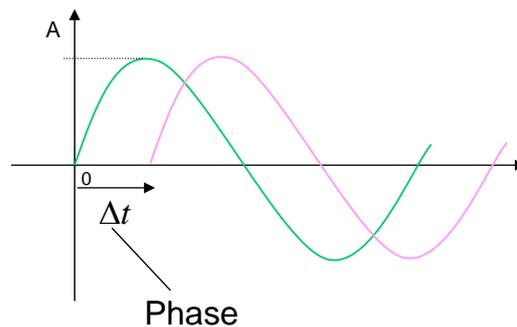
- Funknetzwerke und Mobilfunk
 - Physikalische Grundlagen
 - **Frequenz-Modulation**



Frequenzmoduliertes Signal

Internet und WWW (4)

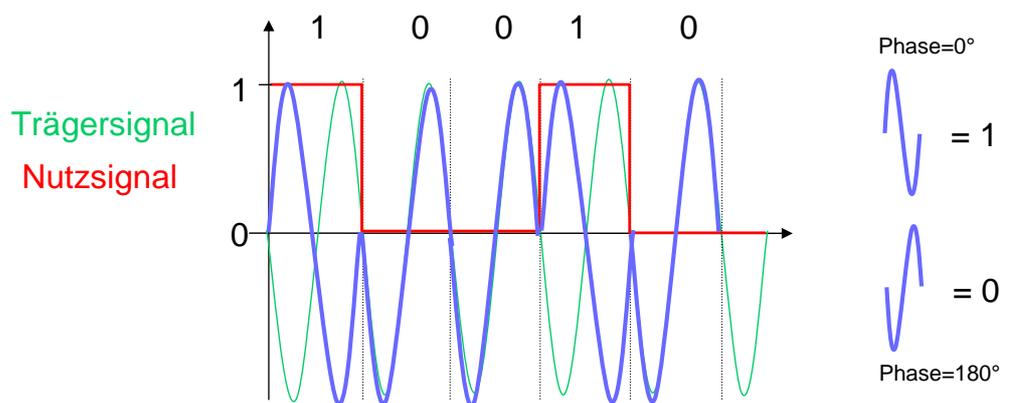
- Funknetzwerke und Mobilfunk
 - Physikalische Grundlagen
 - **Phasen-Modulation**
 - Information wird durch **Verschiebung der Phase** des Signals kodiert



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

Internet und WWW (4)

- Funknetzwerke und Mobilfunk
 - Physikalische Grundlagen
 - **Phasen-Modulation**



phasenmoduliertes Signal

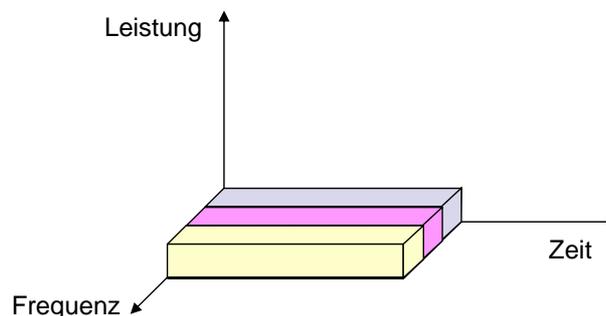
Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Internet und WWW (4)

- Funknetzwerke und Mobilfunk
 - Physikalische Grundlagen
 - **Kanalaufteilung**
 - In der Regel ist einem funkgestütztem 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 (4)

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



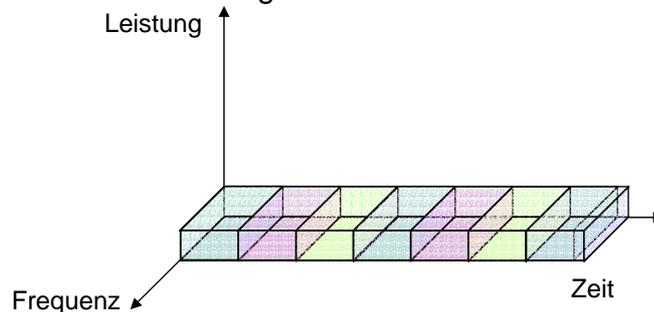
Internet und WWW (4)

- Funknetzwerke und Mobilfunk

- Physikalische Grundlagen

- **Zeitmultiplexing**

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



Internet und WWW (4)

- Funknetzwerke und Mobilfunk

- Physikalische Grundlagen

- **Codemultiplexing**

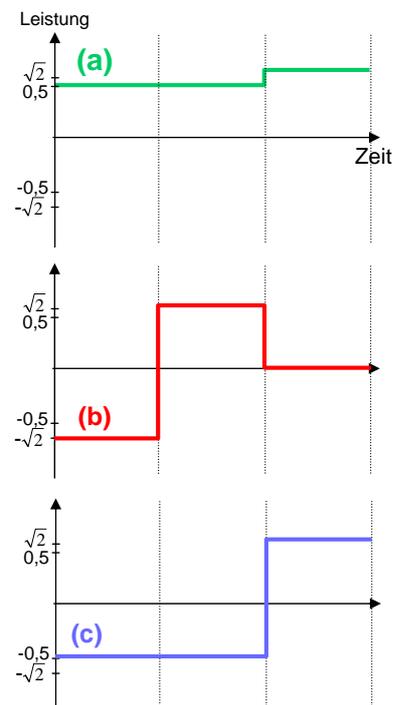
- **CDMA** (Code Division Multiple Access)
- Alle im Frequenzband gleichzeitig gesendeten Signale werden mit einem **speziellen CDMA-Code** versehen

- z.B. $a = (0.5, 0.5, \sqrt{2})$

$$b = (\sqrt{2}, \sqrt{2}, 0)$$

$$c = (-0.5, -0.5, \sqrt{2})$$

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

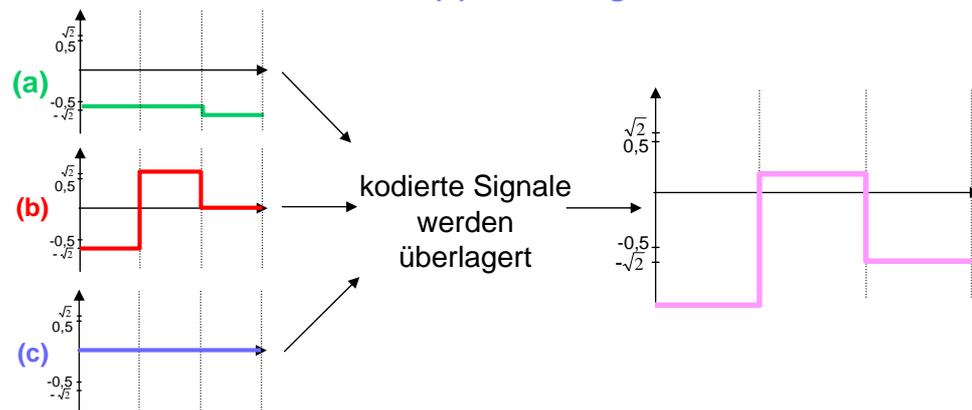


Internet und WWW (4)

○ Codemultiplexing

○ CDMA (Code Division Multiple Access)

- **Sende:** Kanal (a): 0 (entspricht inversem Signal)
- Kanal (b): 1
- Kanal (c): kein Signal



Informatik der digitalen Medien

3. Internet und WWW (4)

○ Mobiles Internet

- Funknetzwerke und Mobilfunk
 - Grundlagen
 - **Mobilfunk – Historie**
- Wireless LAN
- PANs – Personal Area Networks



Internet und WWW (4)

○ Mobilfunk

○ A-Netz - die 1. Generation

- **1958** A-Netz der Deutschen Bundespost
 - Analoge Sprachübertragung
 - Frequenzbereich: 156-174 MHz
 - Frequenzmodulation, FDD (Frequency Duplex Division)
 - 10 Watt Sendeleistung,
 - Duplexabstand (Senden/Empfangen) 10 MHz und 50 kHz Kanalraster
 - Manuelle Vermittlung
- 1968 80% Flächenabdeckung in Deutschland
- ca. 10500 Teilnehmer in Deutschland



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

Internet und WWW (4)

○ Mobilfunk

○ B-Netz - die 1. Generation

- Einführung **1972** (auch NL, GB, AU, VRC)
- Analoge Sprachübertragung
 - FDD (Frequency Duplex Division)
 - Frequenzbereich: 146-156 MHz
 - 4,7 MHz Duplexabstand und
 - 20 kHz Kanalraster
- erstmals automatische Vermittlung
- Deutschland in 150 Zonen aufgeteilt mit bis zu 150km Durchmesser
- Problem: Aufenthaltsort des Teilnehmers muss bekannt sein



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

Internet und WWW (4)

○ Mobilfunk

○ C-Netz - die 1. Generation

- 1985 C-Netz (auch Portugal und Spanien)
- Analoge Sprachübertragung
- Aufenthaltsort des Teilnehmers wird jeweils gespeichert und mit jedem Funkzellenwechsel aktualisiert
 - Frequenzbereich 451-466 MHz
 - Einstellbares Kanalraster zwischen 10 und 25 kHz
 - 10 MHz Duplexabstand
 - 15 Watt Sendeleistung
- Abschaltung am 31.12.2001



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

Informatik der digitalen Medien

3. Internet und WWW (4)

○ Mobiles Internet

- Funknetzwerke und Mobilfunk
 - Grundlagen
 - Mobilfunk - GSM / UMTS
- Wireless LAN
- PANs – Personal Area Networks

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

Internet und WWW (4)

○ Funknetzwerke und Mobilfunk

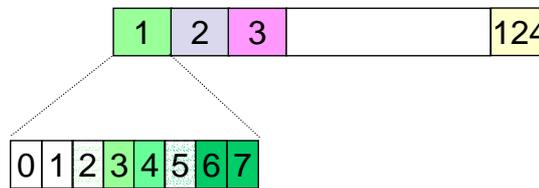
○ GSM – die 2. Generation

- GSM (Global System for Mobile Communications)
- digitale Sprachübertragung, kombiniert FDMA und TDMA
- GSM 900 FB 880MHz – 960MHz (D-Netz)
- GSM 1800 FB 1710 MHz – 1880MHz (D- u. E-Netz)

890-915 MHz uplink

935-960 MHz downlink

Frequenzband



Kanäle (FDMA)

Zeitslitze (TDMA)

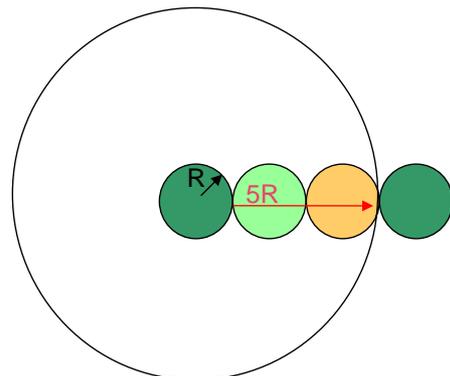
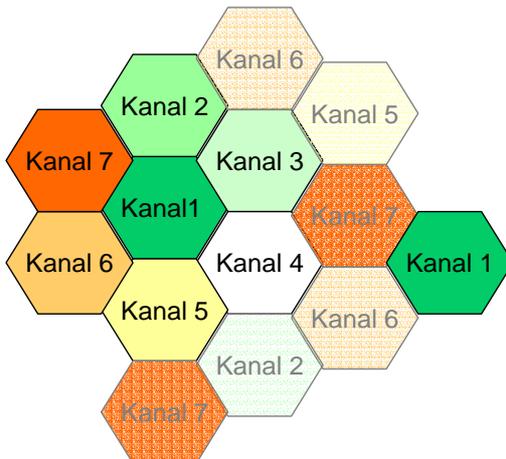
Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Internet und WWW (4)

○ Funknetzwerke und Mobilfunk

○ GSM – die 2. Generation

- Zellulare Netzstruktur
- **benachbarte Zellen** müssen **unterschiedliches Frequenzband** verwenden



R Versorgungsradius
5R Interferenzradius

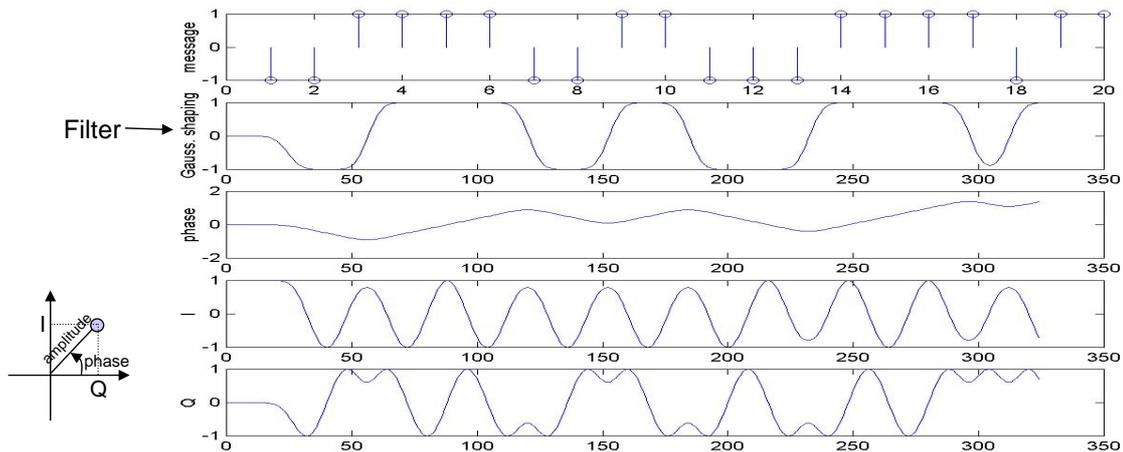
Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Internet und WWW (4)

○ Funknetzwerke und Mobilfunk

○ GSM – die 2. Generation

- GMSK-Modulation (Gaussian Minimum Shift Keying)



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

Internet und WWW (4)

○ GSM – die 2. Generation

○ Datenübertragungsverfahren

- GSM-Sprachübertragung mit ca. 13 kbps (netto)
- GSM-Datenübertragung mit 9,6 kbps
- **HSCSD** (High Speed Circuit Switched Data)
 - Bündelung aller 8 Zeitschlitz
 - Max. Datenrate: 76.8 kbit/s
- **GPRS** (General Packet Radio System)
 - paketorientierter Datendienst
 - Direkte Schnittstelle zu IP basierten Anwendungen
 - Abrechnung nach Datenvolumen möglich
 - 115 kbit/s (aus 8 Kanälen und 14,4 kbit/s pro Kanal)

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

Internet und WWW (4)

- GSM – die 2. Generation

- **WAP vs. i-mode**



- **Wireless Application Protocol (WAP, eingeführt 1998)** zur Kommunikation zwischen
 - mobilem Endgerät (Handy) und
 - WWW-Server
- beschränkte Darstellungs- und Prozessorleistung des WAP-Endgeräts
- niedrige Bandbreite und hohe Fehlerrate

Spezielle Markupsprache (**WML**) für mobile Endgeräte

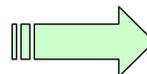
- Unterteilung von HTML-Dokumenten in einen Stapel einzelner **Karteikarten**, die nacheinander abgerufen werden können
- Verwendung spezieller Kontrollelemente

Problem: Umsetzung grafischer Elemente

Internet und WWW (4)

- GSM – die 2. Generation

- **WAP vs. i-mode**



Internet und WWW (4)

- GSM – die 2. Generation

- **WAP vs. i-mode**

- **i-mode** basiert auf
 - der Übertragungstechnik **GPRS** (paketorientierte Datenübertragung, auch simultan zum Telefongespräch) und
 - der Markup-Sprache **cHTML** (einer vereinfachten Version von HTML)
- zusätzlich **i-mails** (1000 Zeichen) statt SMS
- eingeführt in Japan 1999 (NTT DoCoMo) in Deutschland 2002



Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail

Internet und WWW (4)

- GSM – die 2. Generation

- **WAP vs. i-mode**

- **WAP 2.0** vereinigt
 - **XHTML** (Hypertext Markup Language)
 - **CSS** (Cascading Style Sheets) und
 - **HTTP** (Hypertext Transfer Protocol) mit **TLS** (Transport Layer Security)
- unterstützt E-Mail und MMS
- Industriestandard seit 2001



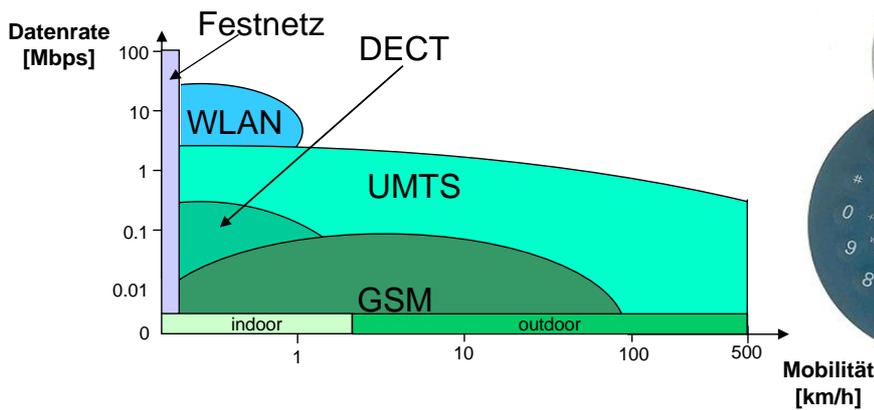
Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Internet und WWW (4)

○ Funknetzwerke und Mobilfunk

○ UMTS – die 3. Generation

- UMTS (**U**niversal **M**obile **T**elecommunication **S**ervice)
- 1992 ITU IMT-2000 Standard
- Bandbreiten zwischen 144 kbps und 2Mbps
 - ermöglicht Übertragung von Multimedia-Daten



Internet und WWW (4)

○ Funknetzwerke und Mobilfunk

○ UMTS – die 3. Generation

- Einflußfaktoren auf die Datenübertragungsrate
- **Aufenthaltsort**
 - Stadt/Land
 - Hohe Siedlungsdichte → hohe Datenübertragungsrate



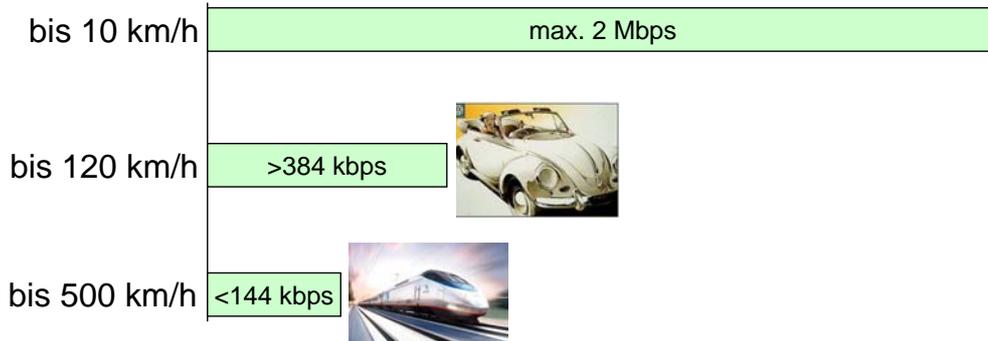
Hot Spot	2 Mbps
Fläche	384 kbps
Land	144 kbps

Internet und WWW (4)

○ Funknetzwerke und Mobilfunk

○ UMTS – die 3. Generation

- Einflußfaktoren auf die Datenübertragungsrate
- **Fortbewegungsgeschwindigkeit**
 - Hohes Tempo → niedrige Datenübertragungsrate



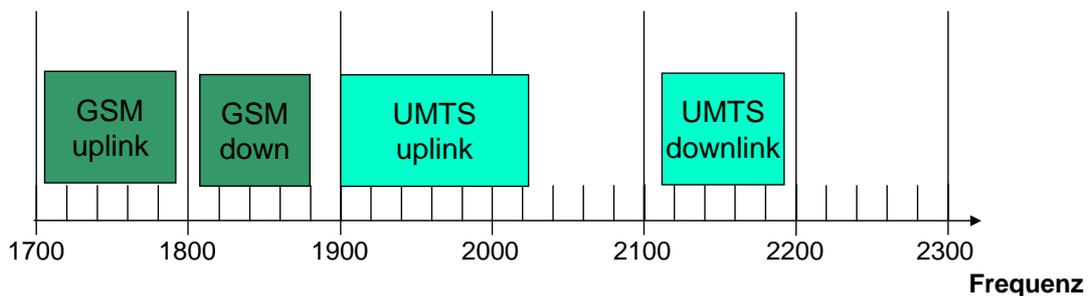
Informatik der digitalen Medien
Dr.rer.nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Internet und WWW (4)

○ Funknetzwerke und Mobilfunk

○ UMTS – die 3. Generation

- Frequenzbereiche



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

Internet und WWW (4)

○ UMTS – die 3. Generation

○ Versorgungsstruktur

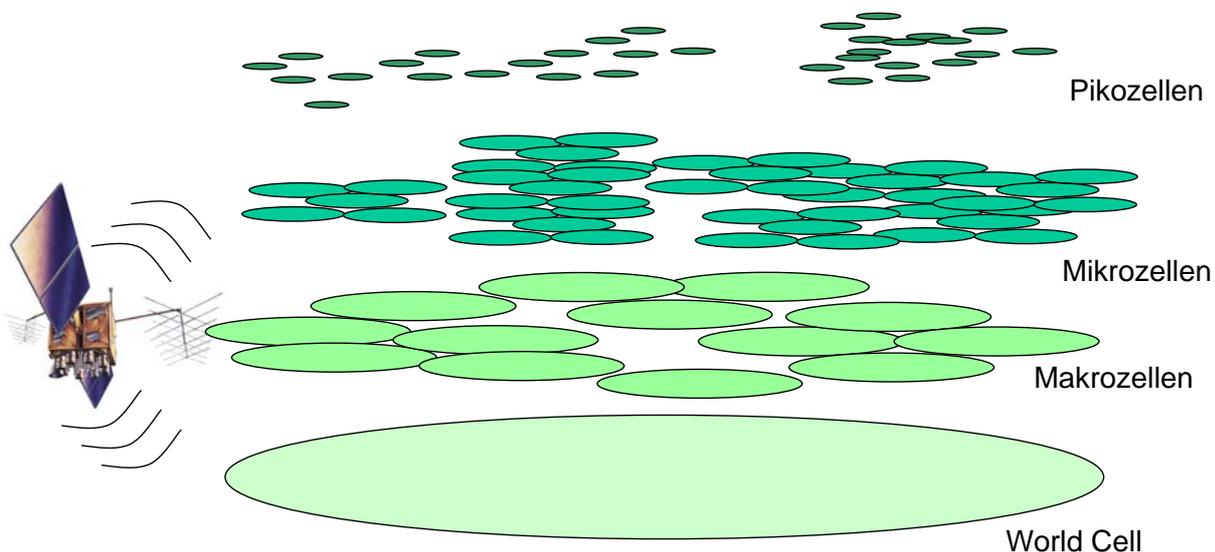
- Funkschnittstelle **UTRAN**
(UMTS Terrestrial Radio Access Network)
- UTRAN setzt sich hierarchisch zusammen aus
 - **Makrozellen**
Flächendeckende Grundversorgung für größeres abgeschlossenes Gebiet
 - **Mikrozellen**
wenige Quadratkilometer große Flächen, zusätzliche Versorgung für dicht besiedelte Gebiete
 - **Pikozellen**
Durchmesser nur wenige 100m, im Gebäude oder an Hotspots (Bahnhof, Flughafen) für max. Datenübertragungsrate
- Erschließung dünn besiedelter Gebiete zusätzlich durch Satellitennetzwerk



Internet und WWW (4)

○ UMTS – die 3. Generation

○ Versorgungsstruktur



Internet und WWW (4)

○ UMTS – die 3. Generation

○ Zugriffsverfahren

- UTRAN verwendet Kombination aus CDMA, FDD und TDD

○ **FD-CDMA**

- Nutzer erhält jeweils spezielles Frequenzband für Uplink und Downlink
- für Makro- und Mikrozellen
- max. 384 kbps möglich

○ **TD-CDMA**

- Nutzer erhält jeweils verschiedene Zeitslots für Uplink und Downlink
- Asymmetrische Vergabe der Zeitslots möglich
- nur in **Piko-** und **Mikrozellen**
- max. 2 Mbps möglich

Informatik der digitalen Medien

3. Internet und WWW (4)

○ Mobiles Internet

- Funknetzwerke und Mobilfunk

- Grundlagen

- GSM / UMTS

○ **Wireless LAN**

- PANs – Personal Area Networks

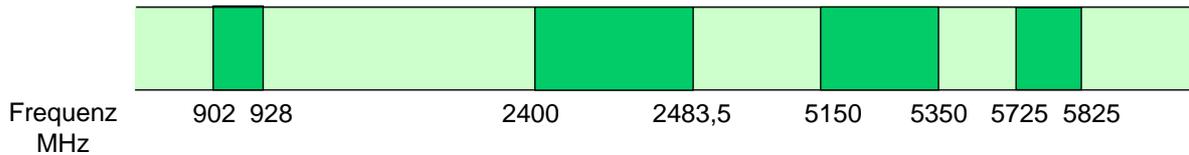
Internet und WWW (4)



- Wireless LAN

- **Kleine Historie**

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



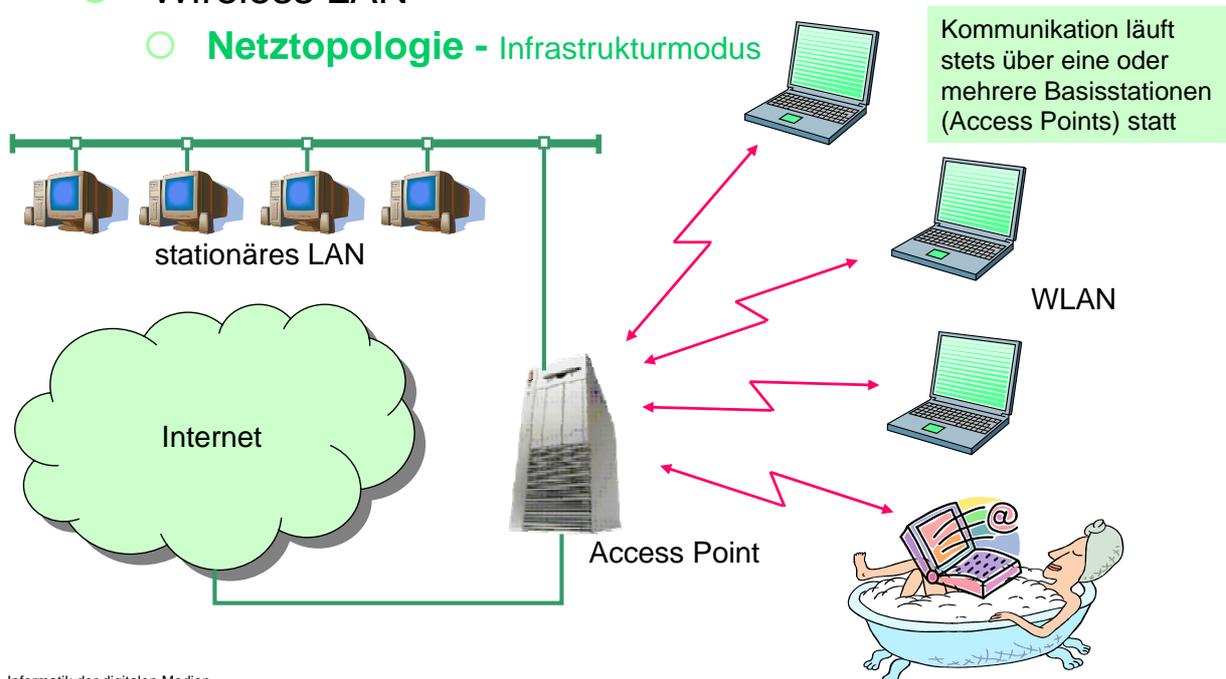
- 1988 IEEE Arbeitsgruppe 802 – lokale Netzwerke
- 1997 IEEE **802.11** – Wireless LAN
- 2003 IEEE 802.11g
 - Bandbreiten bis 54 Mbps



Internet und WWW (4)

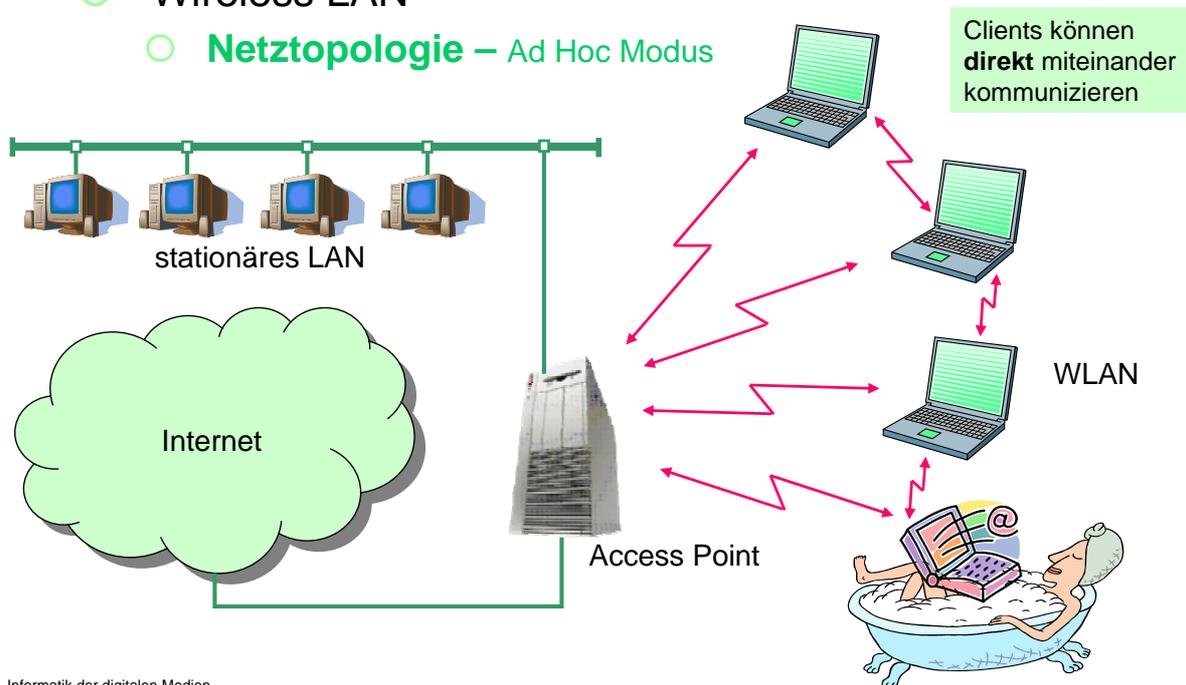
- Wireless LAN

- **Netztopologie - Infrastrukturmodus**



Internet und WWW (4)

- Wireless LAN
- **Netztopologie – Ad Hoc Modus**



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

Internet und WWW (4)

- Wireless LAN
- **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

- dazu
 - 802.11e (Verbesserung Übertragungskapazität, Sicherheit)
 - 802.11d länderspezifisches WLAN
 - 802.11i (Verbesserung der Sicherheit)
 - ...

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

Internet und WWW (4)

- 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

Internet und WWW (4)

- Wireless LAN
 - **802.11 Protocol Stack – Physical Layer**

- **Modulationsverfahren:**
 - **F**requency **H**opping **S**pread **S**pectrum (**FHSS**)
 - **D**irect **S**equen**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 – 1 W bei 5 GHz

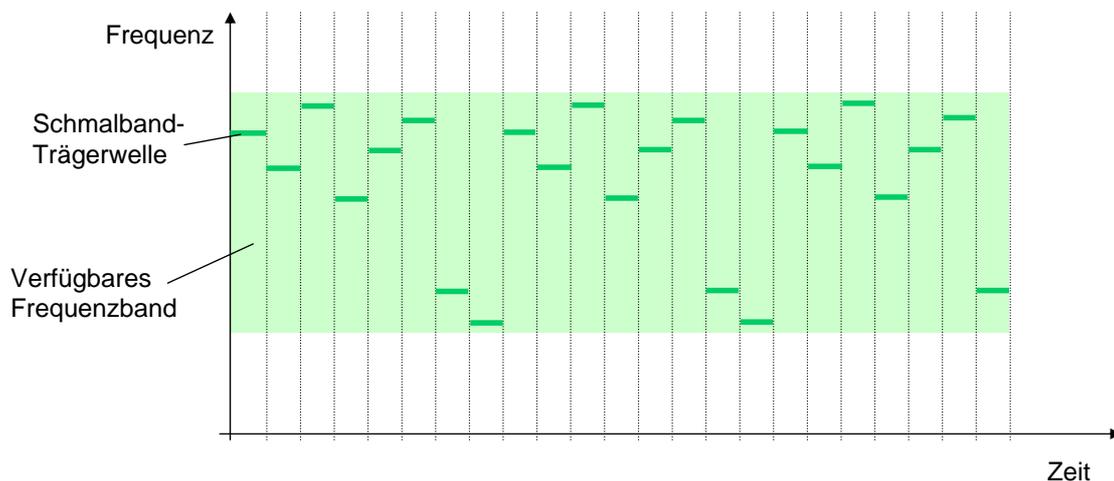
Internet und WWW (4)

- 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, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Internet und WWW (4)

- 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, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

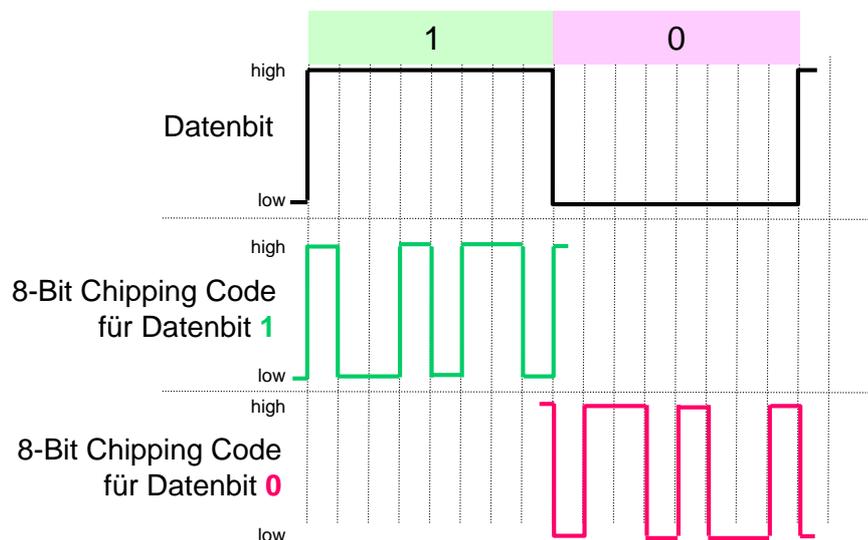
Internet und WWW (4)

- Wireless LAN
 - **802.11 Protocol Stack – Physical Layer**
 - **Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)**
 - Kombination des zuzusendenden 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, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Internet und WWW (4)

- 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, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

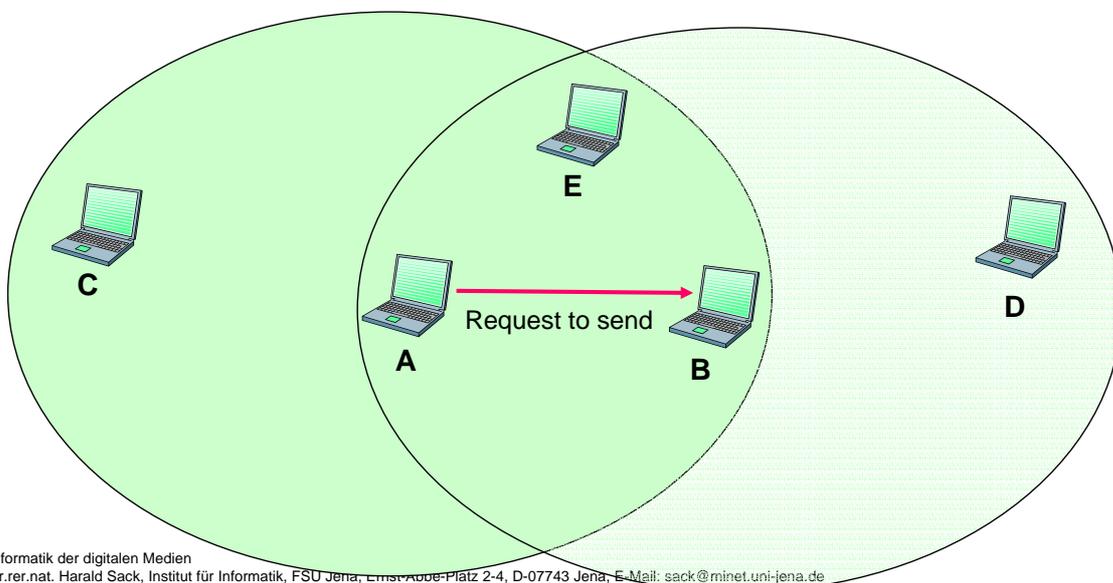
Internet und WWW (4)

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

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

Internet und WWW (4)

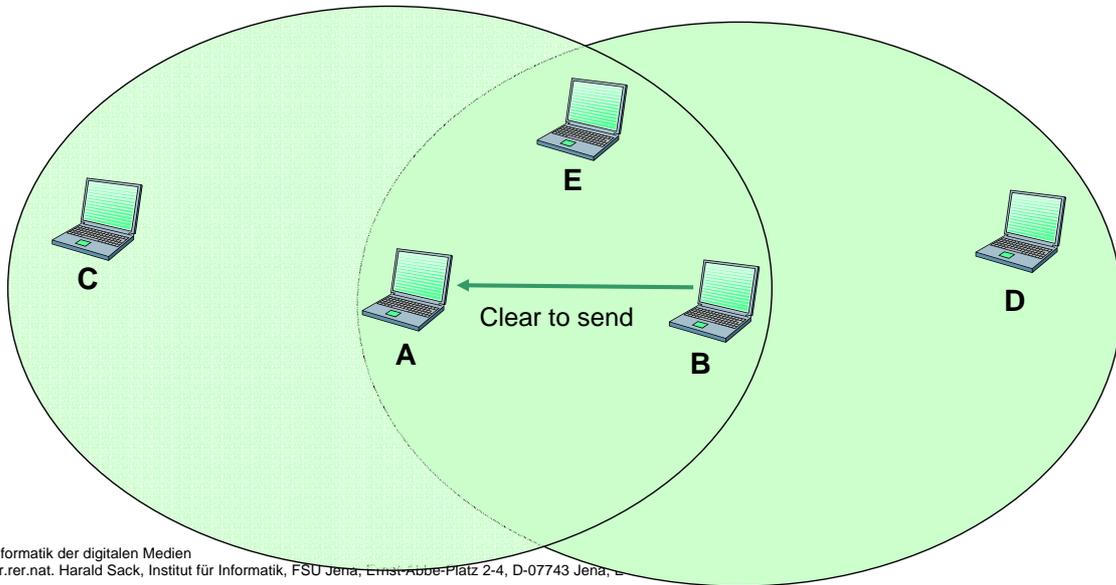
- Wireless LAN
 - **802.11 Protocol Stack – MAC Layer**
 - **M**ultiple **A**cces with **C**ollision **A**voidance (CSMA/CA)



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

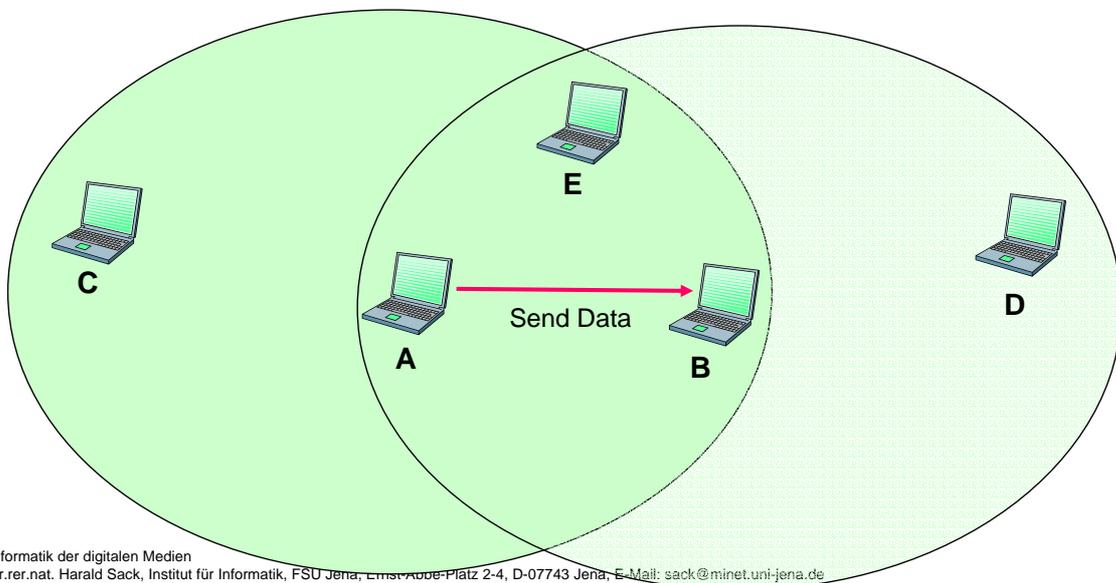
Internet und WWW (4)

- Wireless LAN
 - **802.11 Protocol Stack – MAC Layer**
 - Multiple **A**cces with **C**ollision **A**voidance (CSMA/CA)



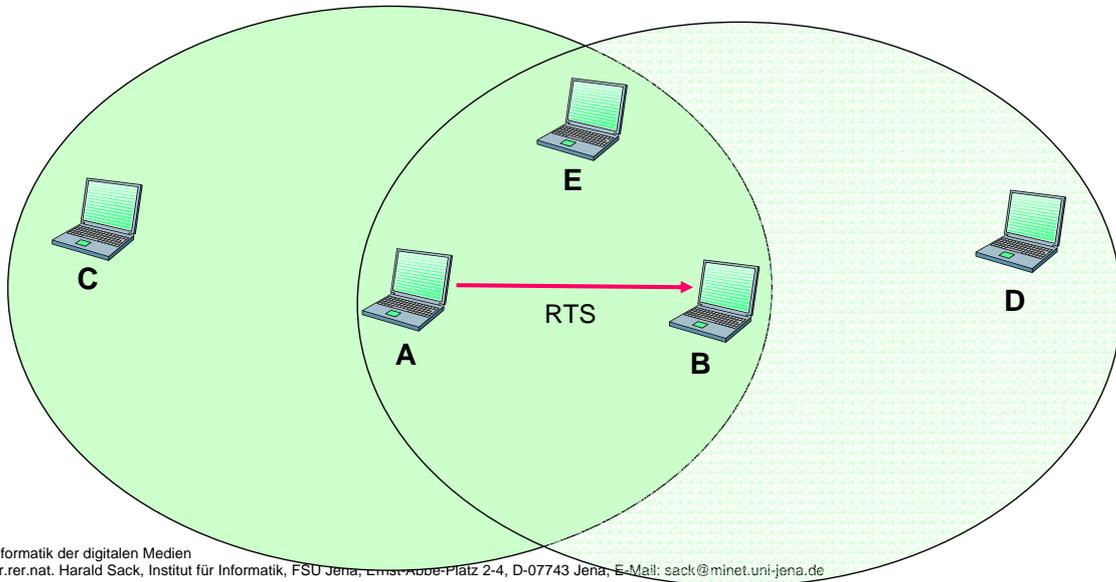
Internet und WWW (4)

- Wireless LAN
 - **802.11 Protocol Stack – MAC Layer**
 - Multiple **A**cces with **C**ollision **A**voidance (CSMA/CA)



Internet und WWW (4)

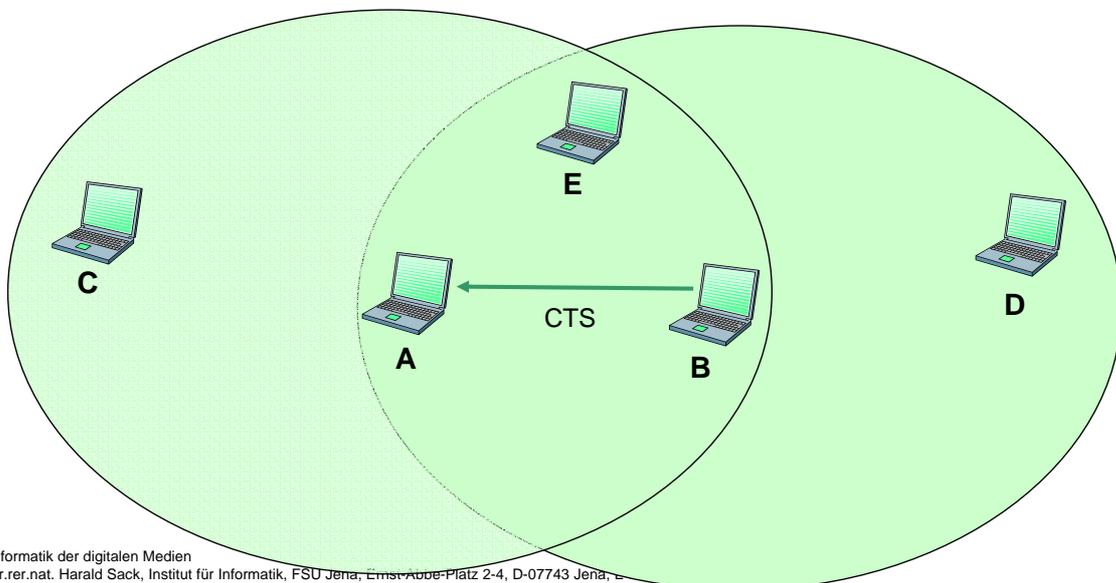
- Wireless LAN
 - **802.11 Protocol Stack – MAC Layer**
 - **Multiple Acces with Collision Avoidance (CSMA/CA)**



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

Internet und WWW (4)

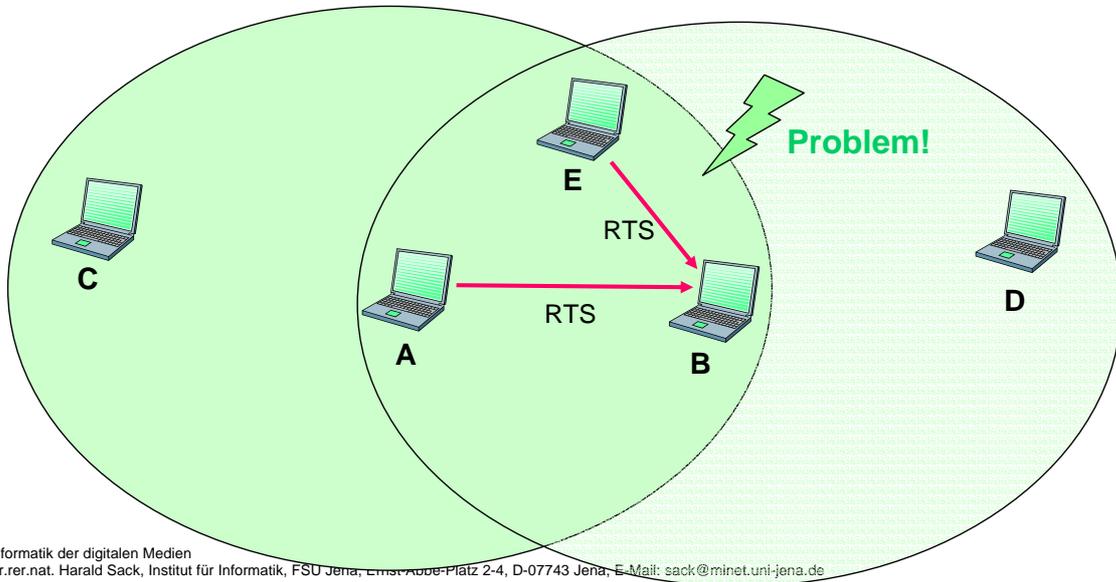
- Wireless LAN
 - **802.11 Protocol Stack – MAC Layer**
 - **Multiple Acces with Collision Avoidance (CSMA/CA)**



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

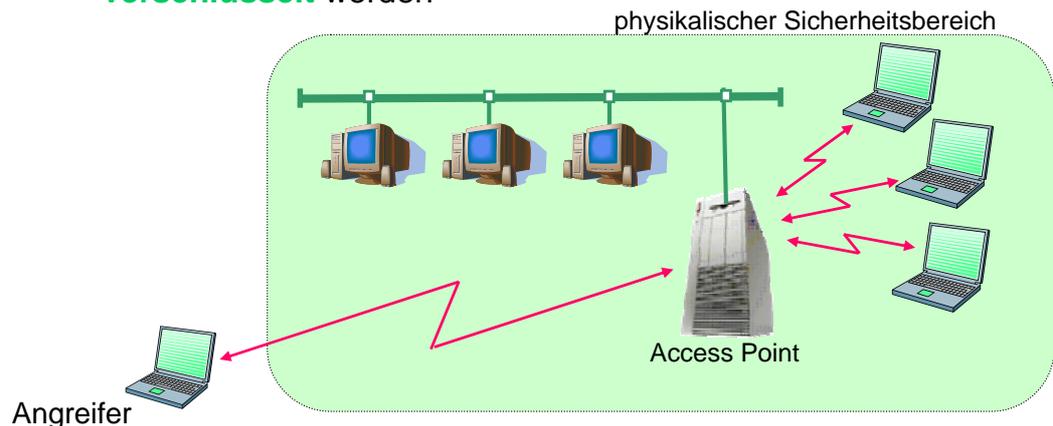
Internet und WWW (4)

- Wireless LAN
 - **802.11 Protocol Stack – MAC Layer**
 - Multiple **A**ccess with **C**ollision **A**voidance (CSMA/CA)



Internet und WWW (4)

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

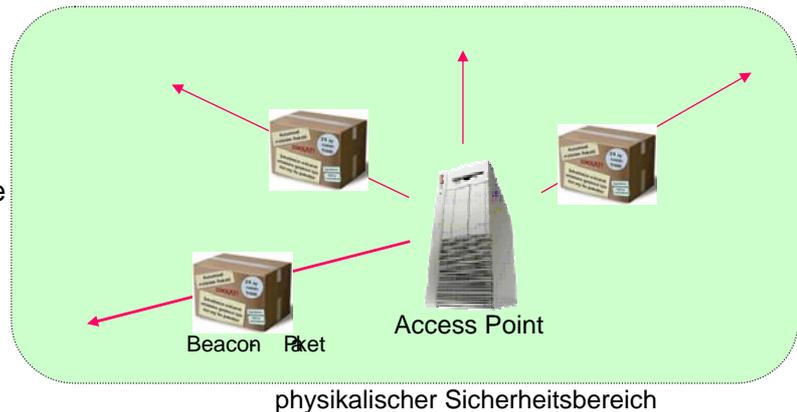


Internet und WWW (4)

- Wireless LAN
 - **802.11 Sicherheit**
 - um den am WLAN teilnehmenden Rechnern Zugang zu gewähren, versendet der Access Point regelmäßig **Beacon-Datenpakete**, um sich bekannt zu machen

„War Driving“

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



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

Internet und WWW (4)

- Wireless LAN
 - **802.11 Sicherheit**
 - Angriffe auf WLANs:
 - **Passive Angriffe**
zur Entschlüsselung des Datenverkehrs durch statistische Methoden
 - **Aktive Angriffe**
um Datenverkehr von nicht-authorisierten Rechnern in das WLAN einzubringen
 - **Wörterbuch-erzeugende Angriffe**
zur Aufzeichnung des Datenverkehrs mit dem Ziel, mit statistischen Methoden eine Echtzeit-Entschlüsselung zu erreichen

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

Internet und WWW (4)

- Wireless LAN
 - **802.11 Sicherheit**
 - Angriffe auf WLANs:



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

Informatik der digitalen Medien

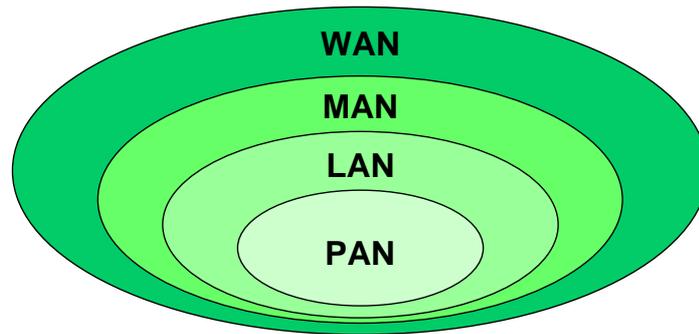
3. Internet und WWW (4)

- Mobiles Internet
 - Funknetzwerke und Mobilfunk
 - Grundlagen
 - GSM / UMTS
 - Wireless LAN
 - **PANs – Personal Area Networks**

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

Internet und WWW (4)

- Mobiles Internet
 - **PAN – Personal Area Networks**
 - Allgemeine Netzwerk-Terminologie



PAN beschränkt sich auf einen Bereich innerhalb weniger Meter
→ Persönliches Netzwerk

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

Internet und WWW (4)

- PAN – Personal Area Networks
 - **Bluetooth**



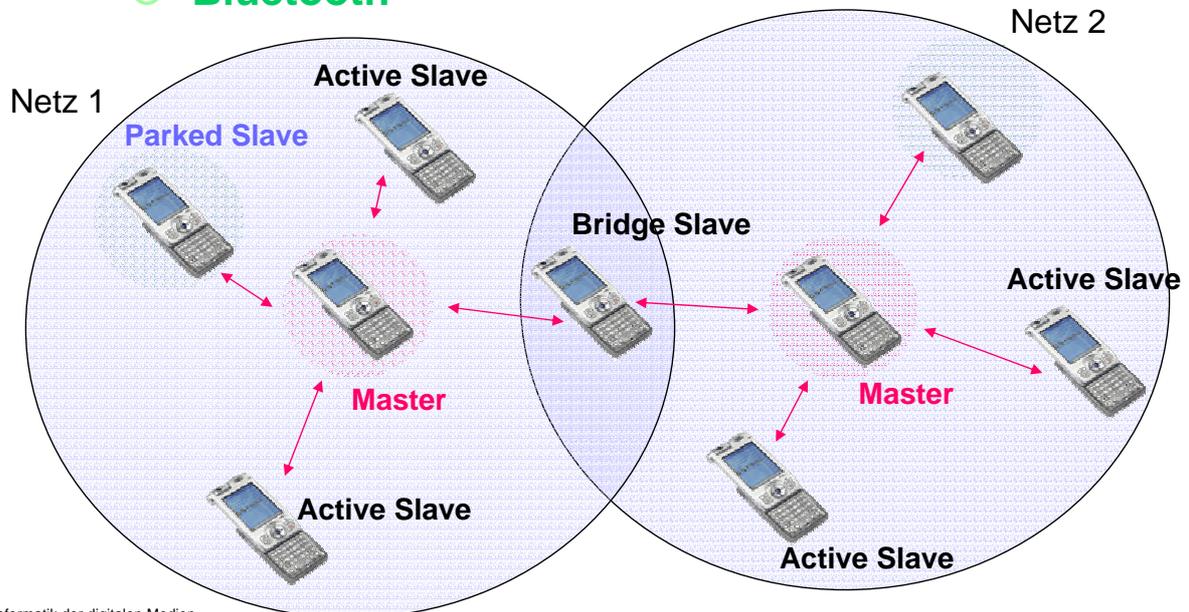
- Entwicklung seit 1994
- 1999 Bluetooth Version 1.0
- benannt nach Wikingerkönig „Harald Blauzahn“ (940-981), der Dänemark und Norwegen vereinte (kabellos...)
- 2002 IEEE 802.15 Standard
- arbeitet im 2,4 GHz ISM-Frequenzband
- Datenübertragungsraten bis zu 1 Mbps
- Reichweite < 10m
- Energiesparende Technologie, da Endgeräte meist mit Batterie
- FHSS-Modulation und 128 Bit Verschlüsselung, um Abhören zu verhindern



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

Internet und WWW (4)

- PAN – Personal Area Networks
- **Bluetooth**



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

Informatik der digitalen Medien

3. Internet und WWW (4)

- Mobiles Internet
 - Funknetzwerke und Mobilfunk
 - Grundlagen
 - GSM / UMTS
 - Wireless LAN
 - PANs – Personal Area Networks



Informatik der digitalen Medien

3. Internet und WWW (4)

○ Literatur

- Ch. Meinel, H. Sack:
WWW– Kommunikation, Internetworking, Web-Technologien,
Springer, 2004.
- F. Bergmann, H.J. Gerhardt:
Taschenbuch der Kommunikation,
Fachbuchverlag Leipzig, 1999.
- A. Tanenbaum
Computernetzwerke (4. Aufl.),
Pearsons, 2003.