



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



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**
 - 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** Guillaume 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)



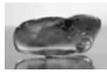
Informatik der digitalen Medien
Dr. rer. nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

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.)



Bemstein
(ελεκτρον)

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
 - 1730 Stephen Gray weist **elektrische Leitfähigkeit** nach



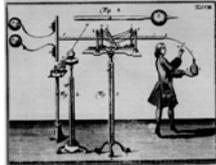
Informatik der digitalen Medien
Dr. rer. nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Internet und WWW (4)

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



Petrus Musschenbroek
(1692 - 1761)



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**
 - 1745 Leidener Flasche – erste Vorform der Batterie
 - 1800 Alessandro Volta entwickelt die erste **Batterie**



Alessandro Volta
(1745 - 1827)



Voltaische Säule

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**
 - 1800 Alessandro Volta entwickelt die erste Batterie
 - 1804 F. Salva y Campillo experimentiert mit **Elektrolyt-Telegraphen**



Salva y Campillo's
„menschlicher“ Telegraf



Elektrolyt Telegraf



Problem: Jeder Buchstabe
benötigt eigene Leitung

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**
 - 1804 F. Salva y Campillo – Elektrolyt-Telegraf
 - 1820 Christian Ørstedt entdeckt den **Elektromagnetismus**



Hans Christian Ørstedt
(1777 - 1851)



Ørstedt's Versuch



Ørstedt's Beobachtung

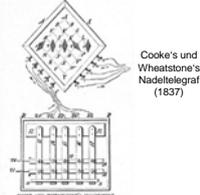
Informatik der digitalen Medien
Dr. rer. nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Internet und WWW (4)

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



Andre Marie Ampère
(1776 1836)



Cooke's und
Wheatstone's
Nadeltelegraph
(1837)

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**
 - 1820 A.M. Ampère - erklärt den Elektromagnetismus und entwickelt einen **elektromagnetischen Nadeltelegraphen**
 - 1833 C.F. Gauss / W. Weber – **Zeigertelegraf**



Carl Friedrich Gauss
(1777 1855)



Wilhelm Weber
(1804 1891)



Telegraphenalphabet



Göttinger Zeigertelegraph

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



Samuel B. Morse
(1794 1872)



Morsetaste



Morseschreiber

MORSE CODE			
A	· —	N	— ·
B	· · · —	O	— — —
C	· — · —	P	— · — ·
D	· — · —	Q	— — · —
E	·	R	· — — ·
F	· · — ·	S	· — —
G	· — —	T	— — —
H	· · · ·	U	— · —
I	· ·	V	· — — ·
J	· — — —	W	— · — —
K	· — · —	X	— · — —
L	· — · —	Y	— — — ·
M	— —	Z	— — — ·
O	— — —		
P	— · — ·		
Q	— — · —		
R	· — — ·		
S	· — —		
T	— — —		
U	— · —		
V	· — — ·		
W	— · — —		
X	— · — —		
Y	— — — ·		
Z	— — — ·		

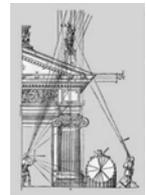
Informatik der digitalen Medien
Dr. rer. nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Internet und WWW (4)

- Funknetzwerke und Mobilfunk
- Geschichtliche Grundlagen und Hintergründe
- **Telefon**
 - 1. Jhd. v. Chr. Vitruv (römischer Architekt)
vergleicht Schall mit den Wellen des Wassers



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



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
- **Telefon**
 - 1700 Isaac Newton weist Zusammenhang zwischen Schallgeschwindigkeit und Luftdruck nach



Isaac Newton
(1643 1727)



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
- **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

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
 - **Telefon**
 - 1821 Michael Faraday nutzt elektromagnetische Induktion
 - 1861 Phillip Reis konstruiert **Apparat zur Schallübertragung**



Phillip Reis
(1834 - 1874)



„Stricknadel“-Telefon
von Phillip Reis

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
 - **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

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
 - **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-Transatlantikabel



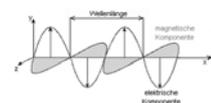
Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

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)



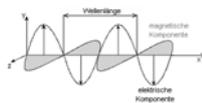
Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

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)



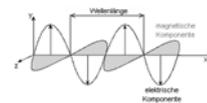
Informatik der digitalen Medien
Dr rer nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

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)

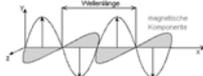
- Funknetzwerke und Mobilfunk
- Geschichtliche Grundlagen und Hintergründe
- **Funktelegrafie**
 - 1890 Eduard Branly gelingt Umwandlung elektromagnetische Wellen in elektrische Impulse
 - 1895 A. S. Popov präsentiert ersten **Empfänger** für elektromagnetische Wellen (Gewitteranzeiger)



Aleksandr Stepanowitsch Popow (1858-1906)



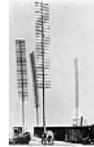
Popov's Gewitteranzeiger



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



Telegraphenantennen



Funktelegraf



Guglielmo 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)

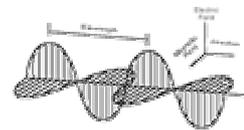
- Funknetzwerke und Mobilfunk
- Geschichtliche Grundlagen und Hintergründe
- **→ Mobilfunk**
 - 1927 Gründung der Federal Radio Commission um Funkwellen Chaos zu Regeln (ab 1934 Federal Communication Commission, FCC)
 - 1947 erstes **Autotelefon** der Firma AT&T



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



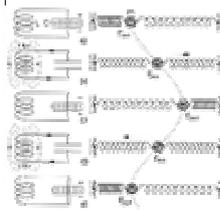
Informatik der digitalen Medien
Dr. rer. nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

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) Wegeln 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. ...

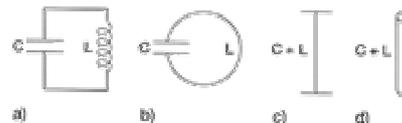


Schwingkreis

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**

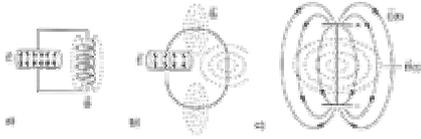


- Die Spule durch eine einzige Leiterschleife ersetzt, die dann die Induktivität darstellt.
- Der Kondensator aufgebogen, bis wir einen Stab (Stabantenne) erhalten

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**

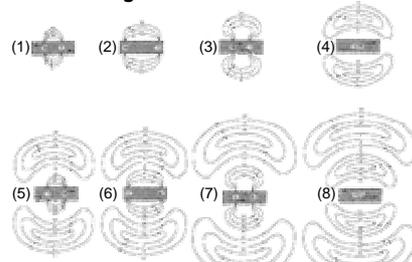


- (a) In der Ausgangskonfiguration sind die (zeitlich variierenden) Felder innerhalb von Kapazität und Induktivität lokalisiert
 (c) Beim Stab greifen diese weit in den Raum hinaus

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**



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 **Elektromagnetische Welle**

Internet und WWW (4)

- Physikalische Grundlagen
- **Elektromagnetische Wellen**

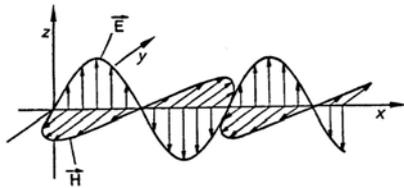
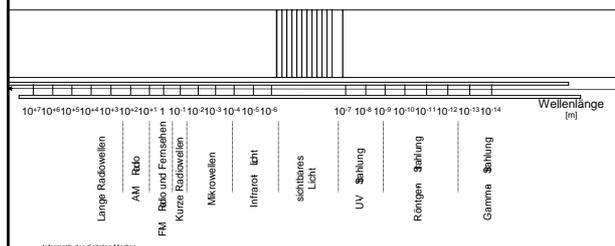


Abb. 3.1 Momentanbild einer elektromagnetischen Welle

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 **Elektromagnetische Welle**

Internet und WWW (4)

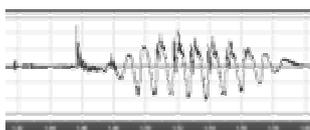
- Physikalische Grundlagen
- **Elektromagnetische Wellen**



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)

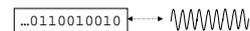
- Mobiles Internet
- **Funknetzwerke und Mobilfunk**
 - Geschichtliche Grundlagen und Hintergründe
 - **Physikalische Grundlagen**
 - Elektromagnetische Wellen
 - **Modulationsverfahren**



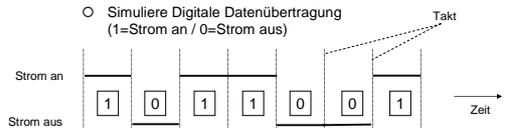
Informatik der digitalen Medien
 Dr. rer. nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Internet und WWW (4)

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



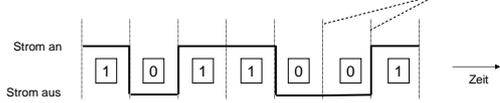
- Einfachste Lösung:
 - Simuliere Digitale Datenübertragung (1=Strom an / 0=Strom aus)



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

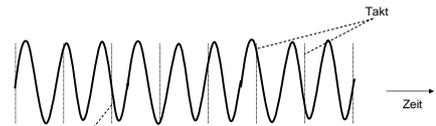


- daher treten bei der Übertragung verstärkt **Signalverzerrungen** auf

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

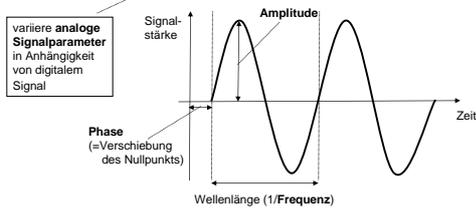


Analogsignal (Sinus-Schwingung)

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)

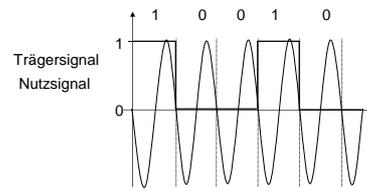
- Funknetzwerke und Mobilfunk
 - **Physikalische Grundlagen - Modulation**
 - **Idee:**
 - **moduliere** digitales Signal auf einfache, monofrequente Trägerwelle



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**



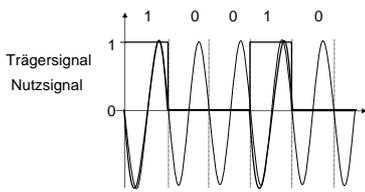
multipliziere Amplitudenwerte

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**



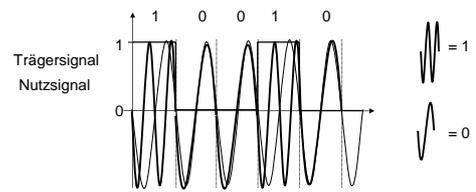
Amplitudenmoduliertes Signal

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
 - **Frequenz-Modulation**

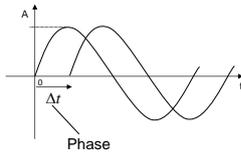


Frequenzmoduliertes Signal

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)

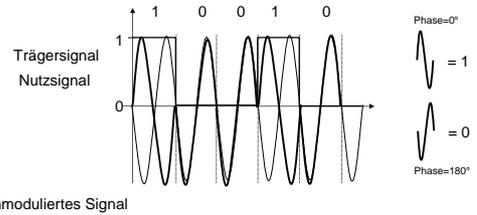
- Funknetzwerke und Mobilfunk
- Physikalische Grundlagen
- **Phasen-Modulation**
 - Information wird durch **Verschiebung der Phase** des Signals kodiert



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**



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

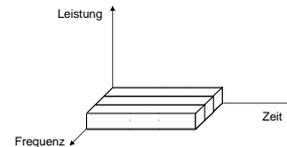
Internet und WWW (4)

- 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**

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)

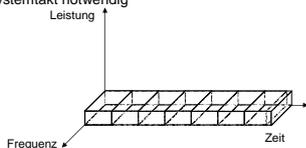
- Funknetzwerke und Mobilfunk
- Physikalische Grundlagen
- **Frequenzmultiplexing**
 - **FDMA** (Frequenz Division Multiple Access)
 - **Aufteilung des** zur Verfügung stehenden **Frequenzbereichs** (Frequenzband) auf die Teilnehmer in **disjunkte einzelne Kanäle**
 - benachbarte Kanäle stören sich



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

Internet und WWW (4)

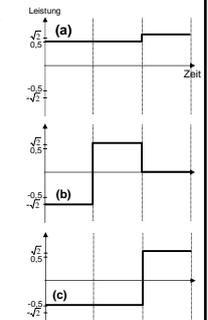
- Funknetzwerke und Mobilfunk
- Physikalische Grundlagen
- **Zeitmultiplexing**
 - **TDMA** (Time Division Multiple Access)
 - Aufteilung der Sendezeit in **disjunkte Zeitschlitz** für die einzelnen Teilnehmer, die in Gruppen zu **Zeitraumen** zusammengefasst werden
 - Systemtakt notwendig



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
- **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. $a \cdot b = 0 \dots$)



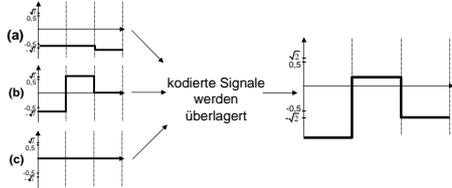
Informatik der digitalen Medien
Dr. rer. nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Internet und WWW (4)

○ Codemultiplexing

○ CDMA (Code Division Multiple Access)

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

Informatik der digitalen Medien

3. Internet und WWW (4)

○ Mobiles Internet

- Funknetzwerke und Mobilfunk
 - Grundlagen
 - **Mobilfunk – Historie**
- 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)

○ 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 Kanalaraster
 - 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 – 166 MHz
 - 4,7 MHz Duplexabstand und
 - 20 kHz Kanalaraster
- 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 Kanalaraster 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

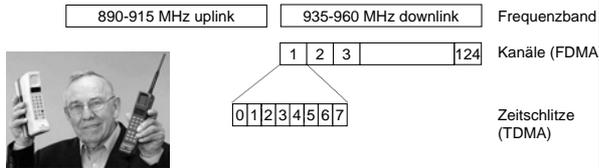
Informatik der digitalen Medien
Dr. rer. nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

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)



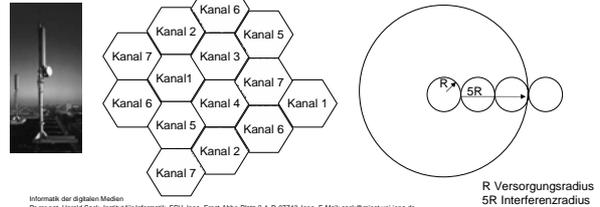
Informatik der digitalen Medien
Dr. rer. nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Internet und WWW (4)

○ Funknetzwerke und Mobilfunk

○ GSM – die 2. Generation

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



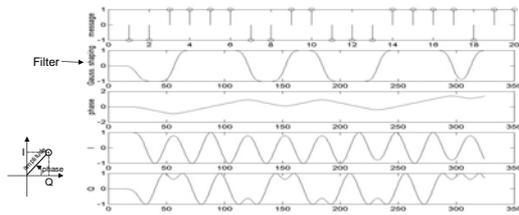
Informatik der digitalen Medien
Dr. rer. nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

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

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



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**
 - **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: sack@minet.uni-jena.de

Internet und WWW (4)

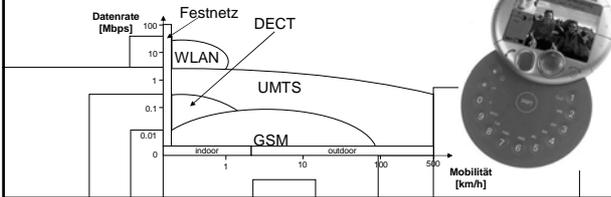
- GSM – die 2. Generation
- **WAP vs. i-mode**
 - **WAP 2.0** vereinigt
 - **XHTML** (Hypertext Markup Language)
 - **CSS** (Cascading Style Sheets) und
 - **HTTP** (Hypertext Transfer Protocol) mit **TLS** (Transport Layer Security)
 - unterstützt E-Mail und MMS
 - Industriestandard seit 2001



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)

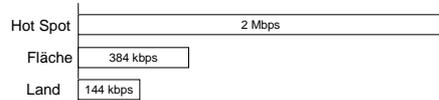
- Funknetzwerke und Mobilfunk
- **UMTS – die 3. Generation**
 - UMTS (Universal Mobile Telecommunication Service)
 - 1992 ITU IMT-2000 Standard
 - Bandbreiten zwischen 144 kbps und 2Mbps
 - ermöglicht Übertragung von Multimedia-Daten



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)

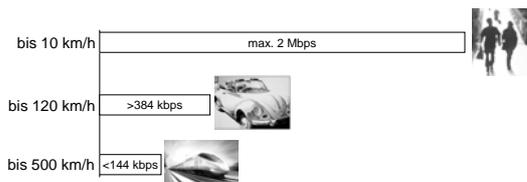
- Funknetzwerke und Mobilfunk
- **UMTS – die 3. Generation**
 - Einflussfaktoren auf die Datenübertragungsrate
 - **Aufenthaltsort**
 - Stadt/Land
 - Hohe Siedlungsdichte → hohe Datenübertragungsrate



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)

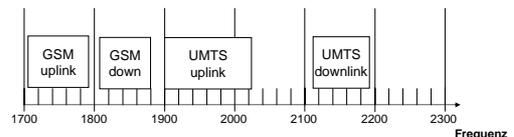
- Funknetzwerke und Mobilfunk
- **UMTS – die 3. Generation**
 - Einflussfaktoren auf die Datenübertragungsrate
 - **Fortbewegungsgeschwindigkeit**
 - Hohes Tempo → niedrige Datenübertragungsrate



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

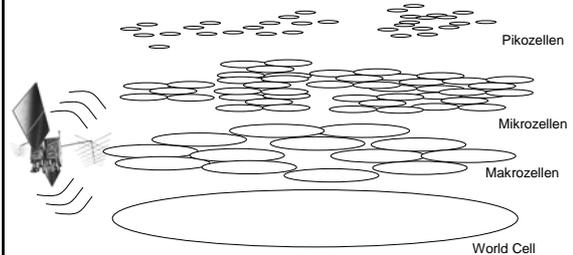


Informatik der digitalen Medien
Dr. rer. nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Internet und WWW (4)

○ UMTS – die 3. Generation

- Versorgungsstruktur



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

- 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
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

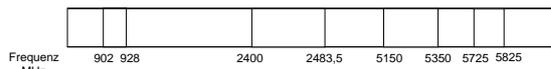
Internet und WWW (4)



○ Wireless LAN

○ Kleine Historie

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



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

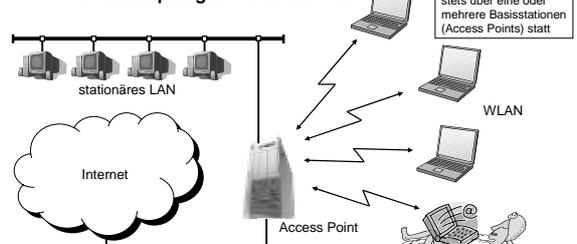


Informatik der digitalen Medien
Dr. rer. nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Internet und WWW (4)

○ Wireless LAN

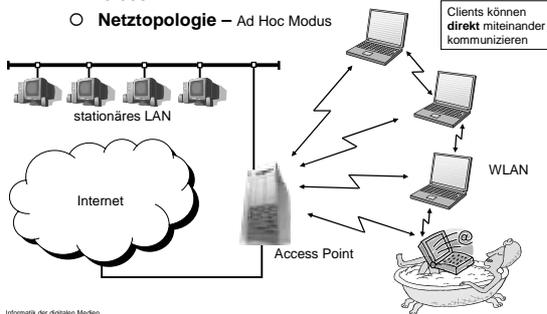
○ Netztopologie - Infrastrukturmodus



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
- 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

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

- Modulationsverfahren:
 - Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)
 - Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)
 - Orthogonal Frequency Division Multiplexing (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

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

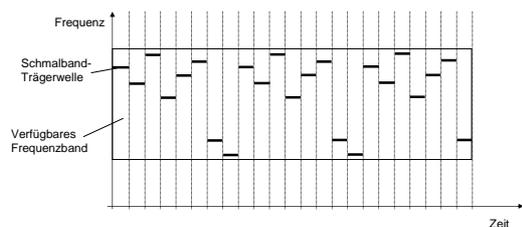
Internet und WWW (4)

- Wireless LAN
- 802.11 Protocol Stack – Physical Layer
 - Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)
 - verfügbares Frequenzband wird in 79 Kanäle von 1 MHz Bandbreite unterteilt
 - Schmalbandträgerwelle (1MHz breit) wechselt permanent die Frequenz (Gaussian 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

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

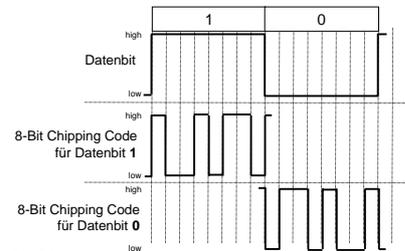
Internet und WWW (4)

- 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 Stock, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: stock@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 Stock, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: stock@minet.uni-jena.de

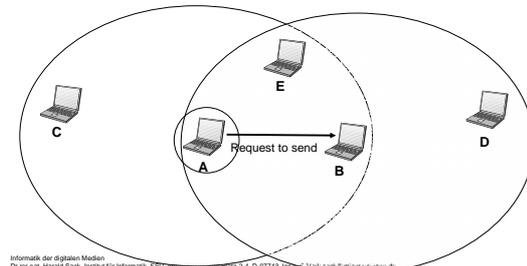
Internet und WWW (4)

- Wireless LAN
 - **802.11 Protocol Stack – MAC Layer**
 - regelt konkurrierenden Zugriff auf das Funknetz über
 - Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA/CA)
 - ähnlich Ethernet CSMA/CD-Algorithmus
 - Senderlaubnis, 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 Stock, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: stock@minet.uni-jena.de

Internet und WWW (4)

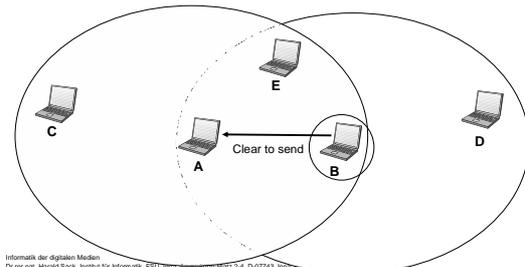
- Wireless LAN
 - **802.11 Protocol Stack – MAC Layer**
 - Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA/CA)



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

Internet und WWW (4)

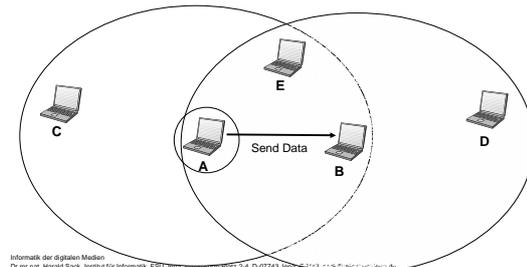
- Wireless LAN
 - **802.11 Protocol Stack – MAC Layer**
 - Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA/CA)



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

Internet und WWW (4)

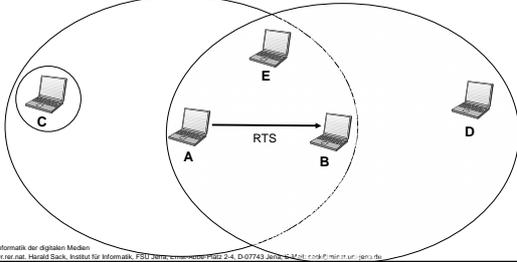
- Wireless LAN
 - **802.11 Protocol Stack – MAC Layer**
 - Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA/CA)



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

Internet und WWW (4)

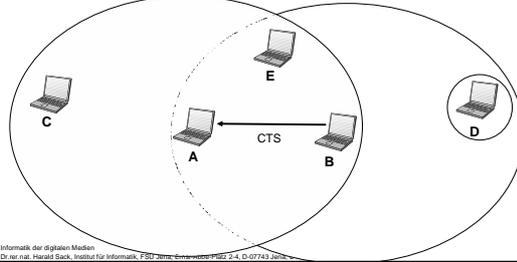
- Wireless LAN
 - 802.11 Protocol Stack – MAC Layer
 - Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA/CA)



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)

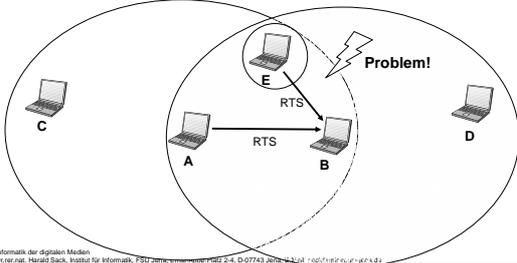
- Wireless LAN
 - 802.11 Protocol Stack – MAC Layer
 - Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA/CA)



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)

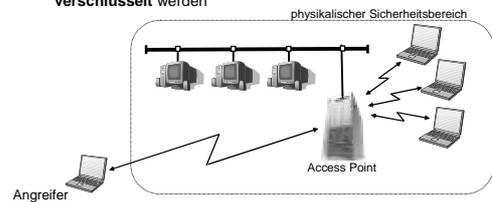
- Wireless LAN
 - 802.11 Protocol Stack – MAC Layer
 - Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA/CA)



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

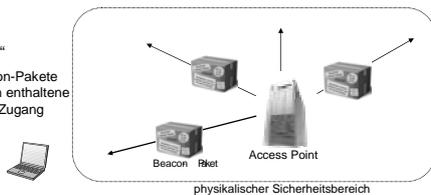


Informatik der digitalen Medien
Dr. rer. nat. Harald Sack, Institut für Informatik, FSU Jena, Ernst-Abbe-Platz 2-4, D-07743 Jena, E-Mail: sack@minet.uni-jena.de

Internet und WWW (4)

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

„War Driving“
Angrifer 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

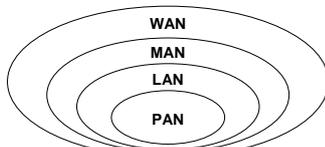
3. Internet und WWW (4)

- 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**

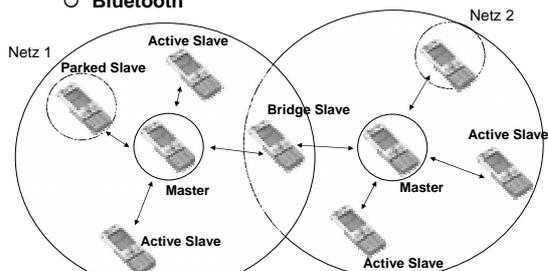
- Entwicklung seit 1994
- 1999 Bluetooth Version 1.0
- benannt nach Wikingerkönig „Harald Blauzahn“ (940-981), der Dänemark und Norwegen vereinte (kabellos...)
- 2002 IEEE 802.15 Standard
- arbeitet im 2,4 GHz ISM-Frequenzband
- Datenübertragungsraten bis zu 1 Mbps
- Reichweite < 10m
- Energiesparende 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
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)

○ 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.