

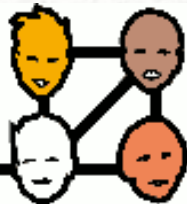
# Netzwerk- und Funktechnik II

Thomas Osterried

**IN-BERLIN** e.V.

Vortragsreihe im Rahmen des

moabit.  
kiezlan.  
de



am 22.10.2011

Lizenz: CC-BY-SA  
Version 2011-20-21-a



# *Überblick des Veranstaltungstags*

## *Netzwerk- und Funktechnik II*

- 15:00 – 16:30 Uhr
  - Rückblick und Vertiefung der Inhalte aus den Veranstaltungen „Netzwerkgrundlagen“ und „Netzwerk- und Funktechnik“  
mit praktischen Übungen
- 16:45 – 19:00 Uhr
  - Planung und Konfiguration Netzwerk
    - Theorie und Übungen
  - Planung und Konfiguration Funkstrecken
    - Theorie und Übungen

# *Netzwerktechnik, ein Rückblick..*

- Vergleiche Unterlagen zur Grundlagenschulung vom 25.2.2011
  - Layer 2 – MAC Layer
    - Subnetz
      - Switches, Bridges, Hubs
      - Broadcastdomain
      - IP: 192.168.0.0 netmask 255.255.255.0  
network 192.168.0.0 broadcast 192.168.0.255
      - oder auch andere Netzwerkprotokolle
      - Computer sprechen „direkt“ miteinander (Layer2)

# *..Netzwerktechnik, ein Rückblick..*

- VLAN
  - Mehrere voneinandergetrennte Netze auf einem Kabel
- Layer 3 - IP-Routing
  - Nachbarnetz ist über Router (aka Gateway) erreichbar (L3)
  - Vollständige Trennung der Netze
    - Nachbarnetz sieht nur die MAC-Adresse des Routers
  - NAT
    - Umsetzung von privaten RFC1918 Adressen auf z.B. die eine IP-Adresse, die der DSL-Router bei Einwahl vom Provider erhalten hat

# *..Netzwerktechnik, ein Rückblick..*

- Sicherheit auf dem Transportlayer
  - ssl / tls
- VPN
  - Verbinden von Subnetzen über das Internet
  - Verschlüsselung und Authentication
  - Die wichtigsten Standards
    - PPTP, L2TP
    - OpenVPN
    - IPsec

# *..Netzwerktechnik, ein Rückblick..*

## – Infrastruktur

- Basisdienste

- Namensauflösung (DNS)

- Dienste

- LAN

- Druckserver
- Dateiserver

- Internet

- Webserver
- Mailserver
- Chatserver
- u.v.a.m.

# *..Netzwerktechnik, ein Rückblick*

- Übertragungsmedien
  - Kabel (2-Draht, Ethernet, ..)
    - Audiospektrum vs. DSL
  - Licht (LWL / Glasfaser)
  - Funk (z.B. WLAN)

# *Funk im Allgemeinen*

- Was sind elektromagnetische Wellen / Frequenzen?
  - <http://de.wikipedia.org/wiki/Funktechnik>
    - Die Existenz von Radiowellen wurde 1864 von James Clerk Maxwell auf Grund theoretischer Überlegungen vorhergesagt und 1888 von Heinrich Hertz experimentell bestätigt.
    - Die erste Funkverbindung gelang Guglielmo Marconi 1896 mit einem Knallfunk\_ensender und dem Nachbau eines Empfängers von Alexander Stepanowitsch Popow über eine Entfernung von etwa 5 km.



# *Netzwerk und Funktechnik I, ein Rückblick..*

Siehe auch: Folien KiezLAN Veranstaltung vom 2.7.2011

- Frequenz = Schwingungen / Sekunde. Einheit: Hertz
- Bezug Wellenlänge zu Frequenz
  - $c = \lambda * f$  [c = Lichtgeschw.,  $\lambda$  = Wellenlänge, f = Frequenz  
→  $\lambda = c / f$
  - c ist Naturkonstante (300 000 km/s, also 300 000 000 m/s. Genau: 299 792 458 m/s)

# *..Netzwerk und Funktechnik I, ein Rückblick..*

Beispiele:

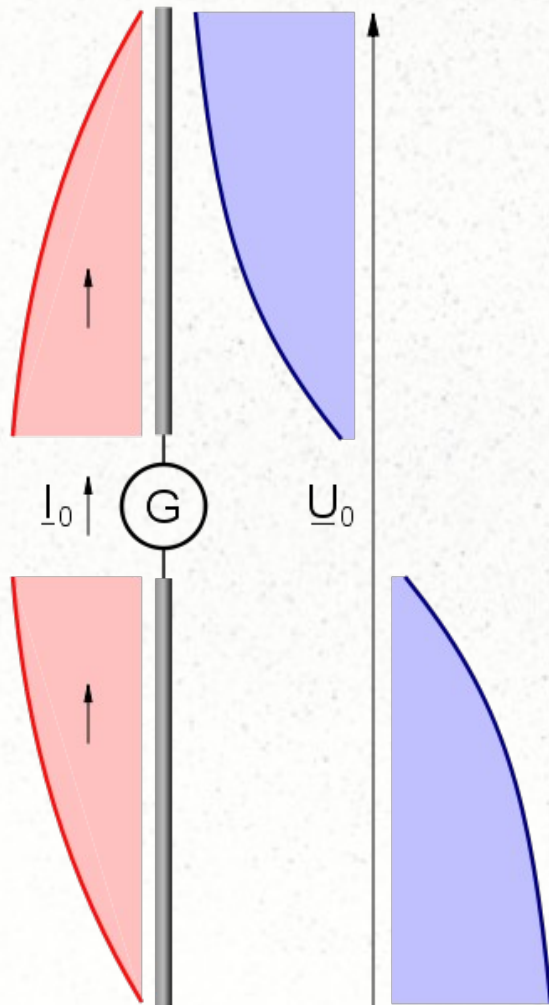
- Radio  $f = 100 \text{ MHz} = 100\,000\,000 \text{ Hz}$

$$\lambda = \frac{300\,000\,000 \text{ m/s}}{100\,000\,000 \text{ (1/s)}} = 3 \text{ m}$$

- WLAN  $f = 2400 \text{ MHz} = 2\,400\,000\,000 \text{ Hz}$

$$\lambda = \frac{300\,000\,000 \text{ m/s}}{2\,400\,000\,000 \text{ (1/s)}} = 0.125 \text{ m} = 12,5 \text{ cm}$$

# Antennen..



- Verteilung Strom / Spannung auf einem Dipol. Bezug zu  $c$ ,  $f$  und  $\lambda$ .
- Wenn genau eine Halbwelle abbildbar, dann spricht man von Halbwellendipol. Seine Länge ist gleich der halben Wellenlänge  $\lambda$ . Günstigste kleinste Antenne. Speisung mittig.
- Antennengewinn: 0 dBd
- Halbwellendipol Radio  
100 MHz:  $3 \text{ m} / 2 = 1.5 \text{ m}$
- Halbwellendipol aus WLAN  
2.4 GHz =  $12.5 \text{ cm} / 2 = 6.25 \text{ cm}$

# ..Antennen

- idealer Kugelstrahler (gibt es nicht; theoretisches Modell), wird auch als Isotropenstrahler bezeichnet.

Dieser strahlt die Energie im vollen Raumwinkel ( $4\pi$ ) gleichförmig ab.

Bachte: Vorgaben der Bundesnetzagentur beziehen sich bei max. Strahlungsleistung auf EiRP (beachte: kleines „i“), also genau auf diesen Antennentyp.

Strahlungsleistung ist

Sendeleistung – Kabelverluste - Steckerverluste + Antennengewinn

Beim Antennengewinn fließt die Bezugsgröße zum Isotropenstrahler mit ein.

Deshalb wird Gewinn der Antennen vom Hersteller in dBi (kleines i), also gegenüber Isotropenstrahler, angegeben.

2.4 GHz: Max Strahlungsleistung 100 mW EiRP. 20dBm(i).

→ Bei Verwendung eines Dipols ist Gewinn 2,15 dBi

→ Sendeleistung max. 17,85 dBm

Am Gerät 17.85 dBm =  $10^{(17.85 / 10.0)}$  = 60,95 mW einzustellen (statt 100mW)

# Antennentypen

- Dipol ( $\lambda/2$ ) oder Vertikal ( $\lambda/4$ -Strahler)
  - Niedriger Widerstand am Speisepunkt. Speisepunkt, Kabel und Sender müssen aufeinander abgestimmt sein.
  - Verdreifachung, -fünffachung, .. der Länge immernoch ok (Gewinn steigt).  
Nicht jedoch: ganzzahlige Vielfache (weil sich dann U und I anders ausbreiten und Speisepunkt hochohmig ist)
- Antennen können elektrisch verkürzt oder verlängert werden
- Richtantennen (Yagi, Quad, Schüssel, Hornstrahler, Logarithmisch-periodische Antenne , ..) mit hohem Gewinn

# *WLAN: Rechtliche Einordnung..*

- Allgemeinzuteilung für die Öffentlichkeit / ehem. "ISM" (Industry, Medical, Science)
- Frequenzen sind NICHT EXCLUSIV, d.h. es gibt hier auch andere Funkdienste, die Schutz vor Störungen genießen
- In Deutschland koordiniert Bundesnetzagentur

[http://www.bundesnetzagentur.de/cln\\_1931/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/RegulierungTelekommunikation/Frequenzordnung/Allgemeinzuteilungen/Allgemeinzuteilungen\\_node.html](http://www.bundesnetzagentur.de/cln_1931/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/RegulierungTelekommunikation/Frequenzordnung/Allgemeinzuteilungen/Allgemeinzuteilungen_node.html)

# *..Rechtliche Einordnung..*

- Vfg. 89/2003, "Allgemeinzuteilung von Frequenzen im Frequenzbereich 2,4000 GHz - 2,4835 GHz für die Nutzung durch die Allgemeinheit in lokalen Netzwerken; Wireless Local Area Networks (WLAN-Funkanwendungen)".

[http://www.bundesnetzagentur.de/DE/Presse/Publicationen/service/WLANFunkanwendungen/WLANFunkanwendungen\\_node.html](http://www.bundesnetzagentur.de/DE/Presse/Publicationen/service/WLANFunkanwendungen/WLANFunkanwendungen_node.html)

Sendeleistung: 100 mW EiRP

Klassisches WLAN

# *..Rechtliche Einordnung..*

- Vfg. 8/2006, "Allgemeinzuteilung von Frequenzen in den Bereichen 5.150 MHz - 5.350 MHz und 5.470 MHz - 5.725 MHz für Funkanwendungen zur breitbandigen Datenübertragung, WAS/WLAN (Wireless Access Systems including Wireless Local Area Networks)".

Sendeleistung: 1 W EIRP

Strenge Auflagen – 802.11h in Europa  
(Radar-Erkennung, automat. frequenzwahl und Leistungsanpassung)

Geräte nach 802.11a sind nicht zugelassen.

Beachte: Indoor- und Outdoor-Bereich!

→ **Niemals auf dem Dach auf Frequenzen kleiner 5470 MHz senden!**



# *..Rechtliche Einordnung*

- BFWA  
(Broadband Fixed Wireless Access) -  
Providerband). Meldepflichtig; nicht für  
Privatpersonen.

Sendeleistung: 4 W EiRP

Noch stärkere Auflagen als in Vfg. 8/2006

- Normen

- ETSI (European Telecommunications Standards Institute)

- 2.4 GHz: WLAN EN 300 328 2.4 GHz

- 5 GHz: EN 301 893 Version 1.5.1

und bei BFWA EN 302 502

# *Das Dezibel (dB)..*

- Wichtig zum Verständnis von Funktechnik
- Bel (Einheit)
  - Einheit; Norm Hilfsmaßeinheit
  - Einheitenname Bel; Einheitenzeichen B
  - Beschriebene Größe(n) Pegel und Maße
  - Benannt nach Alexander Graham Bell, † 1. August 1922
    - Logarithmische Größe zur Kennzeichnung von Pegeln und Maßen (Bedeutung beider Begriffe: siehe im Artikel Logarithmische Größe) unter anderem in der Akustik und allgemein in der Technik.
    - Dekadischen Logarithmus des Verhältnisses zweier gleichartiger physikalischer Größen.
    - In der Praxis ist die Verwendung des zehnten Teils eines Bels – des Dezibel (Einheitenzeichen dB) – üblich.

# *..Das Dezibel – hier bezogen auf Leistung (dBm )*

<b>Leistung</b>	<b>dBm</b>	<b>dBW</b>
1 $\mu$ W	-30 dBm	-60 dBW
10 $\mu$ W	-20 dBm	-50 dBW
100 $\mu$ W	-10 dBm	-40 dBW
1 mW	0 dBm	-30 dBW
10 mW	10 dBm	-20 dBW
100 mW	20 dBm	-10 dBW
1 W	30 dBm	0 dBW
10 W	40 dBm	10 dBW
100 W	50 dBm	20 dBW
1 kW	60 dBm	30 dBW

Beachte:  
Negativer Wert: niedriger als  
Bezugspunkt, hier mW.  
Nicht: „negative Leistung“.

Faustregeln:  
2-fache Leistung: 3 dB  
4-fache Leistung: 6 dB  
10-fache Leistung: 10 dB  
14-fache Leistung: 16 dB  
20-fache Leistung: 20 dB  
30-fache Leistung: 30 dB

# *Funktechnik..*

- Signalstärke
  - Nimmt im Quadrat zur Entfernung ab
  - Strahlungsintensität
    - 2.4 GHz: 100 mW Leistung hat Strahlungsintensität von  $0.19 \text{ W/m}^2$ . In einem Meter  $0.00179 \text{ W/m}^2$ .
  - Freifelddämpfung
    - Doppelte Frequenz → Halbe Entfernung bei gleicher Leistung.
    - Dafür sind die Antennen kleiner, oder haben bei gleicher Größe mehr Gewinn.

## *..Funktechnik..*

$$L_p(\text{dB}) = 92,45 + 20 \log_{10} F + 20 \text{ LOG}_{10} d$$

- $L_p$  = Path loss
- $F$  = Frequenz in GHz
- dB = Dezibel
- $d$  = Entfernung in km

# ..Funktechnik..

- Sendeleistungen
  - EiRP = Senderleistung + Antennengewinn (ggü. Isotropenstrahler) - Kabelverluste
  - Beispiel:
    - Sender habe 10mW. Antenne hat Gewinn von 11dBi, Kabelverluste 1 dB.
    - $10\text{mW} * 10^{((11\text{dBi}-1\text{dB})/10)} = 10\text{ mW} * 10^1 = 10\text{ mW} * 10 = 100\text{ mW}$   
→ Betrieb gestattet

## .. *Funktechnik*

- Dafür sind auf 5 GHz 1 W EIRP genehmigt, statt 100 mW auf 2.4 GHz
- Empfangsseite:
  - Empfängerempfindlichkeit
  - Antennengewinn
  - Kabelverluste
- es kommt nicht auf ein lautes Mundwerk an, sondern auf gute Ohren ;)
- Linkbudgetrechnung
  - Vor Aufbau eines Links planen und rechnen  
[http://huizen.deds.nl/~pa0hoo/helix\\_wifi/linkbudgetcalc/wlan\\_budgetcalc.htm](http://huizen.deds.nl/~pa0hoo/helix_wifi/linkbudgetcalc/wlan_budgetcalc.htm)

# *Betrachtungen Frequenzen WLAN..*

- Eigenschaften von Frequenzen ab 1 GHz
  - Reflektion und Mehrwegausbreitung
  - Dämpfung an Wänden
  - Funkfelddämpfung größer
    - für Nutzerzugänge ist 2.4 GHz besser geeignet als 5 GHz
- 2.4 GHz
  - sehr viele andere WLAN Nutzer
  - andere Nutzer wie Videoübertragung, Babyfon, Mikrowellenherde, Amateurfunk



# *..Betrachtungen Frequenzen WLAN*

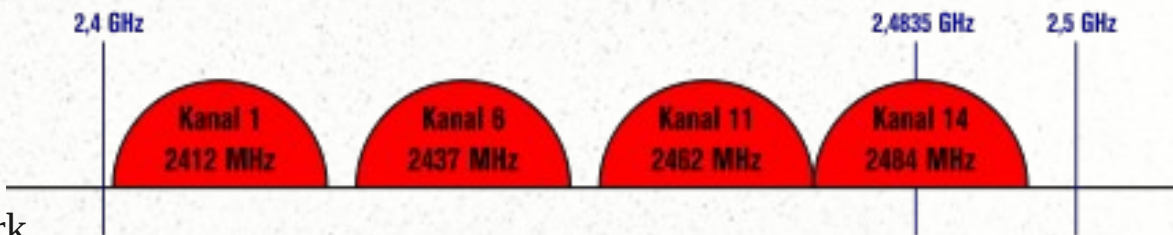
- 5 GHz
  - In diesem Band „sehr wenig los“
    - Bei Richtfunkstrecken höhere Anforderungen an Verfügbarkeit
  - gut geeignet für Richtfunkstrecken
    - Richtantennen mit gutem Gewinn und geringem Öffnungswinkel
  - gut für Paranoiker inhouse ;)

# WLAN – Physical Layer..

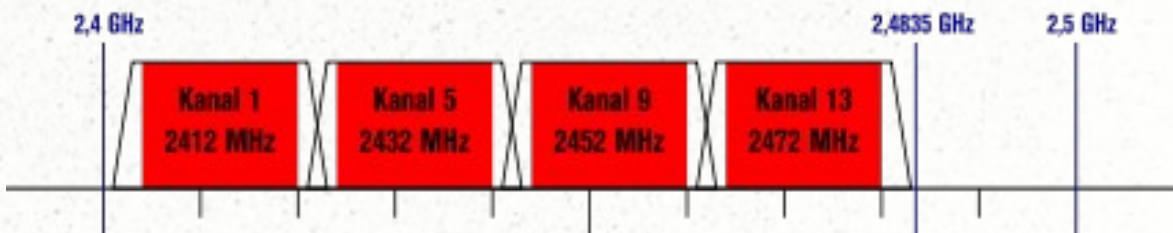
- Bandbreite:  
siehe  
Grafiken auf  
[http://de.wikipedia.org/wiki/Wireless\\_Local\\_Area\\_Network](http://de.wikipedia.org/wiki/Wireless_Local_Area_Network)

## Überlappungsfreie Kanäle 2,4 GHz WLAN

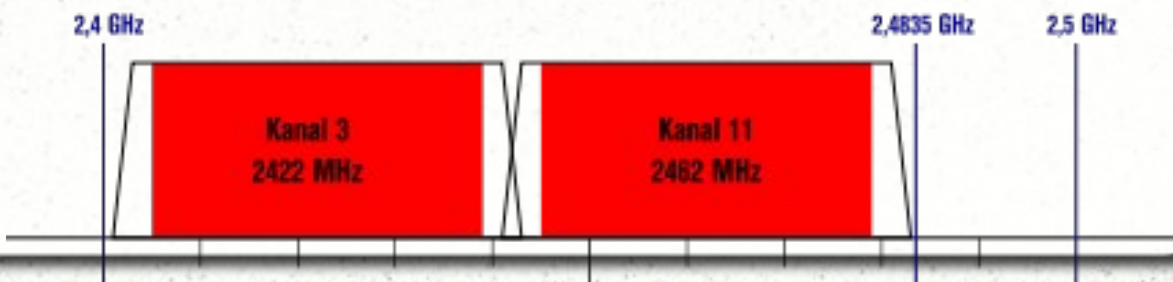
802.11b (DSSS) 22 MHz Kanalbreite



802.11g/n (OFDM) 20 MHz Kanalbreite – 16,25 MHz für Träger



802.11n (OFDM) 40 MHz Kanalbreite – 33,75 MHz für Träger



## *..WLAN – Physical Layer*

- Praxis: Spektrum-Analyse mit wi-spy dbx
  - Beispiel Spektrum WLAN-Netze und Mikrowelle
- Standards 802.11b, 802.11g, 802.11a,h, 802.11n - und viele mehr.
  - Z.B. MIMO, wo man das Prinzip der Mehrwegausbreitung und verschiedene Phasenlagen für sich nutzbar macht.

# *WLAN – Einfache Nutzbarkeit*

- Wir unterscheiden
  - Accesspoint (AP)
    - sendet Bake (alle 100ms) mit
      - seinem Netzwerknamen (SSID)
      - anderen Parametern (wie z.B. ob verschlüsselt werden soll)
  - Client (STA (Station))
    - Bucht sich in einen ihr bekannten AP ein. Sie sucht sich dabei den stärksten AP gleichen Namens heraus.
    - Bei mehreren APs gleichen Namens: automatisches *Roaming*.

# *WLAN – Sichere Nutzung..*

- Unverschlüsselt
  - nicht empfohlen!
  - Hinweis auf rechtliche Situation
- Verschlüsselung
  - WEP – gilt heute als unsicher
- WPA / WPA2-Personal (802.11i)
  - ein gemeinsames Passwort für alle Nutzer
  - Verschlüsselungsstandards TKIP bzw. AES

# ..*WLAN – Sichere Nutzung*

- WPA2 Enterprise (802.1x)
  - Nutzernamen und Passwörter zentral verwaltet.
  - Praktisch für Unternehmen mit vielen Mitarbeitern und Wechsel (Praktikanten, Fluktuation)
  - Autorisierungsprotokolle PEAP oder TTLS
- Literatur:
  - <http://www.heise.de/netze/artikel/WLAN-Verschlueselung-221639.html>
  - <http://www.heise.de/netze/artikel/WLAN-sichern-mit-Radius-1075339.html>
  - <http://www.heise.de/netze/artikel/WLAN-und-LAN-sichern-mit-IEEE-802-1X-und-Radius-979513.html>

# *Der Accesspoint..*

- Kleiner, stromsparender Computer mit für den Zweck ausreichender Rechenleistung.
- Funktechnik
  - WLAN Karte
  - Antenne (Rundstrahlantenne, Richtantenne, ..)
- Netzwerkkarte Ethernet
- Mainboard mit CPU, RAM, flash-Disk
- Betriebssystem (oft: embedded linux)

# *..Der Accesspoint..*

- Einsatzzweck
  - Begriff: Accesspoint heißt „Zugangspunkt“
  - Nutzung mit Notebook
  - Anbindung von Endanwendern (Turm → Häuser → Point to Multipoint)
  - Verbesserung der Abdeckung mit mehreren APs, über LAN verbunden
  - APs arbeiten als „bridge“



# *..Der Accesspoint*

- Sonderfälle
  - WDS / Repeater
    - Erweiterung der Abdeckung von Funkstrecken
    - Arbeitet als Bridge
  - Richtfunkstrecke
    - Überbrücken großer Entfernung
    - bridged oder routed

# *EOF*

Ich hoffe es war für jeden etwas interessantes dabei.

Bei Fragen: E-Mail an [thomas@in-berlin.de](mailto:thomas@in-berlin.de)

Die Folien finden sich auch unter

<http://moabit.kiezlan.de/>

und dürfen frei weitergegeben werden

Vielen Dank für's Interesse!

privacy is not a crime ;)