

GRENZBEREICHE MOBILER KOMMUNIKATION AM BEISPIEL AUDIO OVER IP



Heinz, Gerd; Walkowiak, Clemens; Brunk, Sebastian
Gesellschaft zur Förderung angewandter Informatik e.V. Berlin

Wireless Communication and Information, 11./12.10.2007,
Berlinische Galerie, Alte Jakobstr. 124-128, 10969 Berlin

Schwerpunkt Fahrzeugakustik (NVH):

- Vergleichbarkeit konkurrierender Fahrzeuge
- Beurteilung des Entwicklungsstandes (vorher/nachher)
- Beurteilung akustischer Situationen "live"

Stand der Technik

- Aufzeichnungen (Records) der Testkandidaten
- Megabyte an Daten: Vergleich im Studio

Problem

- unsichere Situationszuordnung (Vergleichbarkeit)

Entwicklungsziele

- Live Stereo-Datenübertragung/ Mithören:
"Einer sendet, alle anderen hören mit"
- Parallel triggerbares Disc-Recording in allen Wagen
- Später vielleicht auch OBD-Datenübertragung...



Stationsaufbau

- Panasonic Toughbook CF18
- Erstes USB-BiStereo-Headset (!)
- Externes WLAN-Modul (Autodach)
- Software "AudioOverIP"

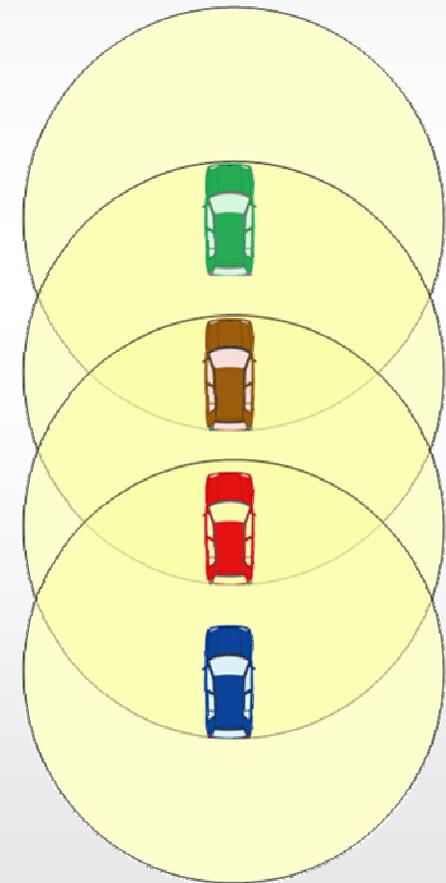


Wireless Local Area Network (WLAN)

- IEEE 802.11b 11 Mbps bei 20 MHz Bandbreite (3 Kanäle)
- IEEE 802.11g 54 Mbps

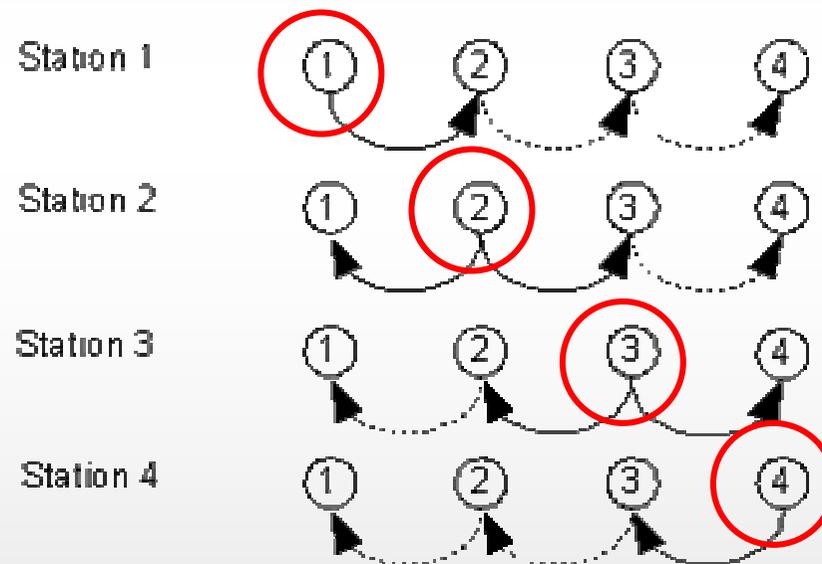
Kriterien

- Reichweite von Fahrzeug zu Fahrzeug 100 m
- Daten-Weiterleitung
- Fehlertoleranz bei Aussetzern
(rote Ampel, LKW, Bergspitze...)
- HiFi-Stereo, zu übertragender Datenstrom
Stereo 44...96 kS/s, 16 bit/24 bit
→ **1,408...4,608 Mb/s**
- Meßtechnische Kalibrierung der Mikrofone
nach dB (20µPa) oder dB(A)



"Single-In-Line Net" (SIL) mit 4 Stationen: "Einer an alle"

Varianten für Audiostream:



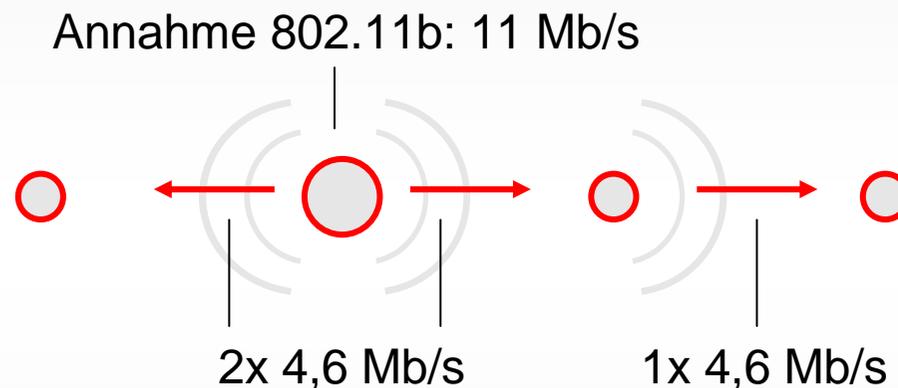
- Getrennte Übertragung von
 - Steuerdaten
 - Audiostream
- Aufsatz auf OSI-Layer 4 - UDP
- Eigene Paketnummerierung und -prüfung, um Signalqualität zu prüfen
- Token-artige Weiterleitung b.w.
- Lokale Architektur: selbstheilende Subnetzbildung
- Audiostream-Datenkomprimierung mit MP3, um Reichweite zu erhöhen

Spezifikation AudioOverIP

- "Einer sendet, alle hören zu"
- Von jedem der Vier kann der Abhörkanal eingeschaltet werden
- Kettenübertragung zwischen 4 Stationen WLAN 802.11g
- Dezentrale Architektur - von jeder Station rangierbar
- Automatische Rekonfiguration des Netzes bei Abhängen
- Paralleles 100-dB-Disk-Recording der Stationen (*.wav)
- dB-Anzeige (RMS oder Peak; A-, B- oder C-bewertet)
- Tonübertragung in zwei Varianten:
 - MP3-komprimiert (Ad-hoc, Broadcast) (WLAN)
 - Unkomprimiert (Ad-hoc, Unicast) für Klangqualität (LAN)
- Bi-Stereo USB-Headset auf Basis Sennheiser HD201/KE4-211
- Mikrofon-Empfindlichkeit einstellbar von 22...48 dB rel.
- Arbeitsbereich etwa 45...110 dB

Haben wir genug Bandbreite?

Ist Stereo mit 96 kS/s bei 24 Bit Quantisierung live übertragbar?
(1,4...4,6 Mb/s)



- in Summe hier **3 mal 4,6 Mb/s** = 13,8 Mb/s → Broadcast
- 802.11g/n > 54 Mb/s

Konsequenz: MP3 Kompression auf ~ 500 kb/s:
 3×500 kb/s = 1,5 Mb/s plus Overhead ~ 2 Mb/s
→ Rückfall möglich, Paketverluste gestattetbar

Netzwerkoptimierung

- Adhoc mit mehreren Teilnehmern?
- Unicast/ Multicast/ Broadcast?

Ziele: Datenrate, Reichweite, Fehlerrate + größte Dynamik

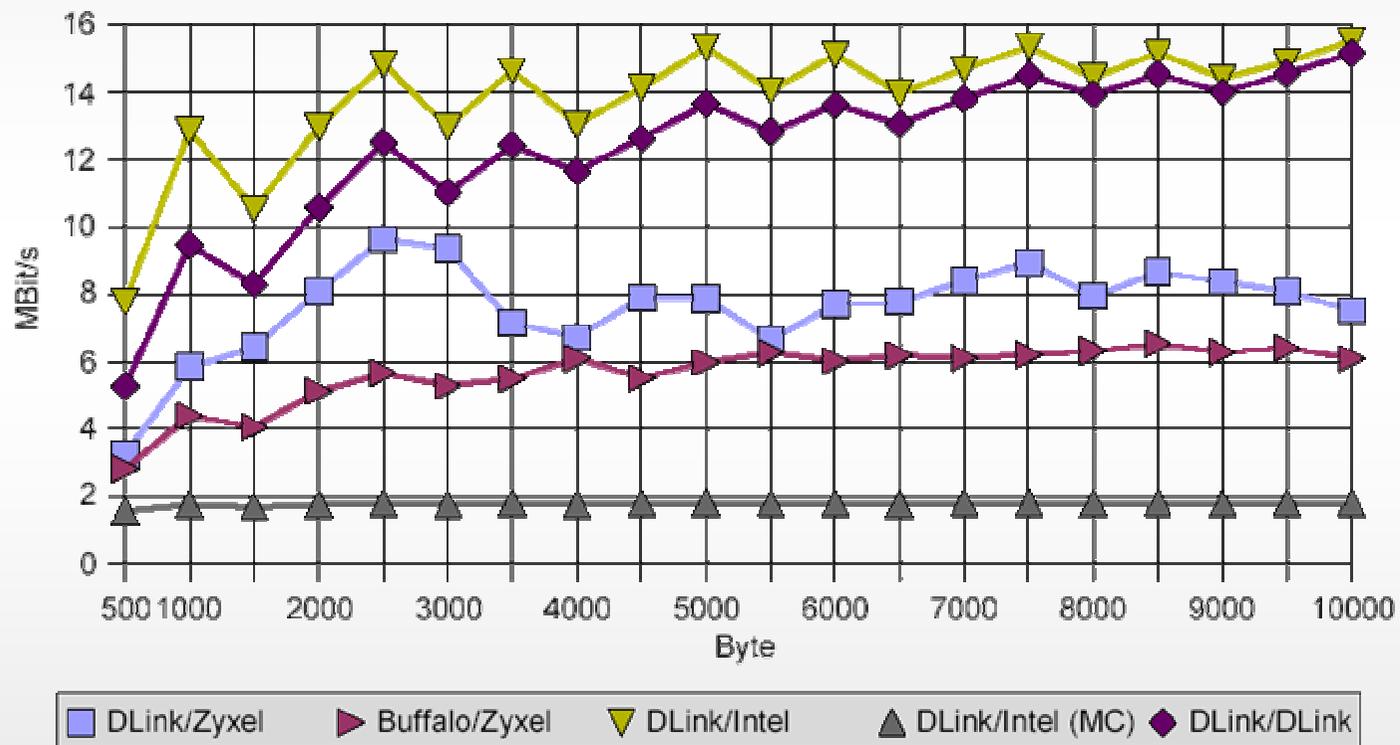
Nötige Untersuchungen:

- Übertragungsverfahren, Blockgröße, Dynamik, gegenseitige Unterdrückung der Kanäle? ...

Einschränkung bislang: Adhoc

WLAN-Adapter

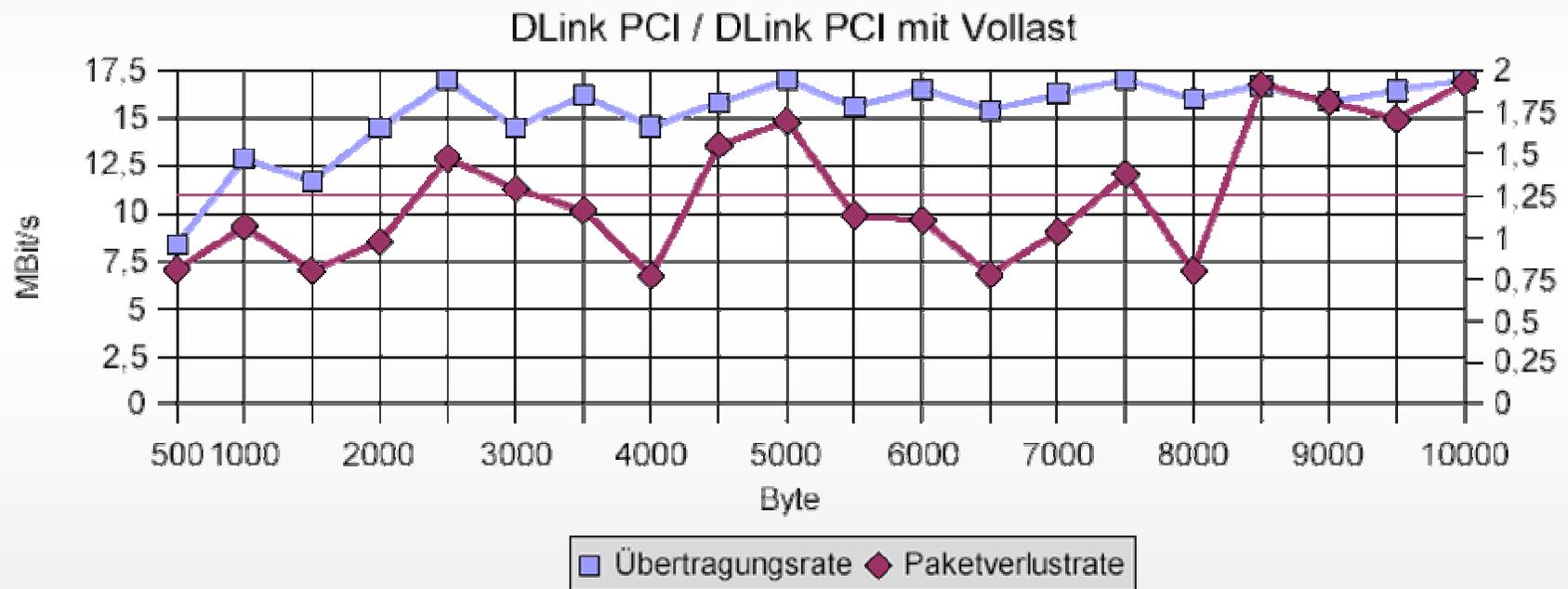
Übertragungsrate im Verhältnis zur Blockgrösse bei verschiedenen USB-WLAN-Adaptoren → grosse Unterschiede



Quelle: Walkowiak, C.: Spec AOIP V2, Abb.17

Übertragungsrate/ Blockgrösse

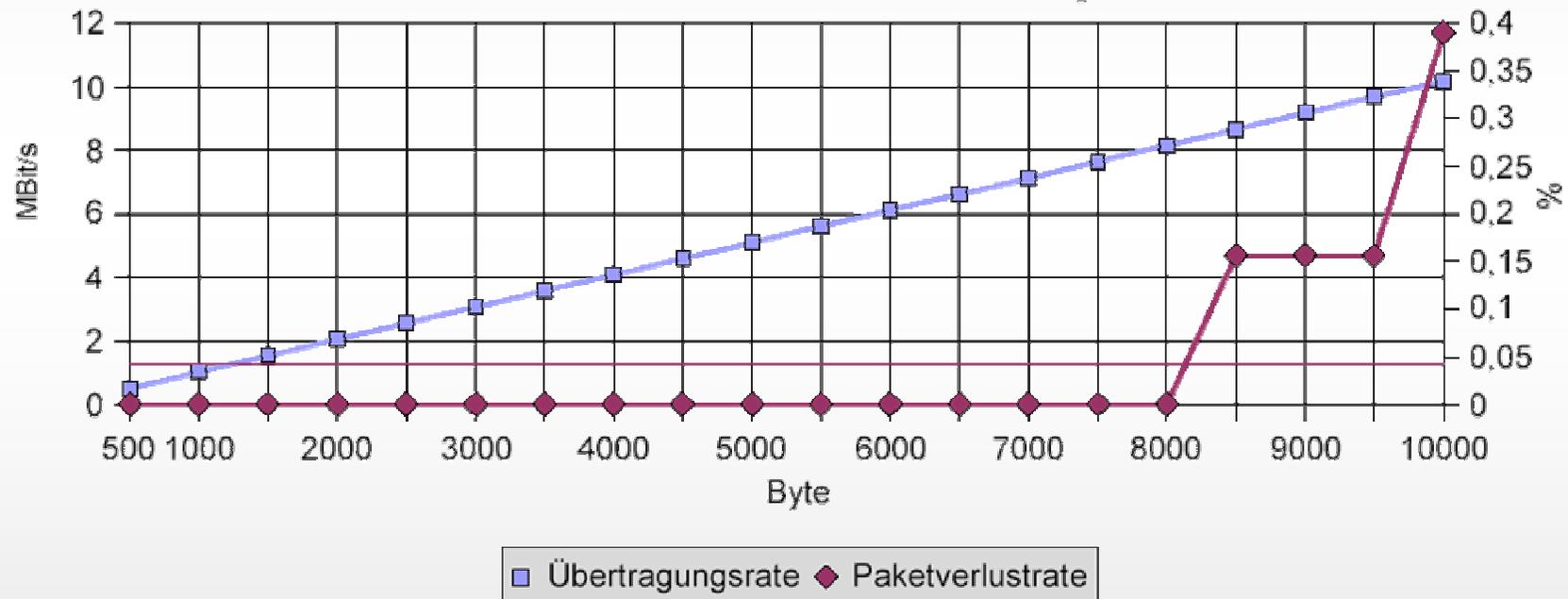
- Übertragungs- und Paketverlustrate im Verhältnis zur Blockgröße → Overhead bei kleinen Paketen



Quelle: Walkowiak, C.: Spec AOIP V2, Abb.18

Übertragungsrate/ Blockgrösse

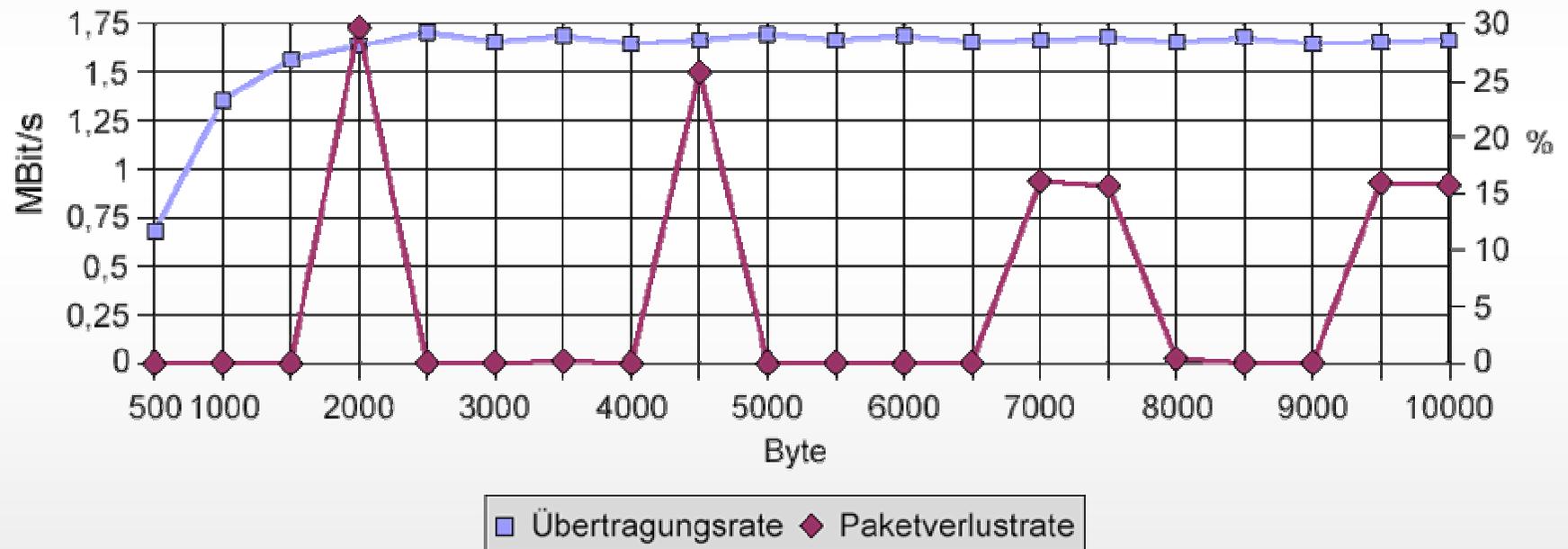
- Übertragungs- und Paketverlustrate im Verhältnis zur Blockgröße (mit 5 ms Pause zwischen gesendeten Paketen)
→ Verluste steigen ab 8 kB



Quelle: Walkowiak, C.: Spec AOIP V2, Abb.19

Übertragungsrate/ Blockgrösse

- Übertragungs- und Paketverlustrate im Verhältnis zur Blockgröße, Broadcast mit 5 ms Pause
→ zufällige Fehler



Quelle: Walkowiak, C.: Spec AOIP V2, Abb.20

Dopplereffekt

- Kanalraster 5 MHz (13 Kan.) bzw. 25 MHz (3 Kan.)
- Gestattbare Frequenztoleranz 10% \sim 0,5 MHz (13 K.), bei der PLL-Synthesizer noch nachregelt (Annahme)

- Dopplerverschiebung: $f' = \frac{f}{1 - \frac{v}{c}}$, $\frac{f}{f'} = 1 - \frac{v}{c}$
- Umgestellt: $\frac{v}{c} = \left(1 - \frac{f}{f'}\right)$

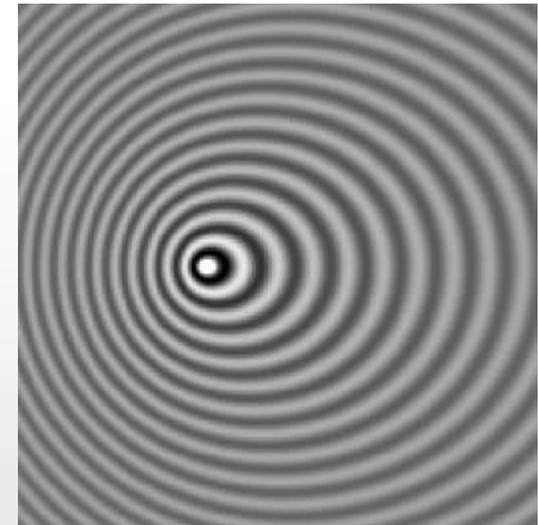
$$f/f' = 2,4000 \text{ GHz}/2,4005 \text{ GHz} = 0,99979$$

$$1 - f/f' = 0,0002083 = v/c$$

$$v = c * 0,0002083$$

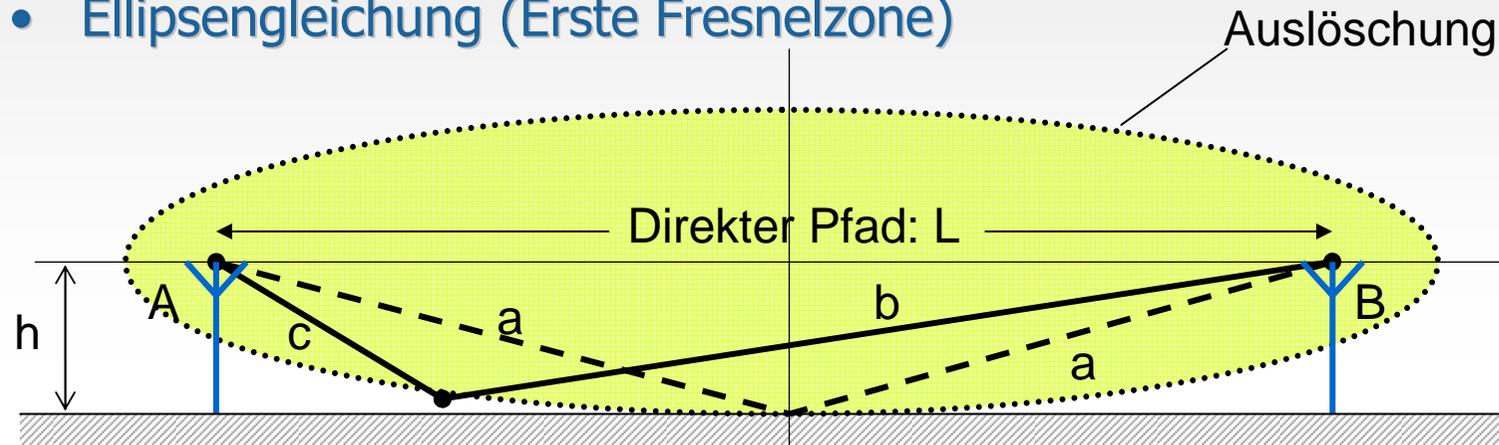
$$v = 62500 \text{ m/s} = 17361 \text{ km/h}$$

→ Eher vernachlässigbar



Auslöschung durch Totalreflektion

- Ellipsengleichung (Erste Fresnelzone)



Reflektierter Pfad: $L + \lambda/2 = 2a = b+c$
mit $a^2 = h^2 + (L/2)^2$



$$h = \sqrt{\frac{L\lambda}{4} + \frac{\lambda^2}{16}} \sim \sqrt{\frac{L\lambda}{4}} \quad L \sim \frac{4h^2}{\lambda} \quad \lambda = \frac{c}{f}$$

Gesucht wird h für

- $L = \underline{AB} = 100 \text{ m}$
- $f = 2,4 \text{ GHz}, c = 300.000.000 \text{ m/s}$
- $\lambda = c / f = 0,125 \text{ m}$
- $\lambda/2 = 6,1 \text{ cm}, \lambda/4 = 3 \text{ cm}$ (Stabantenne, Dipol)

Eingesetzt

für $L = 100 \text{ m}$ folgt Antennensockelhöhe $h = 1,76 \text{ m}$ (!!!)

Was nutzen 100 mW EIRP, wenn Auto zu flach ist?

PKW ist nur 1,26 m hoch: Antennenmast von 50 cm nötig!

→ Frequenz↑ (5.9 GHz); Richtcharakteristik; Diversity!

Reichweite bei Totalreflektion

- Gesucht minimale Antennenhöhe h bei $L = 100$ m

Beispiele

	f [GHz]	λ [m]	L[m]
GSM Europa	900 MHz	0,33	2,89
GSM Amerika	1,9 GHz	0,158	1,99
IEEE 802.11b	2,4 GHz	0,125	1,77
IEEE 802.11p	5,9 GHz	0,05	1,13
Sat-Antenne	11 GHz	0,027	0,83

$$h \sim \sqrt{\frac{L\lambda}{4}}$$

- Fazit: Reichweite wird nicht nur durch die Leistung begrenzt
- Je höher die Frequenz, desto schmaler der Ellipsoid!
- Aber: desto stärker spiegelt jedes Hindernis!

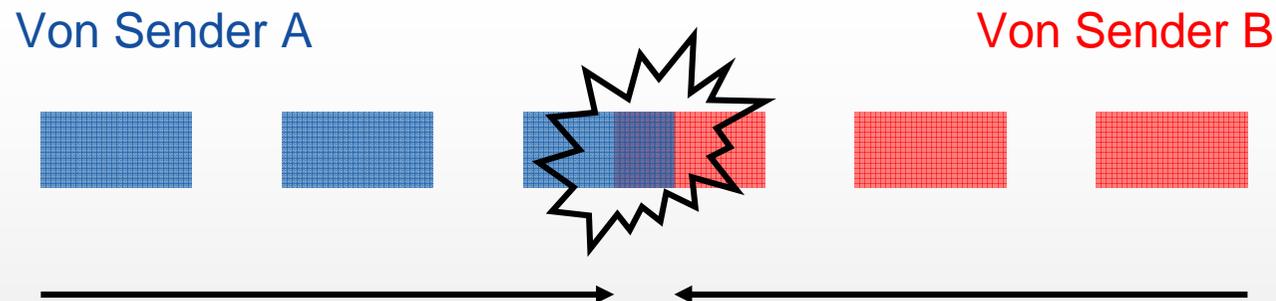
Mobile Antennen?

- Bei 250 km/h bewegt sich eine hohe Antenne im Wind
 - Schwankungsamplituden von 3 cm sind real (halbe Wellenlänge)
 - Windkraft und Witterung setzen spezielle Konstruktionen voraus
 - Ellipsoid darf durch Fahrzeugkonturen nicht berührt werden
- Speziallösungen für Antennen gefordert
- Richtcharakteristik: Flacher Toroid



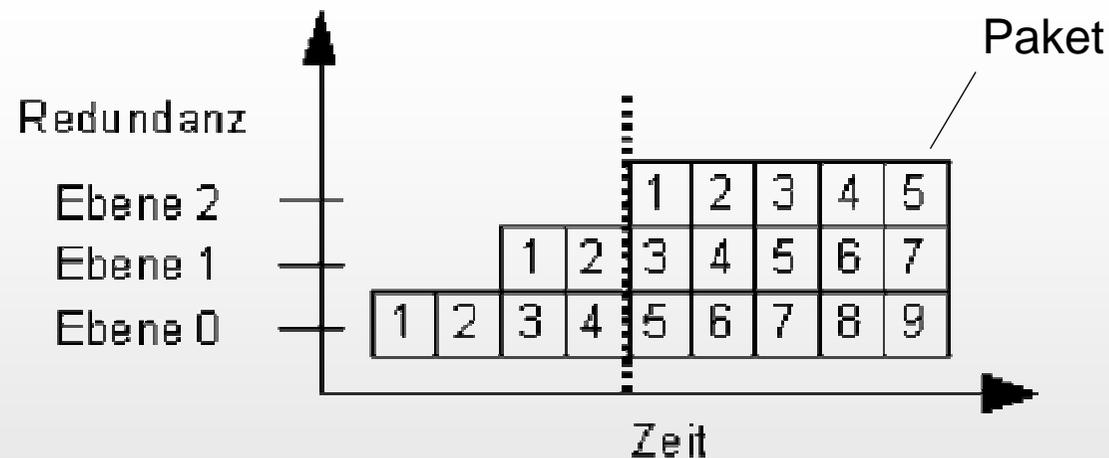
Paketcrash

- Abhängen der Verbindung/Wiederankopplung erzeugt u.U. desynchronen Versuch zum Wiederaufbau der Verbindung
- Paket-Crash
- Lösung ist verborgen im WLAN-Adapter



Dynamik, Algorithmen und Redundanz

- Fahrt durch eine Stadt bedeutet permanente, schnelle Abfolge von Auslöschungen/Überlagerungen im Millisekunden-Takt durch Fahrzeugreflektionen
- Welche dynamischen Parameter besitzen WLAN-Adapter???
- Optimale Paketgrößen? Lösungen?
- Ansatz: MP3-Kompression und Mehrfachübertragung: Redundante Übertragung



Quelle: Walkowiak, C.: Spec AOIP V2, Abb.38

Software

The screenshot displays the AudioOverIP software interface. It features four stations, each with a 'Computer Name' dropdown menu and a 'Connection-Quality' bar chart. Station 1 is named '[Media-PC]', Station 2 is '[Basti-Laptop]', and Station 3 is '[basti]'. Each station also has a volume control bar for 'L' and 'R' channels, with a scale from 40 to 105 db0 (rms). At the bottom, there are 'Apply', 'Reset', and 'Exit' buttons, along with a 'Disc Record' section containing two icons.

The screenshot shows the Windows Task Manager window with the 'Netzwerk' (Network) tab selected. It displays two network usage graphs: 'Drahtlose Netzwerkverbindung' (Wireless Network Connection) and 'LAN-Verbindung' (LAN Connection). The wireless connection graph shows a usage of approximately 5%, while the LAN connection graph shows a usage of approximately 1%.

BiStereo-USB-Headset:

- Kopfhörer Sennheiser HD201
- 2x Mikrofonkapseln Sennheiser KE4-211 (9 mV/Pa)
- USB-Soundkarte incl. Stereo-Vorverstärker



Mikrofon-Kapsel

Soundkarte
(M-Audio transit)



1. Versuch

- Adhoc (P2P) mit UDP-Stream und TCP-Steuerung
- Crash bei Signalabriss (TCP hängt sich auf)

2. Versuch:

- Adhoc (P2P) mit Broadcast und eigener Netzverwaltung
- Bis 20 m hervorragend mit internem WLAN
- Aussetzer bei USB-WLAN-Sticks, Ursache unklar

3. Versuch: Access Points (sieht gut aus?)

- Ziel: 802.11-n DLINK DAP-1353 mit WDS (wireless distribution system)

Nötige Untersuchungen:

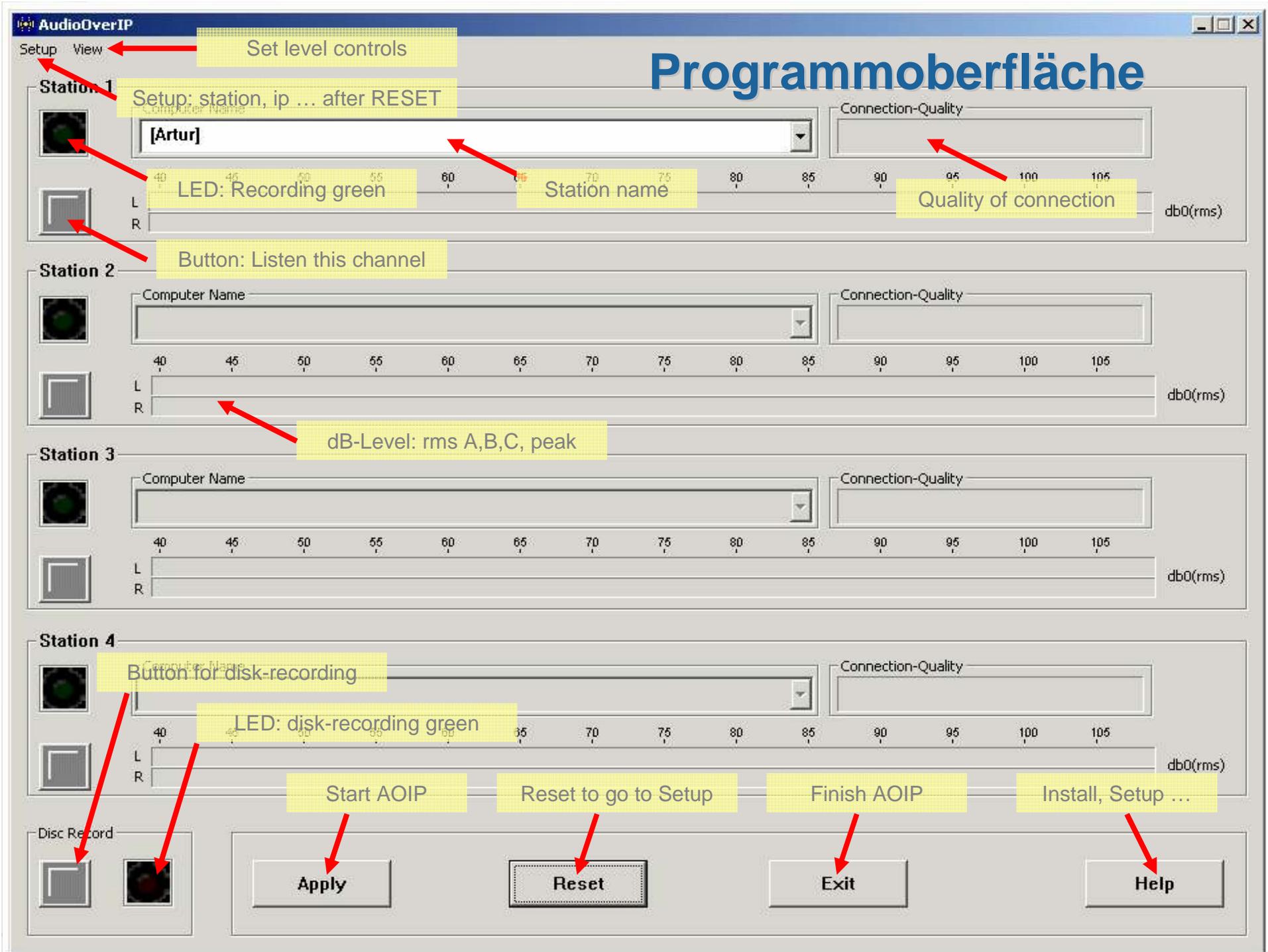
- Übertragungsverfahren, Blockgröße, Dynamik, gegenseitige Beeinflussung der Kanäle

Mit dem Ziel:

- Datenrate \uparrow , Reichweite \uparrow , Fehlerrate \downarrow , Dynamik \uparrow

Fazit:

- WLAN-Adpter zu statisch
- Car2car mit vielen Problemen funktechnischer Art behaftet
- Spezifikation spezieller Transceiver, Protokolle und Übertragungsverfahren nötig



Programoberfläche

Set level controls

Setup: station, ip ... after RESET

LED: Recording green

Station name

Quality of connection

Button: Listen this channel

dB-Level: rms A,B,C, peak

Button for disk-recording

LED: djsk-recording green

Start AOIP

Reset to go to Setup

Finish AOIP

Install, Setup ...

Apply

Reset

Exit

Help

Disc Record

Setup View

Station 1

Station 2

Station 3

Station 4

Computer Name

Connection-Quality

Connection-Quality

Connection-Quality

Connection-Quality

L

R

L

R

L

R

L

R

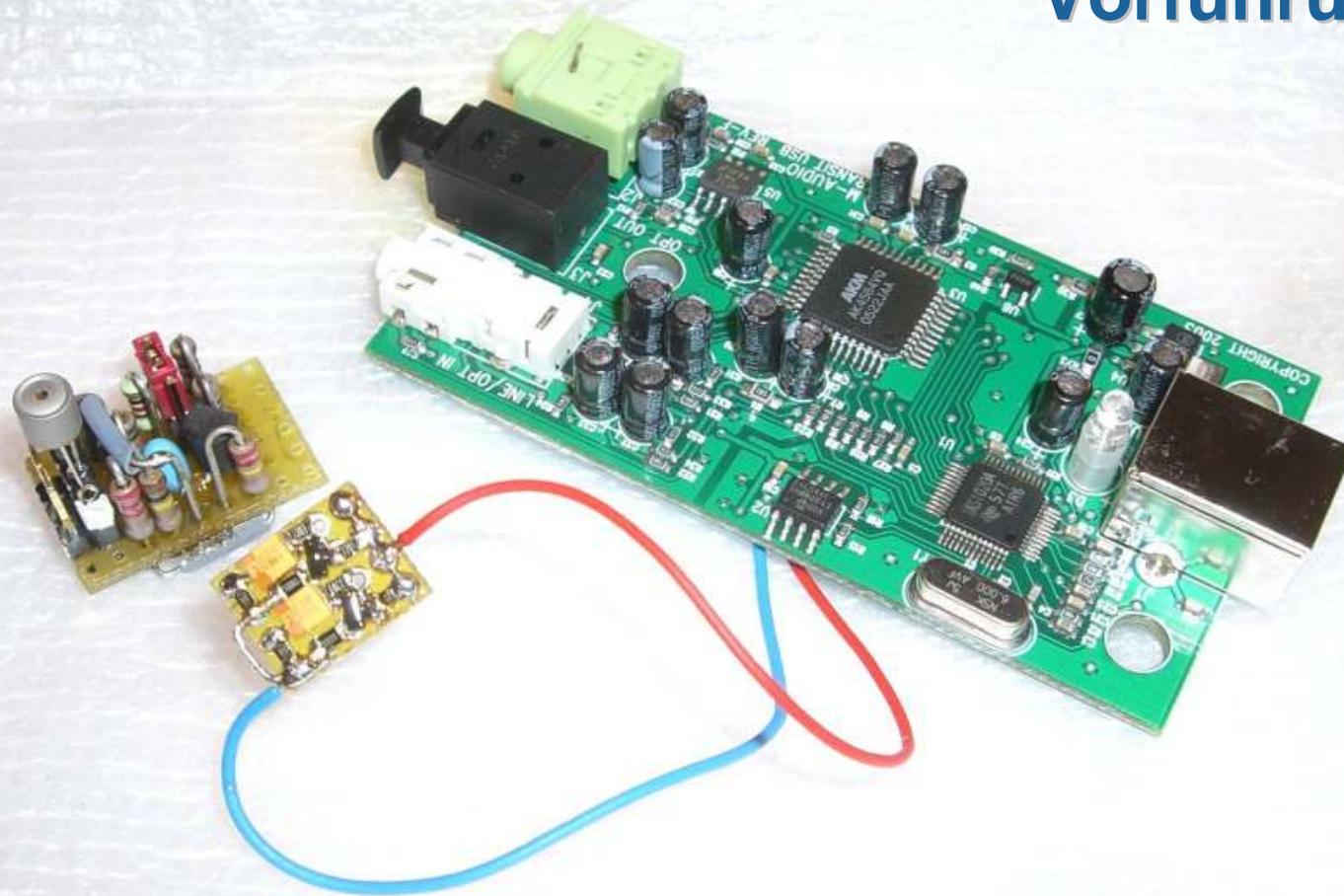
db0(rms)

db0(rms)

db0(rms)

db0(rms)

Vorführung...



- Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Modulationsverfahren

- WLAN Datenraten im Vergleich

Modulation	Bit pro Unterkanal	Bit pro OFDM-Symbol	FEC Coderate	Bit pro OFDM-Symbol	Datenrate MBit/s
BPSK	1	48	1/2	24	6 MBit/s
BPSK	1	48	3/4	36	9 MBit/s
QPSK	2	96	1/2	48	12 MBit/s
QPSK	2	96	3/4	72	18 MBit/s
QAM16	4	192	1/2	96	24 MBit/s
QAM16	4	192	3/4	144	36 MBit/s
QAM64	6	288	2/3	192	48 MBit/s
QAM64	6	288	3/4	216	54 MBit/s

- Einen Monat nach der Konferenz konnten vielversprechende Versuche mit WLAN Accesspoints vom Typ D-Link DAP1353 (links) vorgenommen werden.
- Ein ATX-Netzteil M1-ATX 6-24V DC/DC (90W, rechts) sorgte für die Versorgung von Notebook und WLAN
- Wir erreichten mit zwei Fahrzeugen Reichweiten auf der Geraden bis zu 1km, um Ecken herum und durch Wohngebiete hindurch allerdings manchmal nur 100 bis 200 Meter: dann bricht jedesmal die Verbindung kurz ab - nervig



- Installation von AudioOverIP auf einem Notebook



- AudioOverIP im Boardcomputer des PKW installiert



Antennenanordnungen

- Antennenanlage vorn/ hinten / oben
- Beste Ergebnisse brachte die Dachanordnung

