

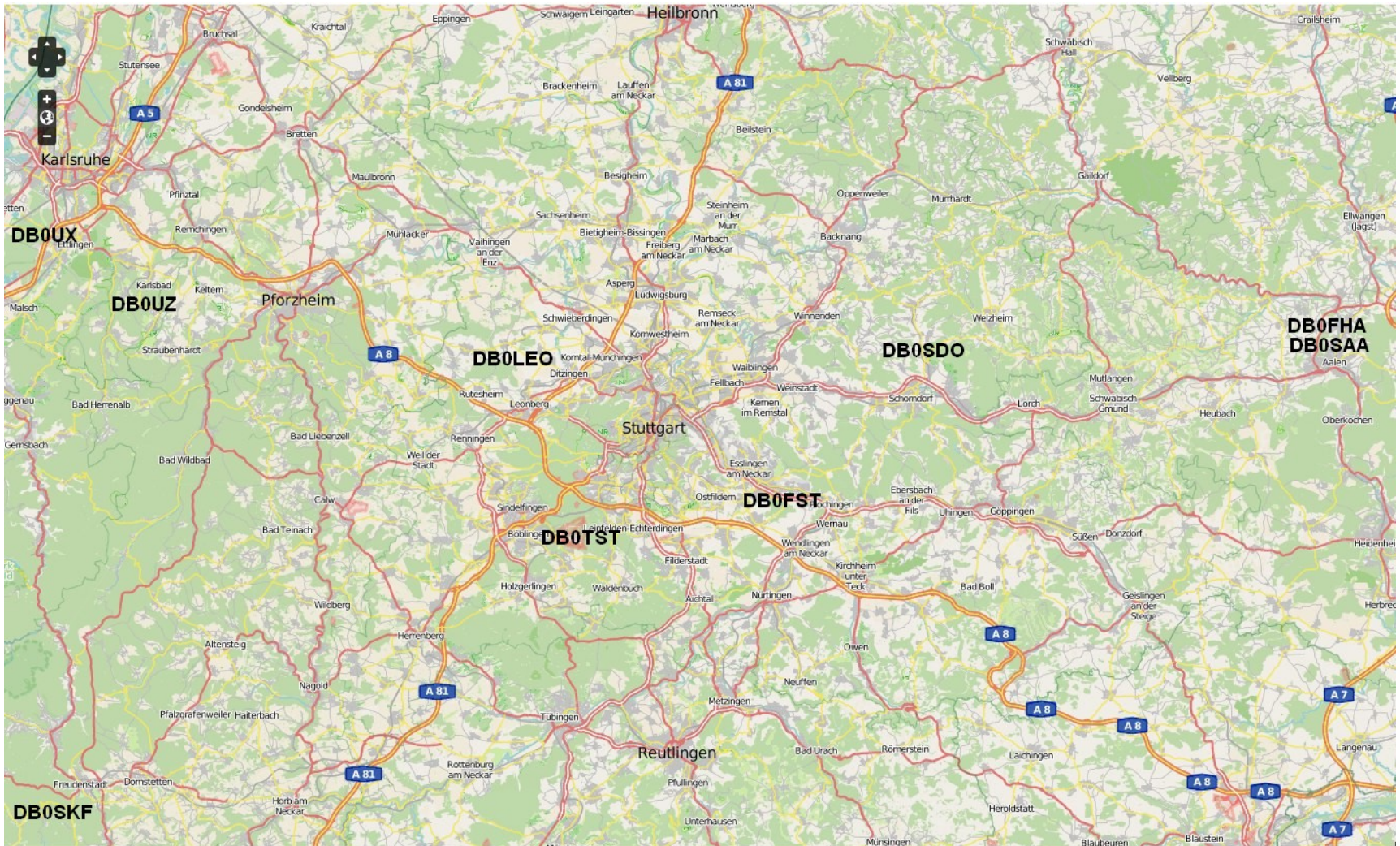
# Tetra und DMR\* im Amateurfunk

V1.1 08.05.2015 Andreas Hänsel, DL6SEC

- | Motivation
- | Pro/ Contra Digitalfunk
- | Aufbau Digitalfunkgerät
- | Modulationsarten
- | Betriebstechnik
- | Start in den Digitalfunk
- | Geräte und Software
- | Ausblick
- | Fragen

\* Digital Mobile Radio

# Tetra und DMR Relais um Stuttgart



Tetra: DB0TST, Hytera: DB0UX, DB0SDO, DB0SKF, DB0FHA Motorola: DB0LEO, DB0SAA

# Gründe für Digitalfunk

- Frequenznutzung optimieren
- Zusatzdaten übertragen (GPS, SMS)
- Gezielt Personen oder Gruppen ansprechen
- Tunnel ins Internet, weltweite Übertragung
- Verschlüsselung
- DSP, vollständig digitale Funkgeräte
- Kein Rauschen, klare Verständigung
- Speichern von Inhalten, Offlinebetrieb
- Mal was Neues.

# Gründe gegen Digitalfunk

- Kauf neuer Geräte notwendig
- Verschiedene Standards
- Kein Mehrwert bei Orts QSOs
- Schlechte Sprachqualität
- Verbindungsabbrüche
- Komplizierte Programmierung
- Teuer (Software, Kabel, Codec Lizenzen)
- Abnehmende Anzahl der Funkamateure
- Amateurfunk wird Netzwerktechnologie, HF Technik kommt zu kurz
- UND...

# Medizinische Untersuchungen

<http://www.bfs.de/de/bfs/forschung/stellungnahmen/tetra.html>

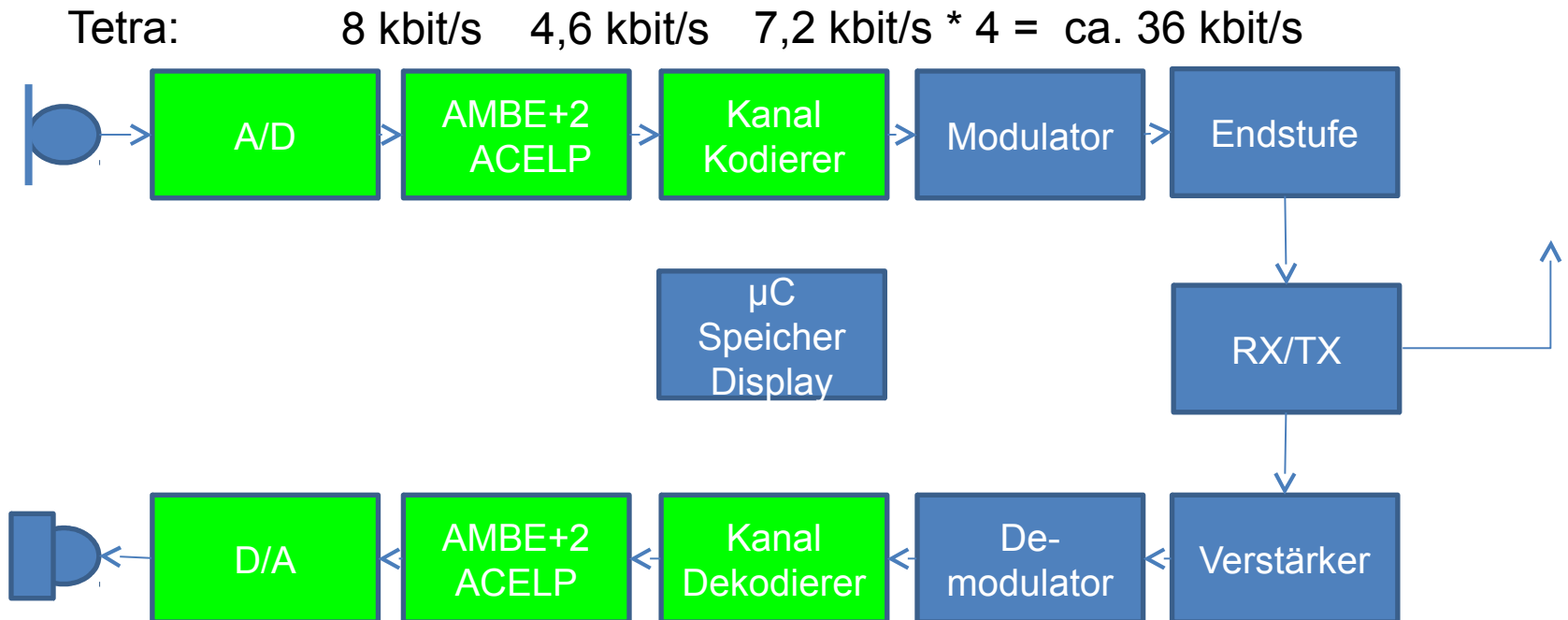
Tabelle: Zusammenfassung der verschiedenen Studien und ihrer Ergebnisse

| Publikation                                             | Exposition                                                 | Biologisches System                                                                | Untersuchte Endpunkte                                                                                                                                                                                                          | Ergebnisse                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Green et al. 2005 <sup>[2]</sup>                        | TETRA 380,89 MHz mit 17,6 Hz gepulst<br>SAR: 5 - 400 mW/kg | Hirnzellen und Herz-Muskelzellen der Ratte                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kalzium-Konzentration</li> <li>• Kalzium-Einstrom</li> </ul>                                                                                                                          | Kein Effekt                                                                                                |
| Barker et al. 2007 <sup>[3]</sup>                       | GSM, TETRA<br>SAR: 1,4 W/kg                                | Gesunde Testpersonen                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Blutdruck, Herzratenvariabilität</li> <li>• Konzentration von Adrenalin</li> </ul>                                                                                                    | Kein Effekt                                                                                                |
| Smith et al. 2005 <sup>[4]</sup>                        | TETRA 381 MHz, mit 17,6 Hz gepulst<br>SAR: 1,4 W/kg        | Gesunde Testpersonen                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Befindlichkeit</li> <li>• Symptome</li> <li>• Intelligenz</li> <li>• Persönlichkeitsmerkmale</li> <li>• Reaktionsfähigkeit</li> <li>• Aufmerksamkeit</li> <li>• Gedächtnis</li> </ul> | semantisches Kurzzeitgedächtnis verschlechtert                                                             |
| Nieto-Hernandez et al. 2011 <sup>[5]</sup>              | TETRA 385,25 mit 17,6 Hz gepulst<br>SAR 1,3 W/kg           | Testpersonen, gesunde und elektrosensible Personen                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Symptome</li> <li>• Gemütszustand</li> </ul>                                                                                                                                          | Mehr Symptome beim ungepulsten Signal<br>Kein Erkennen der Exposition                                      |
| Airwave Health Monitoring Programme 2006 <sup>[6]</sup> | variable Exposition durch Endgeräte im beruflichen Alltag  | Polizisten aus England, Wales und Schottland, gesunde und elektrosensible Personen | <ul style="list-style-type: none"> <li>• EEG, kognitive Funktionen und Befindlichkeit</li> <li>• Gesundheit im Langzeitverlauf</li> </ul>                                                                                      | nicht beendet                                                                                              |
| Wallace et al. 2010 <sup>[7]</sup>                      | TETRA-Basisstationssignal 420 MHz<br>SAR: 271 µW/kg        | Testpersonen, gesunde und elektrosensible Personen                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Herzfrequenz</li> <li>• Blutdruck</li> <li>• Hautleitfähigkeit</li> <li>• körperliche Beschwerden</li> </ul>                                                                          | Bei Verblindung: kein Effekt;<br>unverblindet: mehr und stärkere Symptome unter TETRA bei Elektrosensiblen |
| Wallace et al. 2012 <sup>[8]</sup>                      | TETRA-Basisstationssignal 420 MHz<br>SAR: 271 µW/kg        | Testpersonen, gesunde und elektrosensible Personen                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurzzeitgedächtnis</li> <li>• Arbeitsgedächtnis</li> <li>• Aufmerksamkeit</li> <li>• Herzfrequenz</li> <li>• Blutdruck</li> <li>• Hautleitfähigkeit</li> </ul>                        | kein Effekt                                                                                                |
| Riddervold et al. 2010 <sup>[9]</sup>                   | TETRA, 420 MHz<br>SAR: 2 W/kg                              | Gesunde Testpersonen                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gedächtnis</li> <li>• Reaktionszeit</li> <li>• Symptome</li> </ul>                                                                                                                    | Kein Effekt                                                                                                |
| Eggert et al. 2002 <sup>[10]</sup>                      | TETRA 380,25 MHz; 17,65 Hz gepulst<br>SAR: 35mW/g          | Gesunde Testpersonen                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kognitionstests</li> <li>• Befindlichkeit</li> </ul>                                                                                                                                  | Kein Effekt                                                                                                |

# Tetra vs. DMR

| Eigenschaft                 | Tetra (DMO Rep. 1A)                | DMR                               |
|-----------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Standard seit               | 1990                               | 2005                              |
| QRG                         | 70 cm                              | 2 m – 70 cm                       |
| Duplex                      | -                                  | 7,6 MHz oder 9,4 MHz              |
| Kanalabstand                | 25 kHz                             | 12,5 kHz                          |
| Modulation                  | $\pi/4$ QPSK TDMA                  | 4FSK TDMA                         |
| Kanäle pro 200 kHz (GSM:8)  | 32 (4 TS)                          | 32 (2 TS)                         |
| Gleichwellenbetrieb         | -                                  | ja                                |
| Netzkomplexität             | hoch                               | niedrig                           |
| Dienste                     | Sprache, SDS, Daten<br>28.8 kBit/s | Sprache, SDS, Daten<br>8.8 kBit/s |
| Rufaufbau                   | < 500 ms                           | < 300 ms                          |
| Codec<br>(D-Star: schlecht) | ACELP 4,567 kBit/s<br>(gut)        | AMBE+2 2 kBit/s<br>(mittel)       |
| Verwendung im AFU           | gering                             | verbreitet                        |

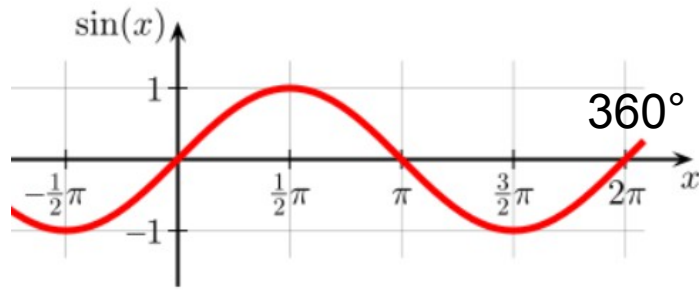
# Digitalfunkgerät



# PI/4 DQPSK

$$x(t) = x_0 \sin(\omega t + \varphi_0) \quad \omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

$x_0$  = Amplitude,  $\omega$  = Kreisfrequenz,  $\varphi_0$  = Nullphase



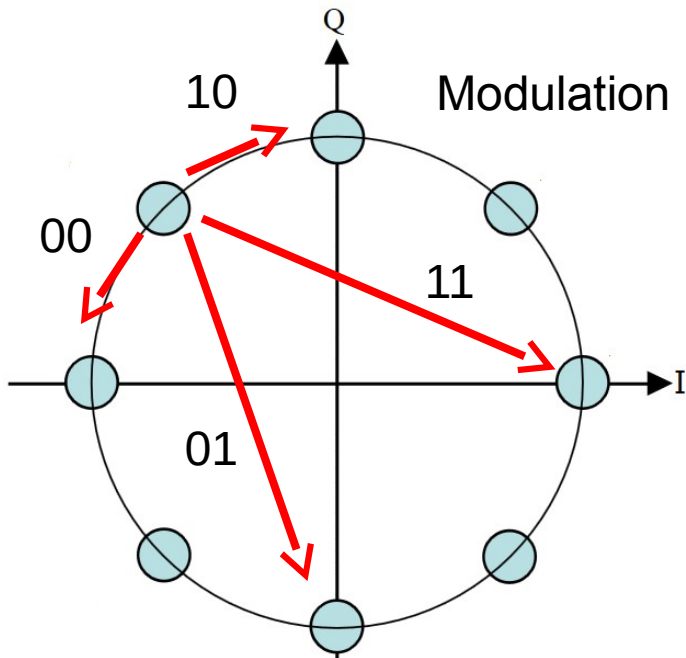
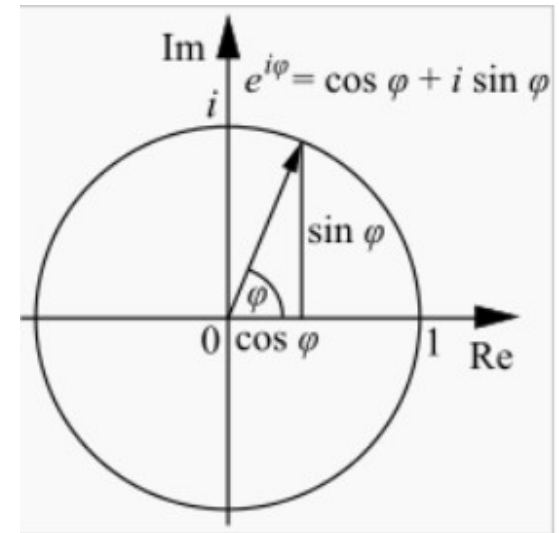
$$i = \sqrt{-1}$$

$$e^{i \cdot 0} = 1 = \cos(0)$$

$$e^{i \cdot \pi} = -1 = \cos(\pi)$$

$$\underline{x}(t) = x_0 e^{i(\omega t + \varphi_0)} = x_0 (\cos(\omega t + \varphi_0) + i \sin(\omega t + \varphi_0))$$

## Zeigermodell



## 4 FSK

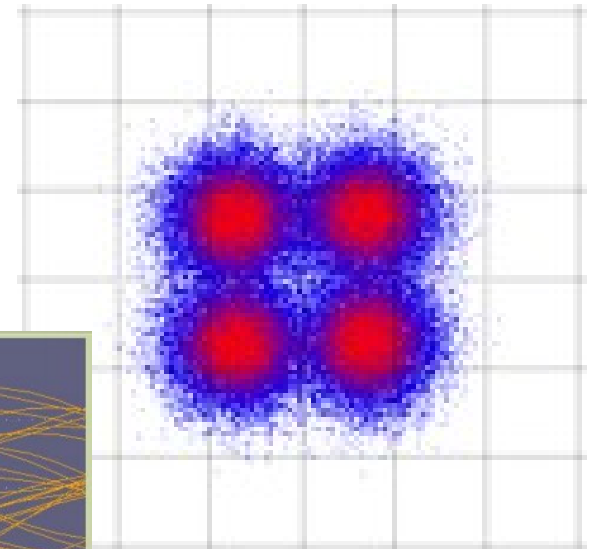
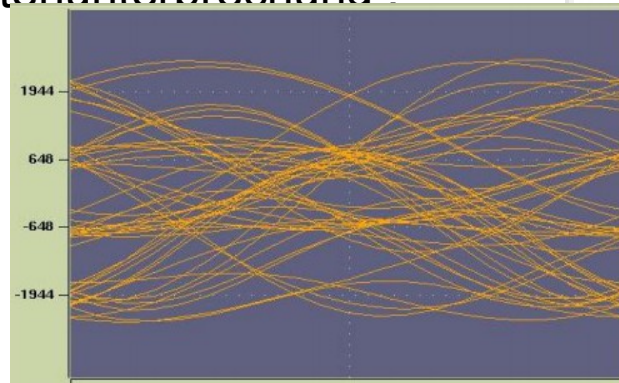
| Symbol | 4 FSK Delta ft(Hz) |
|--------|--------------------|
| 00     | + 648              |
| 01     | +1944              |
| 10     | - 648              |
| 11     | - 1944             |



# Kein Rauschen?

## Beispiele für Probleme bei der digitalen Übertragung:

- Lichtgeschwindigkeit =  $300 \text{ m}/\mu\text{s}$   
Tetra:  $55 \mu\text{s}/\text{Sym}$  →  $16,5 \text{ km}$  Entfernung = Verschiebung um 1 Symbol !
- TX/RX Umschaltung DMR:
  - $< 2 \text{ ms}$  bis stabile TX Leistung ansteht !
- Reflexionen, Laufzeitunterschiede
- Aufsynchronisieren bei Datenunterbrechung !
- Rufaufbau in kurzer Zeit
- Phasenrauschen etc. :



# Begriffe

- Timeslot (TS) = Zeitschlitz = Ein Zeitabschnitt von fester Länge, innerhalb dessen eine Ressource genutzt werden kann, und periodisch zur Verfügung steht.
- Talkgroup (TG) = Sprechgruppe die in TS übertragen wird (statisch, voreingestellt)
- Talkroom (TR) = Reflektor Sprechgruppe die in TS übertragen wird (vom FA wählbar)
- Subscriber-ID = Benutzerkennung
- Codeplug: Konfigurationsfile des Funkgerätes
- Firmware: Betriebssystem des Funkgerätes
- CPS: Customer Program Software

# TETRA

BW 25kHz

TDMA

Pi/4 DQPSK

BR 36 kbit/s

17 fr/sec

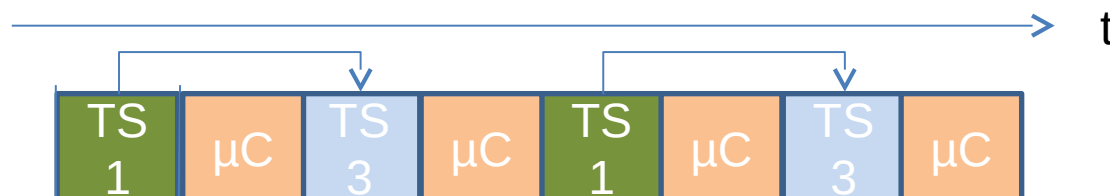
RX



TX



DMO  
REP



14,1 ms

**510** ModBit./255 Sym. [**432** ModBit. /216 Sym.]

# DMR

BW 12,5 kHz

TDMA

4 FSK

BR 9,8 kbit/s

RX

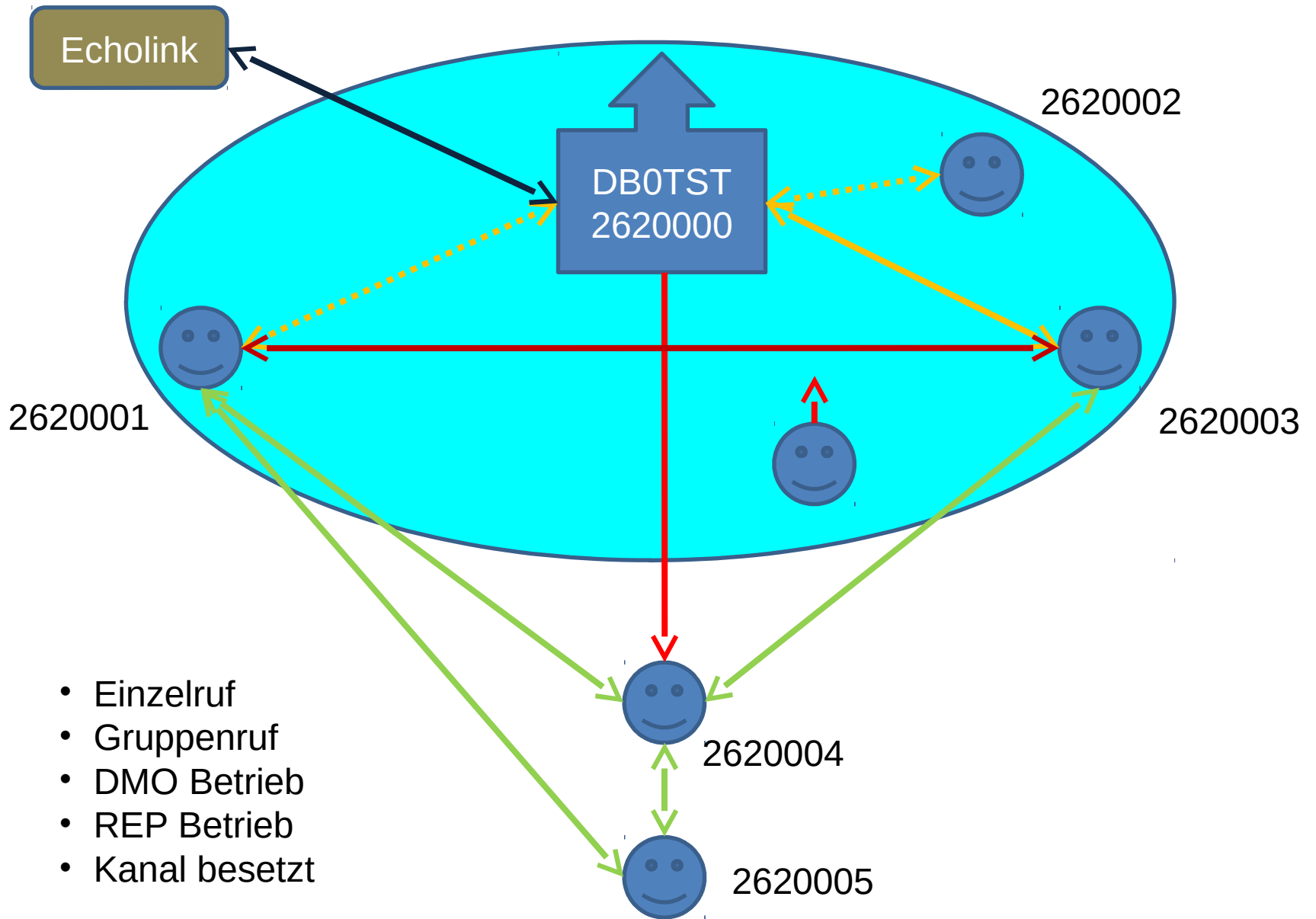


TX



30 ms [27,5 ms]

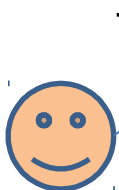
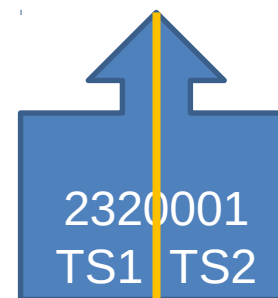
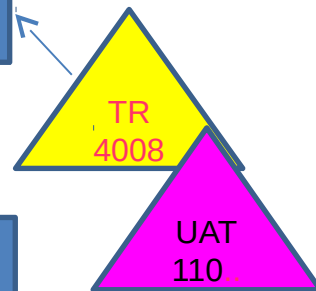
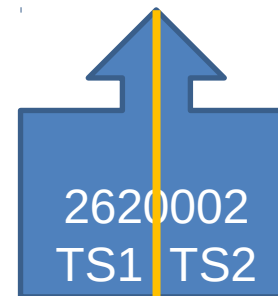
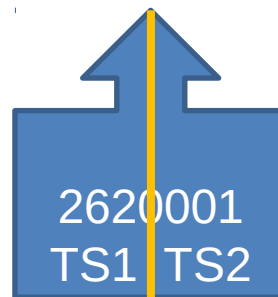
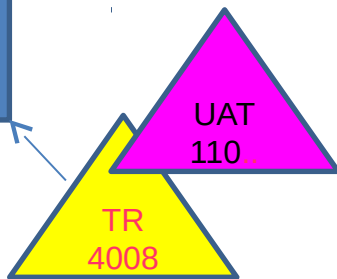
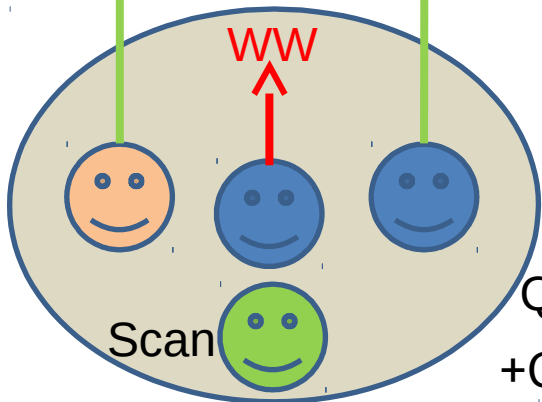
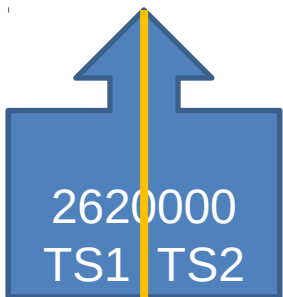
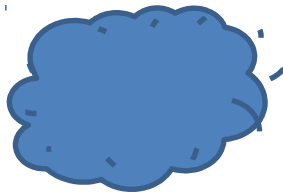
**264** ModBit. /132 Sym. [**216** ModBit./108 Sym.]



# Unterschied Motorola/Hytera

|                     | Motorola DMR                       | Hytera DMR                             |
|---------------------|------------------------------------|----------------------------------------|
| DMR-ID              | identisch                          | identisch                              |
| Luftschnittstelle   | identisch                          | identisch                              |
| IP-Schnittstelle    | Motorola                           | Hytera (Gateway nach Motorola möglich) |
| Relais Sprechen     | 2 getrennte Netze (oder Gateway..) | 2 getrennte Netze (oder Gateway..)     |
| Direktes Sprechen   | identisch                          | identisch                              |
| Repeater (Hardware) | DMR/ Voice, I/O, Fernsteuern       | DMR/ Voice                             |
| Software            | Kommerziell                        | Open Source                            |

HAMNET...



TG2



Nur Hytera (Talkroom)



Nur Motorola (User Active TG)

<http://dmr.darc.de/>

### DMR LastHeard

| Nr. | Date/Time (UTC)     | RSS | User-ID | User-Callsign | User-Name | Rptr-ID | Rptr-Call | Rptr-Location   | DestID | Dest    | Hw | Net | TS | Flags |
|-----|---------------------|-----|---------|---------------|-----------|---------|-----------|-----------------|--------|---------|----|-----|----|-------|
| 1   | 2015-05-05 10:31:26 |     | 2627087 | DH1GHL        | Horst     | 262778  | DM0ZF     | Lauf            | 9      | TG9     | M  | Mot | 2  | GVR   |
| 2   | 2015-05-05 10:31:26 |     | 3112369 | K7HJE         | Hugo      | 1031    |           |                 | 3      | TG3     | M  | Mot | 1  | GVR   |
| 3   | 2015-05-05 10:31:26 |     | 2080004 | F1SHS         | Pierre    | 208000  | F1ZEI     | Les Lilas       | 11     | TG11    | M  | Mot | 1  | GVR   |
| 4   | 2015-05-05 10:31:22 |     | 2627046 | DL2GCW        | Wilhelm   | 262778  | DM0ZF     | Lauf            | 9      | TG9     | M  | Mot | 2  | GVR   |
| 5   | 2015-05-05 10:31:22 |     | 2281032 | HB9FMF        | Didier    | 228106  | HB9PE     | Rougemont       | 11     | TG11    | M  | Mot | 1  | FGV   |
| 6   | 2015-05-05 10:31:21 |     | 3139017 | KG8Q          | Brian     | 1032    |           |                 | 3      | TG3     | M  | Mot | 1  | FGV   |
| 7   | 2015-05-05 10:31:15 |     | 2321172 | OE1WBC        | Walter    | 232102  | OE1XQU    | Wien/Wienerberg | 9      | TG9     | M  | M/H | 2  | GVR   |
| 8   | 2015-05-05 10:31:14 |     | 2221039 | IW1CAB        | Luca      | 222111  | IX1VKK    | Sarre           | 222    | TG222   | M  | Mot | 1  | GVR   |
| 9   | 2015-05-05 10:31:10 |     | 2222123 | IZ2XZM        | Nicola    | 222204  | IR2UDS    | Mt. Penice      | 222    | TG222   | M  | Mot | 1  | FGV   |
| 10  | 2015-05-05 10:31:02 |     | 2624374 | DG9KAF        | Heinz     | 262437  | DB0MY     | Juelich         | 4007   | DCS4007 | H  | Hyt | 2  | GVR   |

<http://register.ham-digital.net/>

### Registrierungsseite für Digital-Voice-Dienste.

Dieses System dient der zentralen Registrierung von Rufzeichen für verschiedene Digitale Sprachdienste rund um D-Star und DMR im Amateurfunk. Wir verwalten CCS/DTMF-Codes, DMR-IDs und D-Star-Registrierungen für Benutzer und Repeater an einer zentralen Stelle.

#### Schritt 1

- Ein persönliches Rufzeichen registrieren.
- Eine automatisch arbeitende Station registrieren.

Callsign:

Im nächsten Schritt werden verschiedene Dienste zur Auswahl angeboten für die das Call registriert werden kann.

# Kriterien bei der Geräteauswahl

- Entscheidung Tetra, Motorola DMR, Hytera DMR
- Ausführung: Portabel/Mobil
- Frequenzbereich: Dualband nicht üblich. Tetra nur 70cm
- Zusatzkosten: Programmierkabel, -software, Adapter
- Bedienung: Display, Tastatur
- Schnittstellen: GPS, BT, externe Antenne, Mike
- Zusatzfunktion: analoger Funkbetrieb
- $\mu$ C: Anzahl der Kanäle, Speicher für DMR-IDs
- Preis: \$\$\$ Motorola, \$\$ Hytera, \$ Connect Systems
- START: DSD+ für Windows und SDR-Stick (RTL-SDR)



# Ausblick

- **HAMNET**, IP basiertes Netz im GHz Bereich
- Übertragung von Sprache, Bildern, Daten in hoher Geschwindigkeit ( $< 17$  MBit/s), Punkt zu Punkt Verbindung
- Verwendung von günstiger, modifizierter Hardware (ISM, WLAN)
- Letzte Meile: DMR, Tetra, D-Star etc.
- ODER: kein Betrieb mangels OMs...

# Links

## **Seite des DARC**

<http://dmr.darc.de/>

## **Seite zum deutschsprachigen Hytera-DMR-Netz**

<http://www.ham-dmr.net/> mit Aktivitätsmonitor für das Hytera-Netz.

## **DMR-Aktivitätsmonitor für DMR-Benutzer und Repeater (Motorola-Netz).**

<http://www.dmr-marc.net>

## **Weltweites DMR-Amateurfunk-Repeater-Netzwerk.**

<http://ham-dmr.de/>

## **Seite zum Digitalfunk**

<http://de.groups.yahoo.com/group/APCO25-DMR-DL/>

## **Die Taunus Relais Gruppe, u.a. mit Informationen zu den deutschen Talkgroups.**

<http://www.trg-radio.de/dmr>

## **DMR-Kategorie im Wiki des österreichischen Amateurfunkverbandes.**

<http://wiki.oevsv.at/index.php?title=Kategorie%3ADMR>

# DB0TST Tetra Solar Relais in Musberg

[www.rad.re/db0tst](http://www.rad.re/db0tst)

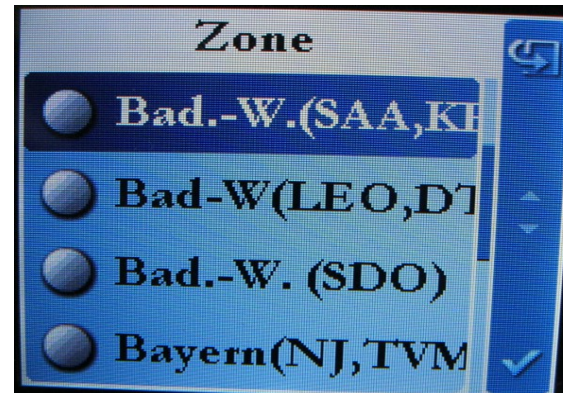
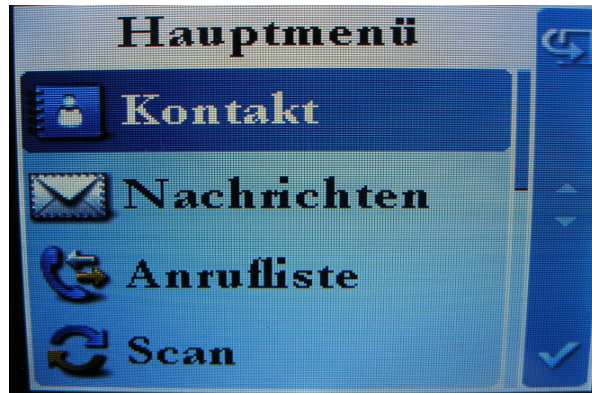
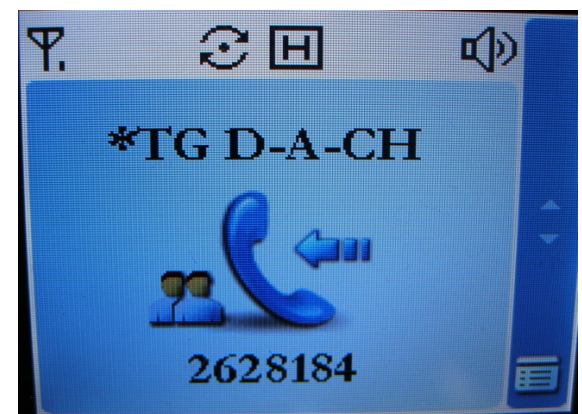
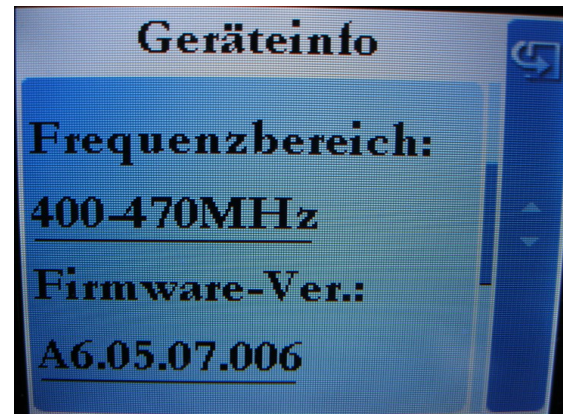


# Praxis

- Funkbetrieb
- Programmieren eines Funkgerätes
- Fragen...



# Bedienung DMR



# Bedienung Tetra

