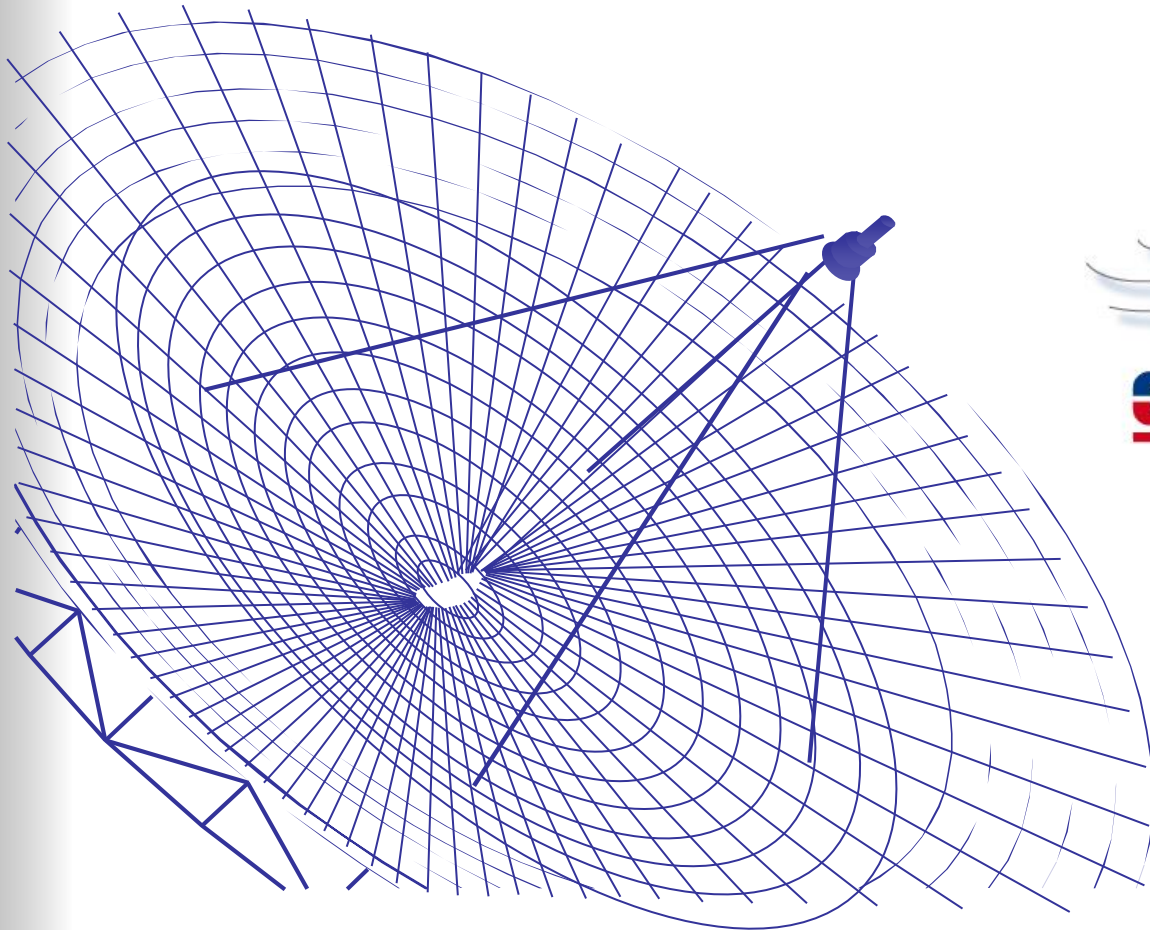


# Grundlagen – BOS-Digitalfunk





- Allgemeines
- Physikalische Grundlagen
- Digitale Signalverarbeitung
- Umwelt und Gesundheit
  
- Organisation im 4m-Analog-Funk
- Unterschiede Analog- / Digitalfunk
  
- TETRA- Netz: Aufbau, Komponenten
- Funkversorgung
- Bündelfunkprinzip

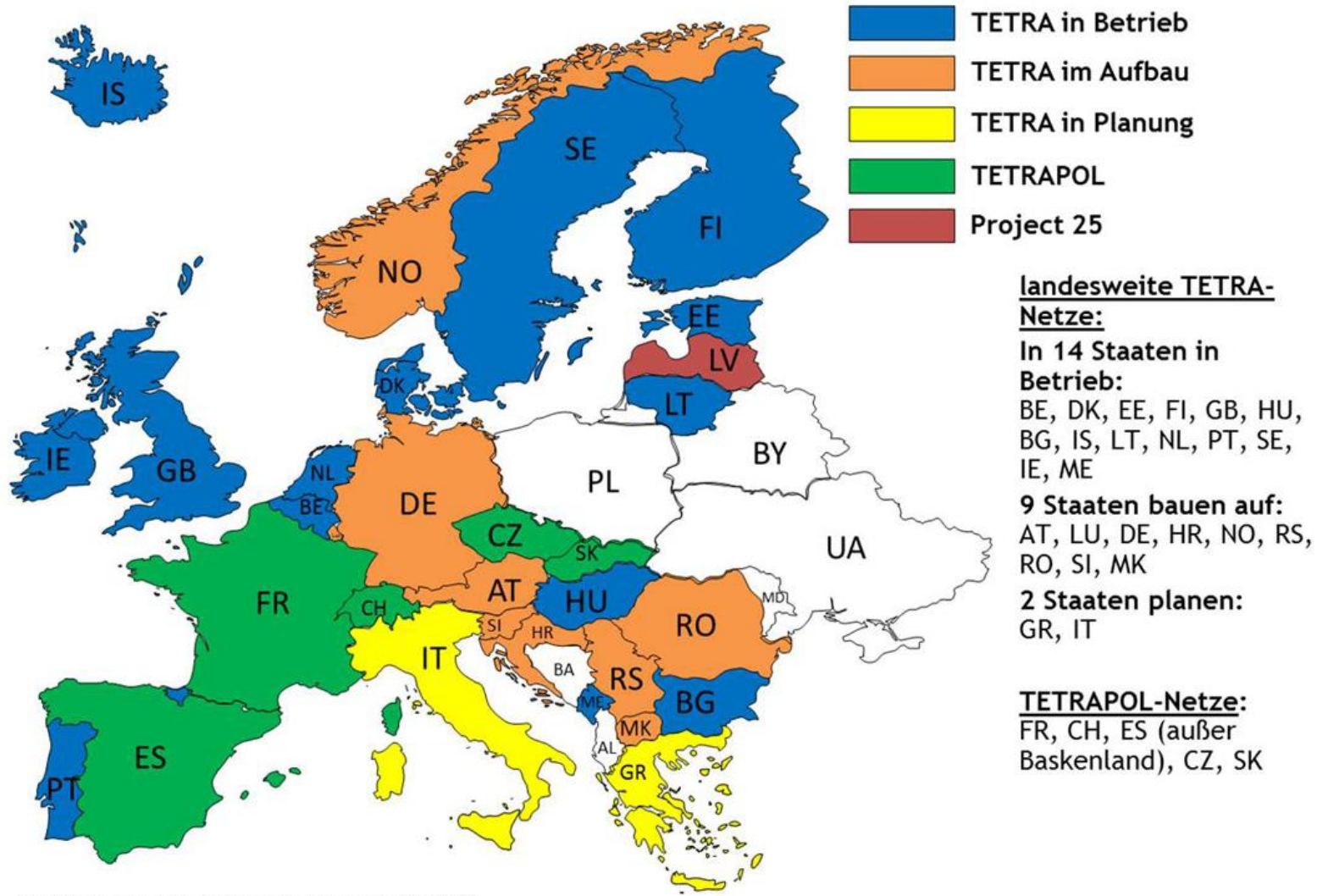


TETRA steht für **Terrestrial Trunked Radio**.

Die ursprüngliche Bezeichnung lautete *Trans-European Trunked Radio*, da Tetra ein Standard des europäischen Telekommunikations-Standardisierungsinstituts ETSI ist. Der erste Entwurf des Standards wurde 1995 publiziert. Da sich Tetra erfolgreich am Weltmarkt etabliert hat, wurde die Bezeichnung geändert, um auch außerhalb Europas das System erfolgreich vermarkten zu können. Teilweise taucht auch die Bezeichnung TETRA 25 auf, die auf das 25-kHz-Kanalraster hinweist.



# Tetra in Europa



Grafik: Eigene, Länderbezeichnung nach ISO 3166

Quelle: Public Safety Radio Group (PSRG) "Status for Public Safety Radio Networks in Europe", Stand: Februar 2014, sowie nationale Projektgruppen



## Netzaufbau Digitalfunk bundesweit

Basisstationen  
geplant

rund 4.500

Basisstationen  
in Betrieb

4.442

Netzabdeckung

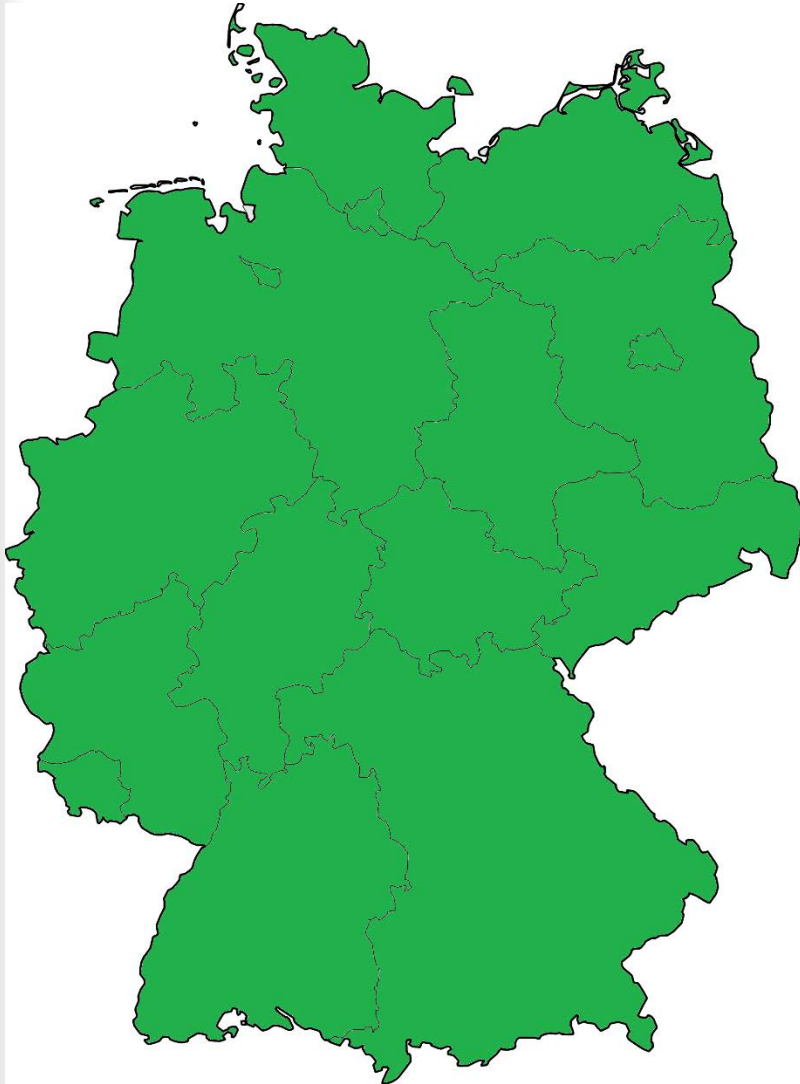
knapp 99%

Registrierte  
Teilnehmer

601.980

Aktive Teilnehmer

274.374



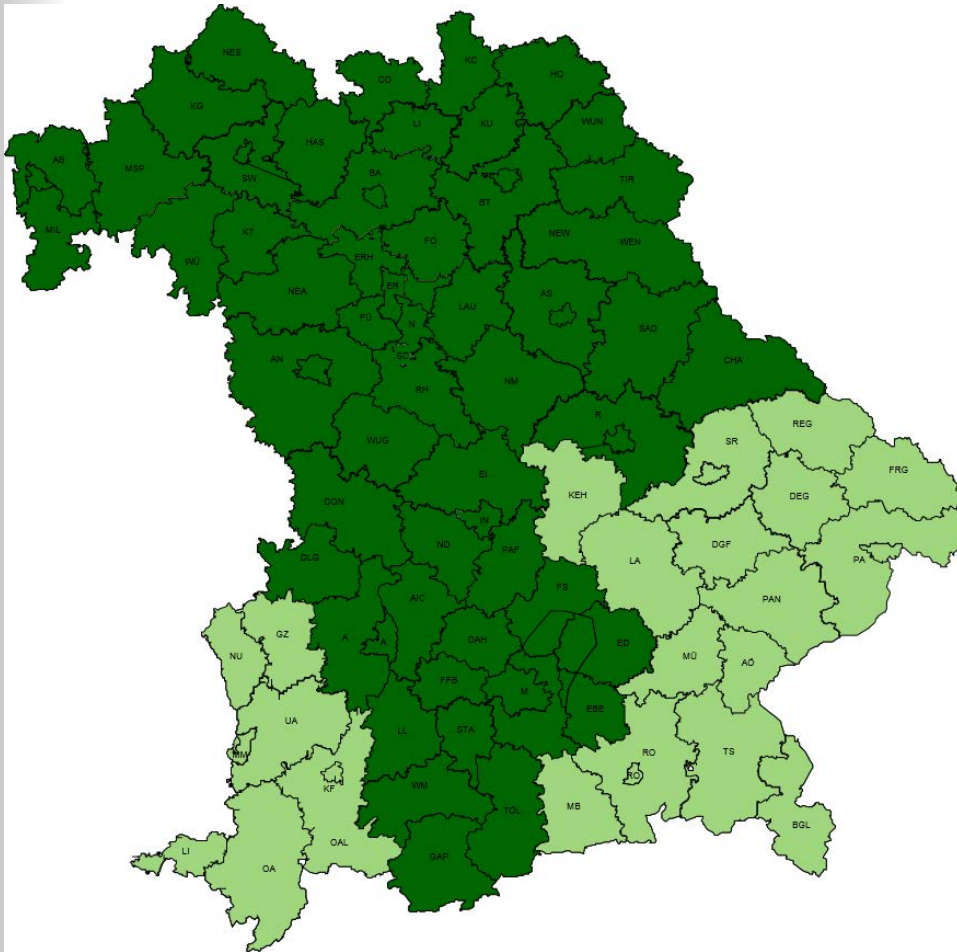
Quelle: PG DigiNet Januar 2016



# Netzaufbau Bayern



## Netzaufbau – Sachstand Bayern gesamt, 1 / 2016

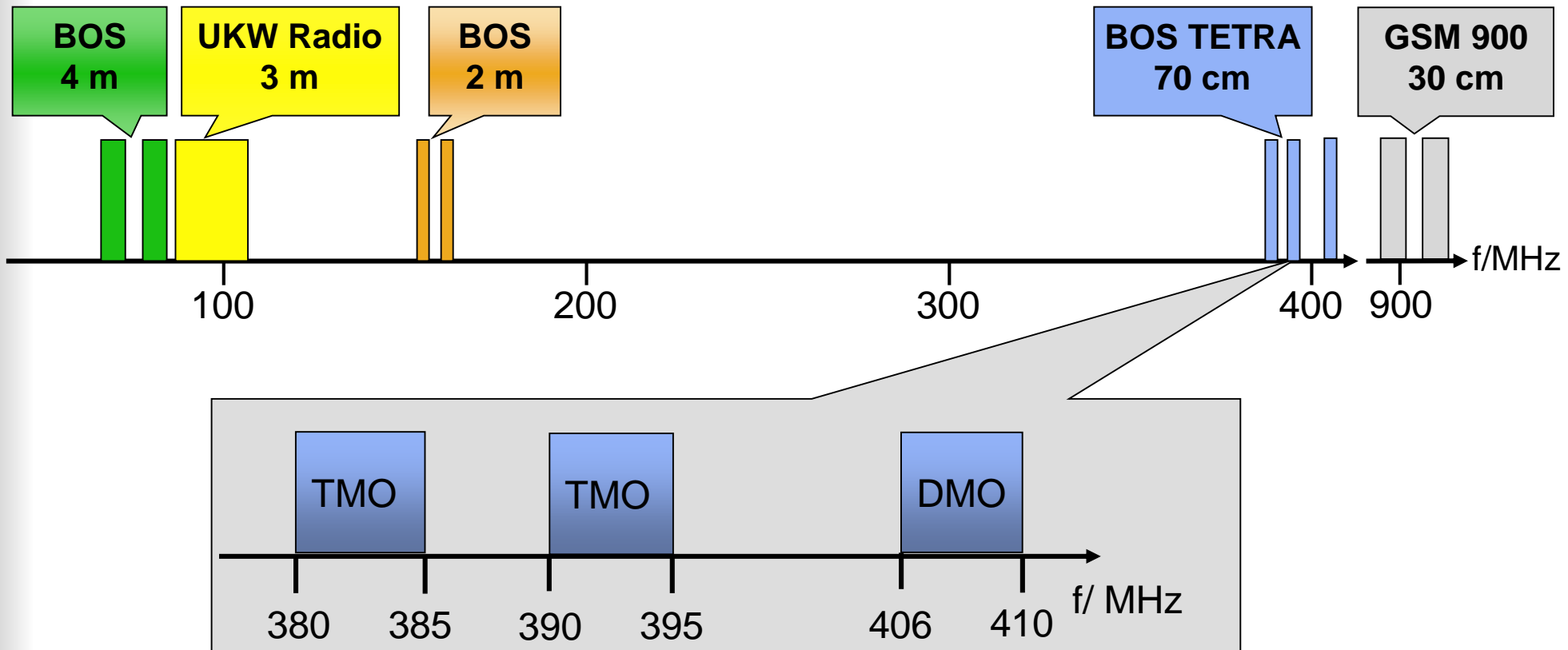


(Teil-)Netzabschnitt	Zielstandorte	Bau begonnen	Bau beendet	Systemtechnik installiert
München	37	37	37	37
Mittelfranken	91	91	91	91
Oberbayern Nord	87	87	87	87
Unterfranken	124	124	124	124
Schwaben Nord	50	50	50	50
Oberpfalz	102	102	102	102
Oberfranken	109	109	109	109
Niederbayern	112	112	112	111
Oberbayern Süd	104	103	100	100
Schwaben Süd	63	62	59	60
<b>Bayern gesamt</b>	<b>879</b>	<b>877</b>	<b>871</b>	<b>871</b>

Quelle: PG DigiNet



# Frequenzbereich im Digitalfunk



- Wie beim Analogfunk erfolgt die Übertragung von Sprache und Daten mit elektromagnetischen Wellen
- Die Ausbreitung der Funkwellen erfolgt wie bei Lichtwellen „quasioptisch“ (typisch für Funkwellen mit Wellenlängen kürzer als etwa 3m).



# TETRA Frequenzen und Kanäle

BDBOS-Kanalnummer	TETRA-Kanal (dez)	Mittenfrequenz Unterband (MHz)	Mittenfrequenz Oberband (MHz)
1	3600	380,0125	390,0125
2	3601	380,0375	390,0375
3	3602	380,0625	390,0625
4	3603	380,0875	390,0875
5	3604	380,1125	390,1125
6	3605	380,1375	390,1375
...	...	...	...
...	...	...	...
199	3798	384,9625	394,9625
200	3799	384,9875	394,9875

**Kanalabstand 0,025 MHz (25 kHz)**

**Duplexabstand 10 MHz**

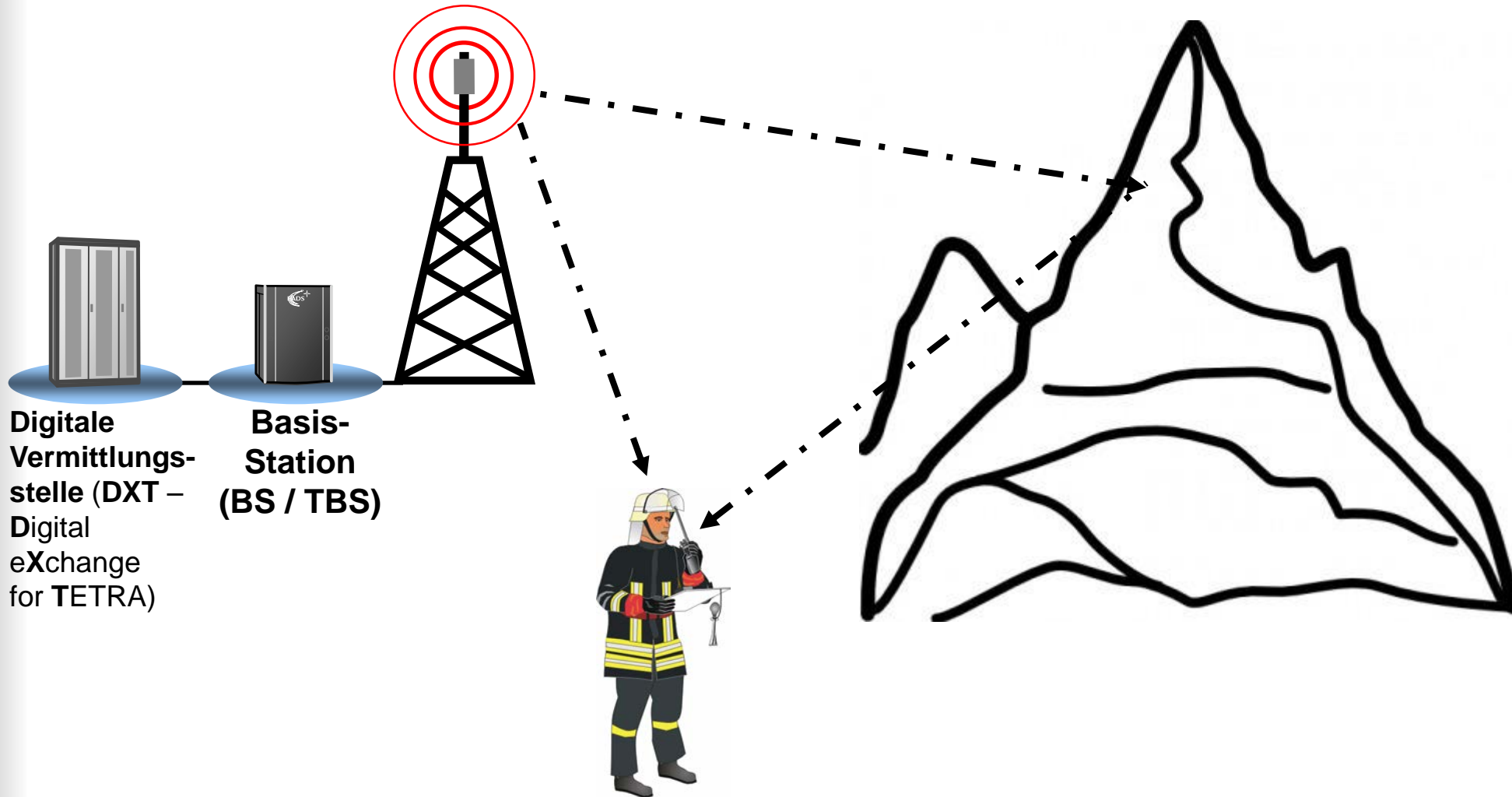
**Uplink    Downlink**

- Aus den Frequenzbändern 380 bis 385 und 390 bis 395 MHz wird beim Digitalfunk dem Benutzer durch das System automatisch ein Verkehrskanal zur Verfügung gestellt.

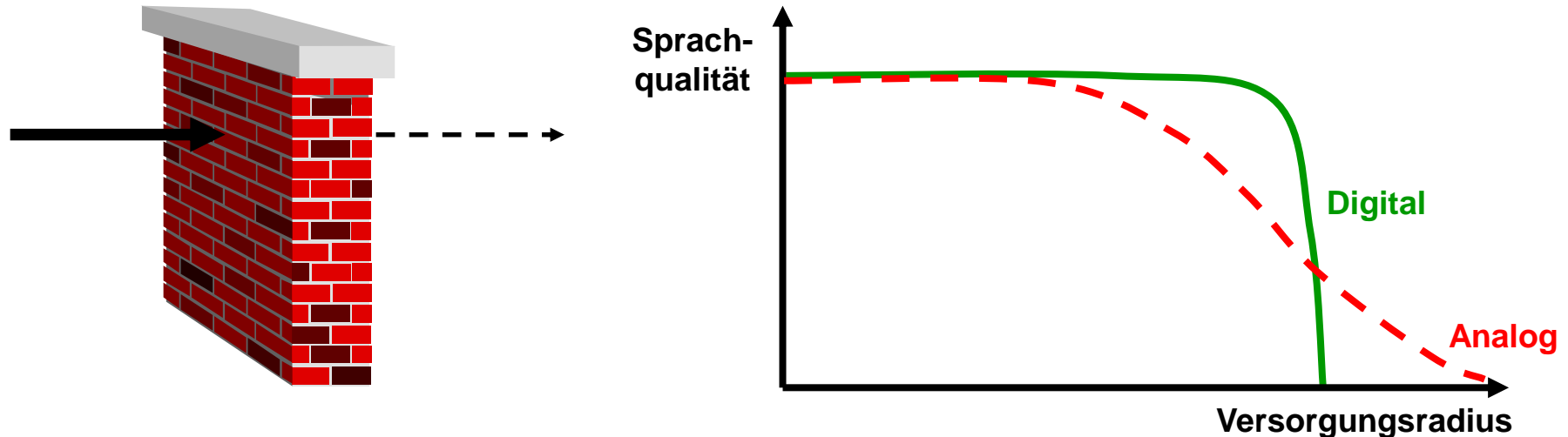




- Die Wellenausbreitung für digitale Funksysteme unterscheidet sich nicht von der Ausbreitung in analogen Systemen.
- Es gelten die **gleichen** physikalischen Gesetzmäßigkeiten.
- Die Wellenausbreitung erfolgt quasi nach optischen Gesetzmäßigkeiten.
- Elektromagnetische Wellen können Stoffe durchdringen.
- Elektromagnetische Wellen breiten sich geradlinig aus.
- Die Reichweite der Funkgeräte im DMO- Betrieb ist ähnlich der im 2 m Band.
- Die Wellen sind etwas „reflektionsfreudiger“ und dringen deshalb besser in abgeschattete Bereiche ein.



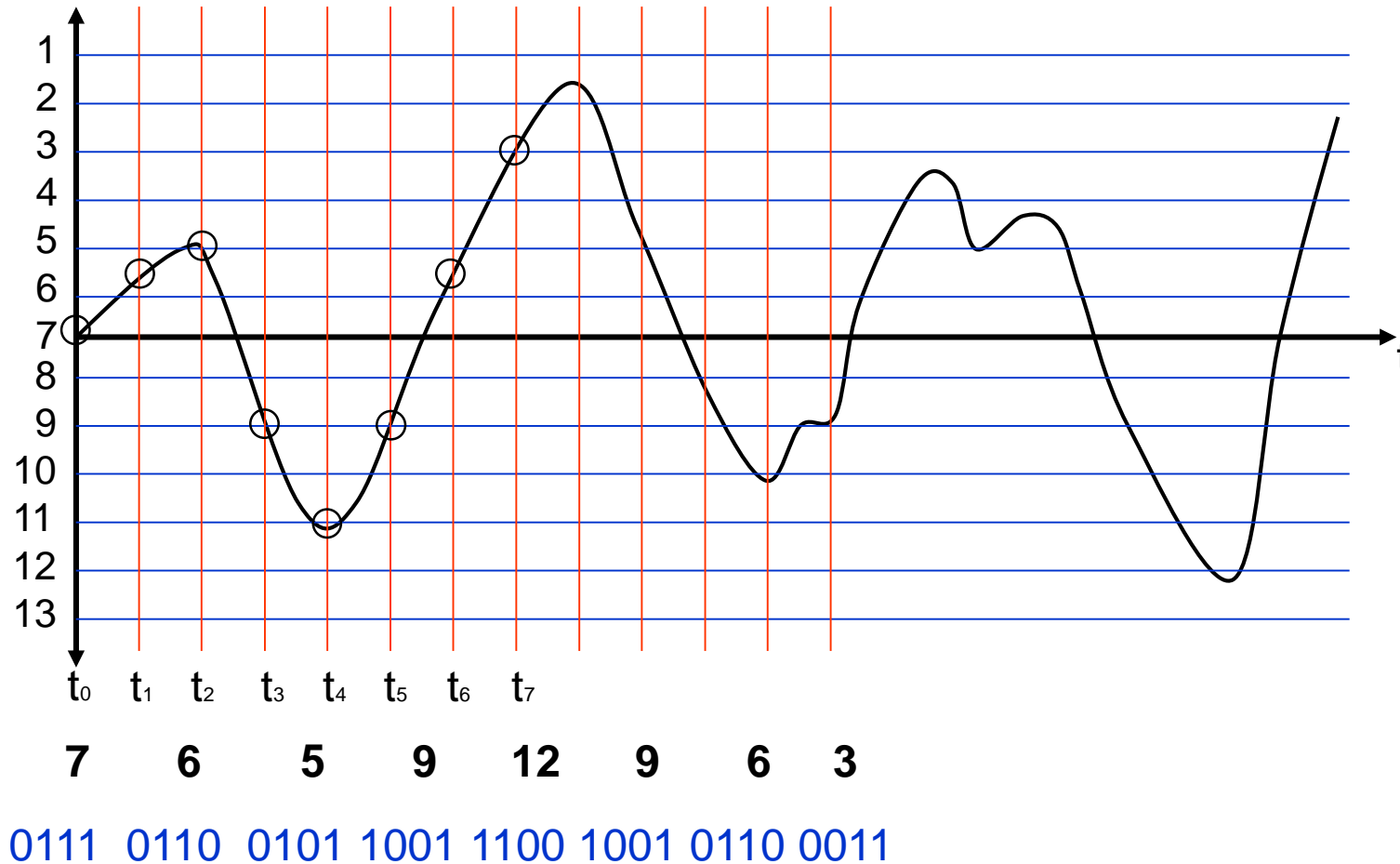
- Elektromagnetische Wellen können teilweise oder vollständig reflektiert werden



- Die Schwächung von Funkwellen, also elektromagnetischer Wellenstrahlen, erfolgt mit zunehmender Entfernung des Senders vom Empfänger und beim Durchdringen von Materialien wie z.B. Wände (in Abhängigkeit von deren Dichte und Materialstärke).
- Beim Analogfunkbetrieb kündigt sich das Abreißen der Funkverbindung durch einen stetig ansteigenden Verlust der Übertragungs- und damit Empfangsqualität und Rauschen an. Beim Digitalfunkbetrieb geschieht dies ohne Vorankündigung bzw. – Warnung. Oft hilft hier eine Körperdrehung oder ein sehr geringfügiger Standortwechsel zur Wiederherstellung des Funkkontaktes.



# Digitalisierung von analogen Signalen





0111 0110 0101 1001 1100 1001 0110 0011

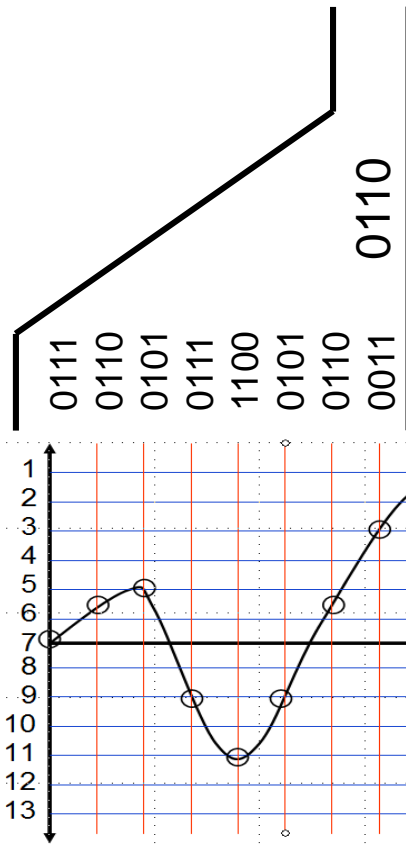
0111	0110	0001	0111	1100	0101	0110	0011	0100
0111	0110	0101	0000	1100	0101	0110	0011	0101
0111	0110	0101	1001	1100	1001	0110	0011	0110
0111	0110	0101	0111	1101	0101	0110	0011	0011
0111	1110	0101	0111	1111	0111	0110	0011	0111
0111	0110	1101	0111	1100	0101	0110	0011	1000

- Die sog. **Vocoder-Funktion** erleichtert die Verständigung bei starken Umgebungsgeräuschen, da mit Hilfe dieser Technik die menschliche Stimme von anderen Geräuschen unterschieden werden kann. Umgebungslärm wird gedämpft, so dass die Sprache besser verständlich ist.

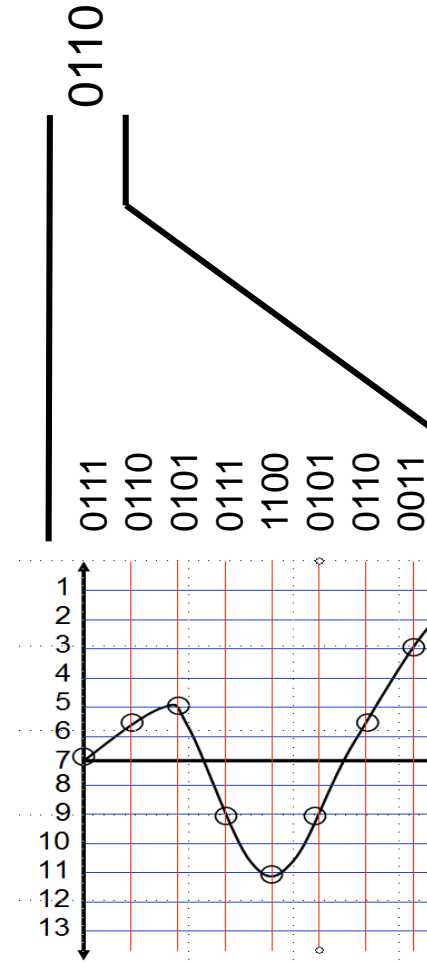


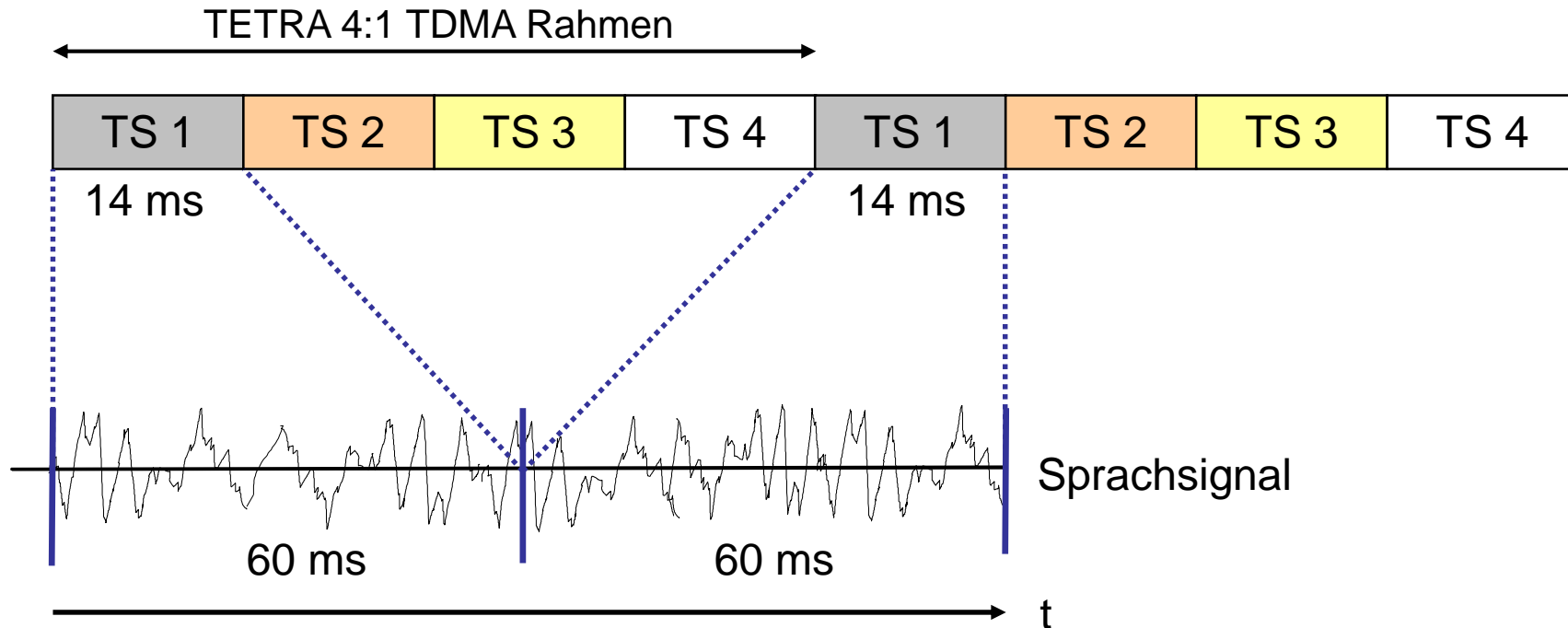
# Prinzip Vocoder

## Sender



## Empfänger





- ACELP- Sprachkompression (Algebraic Code-Excited Linear Predictive) – niedrige Bitrate von 4,567 kbit/s.
- 60 ms Sprache werden codiert und in 14 ms TDMA- Zeitschlitz übertragen.
- 274 Bits der insgesamt 510 Bits (pro Zeitschlitz) werden für Sprache verwendet.



- Bei der Nutzung von Mobiltelefonen tritt eine Absorption hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf, die durch die so genannte spezifische Absorptionsrate (SAR), einem Maß für den auf die Gewebemasse bezogenen Leistungsumsatz (W/kg), quantifiziert wird.
- Zur Festlegung des Grenzwertes wird in Deutschland eine Empfehlung der Strahlenschutzkommission zugrunde gelegt, die als Obergrenze einen Wert von 2 W/kg, gemittelt über jeweils 10 g, nennt.
- Die Digitalfunkgeräte unterschreiten den derzeit gültigen Grenzwert .  
(SAR-Wert für das Umweltzeichen "Blauer Engel,,: bis 0,6 W/kg).
- SAR Werte aktueller Handfunkgeräte (bei einer höchsten zulässigen Sendeleistung von 1 Watt):
  - **Sapura STP 8000** ⇒ **0,563 W/kg**
  - **EADS THR9** ⇒ **0,672 W/kg** (Frequenzband 380 bis 400 MHz).
- Vergleich!\* iPhone 5S ⇒ **0,93 W/kg** , Nokia Lumia 620 ⇒ **0,86 W/kg** , Samsung S4 ⇒ **0,39 W/kg**
- Vergleich Leistung BS vs. Mobilfunk, LTE: **BOS-Tetra 4-5 W** , **Mobilfunk 10 W** , **UMTS 20 W** , **LTE 40 W**
- Wissenschaftl. Studien z.B. Seitz und Rubin > **psychologische Effekte !!!**
- **WHO:** ... es gibt keine wissenschaftliche Basis, um die EHS-Symptome mit der Einwirkung vom EMF in Verbindung zu bringen.

EMF = elektromagnetische Felder , EHS = Elektrosensibilität

\* Quelle: Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)

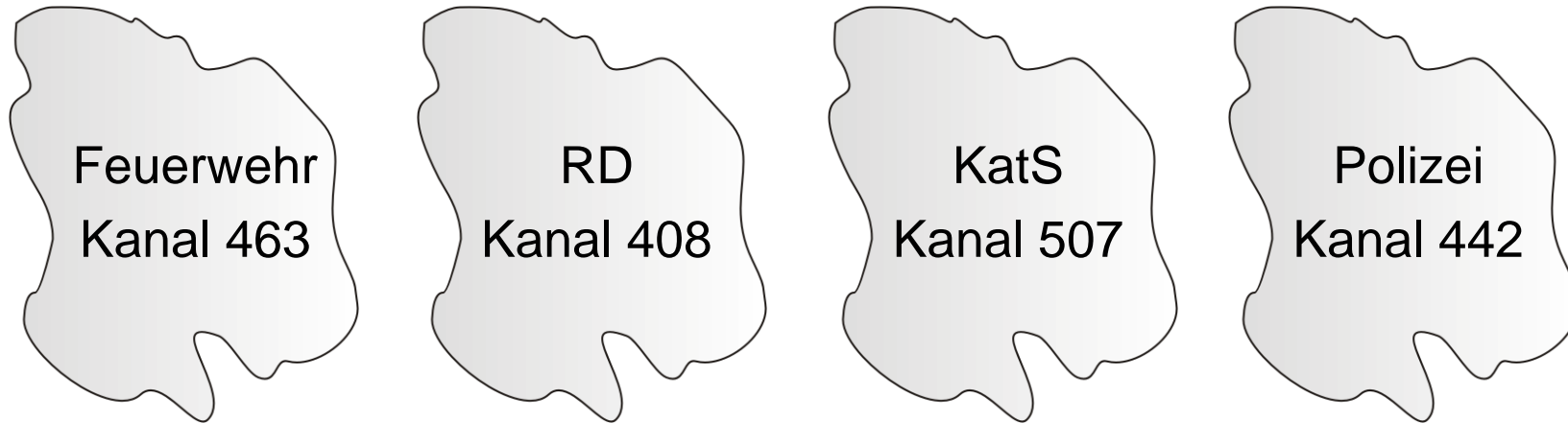




- Organisation im 4m-Analog-Funk
- Unterschied Analog- / Digitalfunk



## Jede BOS hat eine eigene Infrastruktur



In Deutschland existieren mehrere voneinander unabhängige, parallele Analogfunknetze (nicht flächendeckend) unter anderem für:

- Feuerwehr
- Rettungsdienst
- Katastrophenschutz
- Landespolizei
- Bundespolizei
- Zoll



# Unterschied Analog- / Digitalfunk

Analogfunk	TETRA - Digitalfunk
Kein zusammenhängendes Funknetz. Je BOS und Funkverkehrskreis ein eigener Kanal mit begrenzter Reichweite.	Ein gemeinsames deutschlandweites digitales Funknetz für alle beteiligten BOS (überregionale Kommunikation).
Jeder Kanal beansprucht permanent eine eigene Frequenz (auch wenn gerade nicht gesprochen wird).	Die Kanäle werden nur bei Bedarf belegt (sogenannter Bündelfunk). Das „Netz“ weist automatisch einen Funkkanal zu.
Oftmals schlechte Sprachqualität durch Stör- und Nebengeräusche (z.B. Motoren-geräusche, Überreichweiten).	Störungsfreie Kommunikation mit hoher Qualität. Die „Vocoder- Funktion“ filtert u.a. starke Umgebungsgeräusche aus.
Taktische Zusammenschlüsse bestimmter Einheiten kann nur in örtlich begrenzten Funkverkehrskreisen/-kanälen erfolgen.	Taktische Zusammenschlüsse von best. Einheiten in Benutzergruppen ist BOS-übergreifend sowie im gesamten Netz flexibel möglich (Dynamische Gruppen).
Das abhören des Analogfunks ist leicht möglich (Scanner).	Abhörsichere Sprach- und Daten-Übertragung durch Verschlüsselung.
Eine Datenübertragung ist nur in sehr beschränktem Umfang möglich (z.B. FMS)	Die Übertragung von Daten ist möglich (z.B. Einsatzdaten als Textmeldung).



# Unterschied Analog- / Digitalfunk

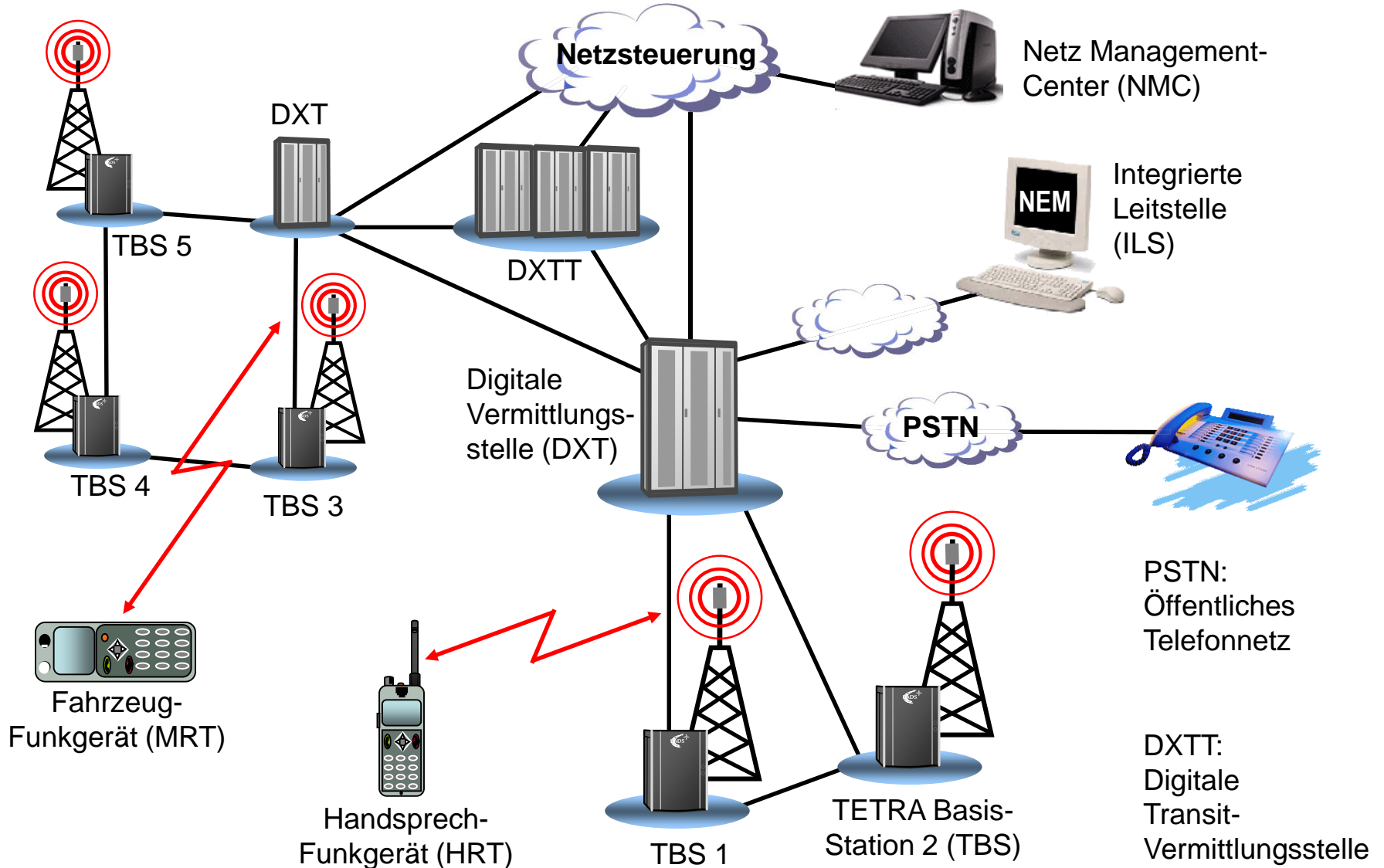
Analogfunk	TETRA- Digitalfunk
	Absetzen eines Notrufes (Sprechverbindung mit Vorrang) durch drücken einer Notruf- Taste evtl. mit Übertragung der GPS- Daten des aktuellen Standortes.
Die Alarmierung mit Fünftönenfolgen ist langsam und ohne Textmeldung.	Schnelle Alarmierung inkl. Textmeldungen (durch die Datenübertragung).
Nur Gruppenkommunikation möglich.	Neben dem Gruppengespräch ist auch eine gezielte Verbindung zwischen Funkteilnehmern möglich (Einzelruf).
Unterscheidung zwischen Relaisbetrieb (i.d.R. 4m-Funk) und Wechselverkehr (2m-Funk). Hierfür sind zwei unterschiedliche Geräte erforderlich.	Unterscheidung zwischen Netzbetrieb (TMO) und Direktbetrieb (Gerät zu Gerät - DMO). Ein Digitalfunkgerät kann alternativ in beiden Betriebsarten verwendet werden.
	Das Telefonieren in private oder öffentliche Telefonnetze ist möglich.
Industrie entwickelt den Analogfunk nicht mehr weiter.	Aktualisierungen und Innovationen sind im Digitalfunk in Zukunft zu erwarten.



- TETRA- Netz: Aufbau, Komponenten
- Funkversorgung
- Bündelfunkprinzip



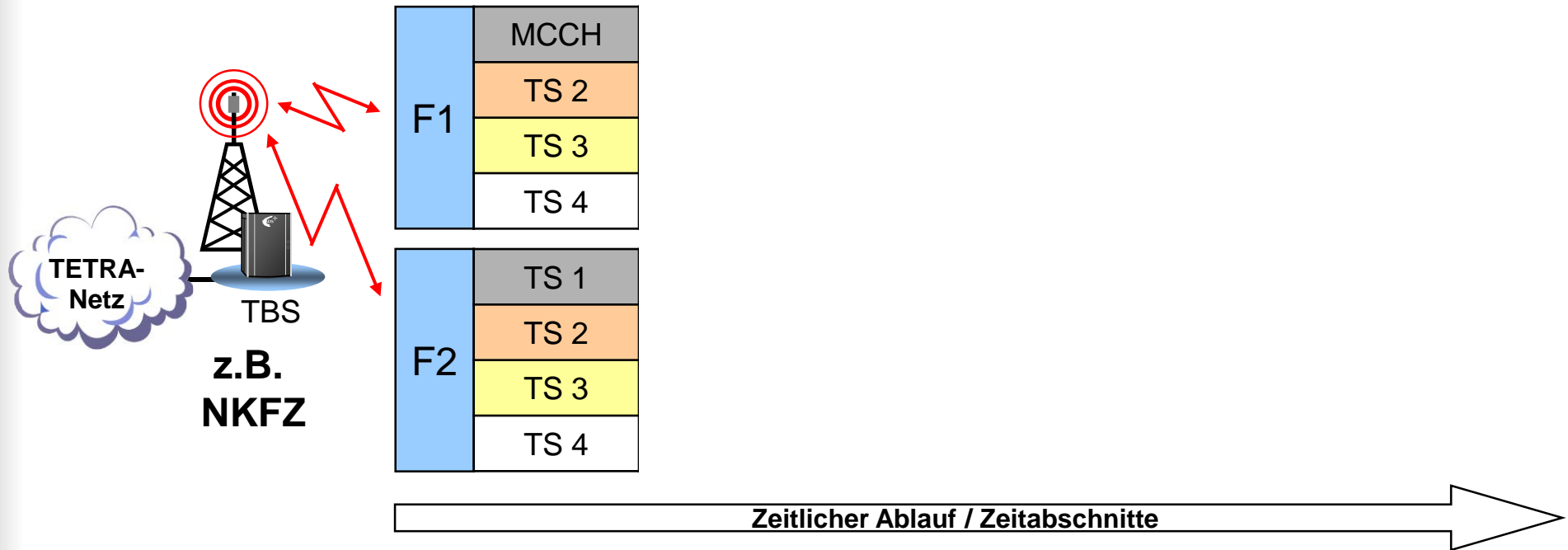
# TETRA-Netz - einfacher Netzaufbau





# Funkversorgung

	Empfangsmöglichkeit	GAN	GAN + X	Zellen
<b>KAT 0</b>	Fahrzeugfunkgerät	Grundversorgung	Grundversorgung	NKFZ
<b>KAT 1</b>	Handfunkgerät Freigelände Kopftrageweise	Siedlungs-/ Verkehrsflächen	BAB, Grenzübergänge	NKFZ HKFZ
<b>KAT 2</b>	Handfunkgerät Freigelände Gürteltrageweise		Siedlungsflächen	NKFZ HKFZ
<b>KAT 3</b>	Handfunkgerät im Gebäude Kopftrageweise		Großstädte	HKFZ
<b>KAT 4</b>	Handfunkgerät im Gebäude Gürteltrageweise		Objektversorgung	HKFZ



- Die Ressourcen des TETRA- Netzes stehen allen Organisationen zur Verfügung.
- Bei einem Gesprächswunsch erhalten **alle** beteiligten Funkteilnehmer **für die Dauer des Gespräches** einen Zeitschlitz eines Nutzkanals aus dem Kanalbündel exklusiv zugeordnet.
- Durch die dynamische Zuweisung von Kommunikationskanälen und flexible Bildung von Nutzergruppen wird eine bessere Ausnutzung des genutzten Frequenzbereiches erzielt (= Bündelgewinn).
- Signalisierungsinfos werden über den Organisationskanal (MCCH) übertragen.





# Fragen ???



# Ende



## Quellennachweis:

- Bayerisches Staatsministerium des Innern - Projektgruppe DigiNet
- Institut der Feuerwehr Nordrhein-Westfalen
- EADS Secure Networks.
- Bundesanstalt für den Digitalfunk der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
- Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)

## Cliparts:

- A & C Lochmeier, Firegrafics GmbH, CH- 8570 Weinfelden, [www.firegrafics.ch](http://www.firegrafics.ch).

## Änderungsnachweis:

- 23.02.2010 Erstfassung
- 21.07.2014 Folie 5 aktueller Stand BD BOS, Folie 18 aktuelle SAR-Werte für Handy BfS,
- 11.09.2014 AK AD; Folie 8 neue DMO Frequenzen, Folie 14 optisch
- 16.09.2014 Folien 5,6 und 7 aktueller Stand 08/2014 PG DigiNet eingearbeitet
- 16.03.2017 komplett Überarbeitet und auf den aktuellen Stand gebracht, im AKAD abgestimmt