

Funklehtag 2019





Physikalisch technische Grundlagen

Um im Einsatzfall Informationen zwischen Leitstelle und Fahrzeugen und am Einsatzort Befehle und Meldungen zwischen Führungsebenen und eingesetzten Kräften austauschen zu können, werden Funkanlagen eingesetzt, die für die unterschiedlichen Einsatzbereiche angepasst sein müssen.

Informationen werden mittels Funkwellen übertragen.

Die Funkwellen haben dabei besondere Ausbreitungseigenschaften, die bei ihrem Einsatz mit berücksichtigt werden müssen.

Die physikalischen Grundlagen sind hierbei für den Analogfunk wie für den Digitalfunk gleich.



Was sind Funkwellen ?

- zählen zu den elektromagnetischen Wellen
- Alle elektromagnetischen Wellen breiten sich mit Lichtgeschwindigkeit aus und benötigen zur Übertragung kein Medium
- Im luftleeren Raum breiten sie sich am ungestörtesten aus, egal bei welcher Frequenz
- Sie breiten sich in alle Richtungen gleichmäßig aus
- Träger der Information
- Entstehen durch Wechselströme
- Zeitlicher Verlauf gleicht einer Sinuskurve
- Quasi-optische Eigenschaften (ähnlich dem Licht)



EMV- Elektromagnetische Verträglichkeit

- Elektrische und elektronische Produkte überall im täglichen Leben
- Zunehmende Verbreitung
- Räumliche Abstände verringern sich
- Elektronikdichte steigt
- Gefahr gegenseitiger Beeinträchtigungen verstärkt sich (elektromagnetische Kopplungen)
- Erhöhung der elektromagnetischen Verträglichkeit.
- Geräte können nicht mehr isoliert betrachtet werden.



- Die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) ist zu einer zwingenden Produkteigenschaft geworden. Ihre Sicherstellung rückt insbesondere beim Betrieb verschiedener Geräte und Systeme nebeneinander immer stärker in den Mittelpunkt.
- Jedes elektrische Bauteil kann Störenergie aussenden. Kann aber auch selbst gestört werden oder sogar zerstört werden.
- Das EMV-Handbuch beschäftigt sich mit der EMV von Geräten, Anlagen, Systemen und Netzen untereinander sowie mit deren Auswirkungen auf die BOS. Hilfestellung für den Umgang mit Geräten, Anlagen und Systemen sowohl hinsichtlich der Beschaffung, Einbau, Umbau, Wartung als auch Reparatur sowie bei der rechtlichen Bewertung einzelner Maßnahmen.
- Nicht gleich mit der EMV-Umwelt. Gefährdung von Personen.
- Neue Geräte müssen das **e1** Zeichen haben.



Einsatzgrundsätze

Folgende Grundsätze sollten beachtet werden:

- Funkgeräte mit der geringstmöglichen Sendeleistung und Antennenhöhe betreiben. Nur die Nutzreichweite sicherstellen. Sonst können Störreichweiten nicht klein gehalten werden.
- Standortwechsel, wenn eine Sprechfunkverbindung nicht zustande kommt.
- Die Antenne muss frei strahlen können, und senkrecht zur Erdoberfläche stehen. Dies ist insbesondere bei Handsprechfunkgeräten zu beachten.
- Handsprechfunkgeräte möglichst in Richtung Gegenstelle und vom Körper Weghalten.



Reichweite

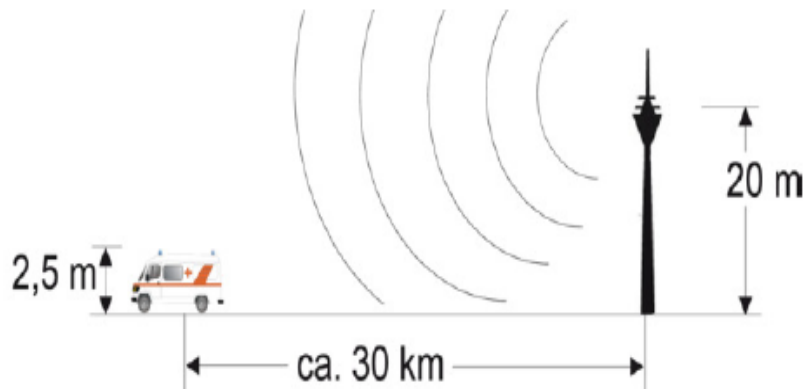


Abbildung 10 Reichweite von UKW Funkwellen

Die Reichweite bei einer Funkverbindung bezeichnet die Entfernung, die maximal zwischen dem Sender und dem Empfänger bestehen darf, so dass noch eine Kommunikation möglich ist. Funkwellen im Meterwellenbereich (UKW) breiten sich ähnlich wie Lichtwellen (quasioptisch) aus, so dass ihre Reichweite hauptsächlich innerhalb der Sichtverbindung zwischen Sende- und Empfangsantenne beschränkt ist.

Eine BOS-Basisstation, mit einer Sendeleistung von 250 W, hat bei einer wirksamen Antennenhöhe von 20 m eine Nutzreichweite von ca. 30 km (bei einer Empfangsantennenhöhe von 2,50 m).



Die Reichweite der Funkwellen ist nicht immer gleich, sie ist abhängig von:

- Sendeleistung
- Empfängerempfindlichkeit
- Antennenhöhe, Antennenart
- Topografie (Gebirge, Täler, Ebene)
- baulichen Verhältnissen (Stahlbetonbauten, Eisenbauteilen, Tunnelanlagen)
- Leitfähigkeit des Bodens (Wasser, Sand, Fels, Wald, Heide, Feld)
- Jahreszeit, Tageszeit, Witterung

Die Reichweite bei TETRA 25 ist durch die Verwendung der Zeitschlitzte begrenzt. Beide Funkgeräte müssen absolut parallel laufen, damit die Zeitschlitzte sich nicht verschieben. Ab einer bestimmten Entfernung kann dieses nicht mehr ausgeglichen werden.

Wichtig: Je höher die Antenne, desto weiter die Reichweite!



Reflexion und Beugung

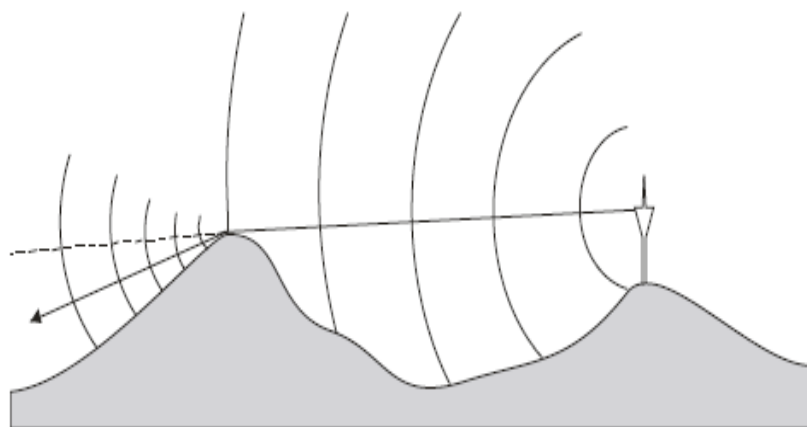


Abbildung 11 Beugung der Funkwellen

Wie weit dies möglich ist, hängt ebenfalls von der Höhe der Sendeantenne und der Strahlungsleistung des Senders ab.

Bei sog. Inversionswetterlagen können Funkwellen an der Grenze von warmen und kalten Luftschichten in der Atmosphäre reflektiert werden.

Auf ihrem Weg vom Sender zum Empfänger werden die Funkwellen an Kanten von Hindernissen (Berge, Häuser, etc.) gebeugt oder auch von deren Flächen reflektiert. Durch diese Streu- und Beugungseffekte kann ein UKW-Sender auch noch hinter dem eigentlichen Sichthorizont oder auch hinter Hindernissen in verringerter Stärke gegenüber dem direkten Weg empfangen werden. Wie weit dies möglich ist, hängt ebenfalls von der Höhe der Sendeantenne und der Strahlungsleistung des Senders ab.



Störungsursachen

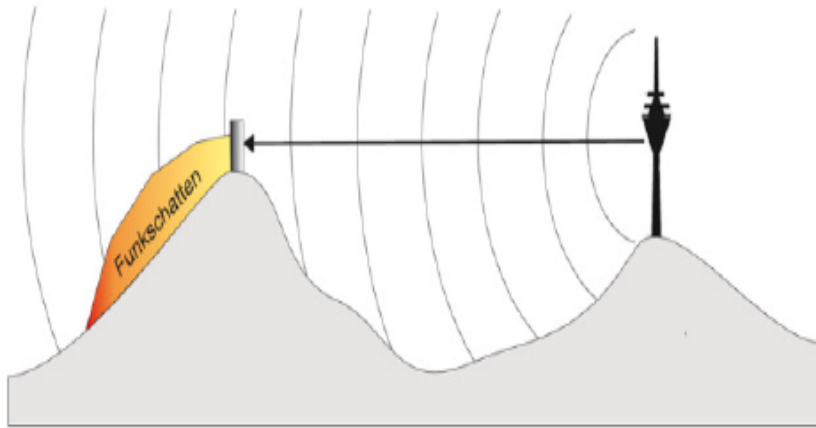


Abbildung 13 Funkschatten

dort auf, wo Objekte mit reflektierenden Oberflächen die Funkwellen abhalten oder wo „absorbierende“ Materialien vorhanden sind. Stoffe, die Funkwellen absorbieren können, sind z.B. Erdreich, Bäume, Stahlkonstruktionen, Mauerwerk, Nebel, Regen und Schnee.

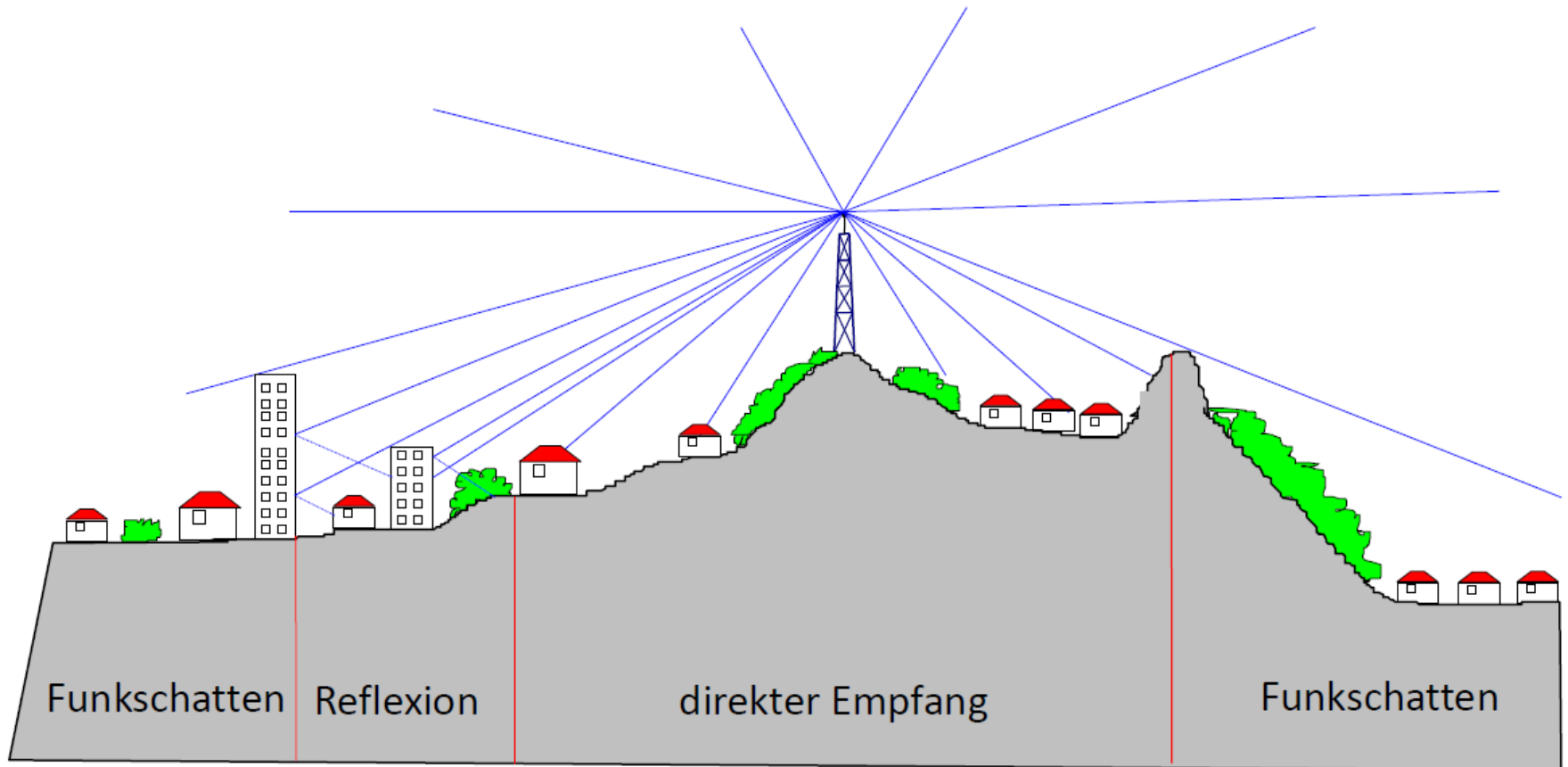
Möglichkeiten zur Störungsbeseitigung

Bei allen| aufgezeigten Störungen empfiehlt sich bei mobilen Funkstellen als „Erstmaßnahme“, einen Standortwechsel durchzuführen. Oftmals reichen schon Standortänderungen von wenigen Metern aus, um wieder ausreichende Empfangsqualität zu erhalten.



Eigenschaften von Funkwellen

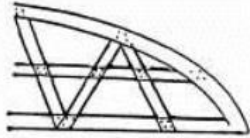
Gelände



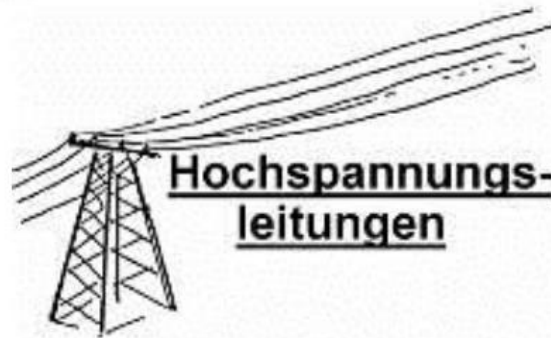


Eigenschaften von Funkwellen

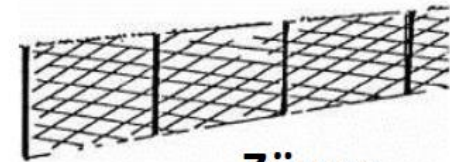
Hindernisse



Brücken



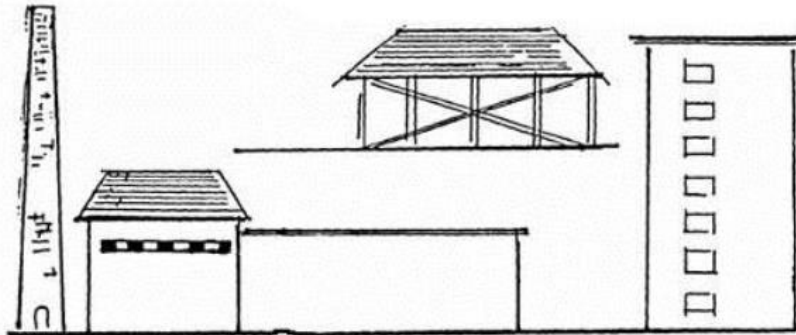
Hochspannungsleitungen



Zäune



Berge



Starke Bebauung mit Stahl und Beton

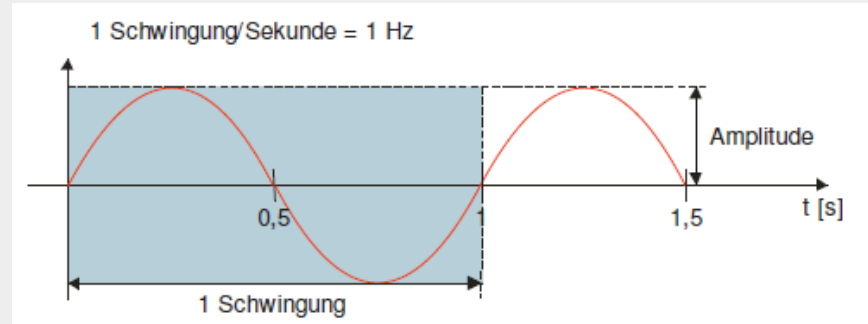


Wälder



Frequenz

Die Frequenz ist die Anzahl der Schwingungen pro Zeiteinheit. Die Einheit der Frequenz wird in Hertz (Hz) angegeben.



Die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde ist die Frequenz (f). Um bei hohen Frequenzen nicht sehr große Zahlen schreiben zu müssen, werden Dezimal-Präfixe verwendet. Die gebräuchlichsten sind:

1 kHz (Kilohertz) = 1.000 Hz

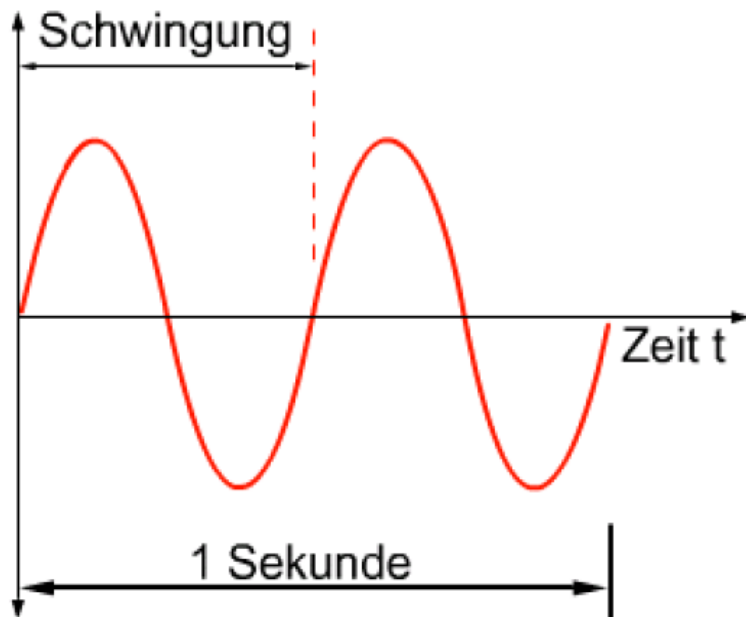
1 MHz (Megahertz) = 1.000 kHz = 1.000.000 Hz

1 GHz (Gigahertz) = 1.000 Mhz = 1.000.000.000 Hz

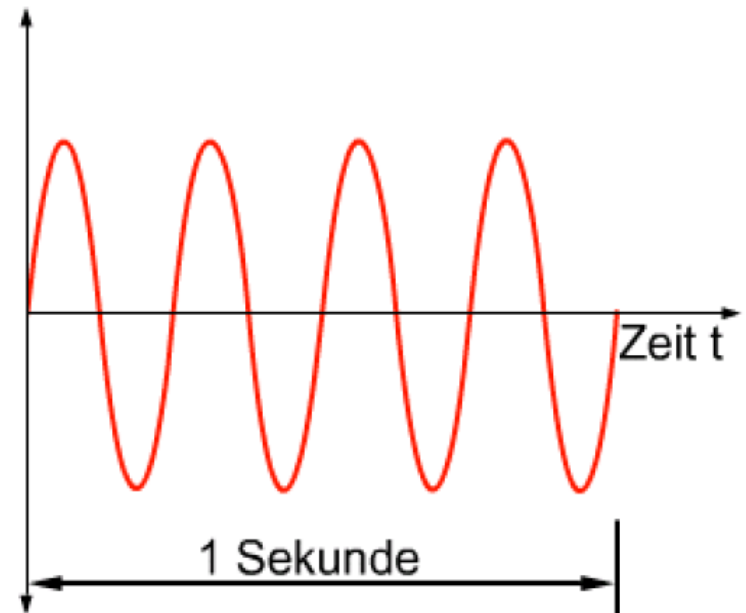
Unser Wechselstrom hat beispielsweise eine Frequenz von 50 Hz. Das menschliche Gehör nimmt Frequenzen zwischen 20 Hz und 20.000 Hz (20 kHz) wahr.



Eigenschaften von Funkwellen



Frequenz 2 Hertz



Frequenz 4 Hertz



Grundlagen des Digitalfunknetzes



**Ein Funknetz
für alle BOS
in Deutschland**



Den BOS sind für das digitale Tetra-25-Funknetz europaweit Frequenzen im 70 cm Wellenbereich zwischen 380 MHz ... 385 MHz sowie 390 MHz ... 395 MHz und 406 MHz ... 410 MHz zugeteilt.

Bei der für die TETRA-25-Technologie verwendeten Kanalbandbreite von 25 KHz ergeben sich so 200 nutzbare Frequenzen im Ober- und Unterband. Jeweils eine Frequenz des Ober- und des Unterbandes bilden einen physikalischen Duplexkanal mit einem Bandabstand von 10 MHz.

Die niedrigen Frequenzen werden als Unterbandfrequenzen für die Verbindung vom Mobilfunkgerät zur Basisstation verwendet.

Der Direktbetrieb zwischen zwei Funkgeräten ohne Netzanbindung (DMO) erfolgt über eine einzelne Frequenz.



Digitalfunk - TETRA

Was ist TETRA?



= **TERRESTRIAL TRUNKED RADIO**
(Erdgebundener Bündelfunk)

- TETRA ist ein digitales Funksystem
- TETRA ähnelt dem GSM-Handy-Netz
- TETRA ist ein offener Standard
- TETRA wird seit 1995 immer weiterentwickelt



Leistungsmerkmale **TETRA**

TETRA bietet Leistungsmerkmale, die teilweise über die Funktionalitäten von GSM hinausgehen:

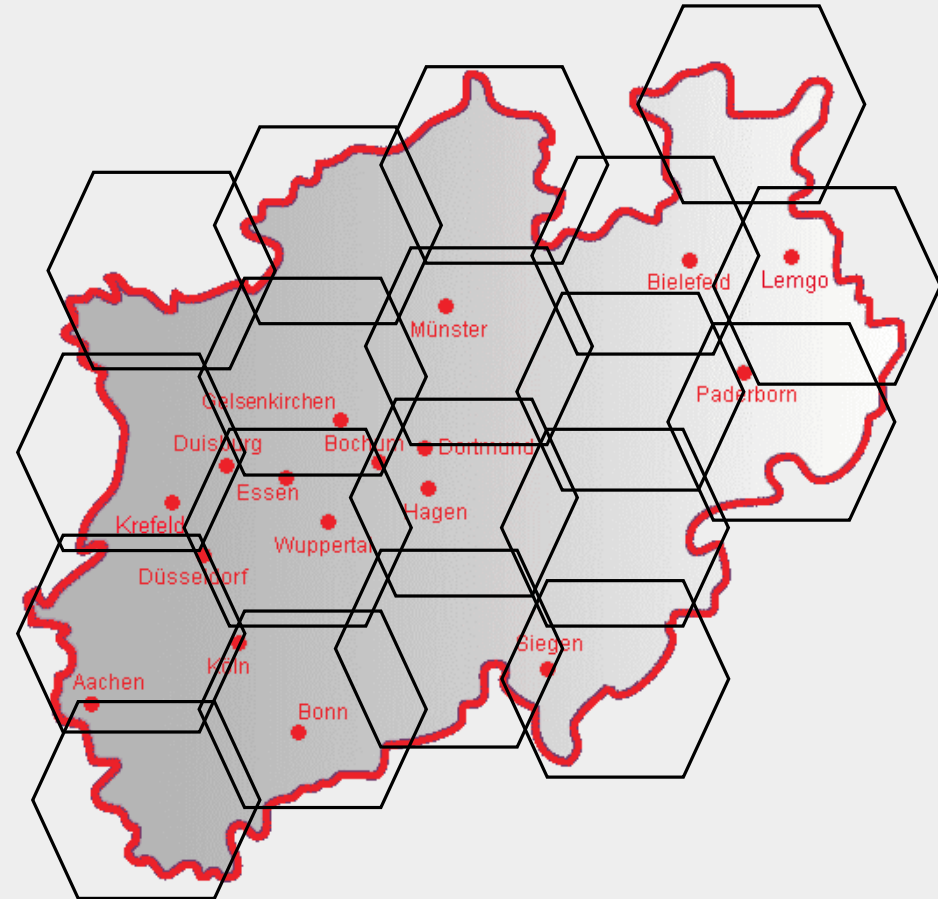
- Einzelruf
- Gruppenkommunikation
- Kommunikation ohne Netz (Direct Mode, DMO)
- Notruf
- Positionsbestimmung per GPS
- Datenübertragung
- eindeutige Identifikation der Teilnehmer
- Sperren von gestohlenen/verlorenen Funkgeräten





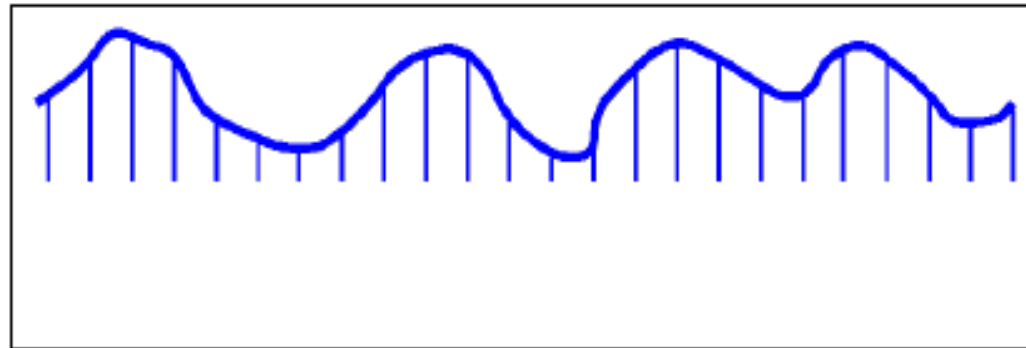
Wie ist das Funknetz aufgebaut? - digital

- Ein Funkkanal, mehrere Gespräche gleichzeitig (ähnlich Handynetz)
- Aufteilung des Funkverkehrs in Gesprächsgruppen
- Zusammenarbeit der Behörden durch gemeinsame Gesprächsgruppen
- Bei überörtlichen Einsätzen, kann bei Anfahrt mit der Einsatzgruppe gesprochen werden
- Sonderfunktionen





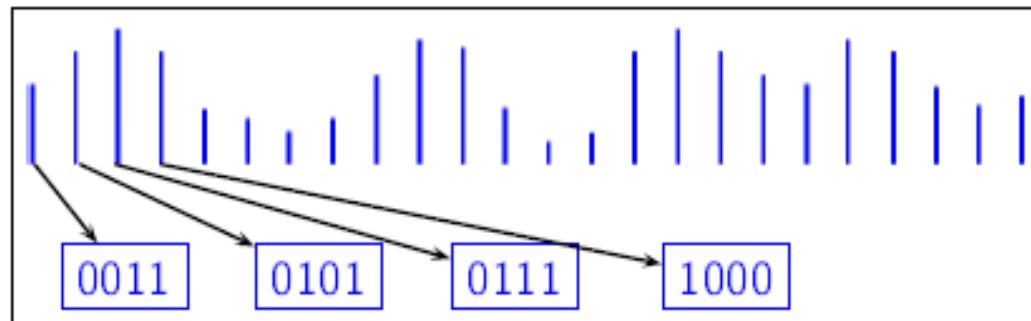
Übertragung im Digitalfunk I



Aus dem Sprachsignal werden kleine, kurze Stichproben genommen.



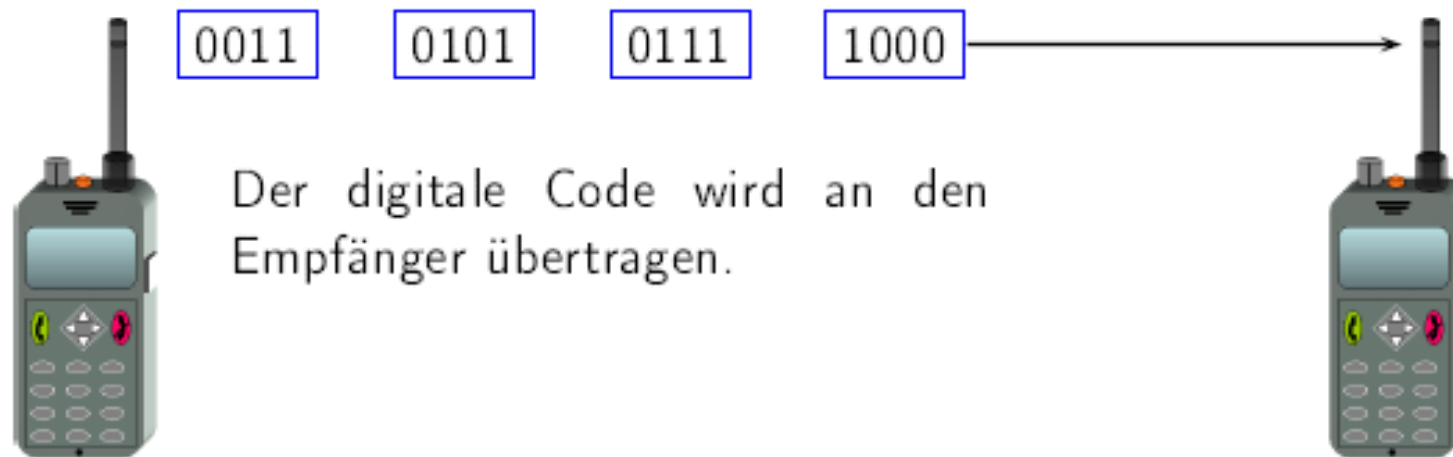
Übertragung im Digitalfunk I



Aus dem Sprachsignal werden kleine, kurze Stichproben genommen.
Die Größe der Stichprobe wird in digitalen Signalen (0 und 1) codiert.
= **Digitale Codierung**

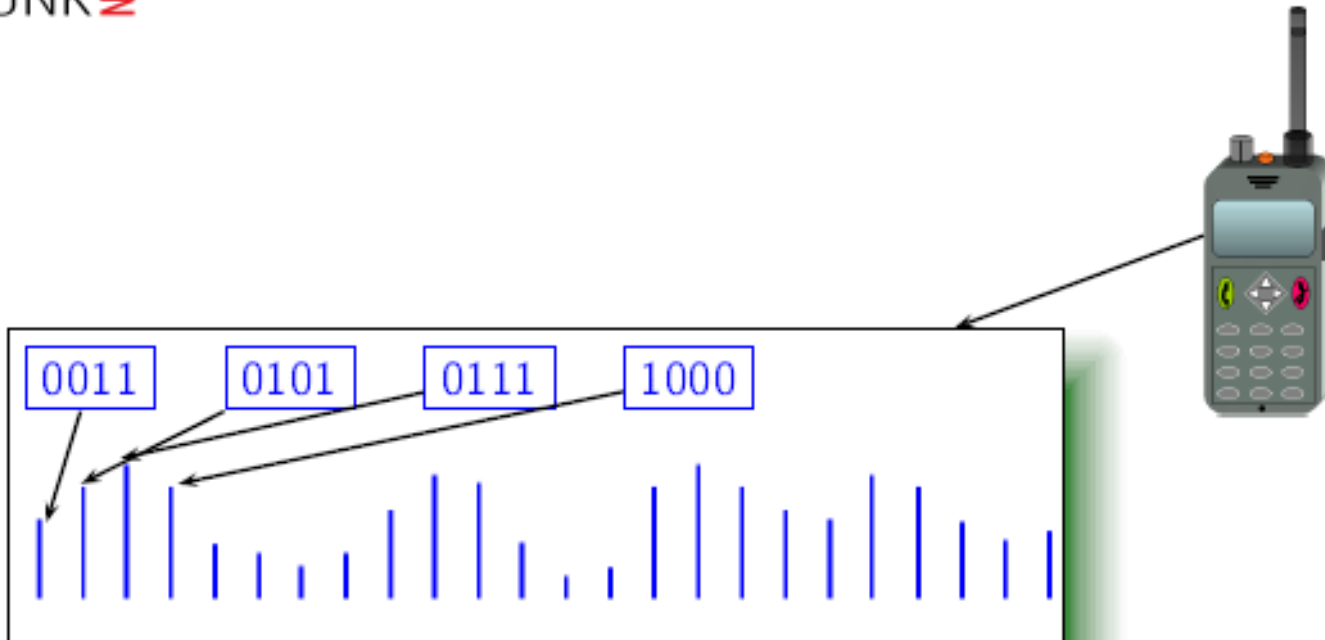


Übertragung im Digitalfunk II





Übertragung im Digitalfunk III

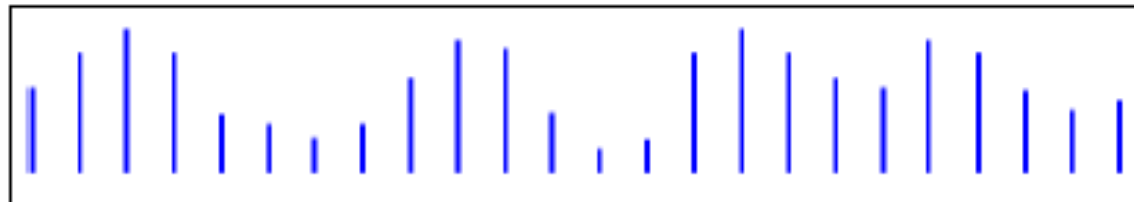


Im Empfänger wird der digitale Code ausgewertet



Zeitschlitzverfahren

Zwischen der Übertragung der Stichproben ist die Frequenz frei.



0011

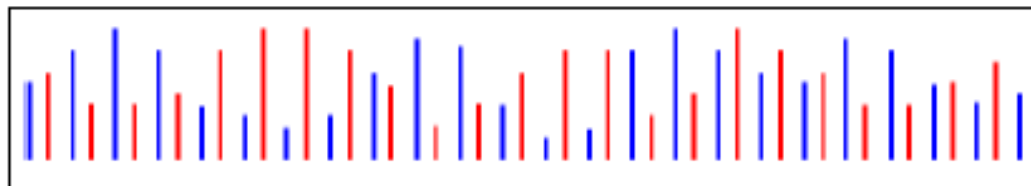
1111

0111



Zeitschlitzverfahren

Zwischen der Übertragung der Stichproben ist die Frequenz frei. Sie kann für die Übertragung weiterer Gespräche genutzt werden.

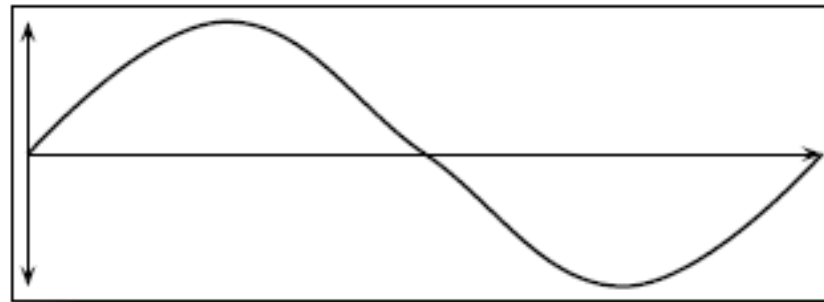


0011 1011 0001 0111 1111 1000 0010 0101 0111 0011 1001 0110

Mit TETRA ist die unabhängige Übertragung von vier Gesprächen auf einer Frequenz möglich. So ersetzt eine digitale Frequenz vier analoge Frequenzen.



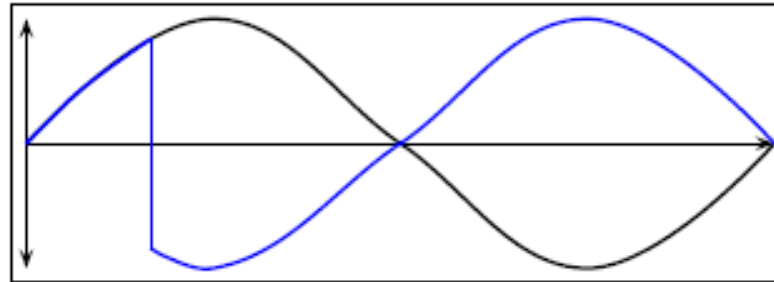
Modulation in TETRA 25



- ▶ Mit Modulation wird das Verfahren bezeichnet, mit dem die Funkwelle verändert wird, um eine Information zu übertragen.



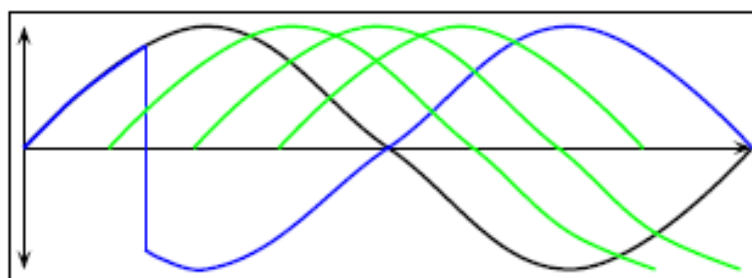
Modulation in TETRA 25



- ▶ Mit Modulation wird das Verfahren bezeichnet, mit dem die Funkwelle verändert wird, um eine Information zu übertragen.
- ▶ Die einzelnen Bits (0 und 1) werden durch Phasensprünge des hochfrequenten Trägers übermittelt.



Modulation in TETRA 25



- ▶ Mit Modulation wird das Verfahren bezeichnet, mit dem die Funkwelle verändert wird, um eine Information zu übertragen.
- ▶ Die einzelnen Bits (0 und 1) werden durch Phasensprünge des hochfrequenten Trägers übermittelt.
- ▶ Dieses Verfahren wird **PM (Phasenmodulation)** oder **PSK (Phase Shift Keying)** genannt.
- ▶ Es sind vier Phasenlagen möglich (**Quadrature Phase Shift Keying, QPSK**).



Betriebsarten: TMO



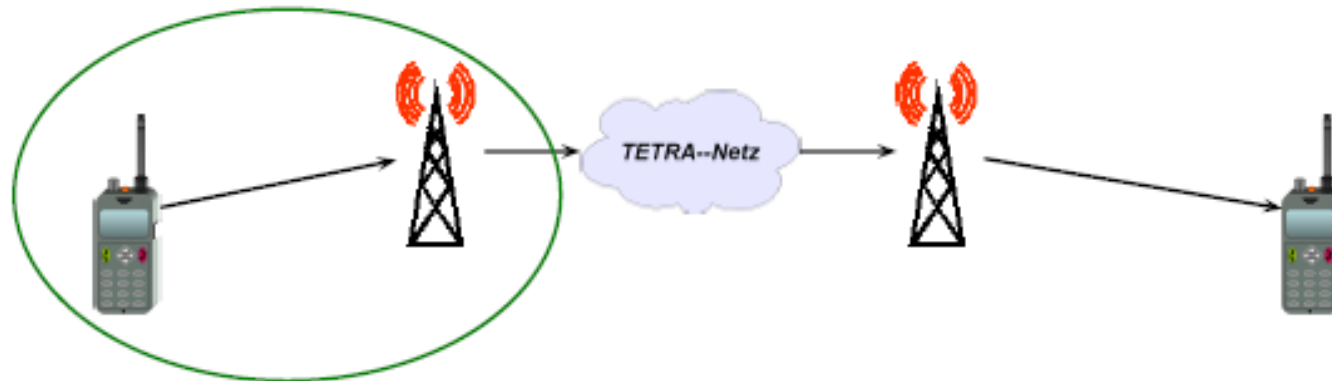
Die Verbindung wird über ein bundesweites Funknetz aufgebaut. Das Funknetz ist mit dem Handy-Netz vergleichbar. Diese Betriebsart wird mit **Trunked Mode Operation** (TMO, engl. für Fern-Betriebsart) bezeichnet.



Erreichen der Leitstelle nur über Gateways möglich!



Betriebsarten: TMO

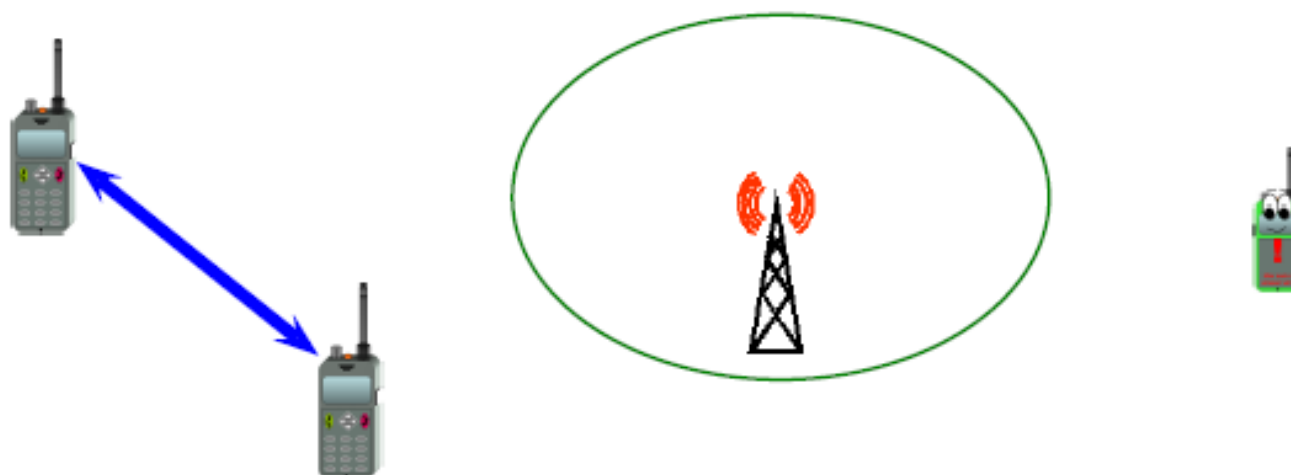


Die Verbindung wird über ein bundesweites Funknetz aufgebaut. Das Funknetz ist mit dem Handy-Netz vergleichbar. Diese Betriebsart wird mit **Trunked Mode Operation** (TMO, engl. für Fern-Betriebsart) bezeichnet. Das Funkgerät muss sich im Empfangs- und Sendebereich einer Basisstation befinden.





Betriebsarten: DMO



Befinden sich Funkgeräte außerhalb der Reichweite einer Basisstation, können diese in der **Direkt Mode Operation** (DMO, engl. für direkte Betriebsart) funken.

DMO kann auch als Einsatzstellenfunk genutzt werden.

Es kann jedoch nur ein Zeitschlitz pro Frequenz genutzt werden.

Die Reichweite im DMO entspricht in etwa dem 2m- Einsatzstellenfunk.



Aufteilung der 200 Kanäle

- 30 Kanäle für den DMO Betrieb (Direkt Mode)
- 12 Kanäle für Mobile Basisstationen
- 12 Kanäle für den Luftverkehr
- 146 Kanäle für die Basisstationen



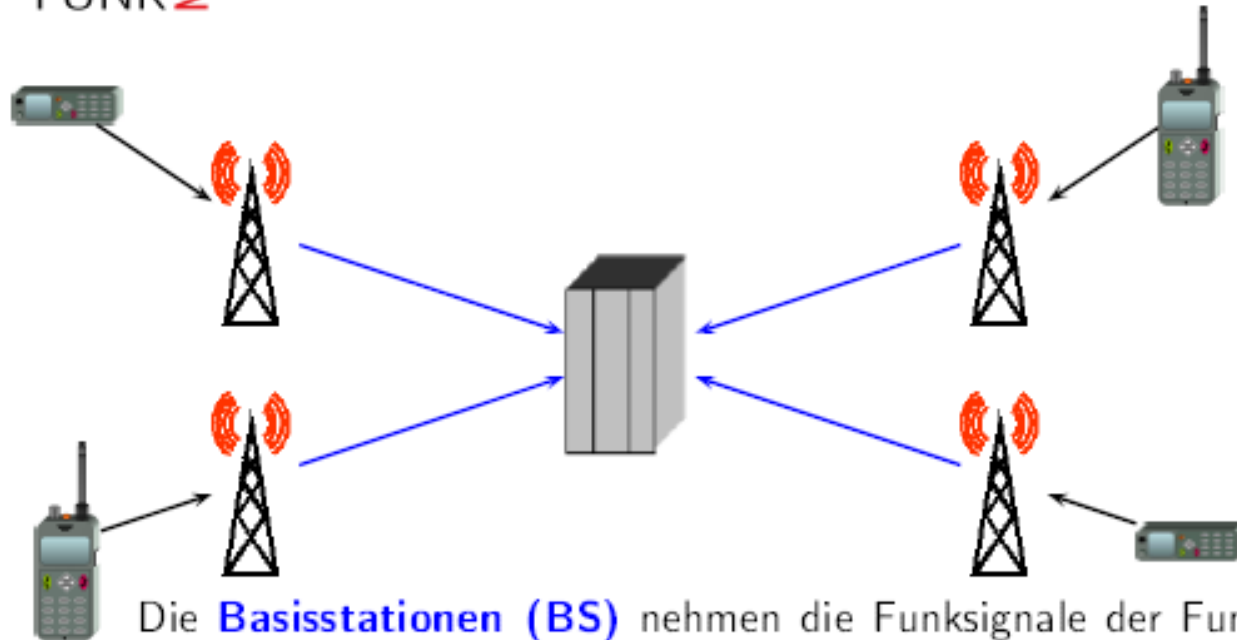
Systembestandteile I



Die **Basisstationen (BS)** nehmen die Funksignale der Funkgeräte auf und leiten sie ins TETRA-Netz.



Systembestandteile I

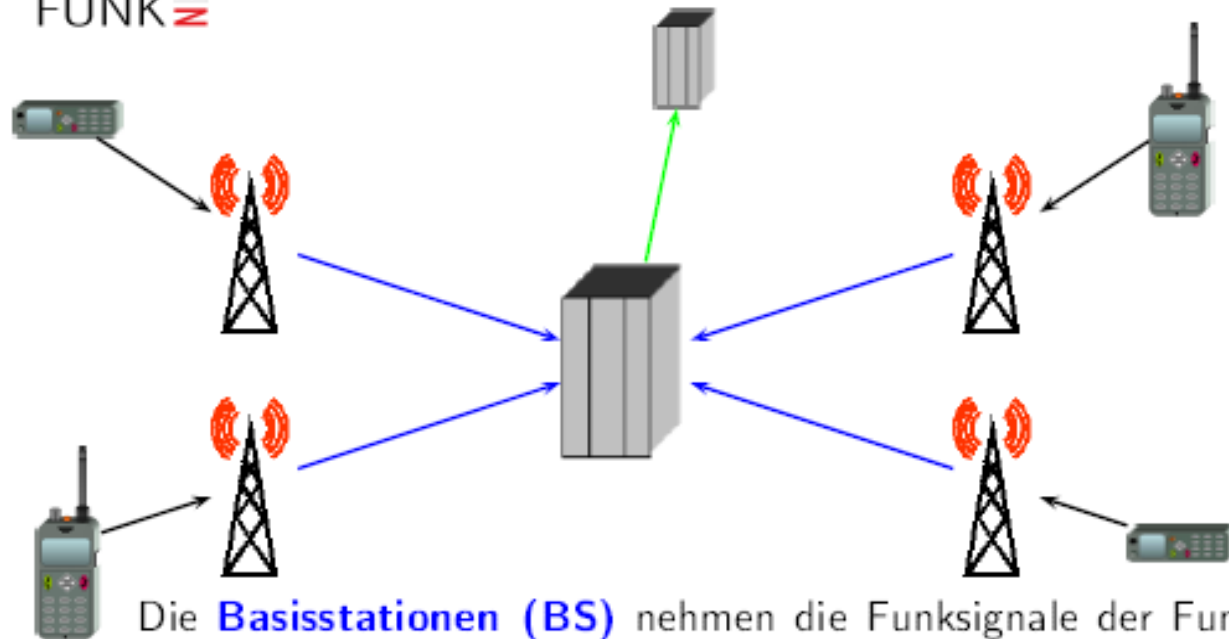


Die **Basisstationen (BS)** nehmen die Funksignale der Funkgeräte auf und leiten sie ins TETRA-Netz.

Die Basisstationen sind über **Main Switching Center (MSC)** miteinander verbunden (Draht/Richtfunk).



Systembestandteile I



Die **Basisstationen (BS)** nehmen die Funksignale der Funkgeräte auf und leiten sie ins TETRA-Netz.

Die Basisstationen sind über **Main Switching Center (MSC)** miteinander verbunden (Draht/Richtfunk).

Die MSC sind vernetzt. So kann jedes Funkgerät, bundesweit, zu jedem Funkgerät verbunden werden.



Systembestandteile II

Home Location Registern (HLC) (engl. für Heimat- Standort- Verzeichnis) In dieser Datei befinden sich alle Nutzer, die meist im Bereich der Vermittlung arbeiten.

Visitor Location Registern (VLC) (engl. für Besucher- (am) Standort- Verzeichnis) In dieser Datei werden alle Nutzer eingetragen, die aus anderen Bereichen in das Versorgungsgebiet der Vermittlung einfahren.

In HLC und VLC wird erfasst, welches Gerät über welche Basisstation erreichbar ist. Wie in einem Telefonbuch kann das MSC prüfen, bei welchen BS sich die gewünschten Endgeräte gerade befinden.



Wichtige Ergänzungen:

Betriebsarten

TMO: Trunked Mode Operation

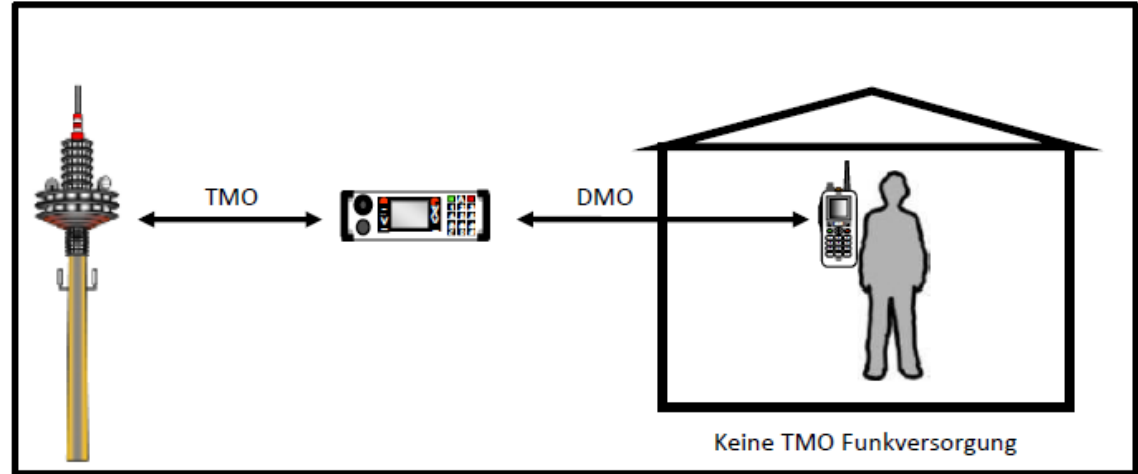
DMO: Direkt Mode Operation (direkte Betriebsart)

Betriebsarten im TMO-Betrieb:

Gateway und Notruf



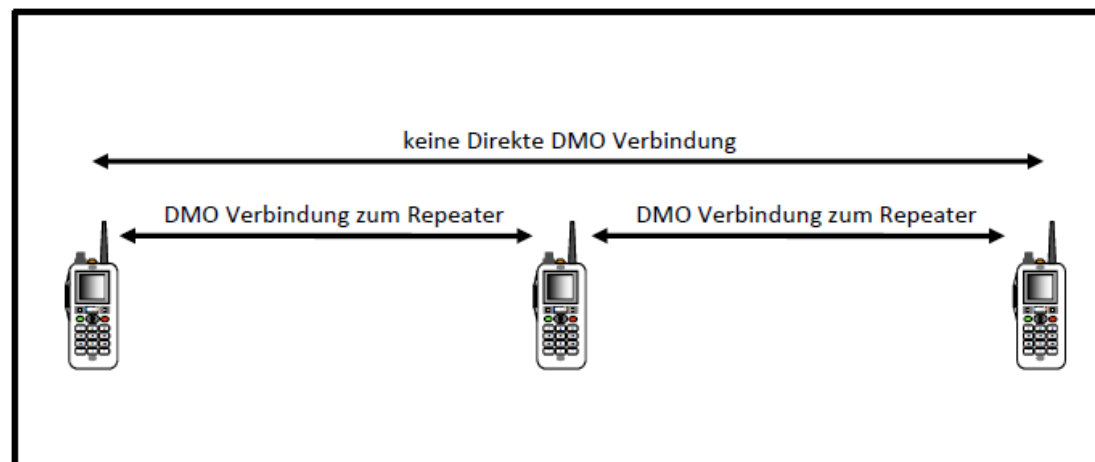
Betriebsart: Gateway



- Überleitung von Gesprächen DMO – TMO und umgekehrt
- Nur mit Fahrzeugfunkgeräten möglich
- Von diesem Gerät kann nicht gesendet werden
- Softwarelizenz erforderlich



Betriebsart: Repeater



- Reichweitenverlängerung im DMO
- Mit Fahrzeug- und Handfunkgeräten möglich
- Von diesem Gerät kann gesendet werden
- Softwarelizenz erforderlich



Repeater: Reichweitenerhöhung im
DMO- Bereich,
Alternativ Gebäudefunkanlage

Notruf im DMO-Bereich: Kommunikation
wird unterbrochen in der Gruppe

Es gibt keine Kanäle nur Betriebsgruppen



Hoher Standort der Antenne: Warum?

- Geradlinige Ausbreitung, beste Verbindung bei Sichtverbindung
- Hindernisse (Häuser, Berge,...) können überwunden werden

Reichweite von Funkgeräten abhängig von:

- Sendeleistung und Empfängerempfindlichkeit
- Wellenlänge
- Höhe des Standortes der Antenne
- Wetter