



## Thema

Grundlagen des Digitalfunks

## Gliederung

1. Einleitung
2. Frequenzbereich
3. Physikalische Ausbreitungseigenschaften
4. Grundlagen des TETRA-Netz Aufbaus
5. TETRA-Sicherheit
6. Betriebsarten
7. Kommunikation
8. Notruf
9. Repeater
10. Gateway
11. Zusammenfassung

## Lernziele

Die Teilnehmer sollen nach diesem Ausbildungsabschnitt folgende Kenntnisse besitzen

- Die physikalischen, technischen und betrieblichen Grundlagen des Digitalfunks

## Lerninhalte

- Für den Digitalfunk verwendeter Frequenzbereich
- Die physikalischen Ausbreitungseigenschaften der elektromagnetischen Wellen
- Bestandteile und Funktionalitäten des TETRA-Netzes
- Wesentliche Sicherheitsfunktionen im TETRA-Netz
- Betriebsarten im Digitalfunk
- Kommunikationsarten
- Notruffunktion
- Betriebsorganisatorische Grundlagen



## Ausbilderunterlagen

- a) Erforderliche Unterlagen, die den Lerninhalt für den Ausbilder darstellen
  - Bayerisches Staatsministerium des Innern, Projektgruppe DigiNet, Grundlagenkonzepte (Internet [www.stmi.bayern.de/sicherheit/digitalfunk](http://www.stmi.bayern.de/sicherheit/digitalfunk))
- b) Ergänzende Unterlagen (bei Bedarf für den Ausbilder zur Vertiefung und als Hintergrundwissen)
  - Keine

## Lernhilfen

- a) Hilfsmittel für den Ausbilder
  - **Thema 14.2 Folien 1 bis 13** (Seiten 11 - 23)
- b) Hilfsmittel für den Teilnehmer
  - Keine

## Vorbereitungen

- Keine

## Anmerkungen

- Keine

## Sicherheitsmaßnahmen

- Keine



Lerninhalt/Lernschritte

Hinweise (Lernhilfen, Methoden u. ä.)

## Thema

Grundlagen des Digitalfunks für die BOS

### 1. Einleitung

Was bedeutet Funk?

- Funk ist drahtlose Übermittlung von Informationen mit Hilfe von elektromagnetischen Wellen
- Die Informationen werden von einem Sender (abgehende Information) zu einem Empfänger (ankommende Information) übertragen
- Durch die Digitalisierung von Informationen können die Übertragungsmöglichkeiten wesentlich erweitert werden
- Die digitalisierten Informationen (Digitalfunk) können mit Hilfe einer technischen Infrastruktur auch über lange Distanzen (theoretisch unbegrenzt) übertragen werden  
In Deutschland wird für den Digitalfunk das so genannte TETRA-Netz genutzt
- Die Sprechfunke sollen nachfolgend einen Überblick über die physikalischen, technischen und betrieblichen Grundlagen des Digitalfunks bekommen

### 2. Frequenzbereich

- Die Übertragung von Sprache und Daten erfolgt mit elektromagnetischen Wellen
- Die elektromagnetischen Wellen werden in der Technik als ständig fortschreitende Bewegung verstanden, die abwechselnd um eine Nulllinie kontinuierlich zu einem positiven und negativen Höchstwert ansteigen
- Die Ausbreitung der Funkwellen erfolgt wie bei Lichtwellen „quasioptisch“ (mit Lichtgeschwindigkeit)
- Der zeitliche Ablauf einer Wellenlänge, also eine Schwingung pro Sekunde, wird ein Hertz (Hz) genannt
- Die Anzahl der Schwingungen pro Sekun-

Thema 14.2 Folie 1 und 2 (Seiten 11 u. 12)

Die Einheit für 1 Hertz ist 1/s



Lerninhalt/Lernschritte

Hinweise (Lernhilfen, Methoden u. ä.)

de ist die Frequenz

- Frequenz ist eine sehr wichtige Bezeichnung in der Funktechnik, nur das dort mit sehr hohen Frequenzen umgegangen wird
- Um bei hohen Frequenzen nicht sehr große Zahlen schreiben zu müssen, gibt es die Bezeichnungen Kilohertz (kHz), Megahertz (MHz) und Gigahertz (GHz)  
1000 Hz (Hertz) = 1 KHz (Kilohertz)  
1000 KHz = 1 MHz (Megahertz)  
1000 MHz = 1 GHz (Gigahertz)

- Im Digitalfunk werden die Frequenzbereiche 380 bis 385 MHz und 390 bis 395 MHz genutzt
- Aus diesen Frequenzbereichen wird im Digitalfunk dem Benutzer durch das TETRA-System automatisch ein Verkehrskanal zur Verfügung gestellt
- Der Kanalabstand beträgt 25 kHz (0,025 MHz)

Daraus wird die Bezeichnung für das in Deutschland eingeführte Digitalfunk-System abgeleitet:

**TETRA 25**

**3. Physikalische Ausbreitungseigenschaften**

- Elektromagnetische Wellen breiten sich gradlinig, quasi nach optischen Gesetzmäßigkeiten aus
- Für eine gesicherte Funkverbindung muss deshalb eine quasioptische Sichtverbindung bestehen
- Die Funkempfang ist aber noch von verschiedenen anderen Faktoren abhängig

**3.1 Reflexion/Mehrwege-Empfang**

- Elektromagnetische Wellen können teilweise oder vollständig reflektiert werden An Gebäuden oder Geländeformationen- Durch Witterungseinflüsse, z. B. an der

Thema 14.2 Folie 3 (Seite 13)

Thema 14.2 Folie 4 (Seite 14)



Lerninhalt/Lernschritte	Hinweise (Lernhilfen, Methoden u. ä.)
<p>Grenze unterschiedlich dichter Luftmassen in der Atmosphäre bei sogenannten Inversionswetterlagen</p> <p><b>3.2 Schwächung</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Die Schwächung elektromagnetischer Wellen erfolgt mit zunehmender Entfernung des Senders vom Empfänger und beim Durchdringen von Materialien, z. B. Wände</li><li>- Die Reichweite eines Funkgerätes ist von der Bebauung, der Geländeform und ggf. auch von der Witterung abhängig. Sie kann im städtischen Bereich (ohne Netzbetrieb) bis zu 1,5 km betragen, während in günstigem Gelände bis zu 6 km Reichweite erreicht werden können.</li><li>- Die elektromagnetischen Wellen werden beim Durchdringen von Materialien schwächer. Je dichter und stärker ein Bauteil ist, umso schwächer ist der Funkkontakt auf der anderen Seite (z. B. in einem Gebäude). Beim Digitalfunk bleibt die Funkverbindung lange erhalten, ist das digitale Signal für die Sprachumsetzung zu schwach, reißt sie jedoch ohne Vorankündigung (z. B. Rauschen) ab. Oft hilft hier eine Körperdrehung oder ein geringfügiger Standortwechsel zu Wiederherstellung des Funkkontaktes.</li></ul> <p><b>4. Grundlagen des TETRA-Netzaufbaus</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- In Deutschland wird ein gemeinsames digitales Funknetz für alle BOS aufgebaut</li><li>- Das Funknetz ermöglicht eine überregionale Kommunikation aller beteiligten BOS</li><li>- Die wesentlichen Netzelemente sind TETRA-Basisstationen (TBS), Digitale Vermittlungsstellen (DXT) und Digitale Transitvermittlungsstellen (DXTT)</li><li>- Durch den modularen Aufbau ist die Funkverbindung zwischen Funkgeräten an verschiedenen Basisstationen und/oder Vermittlungsstellen möglich</li></ul>	<p>Thema 14.2 Folie 5 (Seite 15)</p> <p>Thema 14.2 Folie 6 (Seite 16) Die Folie zeigt die Verbindung von einem MRT an TBS3 mit einem HRT an TBS2 über 2 DXT</p>



Lerninhalt/Lernschritte	Hinweise (Lernhilfen, Methoden u. ä.)
<ul style="list-style-type: none"><li>- An den Vermittlungsstellen sind auch die Integrierten Leitstellen angebunden Diese können ebenfalls am Funkverkehr teilnehmen</li><li>- Beim Funkverkehr über TETRA-Netz spricht man vom TMO (Trunked Mode Operation)</li></ul> <p><b>5. TETRA-Sicherheit</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Im TETRA-Netz gibt es drei Sicherheitsfunktionen<ul style="list-style-type: none"><li>▶ Authentifizierung</li><li>▶ Luftschnittstellenverschlüsselung</li><li>▶ Ende zu Ende Verschlüsselung</li></ul></li><li>- Für den Funkteilnehmer ist insbesondere die Authentifizierung von Bedeutung, da in diesem Verfahren das System die Berechtigung des Funkgerätes zur Teilnahme am Funkverkehr im Netz prüft</li><li>- Für die Authentifizierung ist die BOS-Sicherheitskarte erforderlich</li><li>- Beim Einschalten des Funkgerätes prüft das System automatisch, ob der im Netz gespeicherte Schlüssel mit dem im Funkgerät gespeicherten Schlüssel übereinstimmt</li><li>- Erst wenn diese Prozedur erfolgreich abgeschlossen ist, kann das Gerät am Funkverkehr teilnehmen</li><li>- Der Schlüssel kann nicht von Dritten ausgespäht werden</li><li>- Digitale Funkgeräte können von extern aus aktiviert und deaktiviert werden Dies kann z. B. beim Diebstahl eines Gerätes erforderlich werden</li><li>- Eine Sperrung kann sowohl temporär (für eine bestimmte Zeit) oder dauerhaft erfolgen</li><li>- Die Maßnahmen zur Sperrung können nur durch berechtigte Stellen durchgeführt werden</li></ul>	<p>Funkverkehr ohne Netzanbindung heißt DMO (Direkt Mode Operation)</p> <p>In dieser Ausbildung soll nur auf die Authentifizierung eingegangen werden</p> <p>Thema 14.2 Folie 7 (Seite 17)</p> <p>z. B. Autorisierte Stelle oder die Integrierte Leitstelle</p>





Lerninhalt/Lernschritte	Hinweise (Lernhilfen, Methoden u. ä.)
<ul style="list-style-type: none"><li>- Durch Gruppenwahl am Endgerät kann jeder Teilnehmer Mitglied der Gruppe werden</li><li>- Diese Art der Kommunikation ist Ressourcenschonend und belastet das Netz am wenigsten</li></ul> <p><b>7.2 Einzelkommunikation</b></p> <p>Um die Einzelkommunikation nutzen zu können, muss der Teilnehmer über entsprechende Berechtigungen verfügen</p> <p>Zwei Teilnehmer kommunizieren direkt miteinander</p> <p><i>Nutzungsbeispiel:</i></p> <p>Austausch vertraulicher Informationen</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Direkte Anwahl über das hinterlegte Telefonbuch möglich</li><li>- Die Teilnehmer müssen im Netzbetrieb nicht in derselben Gruppe sein</li><li>- Teilnehmer sind während des Gesprächs nicht in ihrer Gruppe aktiv und sind für andere Rufe nicht erreichbar</li><li>- Im DMO ist Einzelkommunikation nur in derselben Gruppe möglich</li><li>- In der DMO-Gruppe ist während des Einzelgesprächs keine Kommunikation möglich</li><li>- Einzelrufe binden erhebliche Netzressourcen</li></ul> <p><b>8. Notruf</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Im Digitalfunk verfügen sämtliche Funkgeräte über eine Notruffunktion</li><li>- Die Notruffunktion wird durch die Betätigung der rot gekennzeichneten Taste aktiviert</li><li>- Durch diesen Vorgang wird das Mikrofon des Funkgerätes für einen bestimmten (im Gerät programmierten) Zeitraum frei geschaltet</li></ul> <p>Die Sprechtaete (PTT-Taste) muss nicht gedrückt werden</p>	<p>Thema 14.2 Folie 11 (Seite 21)</p>





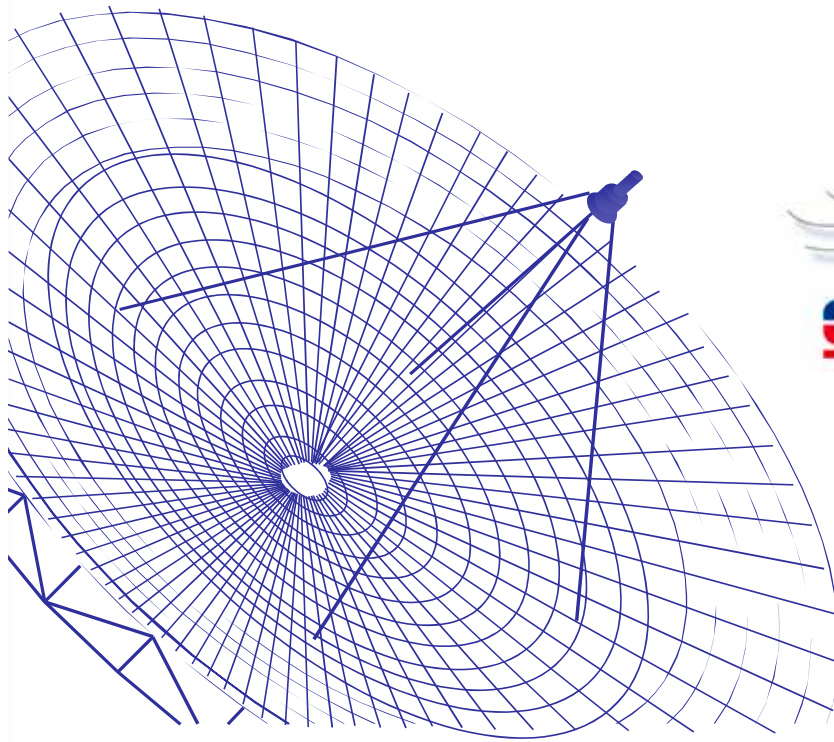
Lerninhalt/Lernschritte	Hinweise (Lernhilfen, Methoden u. ä.)
<p>Sämtliche Teilnehmer der aktiven Gruppe (Notrufziel) hören dann, was im Umfeld des Notrufenden vor sich geht</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Mit Notruf wird ein Ruf mit oberster Priorität abgesetzt</li><li>- Alle anderen Gespräche werden sofort unterbrochen</li><li>- Das Notrufziel wird nach einsatztaktischen Gesichtspunkten festgelegt Im Netzbetrieb (TMO): ILS und aktive Gruppe Im Direktbetrieb (DMO): aktive Gruppe</li></ul> <p><b>9. Repeater</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Repeater ist eine Funktion des Funkgerätes zur Reichweitenerweiterung im DMO-Betrieb</li><li>- Alle Funkgeräte können im Digitalfunk, sofern sie entsprechend programmiert sind, als Repeater eingesetzt werden</li><li>- Weitere aktive Teilnahme an Funkgesprächen nach der Repeaterschaltung ist ebenfalls von der Programmierung des Funkgerätes abhängig</li><li>- Der Empfang des Repeatersignals wird bei allen Funkgeräten im Empfangsbereich angezeigt</li><li>- Der Einsatz des Repeaters wird vom Einheitsführer befohlen</li></ul> <p><b>10. Gateway</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Gatewayfunktion dient der Überleitung des Funkverkehrs aus einem Bereich ohne Netzanbindung ins TETRA-Netz</li><li>- Das Gateway fähiges Funkgerät muss sich im Empfangsbereich der ins TETRA-Netz überzuleitenden Funkgeräte befinden</li><li>- Für den Betrieb des Gateways muss eine Gruppe im DMO und eine Gruppe im TMO bestimmt werden</li><li>- Pro Gruppe kann nur ein Gateway geschaltet werden</li></ul>	<p></p> <p>Thema 14.2 Folie 12 (Seite 22)</p> <p>Thema 14.2 Folie 13 (Seite 23)</p>



Lerninhalt/Lernschritte	Hinweise (Lernhilfen, Methoden u. ä.)
<ul style="list-style-type: none"><li>- Die Aktivierung der Gatewayfunktion erfolgt auf Weisung des Einheitsführers</li><li>- Bei allen teilnehmenden Funkgeräten wird der Gatewaybetrieb angezeigt</li><li>- Im Gatewaybetrieb sind nur Gruppensprache möglich</li><li>- Aufgrund der Höheren Sende- und Empfangsleistung kommt die Gatewayfunktion ausschließlich in Fahrzeugfunkgeräten (MRT) in Betracht</li></ul> <p><b>11. Zusammenfassung</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Kenntnis der physikalischen, technischen und betrieblichen Grundlagen des Digitalfunks ist für das bewusste Anwenden des Digitalfunks in der Einsatzpraxis sehr wichtig</li><li>- Die in diesem Unterricht vermittelten Informationen werden in der nachfolgenden praktischen Ausbildung anschaulich gezeigt und anwenderspezifisch umgesetzt</li></ul>	



# Grundlagen TETRA – Sprechfunk Truppmann





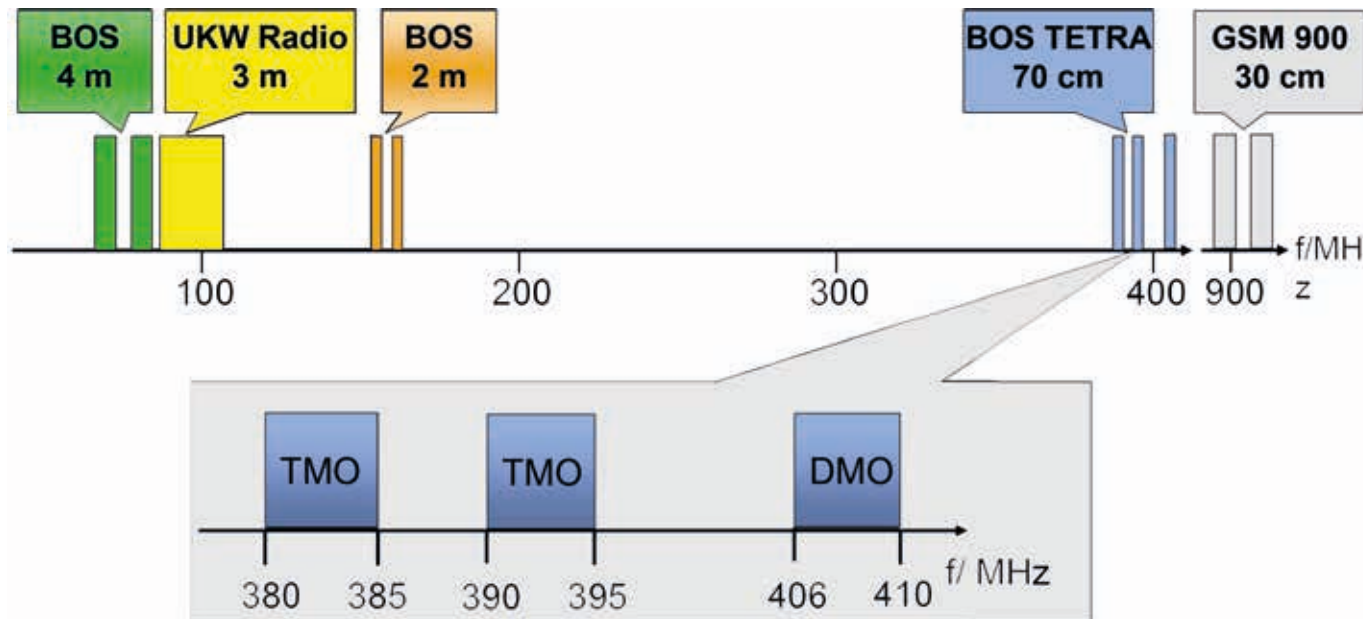
# Was bedeutet Funk?



Drahtlose Übermittlung von Informationen  
mit Hilfe von elektromagnetischen Wellen



# Frequenzbereich im Digitalfunk

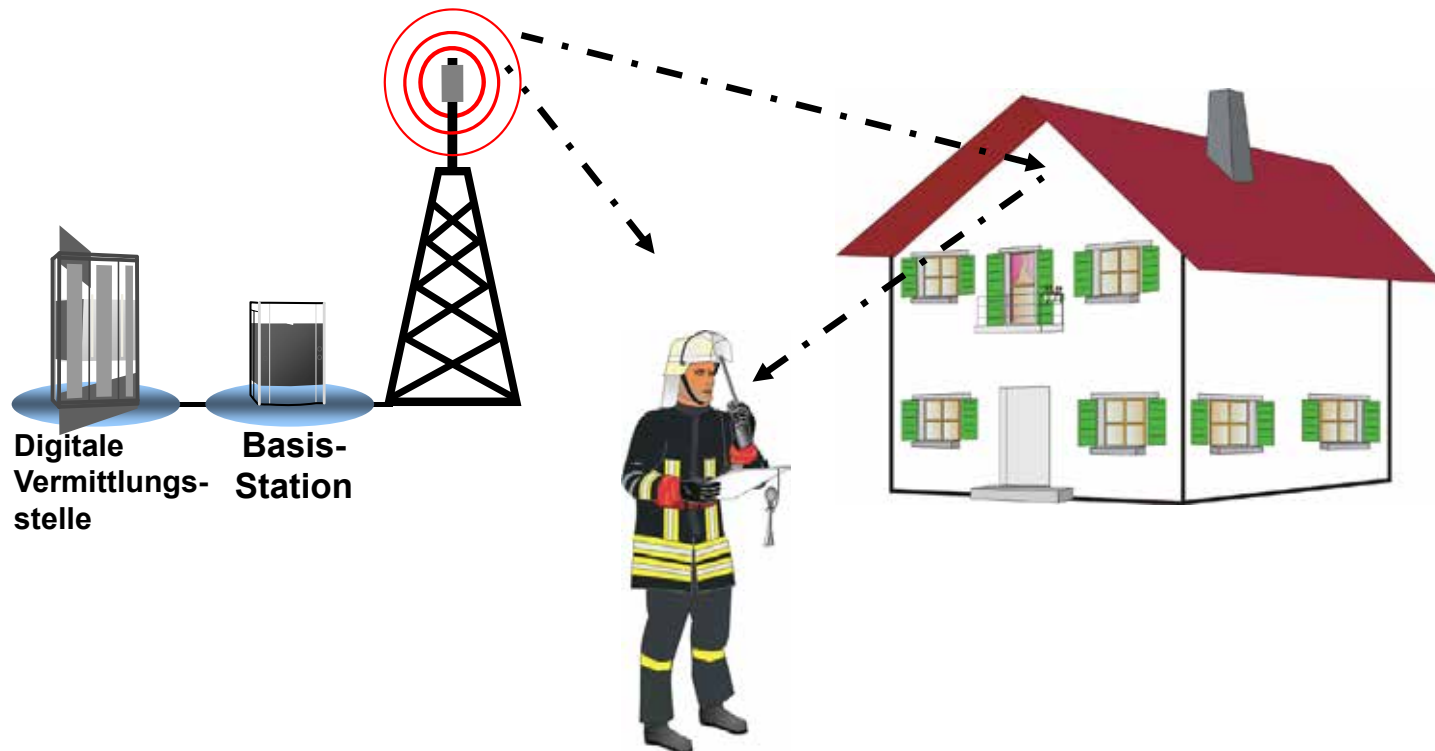


Die Übertragung von Sprache und Daten erfolgt mit elektromagnetischen Wellen

Die Ausbreitung der Funkwellen erfolgt, wie bei Lichtwellen, „quasioptisch“  
(typisch für Funkwellen mit Wellenlängen kürzer als etwa 3 m)



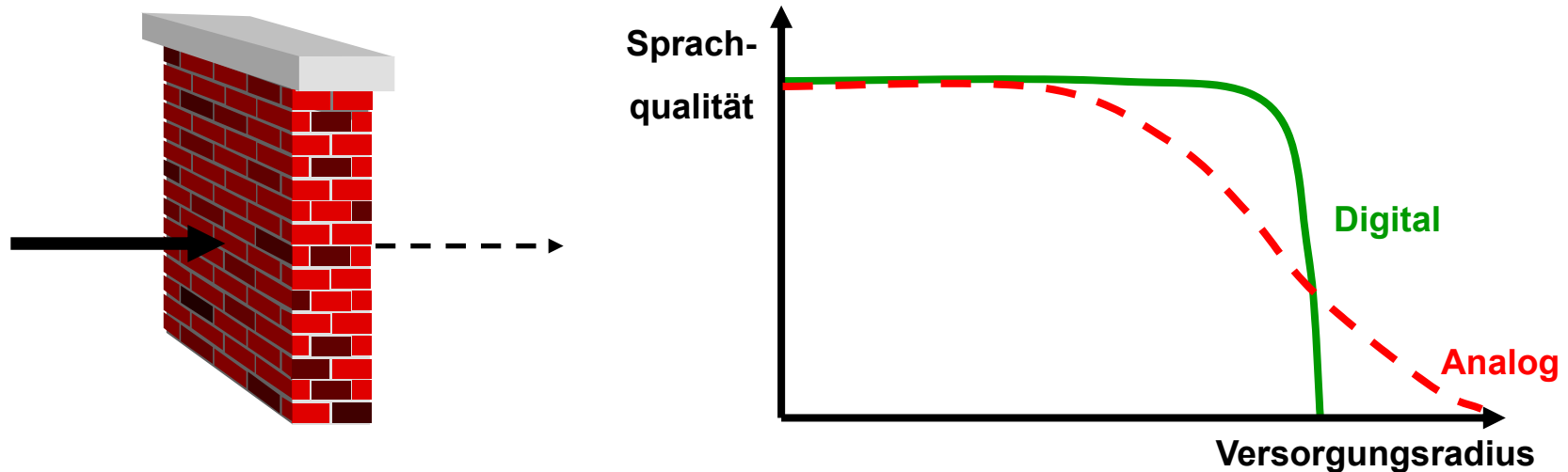
# Reflexion/Mehrwege-Empfang



Elektromagnetischen Wellen können teilweise oder vollständig reflektiert werden  
(an Oberfläche oder der Grenze unterschiedlich dichter Luftmassen  
in der Atmosphäre – typisch bei so genannten Inversionswetterlagen)



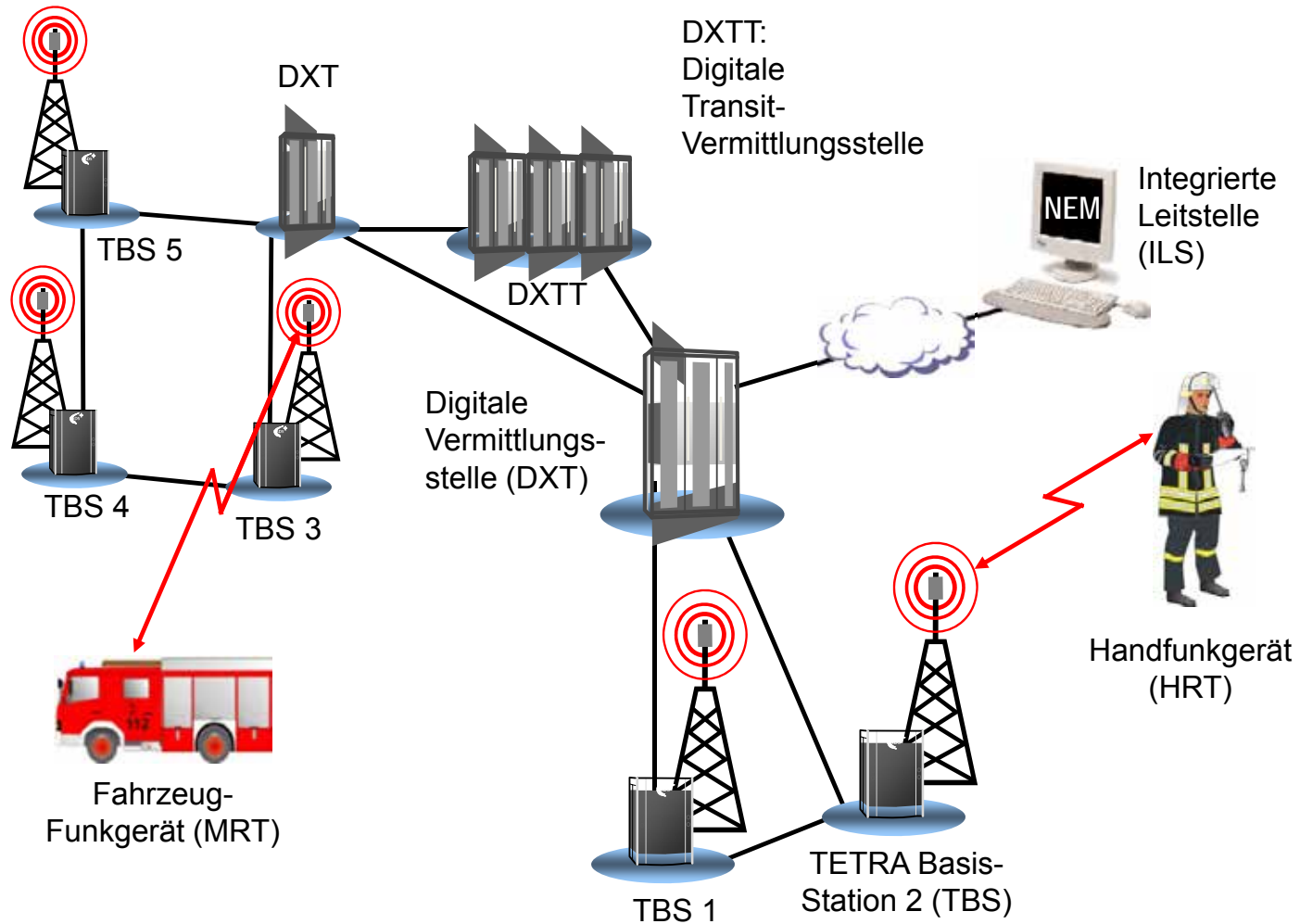
# Schwächung



- Die Schwächung von Funkwellen 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.



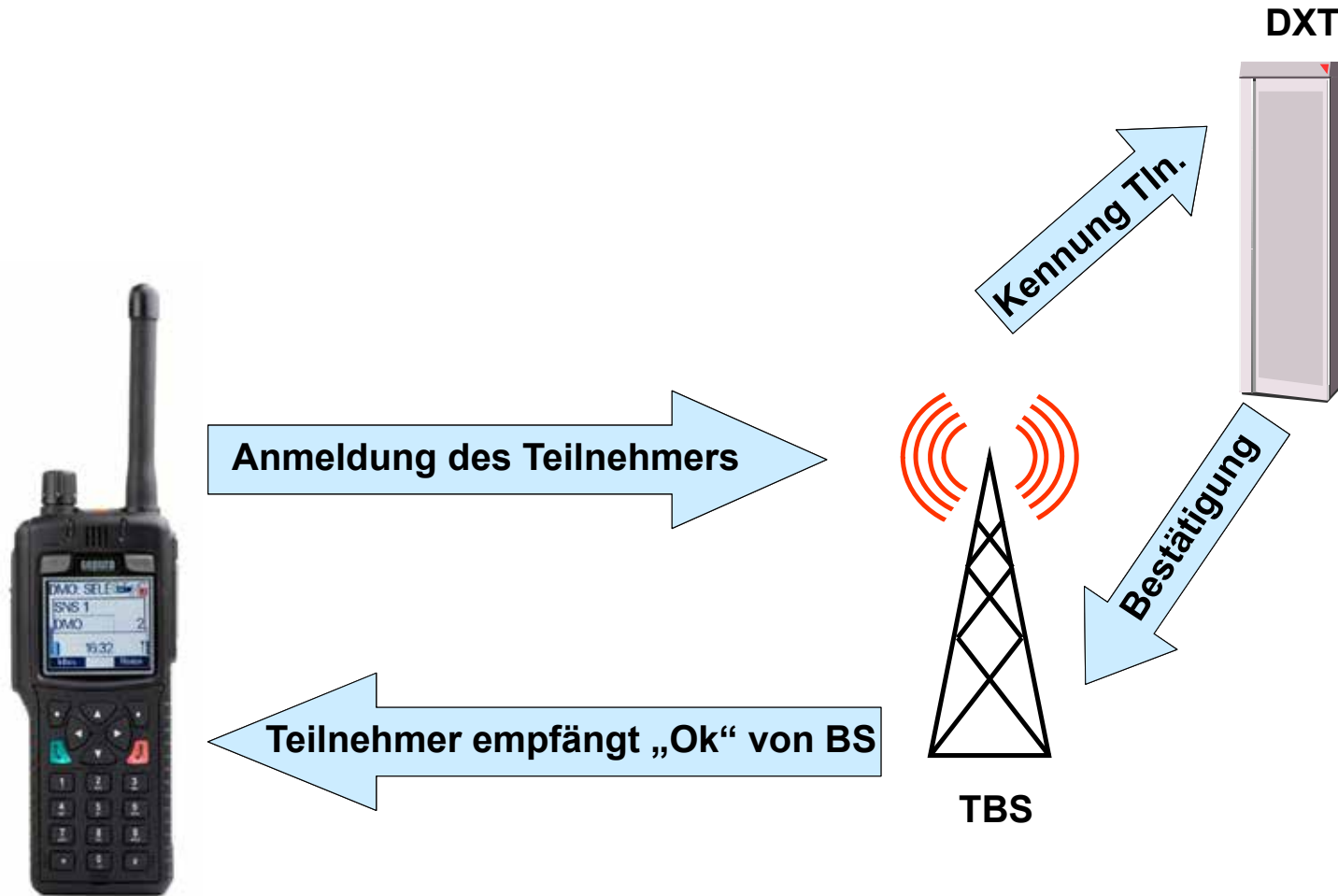
# TETRA-Netz – Einfacher Netzaufbau





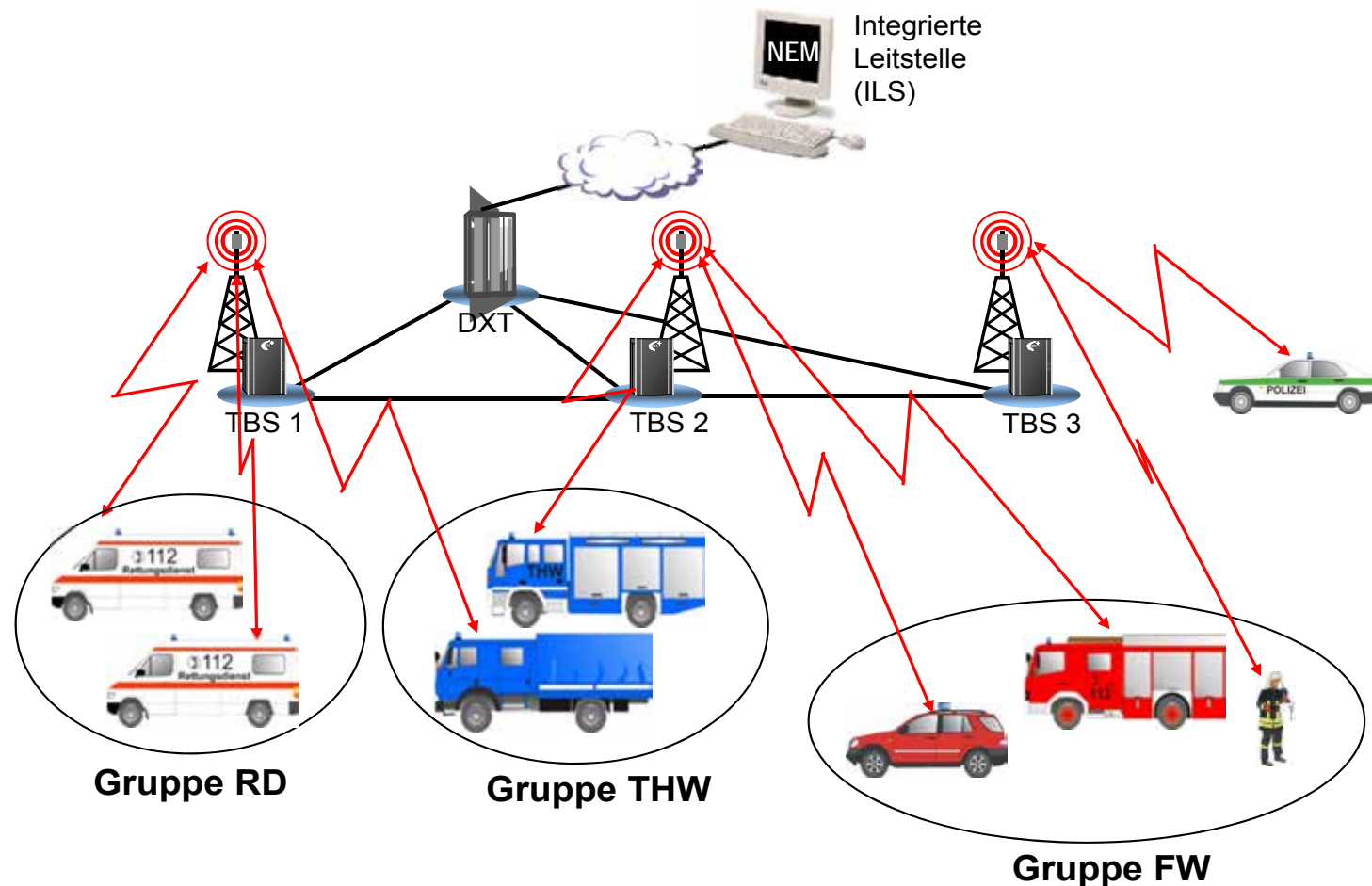


# Authentifizierung



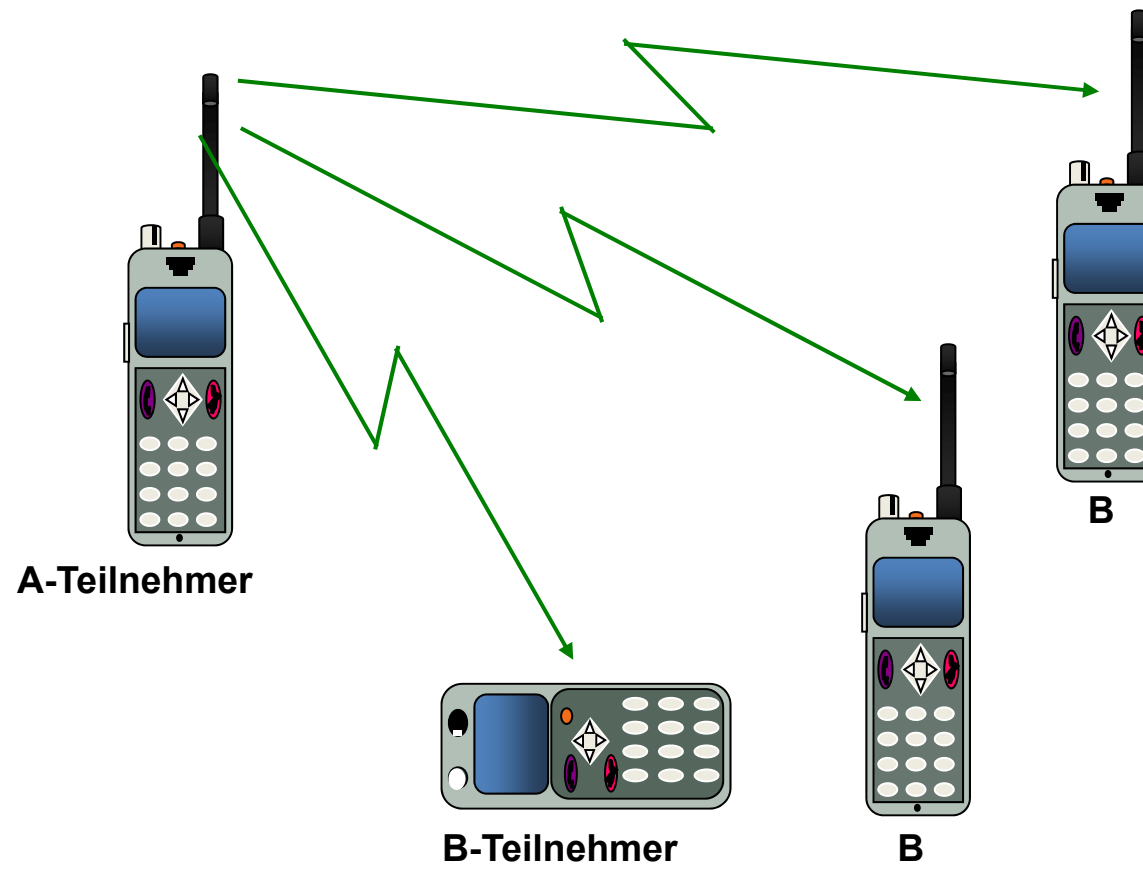


# Netzbetrieb (TMO) – Gruppenkommunikation



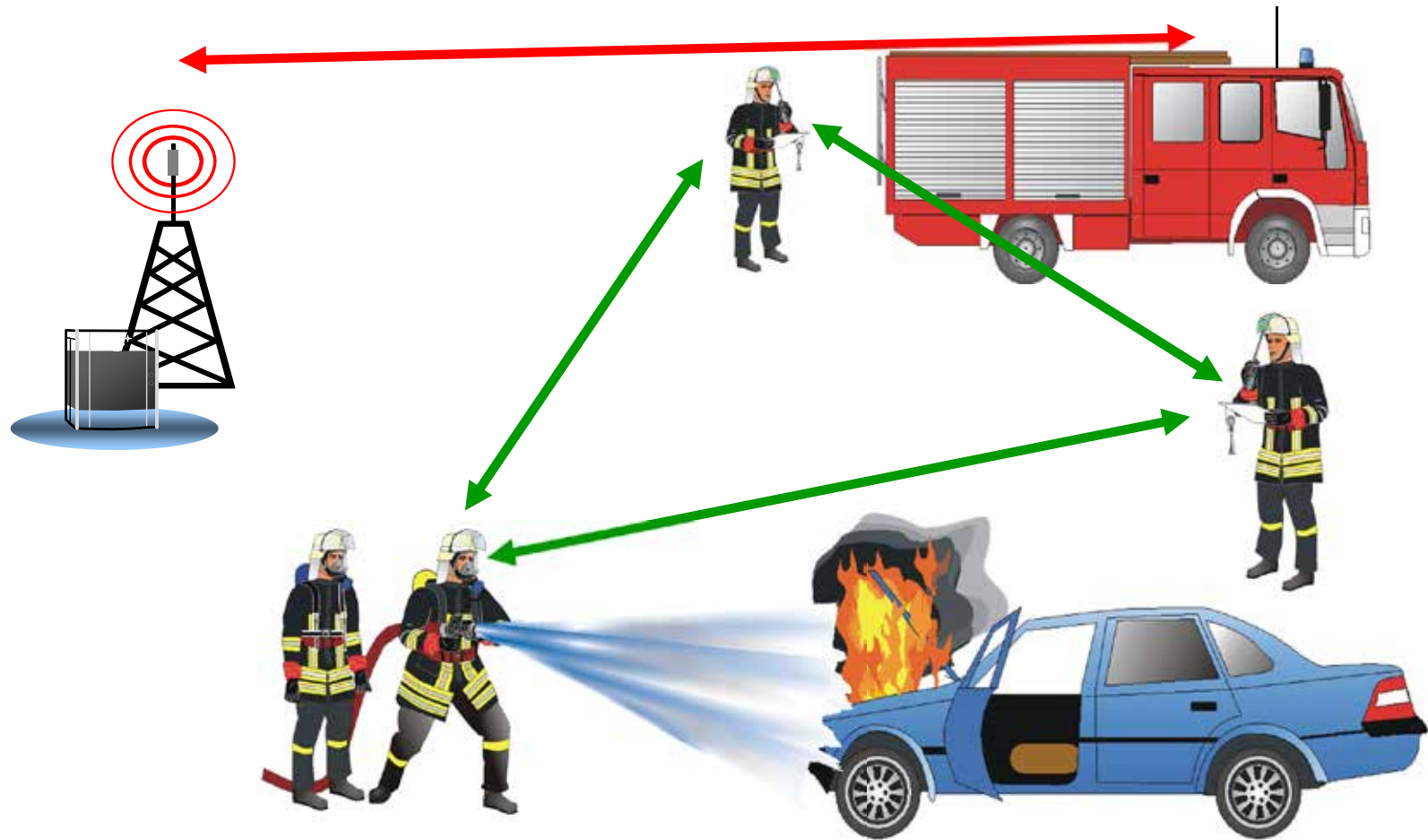


# Direktbetrieb (DMO) – Gruppenkommunikation



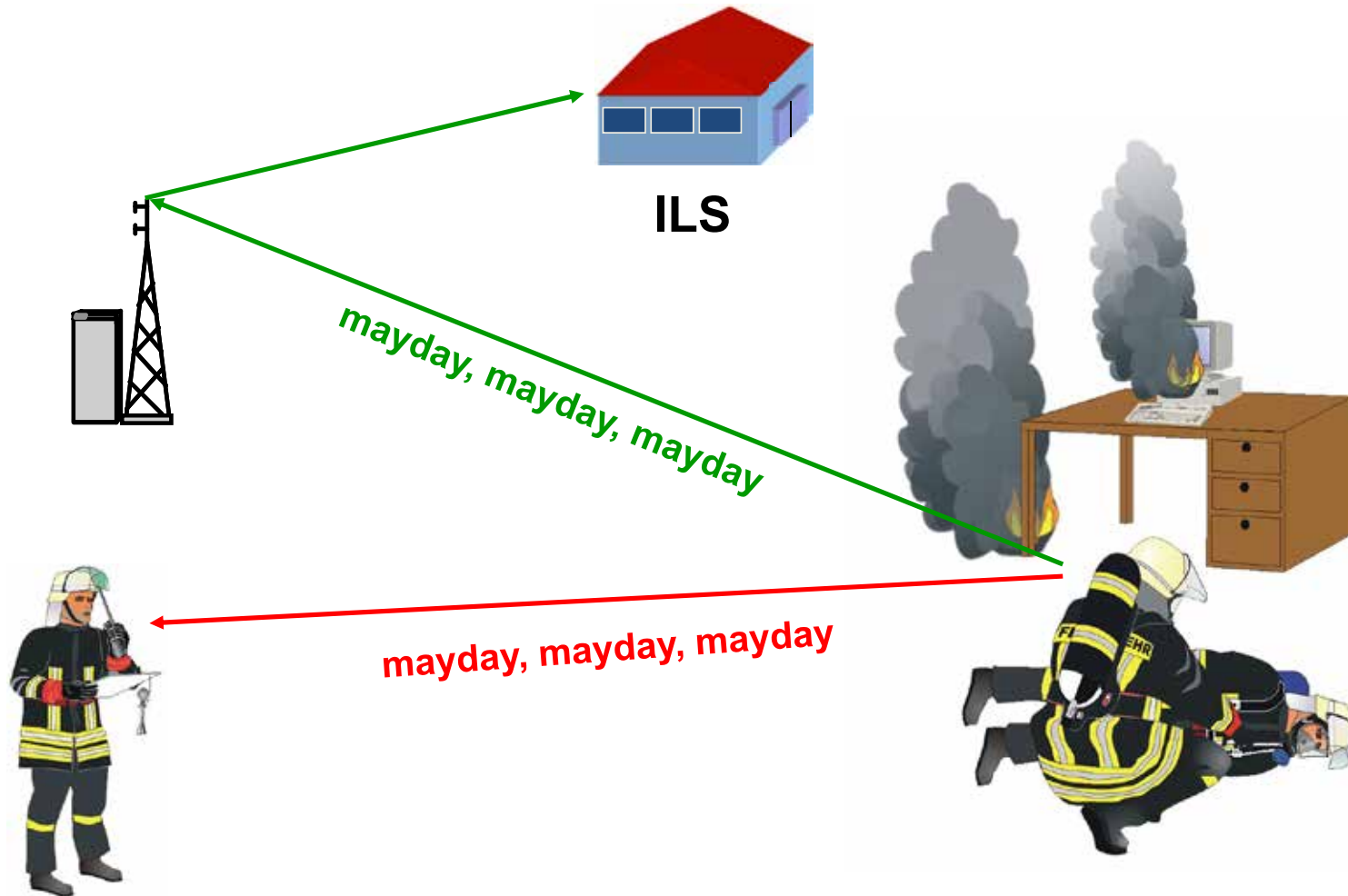


# Nutzung TMO/DMO



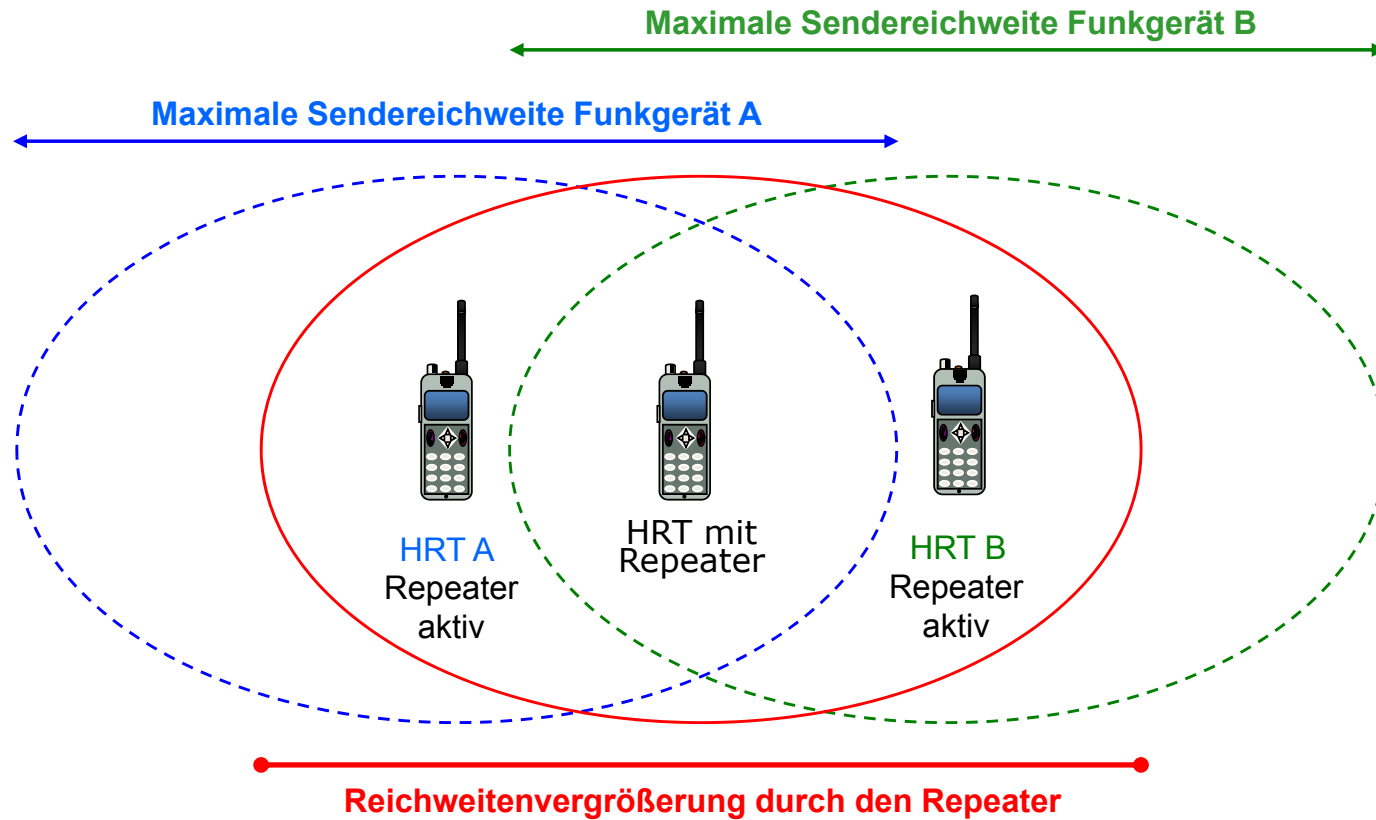


# Notruf





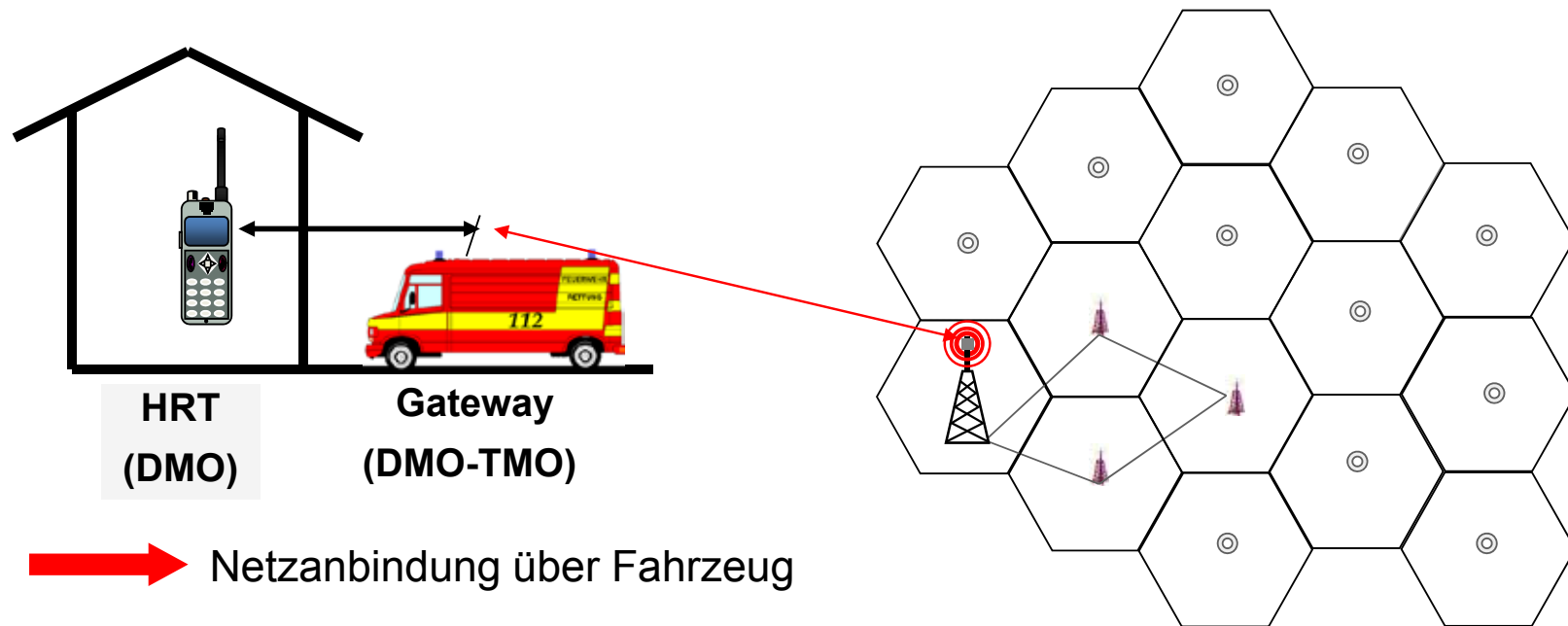
# Repeater (DMO-Betrieb)



Ein Repeater erweitert den DMO- Versorgungsbereich.  
Der Abstand zwischen Handfunkgeräten im DMO kann so deutlich erweitert werden.



# Gateway



- Ein Gateway verbindet Funkteilnehmer im Netzmodus (TMO) und Teilnehmer im Direktmodus (DMO)
- Es setzt den von einem DMO-Gerät kommenden Funkverkehr in die TMO- Gruppe um und leitet umgekehrt den Funkverkehr einer TMO-Gruppe in die DMO-Gruppe weiter
- Der TMO-Versorgungsbereich kann somit kurzfristig erweitert werden (temporäre Netzerweiterung)