



Thema

Grundlagen der Funktechnik

Gliederung

1. Einleitung
2. Grundbegriffe
3. Ausbreiten der Funkwellen
4. Zusammenfassung, Wiederholung, Lernkontrolle

Lernziele

Die Teilnehmer sollen nach diesem Ausbildungsabschnitt folgende Kenntnisse besitzen

- Die physikalischen Grundbegriffe der Funktechnik

Lerninhalte

- Physikalische Größen
- Frequenzbereiche
- Einteilung des BOS-Frequenzbereiches
- Zweck der Modulation und der Demodulation sowie Modulationsarten
- Wesentliche Bestandteile des Senders und des Empfängers
- Zweck von Hör-/Sprecheinrichtung
- Grundlagen der Wellenausbreitung
- Antennenarten
- Polarisierung
- Einflussfaktoren auf die Reichweite einer Funkverbindung

Ausbilderunterlagen

- a) Erforderliche Unterlagen, die den Lerninhalt für den Ausbilder darstellen
 - Keine



- b) Ergänzende Unterlagen (bei Bedarf für den Ausbilder zur Vertiefung und als Hintergrundwissen)
 - Geisel, Feuerwehrsprechfunk, Rotes Heft 45, Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart

Lernhilfen

- a) Hilfsmittel für den Ausbilder
 - [Thema 14.2a Folien 1 bis 17](#)
- b) Hilfsmittel für den Teilnehmer
 - keine

Vorbereitungen

- Verschiedene Antennen, soweit vorhanden, bereitstellen

Anmerkungen

- Keine

Sicherheitsmaßnahmen

- Keine



Lerninhalt/Lernschritte

Hinweise (Lernhilfen, Methoden u. ä.)

Thema

Grundlagen der Funktechnik

1. Einleitung

- Es gibt verschiedene Fernmeldemittel
Beispiele
 - Drahtgebundene Fernmeldemittel
 - Telefon
 - Fernschreiber
 - Brandmeldeanlagen
 - Drahtlose Fernmeldemittel
 - Funkgerät
 - Fernwirkempfänger
 - Funkmeldeempfänger
- Im folgenden soll nur auf die drahtlosen Fernmeldemittel eingegangen werden, die bei den Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) Verwendung finden
- Was bedeutet Funk?
 - Drahtlose Übermittlung von Informationen mit Hilfe von elektromagnetischen Wellen
 - Von einem Sender (abgehende Information)
 - Zu einem Empfänger (ankommende Information)

Thema 14.2a Folie 1

2. Grundbegriffe

2.1 Elektromagnetische Wellen

- Elektromagnetische Wellen werden in der Technik als ständig fortschreitende Bewegung verstanden, die abwechselnd um eine Nulllinie kontinuierlich zu einem positiven und negativen Höchstwert ansteigen
- Die Ausbreitungsgeschwindigkeit (c) entspricht der des Lichtes (ca. 300 000 km/s)

Thema 14.2a Folie 2



Lerninhalt/Lernschritte	Hinweise (Lernhilfen, Methoden u. ä.)
<ul style="list-style-type: none">– Der zeitliche Ablauf einer Wellenlänge, also eine Schwingung pro Sekunde, wird ein Hertz (Hz) genannt– Die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde ist die Frequenz (f)– Der Abstand von der Mittellinie bis zum Höchstwert der Schwingung wird Amplitude genannt– Die Strecke vom Anfang der positiven zum Ende der negativen Halbwelle wird Wellenlänge genannt<ul style="list-style-type: none">• Die Wellenlänge wird mit λ (Lambda) bezeichnet, gemessen in Metern (m)– Um bei hohen Frequenzen nicht sehr große Zahlen schreiben zu müssen, gibt es die Bezeichnungen Kilohertz (kHz), Megahertz (MHz) und Gigahertz (GHz)<ul style="list-style-type: none">1.000 Hz (Hertz) = 1 kHz (Kilohertz)1.000 kHz = 1 MHz (Megahertz)1.000 MHz = 1 GHz (Gigahertz)– Der Zusammenhang zwischen den Größen<ul style="list-style-type: none">• Wellenlänge• Frequenz• Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichteswird durch die Formel$\text{Wellenlänge } (\lambda) = \frac{\text{Ausbreitungsgeschw. (c)}}{\text{Frequenz (f)}}$ausgedrückt	<p>Die Einheit für 1 Hertz ist 1/s</p> <p>Thema 14.2a Folie 3</p> <p><i>Beispiel</i></p> $\lambda = \frac{300.000 \text{ km/s}}{75 \text{ MHz}} = \frac{300.000.000 \text{ m/s}}{75.000.000 \text{ 1/s}} = 4 \text{ m}$ <p>Es sollten noch einige Beispiele von den Teilnehmern erarbeitet werden, z. B. für 150 MHz, 100 MHz, 27 MHz</p>



Lerninhalt/Lernschritte

Hinweise (Lernhilfen, Methoden u. ä.)

2.2 Frequenzbereich

- Frequenzen bis etwa 30 kHz bezeichnet man als Niederfrequenz (NF), wobei im Sprechfunk die Sprache von ca. 300 Hz bis 3 kHz übertragen wird
- Hochfrequenz allgemein beginnt bei ca. 30 kHz
- Langwelle von ca. 30 kHz bis 300 kHz
- Mittelwelle von ca. 300 kHz bis 3 000 kHz
- Kurzwelle von 3 MHz bis 30 MHz
- Ultra-Kurz-Welle von ca. 30 MHz bis 300 MHz
 - In diesem Bereich findet auch der BOS-Funk statt
- UHF (z. B. Fernsehen) von 300 MHz bis 3 GHz
- Die höchsten nutzbaren Frequenzen liegen zur Zeit bei etwa 50 000 MHz (50 GHz)
 - Sie werden bei Richtfunkstrecken eingesetzt

Thema 14.2a Folie 4

PMR = professional mobile radio

UHF = ultra high frequency

2.3 Einteilung des BOS-Frequenzbereiches

- Den BOS sind Frequenzen im 4 m- und 2 m-Bereich zugeteilt
 - 4 m-Bereich zwischen 74,215 MHz und 87,255 MHz
 - 2 m-Bereich zwischen 165,210 MHz und 173,980 MHz
- Diese Bereiche sind jeweils in ein Unterband und ein Oberband unterteilt
- Der Abstand zwischen Ober- und Unterband wird Bandabstand genannt
 - Im 4 m-Bereich beträgt er 9,8 MHz
- Jeder Bereich ist wiederum in Kanäle unterteilt, die einen Frequenzabstand von 20 KHz zueinander haben (Kanalabstand)
- Kanal ist die Bezeichnung für ein Frequenzpaar (Unter-/Oberband) oder für eine Einzelfrequenz

Der 70 cm Bereich für Festfunkverbindungen wird hier nicht erläutert

Thema 14.2a Folie 5



Lerninhalt/Lernschritte	Hinweise (Lernhilfen, Methoden u. ä.)
<ul style="list-style-type: none">- Eine Kanalnummer ist gleichzeitig im Ober- und Unterband zu finden, allerdings mit dem bereits erwähnten Bandabstand von 9,8 MHz- Im 4 m-Bereich sind im Oberband 163, im Unterband 164 schaltbare Kanäle, da die Kanäle 376 - 396 im Unterband nicht benutzt werden können (sogenannte gesperrte Kanäle)<ul style="list-style-type: none">• Von den Herstellern der Funkgeräte muss gewährleistet werden, dass diese Kanäle für die BOS ohne Funktion bleiben- Der 2 m-Bereich hat in beiden Bändern 117 schaltbare Kanäle<ul style="list-style-type: none">• Der Bandabstand beträgt 4,6 MHz• Frequenz zwischen 167,560 MHz und 173,980 MHz für Kanäle 01 bis 92• Frequenz zwischen 165,210 MHz und 170,290 MHz für Kanäle 101 bis 125	<p>Kanäle von 347 bis 399 wurden erst später zugeteilt</p> <p>Thema 14.2a Folie 6</p> <p>Kanäle 101 bis 125 wurden den BOS erst später zugeteilt, deshalb der Bruch in der Nummernsystematik</p>
<h2>2.4 Modulation und Demodulation</h2> <ul style="list-style-type: none">- Sprache (Schallwellen) lässt sich nicht über große Entfernungen übertragen<ul style="list-style-type: none">• Die Sprache wird deshalb durch ein Mikrofon in elektrische Signale umgewandelt• Die entstehenden elektrischen Schwingungen liegen im Niederfrequenzbereich (NF)- Niederfrequenz lässt sich drahtlos nicht über große Strecken übertragen- Hochfrequenz (HF, Trägerwelle) lässt sich zwar über große Entfernungen übertragen, beinhaltet aber noch keine Information	<p>Frequenzbereich der Sprache 300 Hz bis 3 kHz</p>



Lerninhalt/Lernschritte	Hinweise (Lernhilfen, Methoden u. ä.)
<ul style="list-style-type: none">– Die beiden Frequenzen (NF und HF) müssen auf geeignete Weise zusammengebracht werden<ul style="list-style-type: none">• Man spricht von Modulation• Diese modulierte HF wird über die Antenne abgestrahlt– Sie wird von der Antenne des Empfängers aufgenommen<ul style="list-style-type: none">• HF und NF-Signale werden im Empfänger getrennt• Man spricht von Demodulation• Das niederfrequente elektrische Signal wird im Lautsprecher in Sprache (Schallwellen) zurückverwandelt– Man unterscheidet hauptsächlich zwei Modulationsarten<ul style="list-style-type: none">• Amplituden-Modulation (AM)<ul style="list-style-type: none">▸ Hier wird im Rhythmus der Sprache die Amplitude beeinflusst• Frequenz-Modulation (FM)<ul style="list-style-type: none">▸ Hier wird die Hochfrequenz im Rhythmus der Sprache verändert▸ Den Betrag, um den sich die Frequenz bei FM ändert, nennt man Frequenzhub▸ Der mittlere Sprachhub beträgt bei BOS-Geräten $\pm 2,8$ kHz, der Maximalhub ± 4 kHz• Die Funkgeräte der BOS arbeiten wegen der geringen Störanfälligkeit ausschließlich mit FM	<p>Thema 14.2a Folie 7</p>
<h3>2.5 Sender und Empfänger</h3> <ul style="list-style-type: none">– Der Sender besteht vereinfacht aus folgenden Baustufen<ul style="list-style-type: none">• Mikrofon<ul style="list-style-type: none">▸ Wandelt die Sprache in elektrische Signale um• Mikrofonverstärker<ul style="list-style-type: none">▸ Verstärkt die sehr kleine Spannung vom Mikrofon (NF)	<p>Thema 14.2a Folie 8</p>



Lerninhalt/Lernschritte	Hinweise (Lernhilfen, Methoden u. ä.)
<ul style="list-style-type: none">• Kanalwahlschalter<ul style="list-style-type: none">▸ Dient der Einstellung des gewünschten Kanals• Oszillator (Schwingungserzeuger)<ul style="list-style-type: none">▸ Erzeugt die dem jeweiligen Kanal zugeordnete HF• Modulator<ul style="list-style-type: none">▸ Bringt NF und HF auf geeignete Weise zusammen (FM)• Sendeverstärker<ul style="list-style-type: none">▸ Verstärkt das Signal vom Modulator zur Abstrahlung über die Antenne <p>– Der Empfänger hat die Aufgabe, das vom Sender abgestrahlte Signal am Lautsprecher hörbar zu machen und besteht vereinfacht aus folgenden Baustufen</p> <ul style="list-style-type: none">• Antenne<ul style="list-style-type: none">▸ Nimmt elektromagnetische Wellen auf• Antennensignalverstärker<ul style="list-style-type: none">▸ Verstärkt das sehr kleine Antennensignal• Kanalwahlschalter mit Oszillator<ul style="list-style-type: none">▸ Funktion wie beim Sender• Demodulator<ul style="list-style-type: none">▸ Trennt die Hoch- von der Niederfrequenz, um wieder die ursprüngliche Information zu erhalten• NF-Verstärker<ul style="list-style-type: none">▸ Verstärkt die NF zur Wiedergabe über den Lautsprecher <p>2.6 Die Hör-/Sprecheinrichtung</p> <p>– Schallwellen werden vom Mikrofon in elektrische Signale umgewandelt</p> <p>– Elektrische Signale (Niederfrequenz) werden vom Hörer/Lautsprecher in Schallwellen umgewandelt</p>	<p>Thema 14.2a Folie 9</p> <p>Auf den Mischer wird nicht näher eingegangen (im Blockschaltbild der Folie deshalb nicht eingetragen)</p> <p>z. B. Handapparat, Hör-/Sprech-Garnitur, Mikrofon und Lautsprecher im Einsatzleittisch</p>



Lerninhalt/Lernschritte	Hinweise (Lernhilfen, Methoden u. ä.)
<h3>3. Ausbreitung der Funkwellen</h3> <h4>3.1 Wellenausbreitung</h4> <ul style="list-style-type: none">- Funkwellen breiten sich gradlinig von der Antenne aus- Im UKW-Bereich ist die Ausbreitung dem optischen Licht fast gleichzusetzen<ul style="list-style-type: none">• Für eine gesicherte Funkverbindung muss eine quasioptische Sichtverbindung bestehen• Bei einer Distanz von ca. 30 km ist die Erdkrümmung so stark, dass die beiden Antennen mind. 20 m hoch sein müssen, um eine Verbindung zu ermöglichen- Sonderfälle sind<ul style="list-style-type: none">• Reflexionen an Gebäuden und Geländeformationen<ul style="list-style-type: none">▸ Es kann zu einer Funkverbindung kommen, da ein Haus oder Berg die Funkwellen reflektiert• Witterungseinflüsse<ul style="list-style-type: none">▸ Durch Witterungseinflüsse kann es zu großen Überreichweiten kommen, die zur Beeinträchtigung im Funkverkehr führen können <h4>3.2 Antennen</h4> <ul style="list-style-type: none">- Antennen strahlen elektromagnetische Wellen an den Luftraum ab bzw. nehmen diese auf<ul style="list-style-type: none">• Um alle Frequenzen und Anwendungsgebiete abdecken zu können, gibt es verschiedene Antennenarten• Die Antennenlänge ist von der Wellenlänge abhängig• Die besten Abstrahleigenschaften werden mit Antennen erzielt, deren Länge $1/2$ oder $1/4$ der Wellenlänge der verwendeten Frequenz entspricht	<p>Thema 14.2a Folie 10 Die Intensität (Leistung) nimmt mit dem Quadrat der Entfernung von der Antenne ab</p> <p>Thema 14.2a Folie 11</p> <p>Thema 14.2a Folie 12</p> <p>Thema 14.2a Folie 13 Nebel, auch Sonnenaktivität kann Reflexionsschichten hervorrufen</p> <p>Thema 14.2a Folie 14 Antennen, soweit vorhanden, zeigen</p>



Lerninhalt/Lernschritte	Hinweise (Lernhilfen, Methoden u. ä.)
<ul style="list-style-type: none">• $\lambda/2$-Strahler als Rundstrahler oder Richtantennen<ul style="list-style-type: none">▸ Für ortsfeste Landfunkstellen und Relaisfunkstellen• $\lambda/4$-Strahler<ul style="list-style-type: none">▸ z. B. für Fahrzeugfunkanlagen und Meldeempfänger im Heimzusatz und als Wurfantenne, auch als Stabantenne für Handfunkgeräte• Wendelantennen<ul style="list-style-type: none">▸ Hauptsächlich für Handfunkgeräte▸ Sind spiralförmig gewickelte $\lambda/4$-Strahler, kürzer, jedoch schlechtere Abstrahleigenschaften– Polarisation<ul style="list-style-type: none">• Horizontal und vertikal<ul style="list-style-type: none">▸ Senkrecht montierte Antennen strahlen die Hochfrequenzleistung als vertikal polarisierte Wellen ab▸ Vertikal polarisierte Wellen werden optimal nur von senkrecht stehenden Antennen empfangen▸ Waagerecht montierte Antennen strahlen die Hochfrequenzleistung als horizontal polarisierte Wellen ab▸ Horizontal polarisierte Wellen werden optimal nur von waagerecht stehenden Antennen empfangen• Die beste Funkverbindung besteht dann, wenn Sende- und Empfangsantennen gleich polarisierte Wellen senden bzw. empfangen• Bei den BOS gibt es aufgrund des vorwiegend praktizierten Funkverkehrs mit mobilen Funkanlagen praktisch nur vertikale Polarisation• Beim Betrieb der Funkanlagen ist deshalb darauf zu achten, dass die Antennen möglichst senkrecht stehen	<p>Die geometrische Länge des Strahlers beträgt ca. $1/2$ der Wellenlänge</p> <p>Die geometrische Länge des Strahlers beträgt ca. $1/4$ der Wellenlänge</p> <p>Thema 14.2a Folie 15</p> <p>z. B. Fernsehen</p>



Lerninhalt/Lernschritte

Hinweise (Lernhilfen, Methoden u. ä.)

3.3 Reichweite einer Funkverbindung

- Die Funkverbindung ist von folgenden Faktoren abhängig
 - Geländeformation/Bebauung/Bewuchs
 - Antennenstandort
 - Antennenart
 - Wetterlage
 - Strahlungsleistung des Senders
 - Empfängerempfindlichkeit

- Die Reichweite kann ggf. durch Standortwechsel beeinflusst werden

Beispiele

- Höheren Standort wählen
- Funkschatten verlassen/vermeiden
- Antenne ausrichten
- Sendeleistung ist bei den BOS-Geräten i.d.R. fest eingestellt

4. Zusammenfassung, Wiederholung, Lernkontrolle

- Die Funktechnik nutzt bestimmte physikalische Eigenschaften von elektromagnetischen Wellen für die drahtlose Übertragung von Informationen
 - In dieser Ausbildungseinheit wurde darüber grundlegendes Wissen vermittelt, das für die weitere Ausbildung von großer Bedeutung ist

Thema 14.2a Folie 16

Thema 14.2a Folie 17



Was bedeutet Funk?



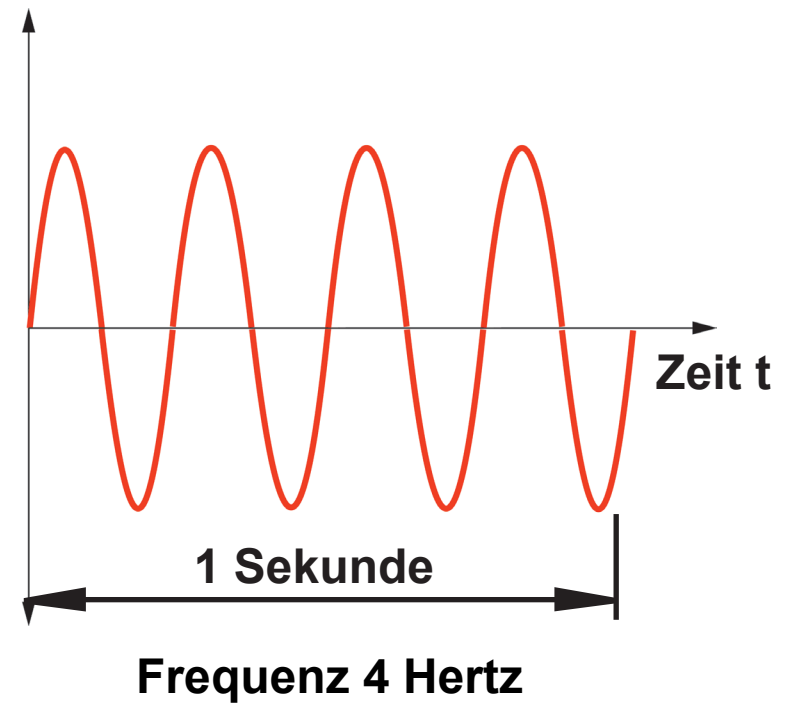
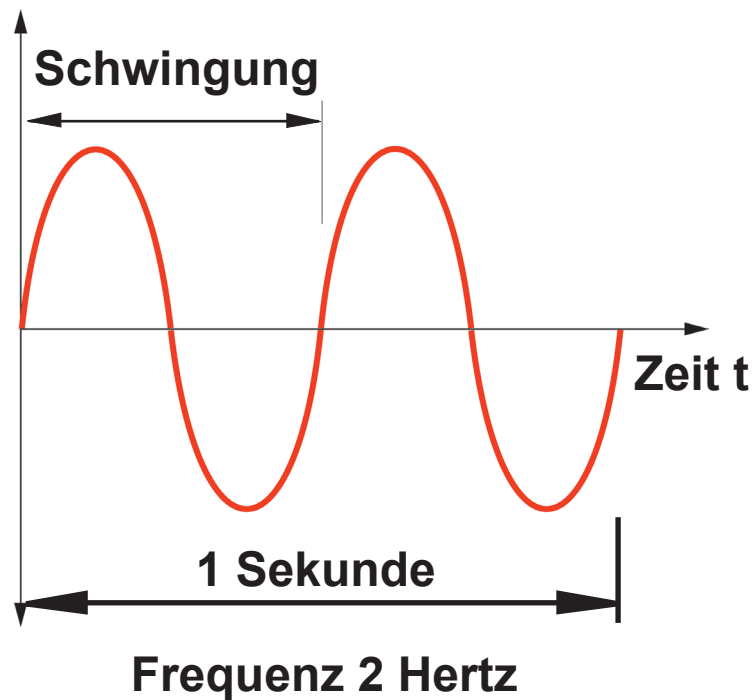
Drahtlose Übermittlung von Informationen mit Hilfe von elektromagnetischen Wellen



Elektromagnetische Wellen

Frequenz

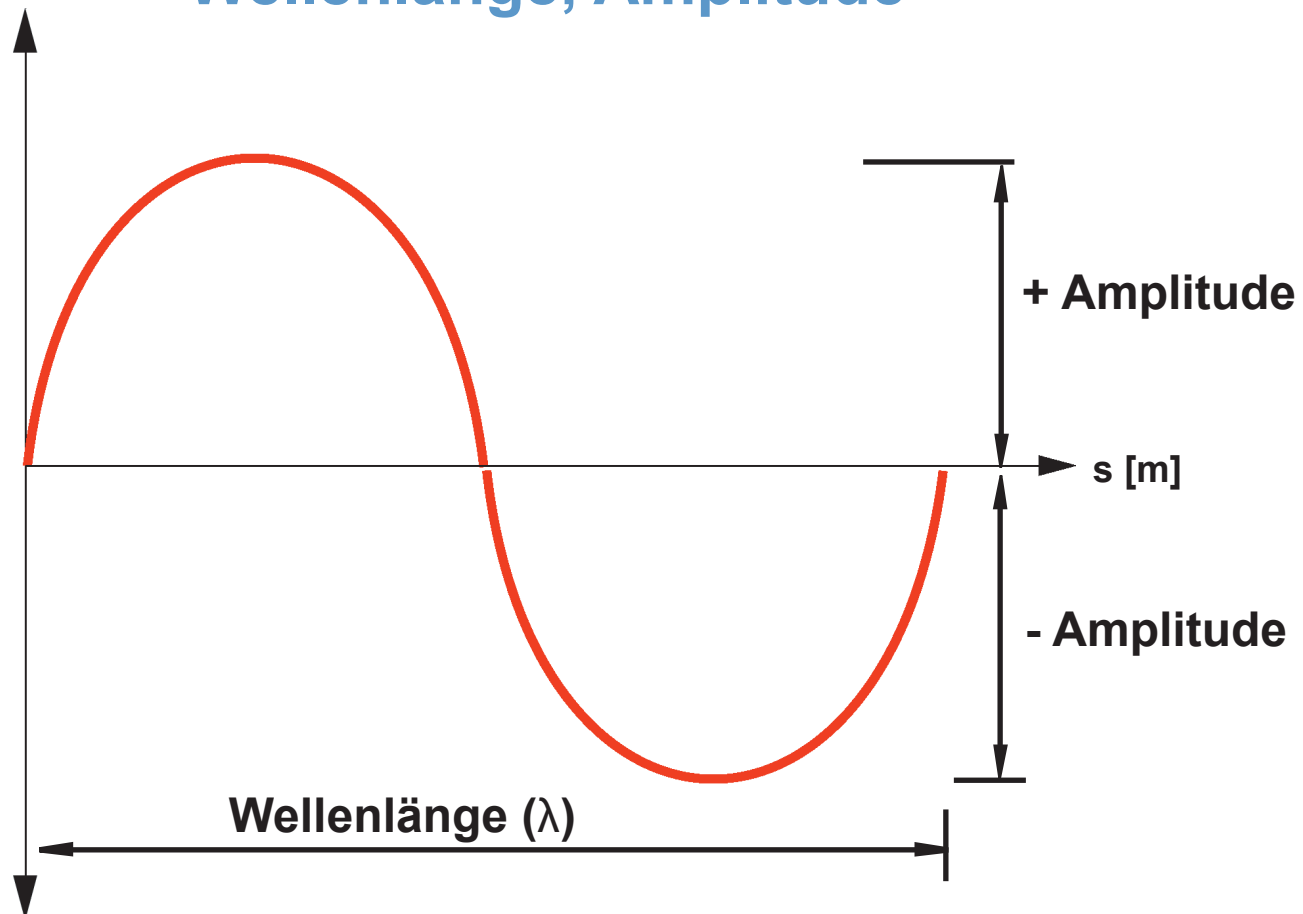
1 Schwingung pro Sekunde = 1 Hertz = 1 Hz





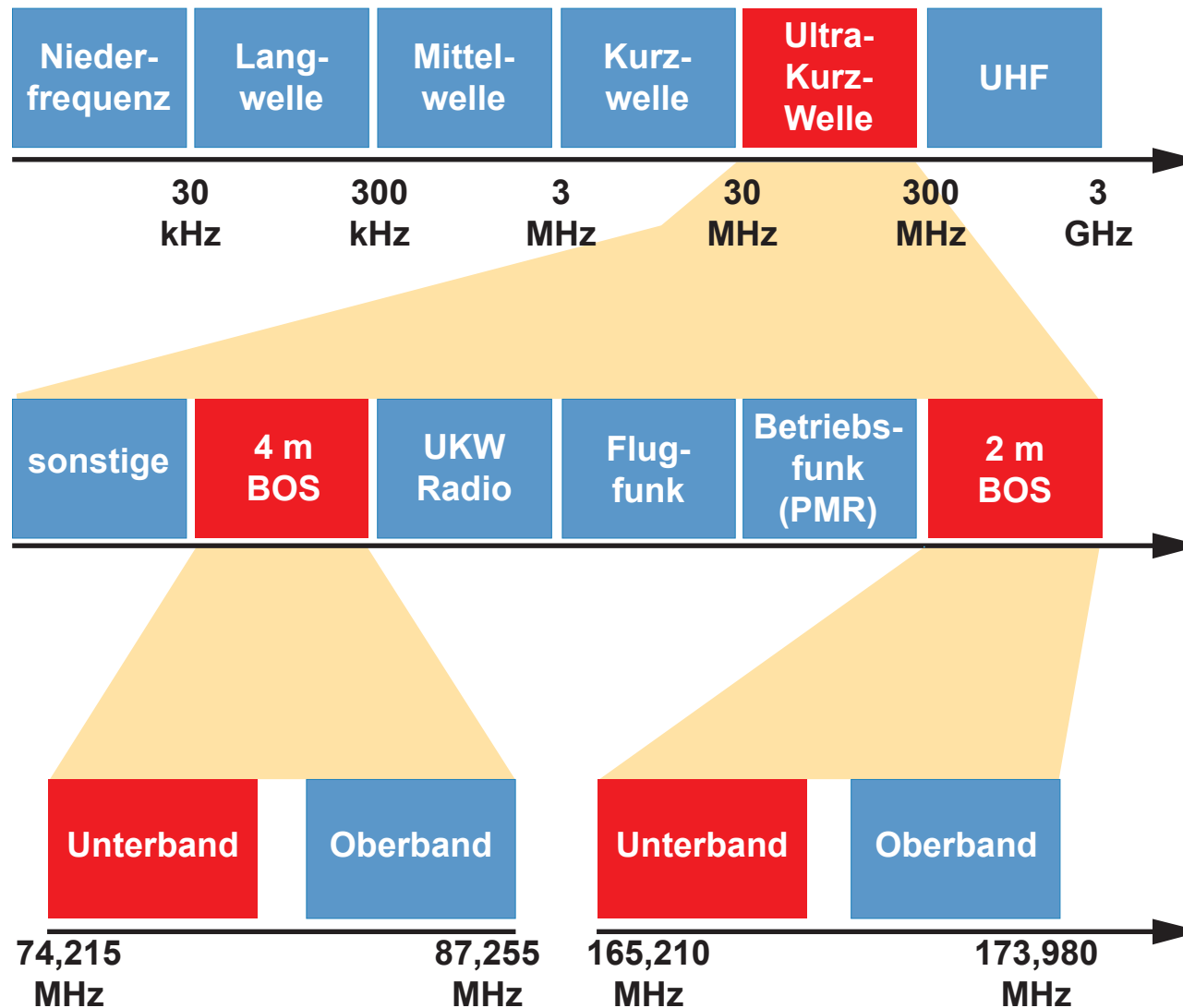
Elektromagnetische Wellen

Wellenlänge, Amplitude





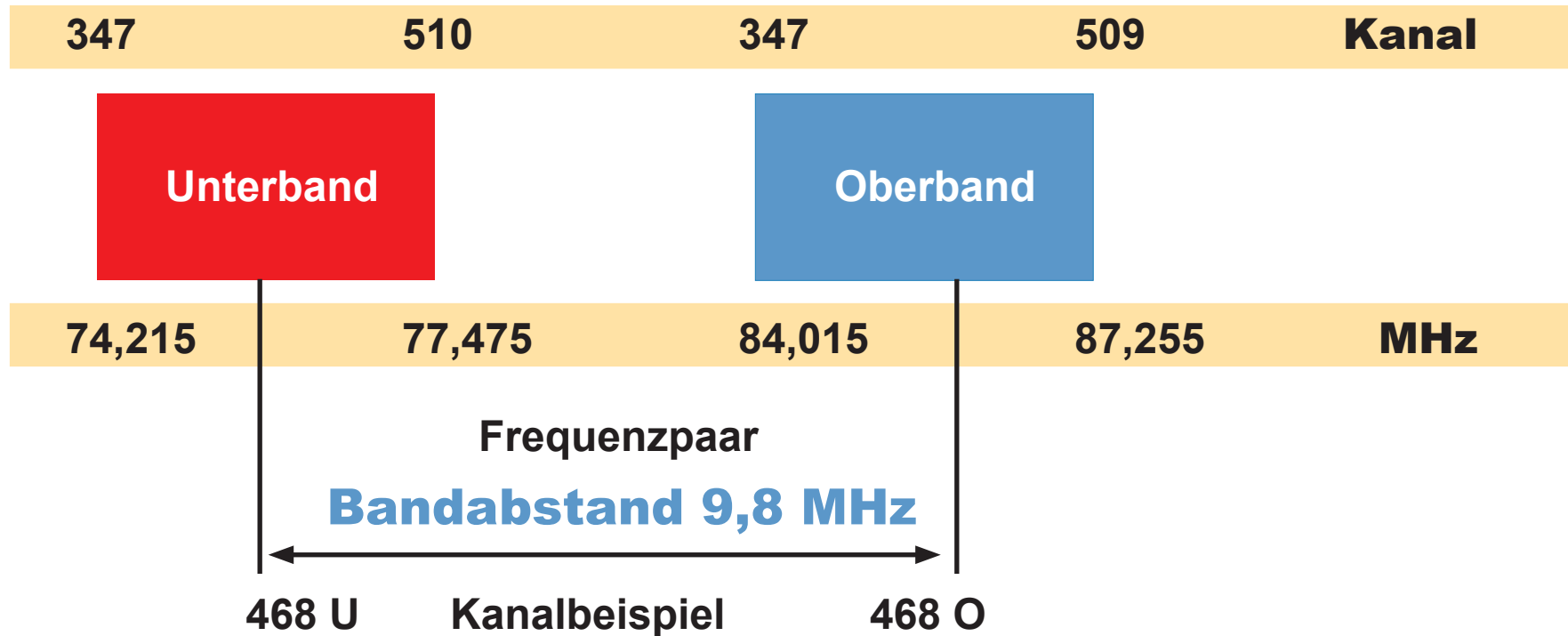
Frequenzbereiche





Einteilung des BOS - Frequenzbereiches

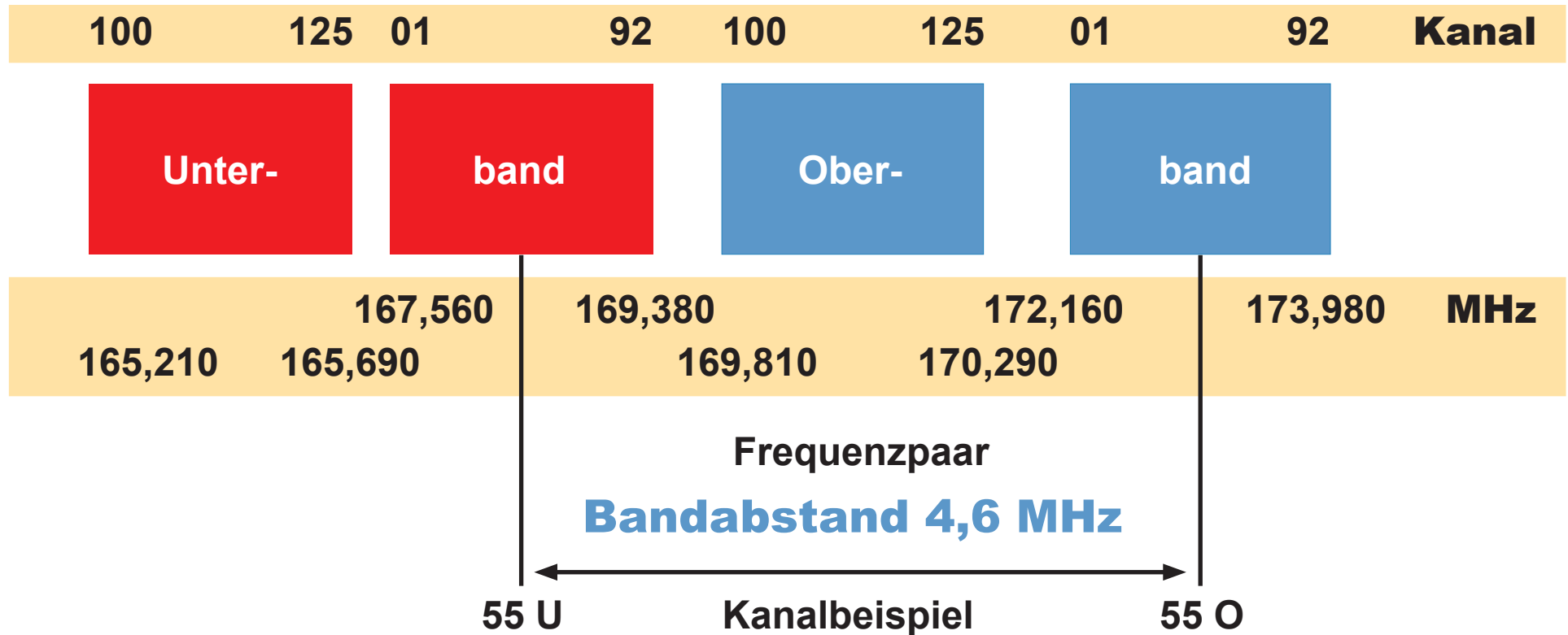
Kanalverteilung im 4 m-Bereich





Einteilung des BOS - Frequenzbereiches

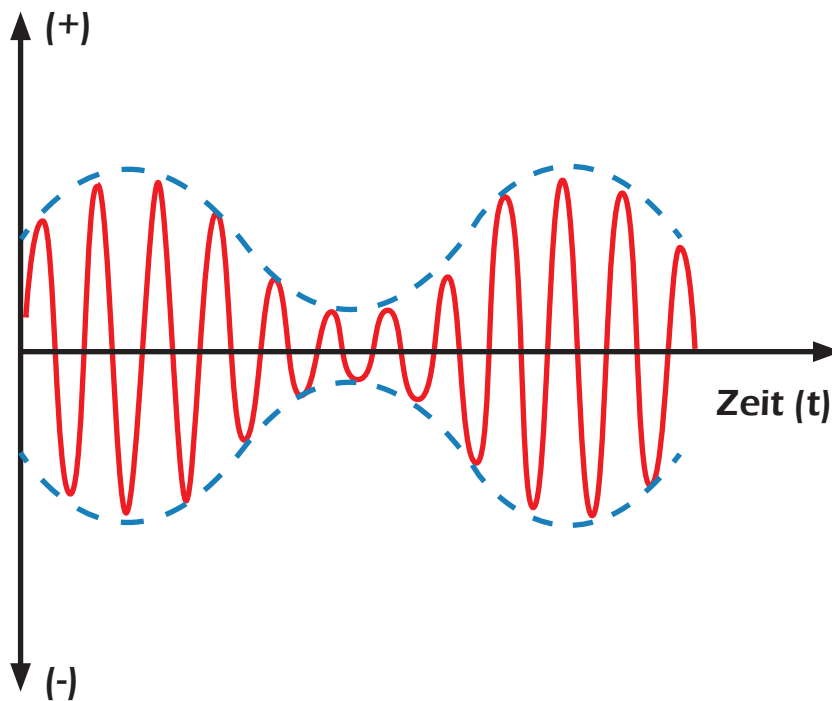
Kanalverteilung im 2 m-Bereich



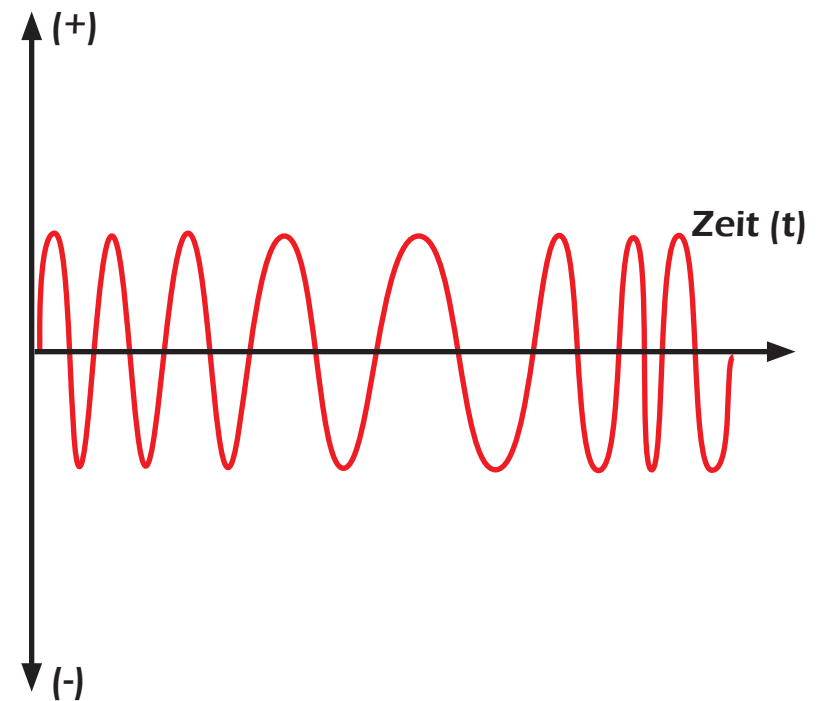


Modulationsarten

Amplituden - Modulation

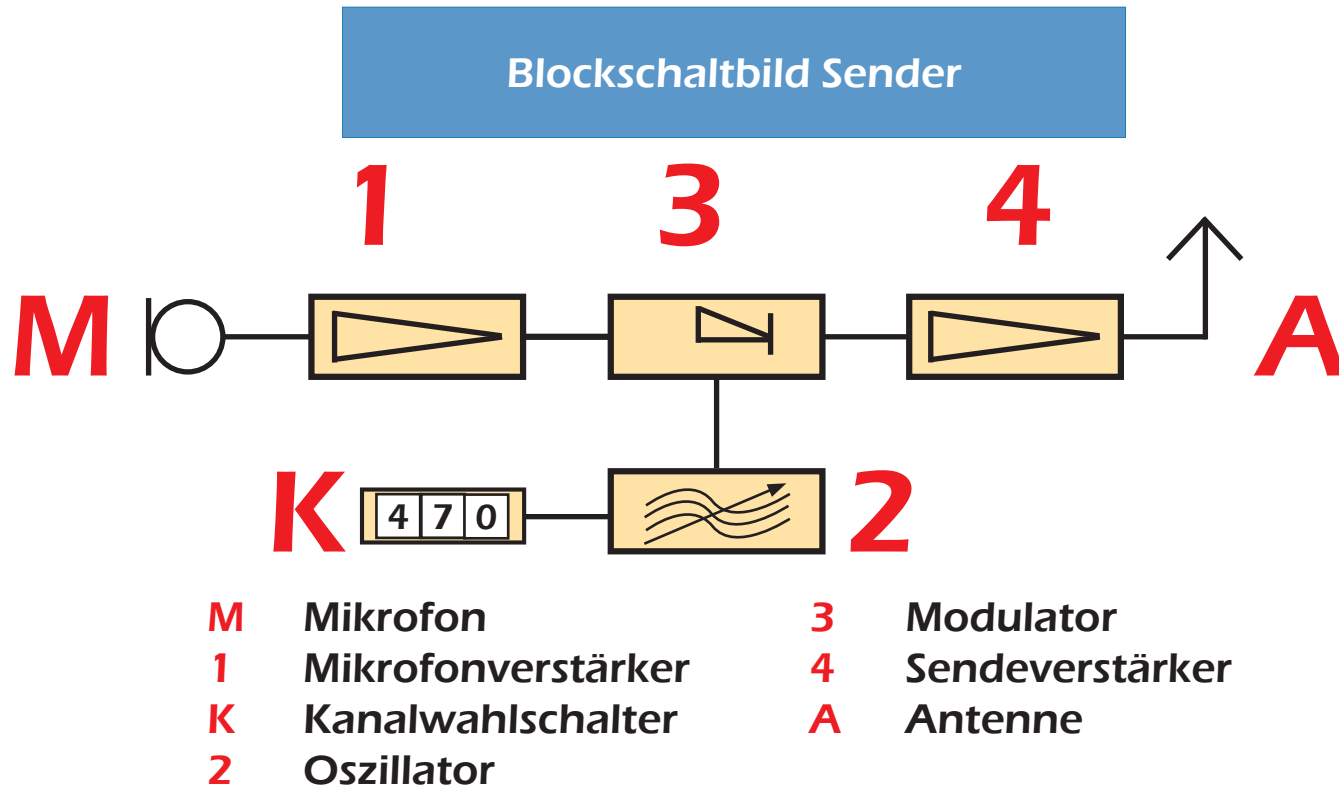


Frequenz - Modulation



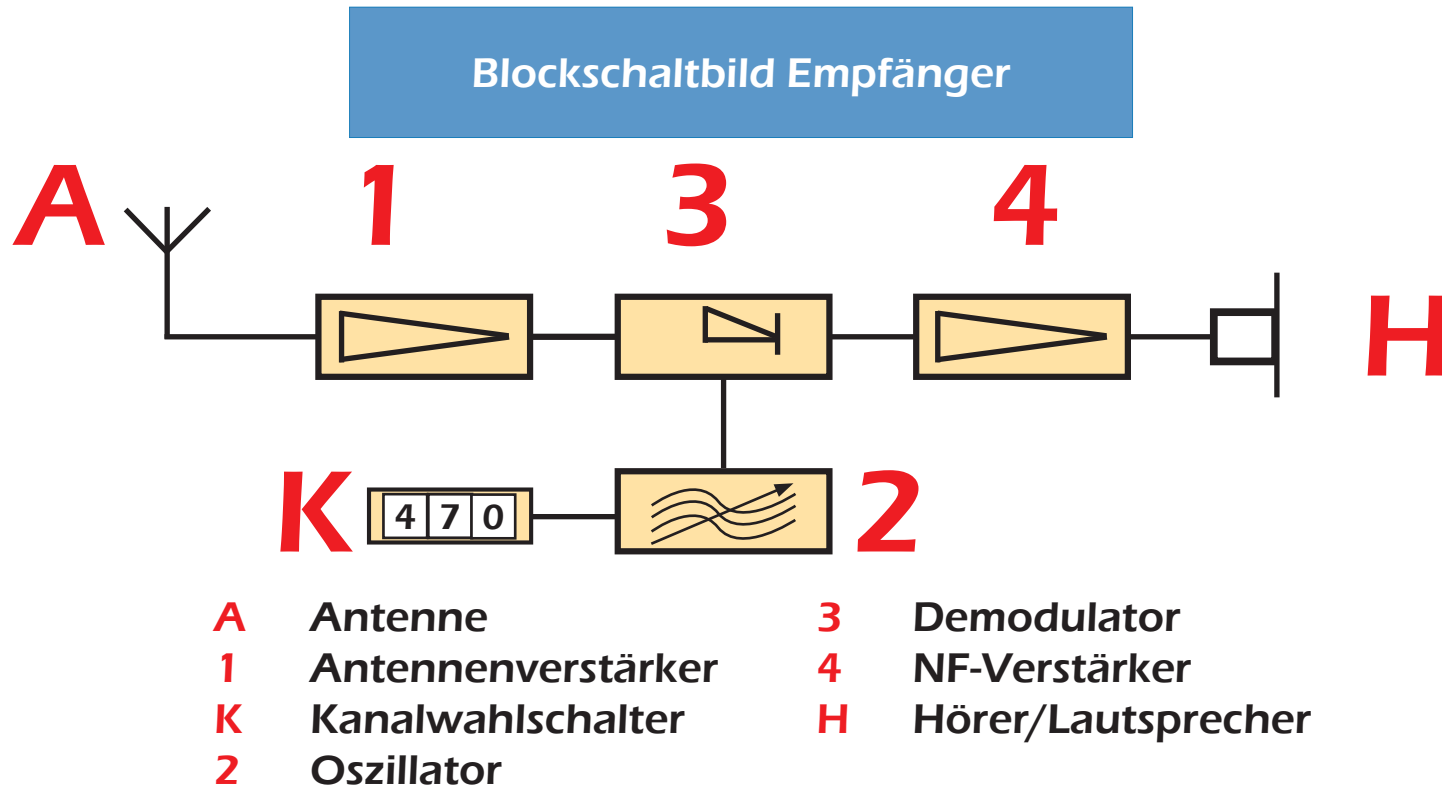


Sender und Empfänger



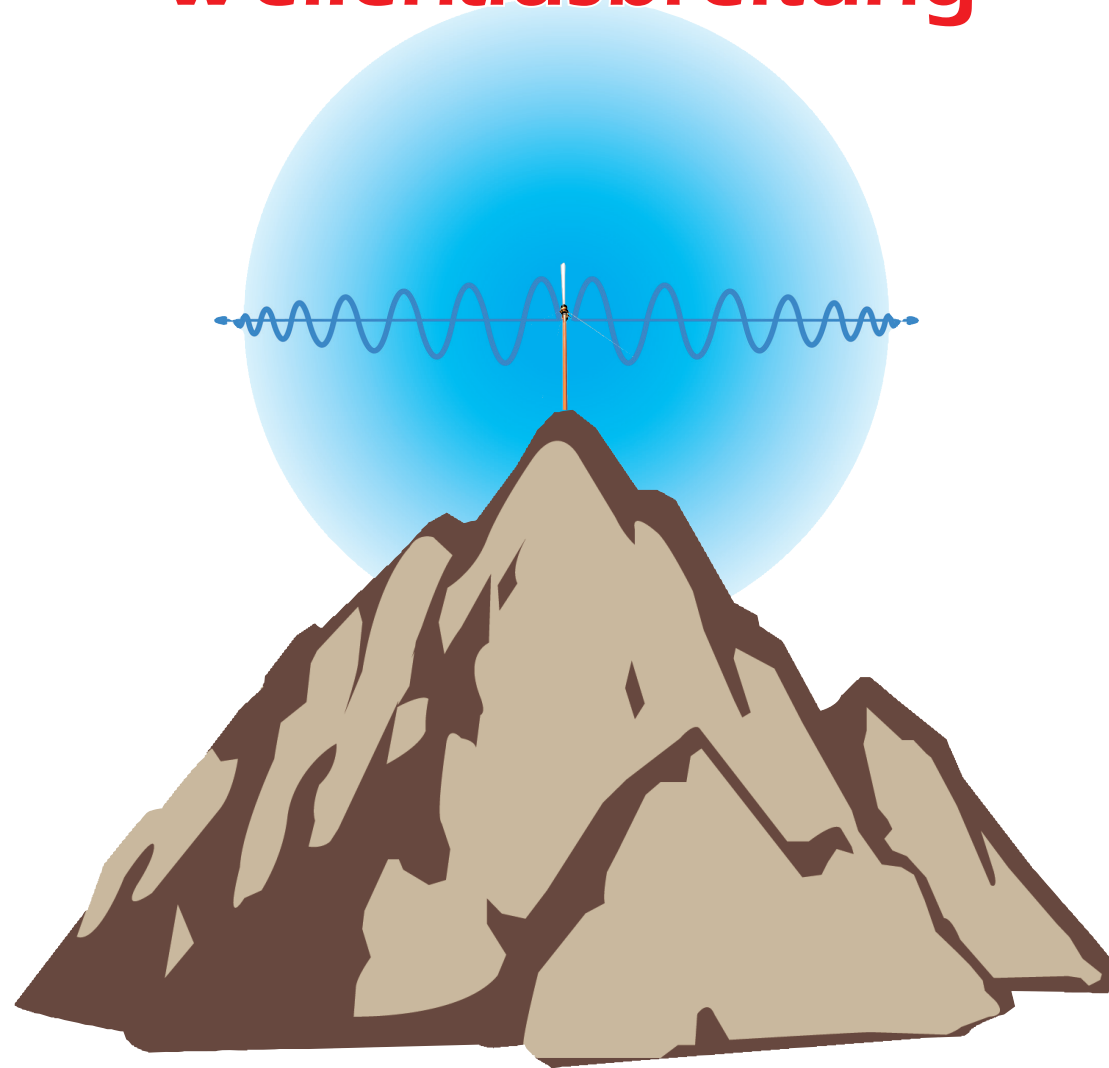


Sender und Empfänger





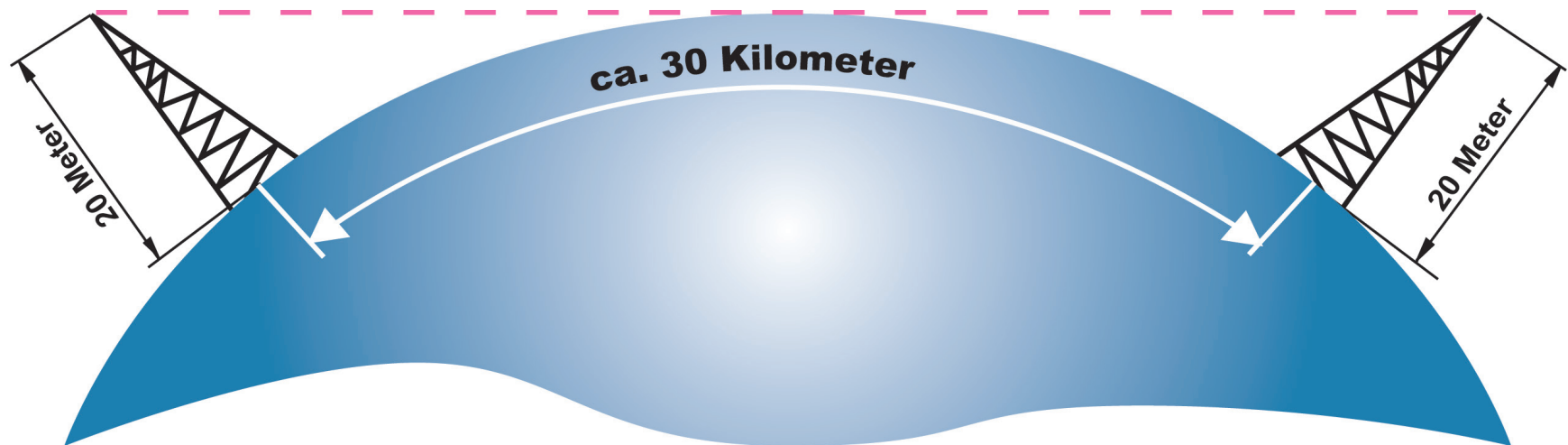
Wellenausbreitung





Wellenausbreitung

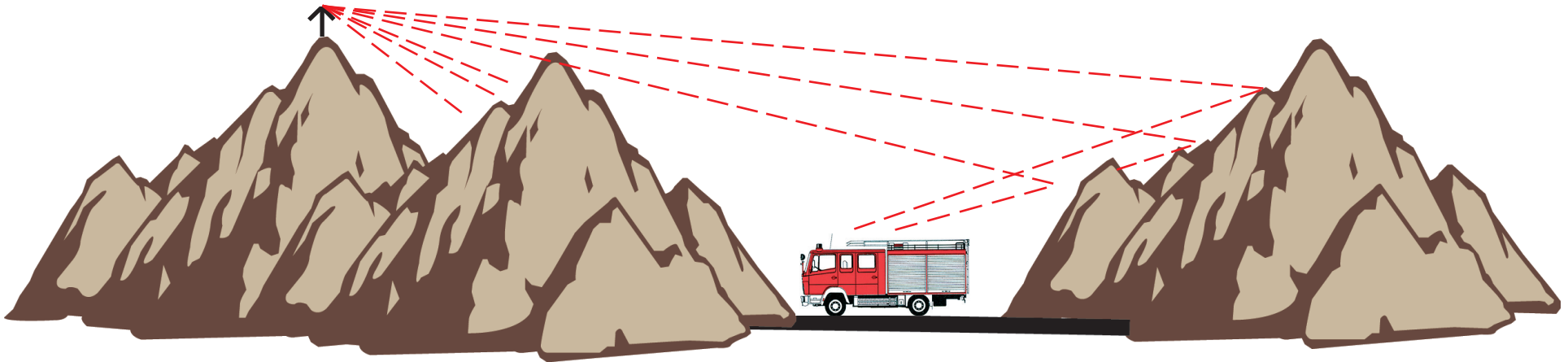
Reichweite





Wellenausbreitung

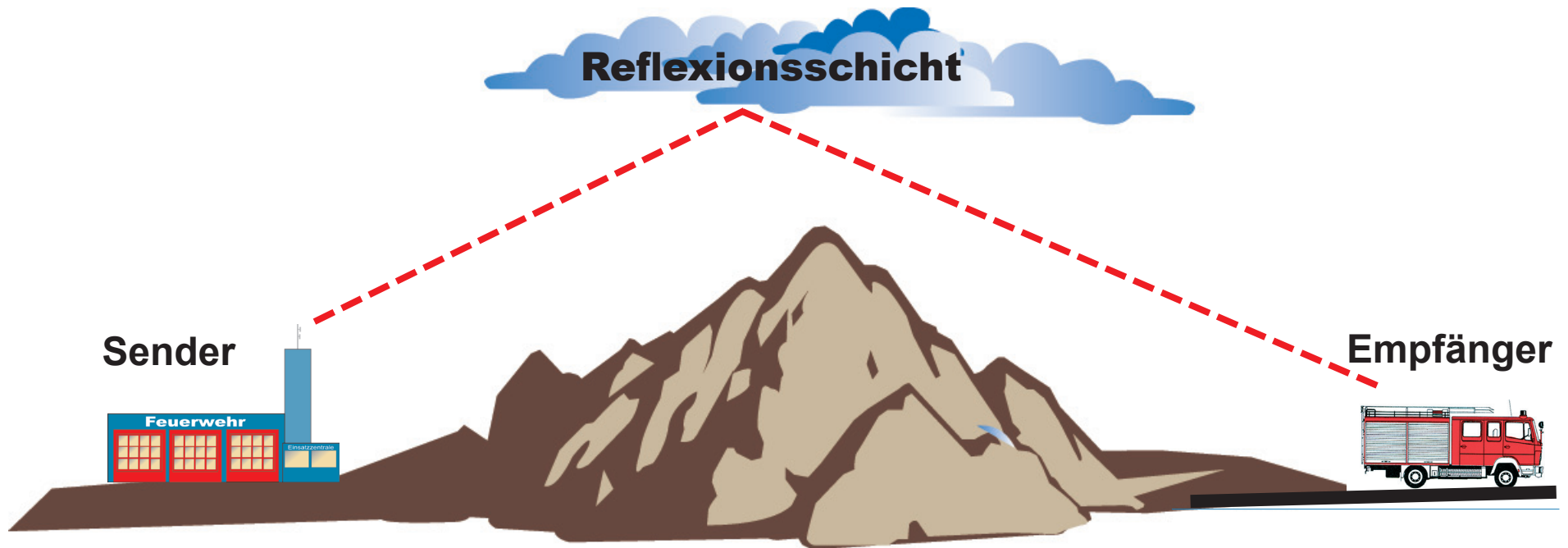
Reflexion





Wellenausbreitung

Witterungseinflüsse





Antennenarten



$\lambda/2$ - Strahler
für ortsfeste
Landfunkstellen



$\lambda/4$ - Strahler
z. B. für Fahrzeug-
Funkanlagen

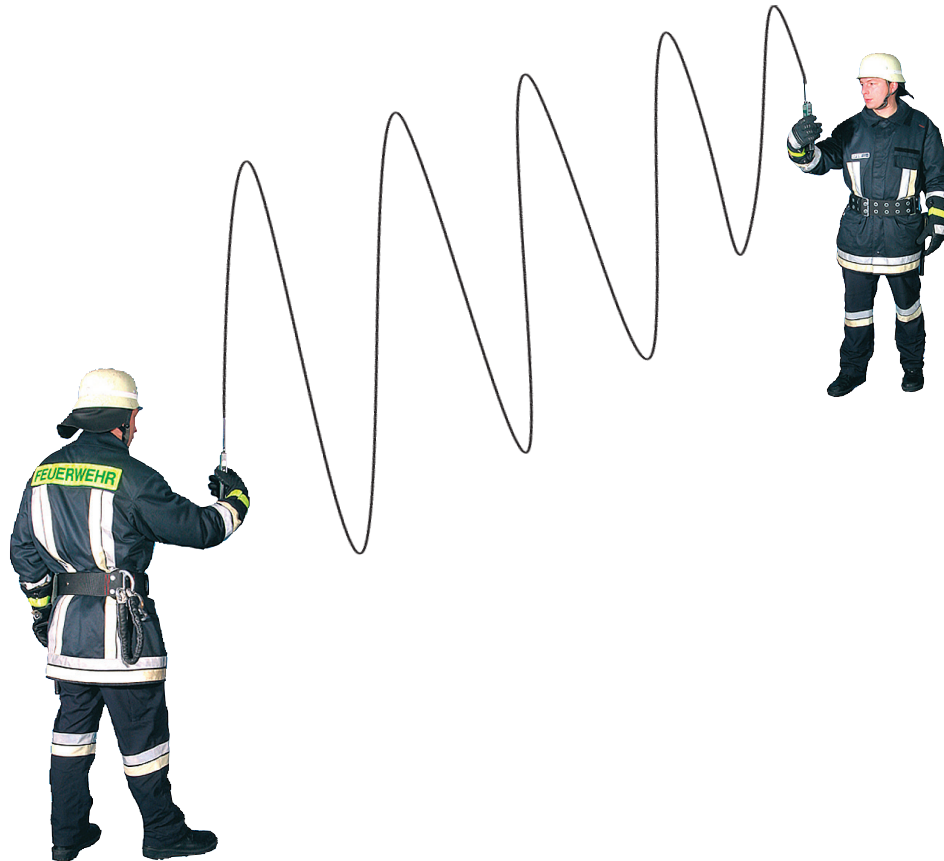


Wendelantenne
für Handfunkgeräte

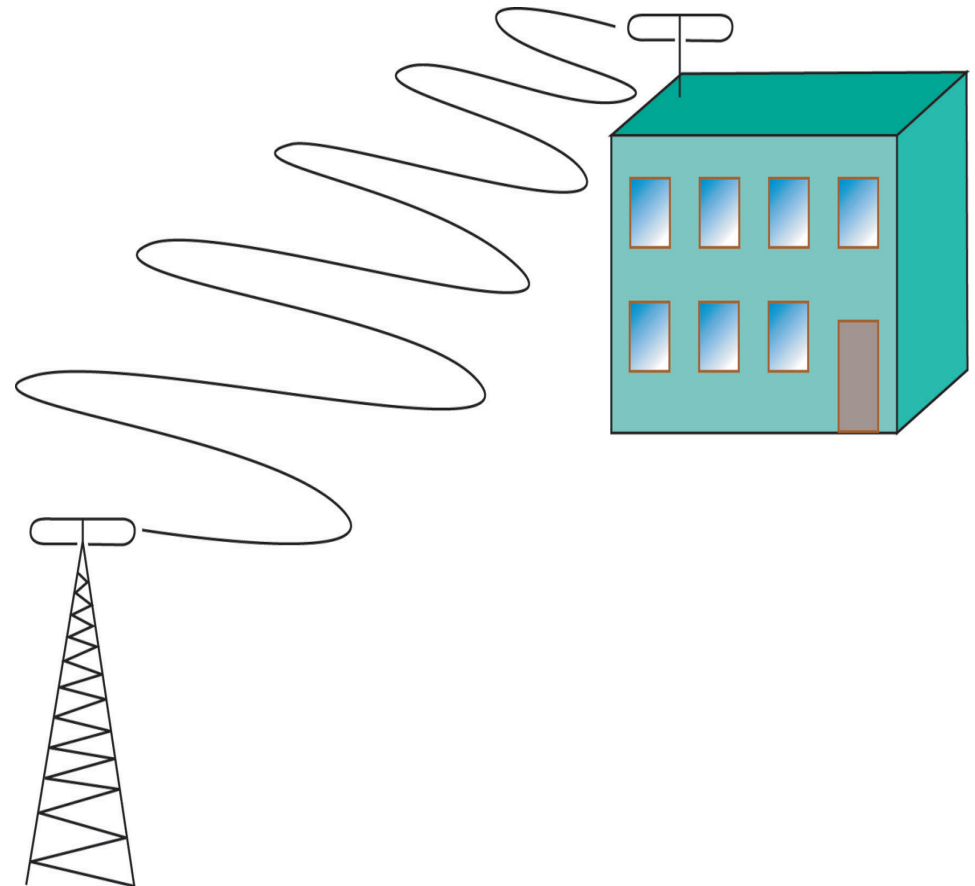


Polarisation

Vertikal



Horizontal





Reichweite einer Funkverbindung

Abhängig von

- **Geländeformation**
- **Antennenstandort**
- **Antennenart**
- **Wetterlage**
- **Ausgangsleistung des Senders**
- **Empfängerempfindlichkeit**

Beeinflussbar durch

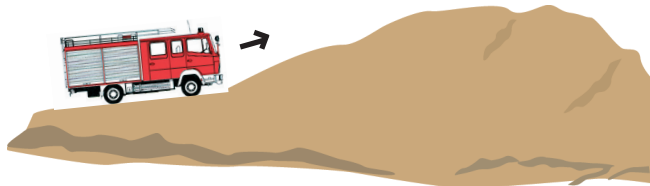


Standortwechsel

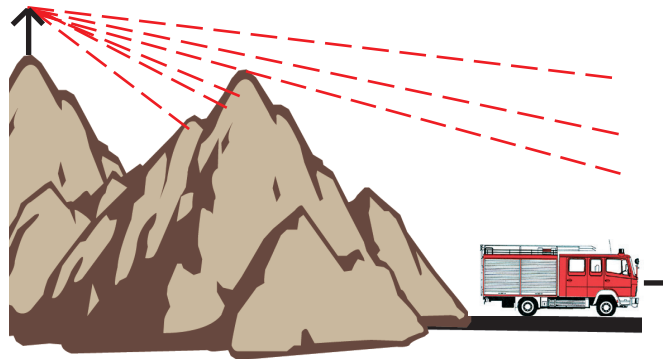


Wellenausbreitung

Möglichkeiten der Einflussnahme durch Standortwechsel



Höheren Standort wählen



Funkschatten verlassen/vermeiden



Antenne ausrichten