

1. Grundlegende technische, physikalische und betriebliche Zusammenhänge

Einführung

Funk ganz allgemein ist mittlerweile ein zentrales Element unseres Lebens geworden, überall begleitet er uns und oft sind wir schon in so starke Abhängigkeit geraten, dass sein „Nichtvorhandensein“ uns ganz erheblich einschränkt. Angefangen beim Babyphon über die Garagentorsteuerung weiter über unser WLAN im Haus, die „Satellitenschüssel“ auf dem Dach, das Handy/Smartphone und der Autoschlüssel in der Hosentasche, das UKW-Radio auf dem Küchenschrank ... – überall begleitet uns funkgestützte Technologie. Aber was ist das eigentlich – „Funk“? Funk erlaubt drahtlose Kommunikation, wodurch sich klar die Vorteile für eine Kommunikation zu ortsveränderlichen Einrichtungen ohne großen technischen Aufwand ergeben. Natürlich besteht gleichzeitig der Nachteil, dass jeder darauf zugreifen kann – vom Abhören der übertragenen Nachrichten bis zur Sabotage der gesamten Infrastruktur –, und diesem muss natürlich – je nach Sicherheitsbedürfnis der übertragenen Inhalte – Rechnung getragen werden. Die Feuerwehren bedienen sich natürlich auch der Kommunikation über Funk, wie viele andere auch, und das bedingt, dass technische, organisatorische und auch gesetzliche Voraussetzungen vorhanden sein müssen, um für alle Teilnehmer einen möglichst störungsfreien Betrieb zu gewährleisten. Man denke nur daran, dass unser Funk für den Angriffstrupp eine wichtige, ja überlebenswichtige Verbindung nach draußen darstellt.

Kommunikation, egal ob zwischen Menschen oder Maschinen, bedarf immer zweier Komponenten:

1. der zu übertragenden Nachricht und
2. eines Übertragungsweges.

Die zu übertragende **Nachricht** kann alle möglichen Inhalte darstellen, Steuersignale, Textdaten, Bilder, Filme, Töne usw. Aber – und das ist im Wesentlichen das, was uns hier interessieren soll – auch das gesprochene Wort.

Auch für den **Übertragungsweg** gibt es unterschiedliche Möglichkeiten: Man kann eine Nachricht auf einen Zettel schreiben, einem Boten übergeben, der seinerseits den Zettel dem Empfänger übergibt. Oder man benutzt Lichtsignale. Und auch das direkte Gespräch von Mensch zu Mensch folgt diesem Grundsatz, denn ohne den Übertragungsweg über die Luft, die durch Schallwellen in Schwingung versetzt wird, wäre eine Kommunikation durch Sprache gar nicht möglich. Genauso verhält es sich bei der Übertragung über Funk. Oder anders gesagt, Funk ist nur der Übertragungsweg.

Funkwellen

Sehen wir uns ein Funkgerät an, so fällt uns als Erstes meistens eine Antenne auf (manchmal ist diese auch im Gerät verbaut, so dass man sie nicht sieht):



Abb. 1.1 Funkgerät

Und tatsächlich ist die Antenne das Bauteil, das – ähnlich wie unsere Stimmbänder Schallwellen – Funkwellen aussendet, das bedeutet, an den umgebenden Raum übergibt. Die Funkwelle entsteht in der Antenne durch einen elektrischen Wechselstrom hoher Frequenz. Funkwellen sind eine Form der Energie, die physikalisch das Gleiche sind wie Licht. Der Überbegriff für alle diese Wellen ist **Elektromagnetische Welle**, dazu gehören unsere Funkwellen genauso wie das Licht oder auch Röntgenstrahlen oder Gammastrahlen.

Daraus könnte man ableiten, dass sich unsere Funkwellen vielleicht ähnlich wie das Licht verhalten, und tatsächlich ist das auch so. So wie das Licht an einer hellen Fläche oder an einem Spiegel reflektiert wird, so werden auch unsere Funkwellen reflektiert, z. B. an metallischen Flächen, aber auch an Gebäuden, Wänden, dem Boden, Wasserflächen oder Felsen (**Reflexion**). Dunkle Oberflächen reflektieren kein Licht (deswegen erscheinen sie ja dunkel, das Licht wird sozusagen „verschluckt“ – Fachbegriff absorbiert), auch die Funkwellen können absorbiert werden, vom Untergrund, von dichtem Bewuchs, aber auch von Menschenmengen (Absorption). Und natürlich nimmt die „Kraft“ (Fachbegriff: **Feldstärke**) unserer Funkwellen mit zunehmender Entfernung ab, und zwar ganz erheblich:

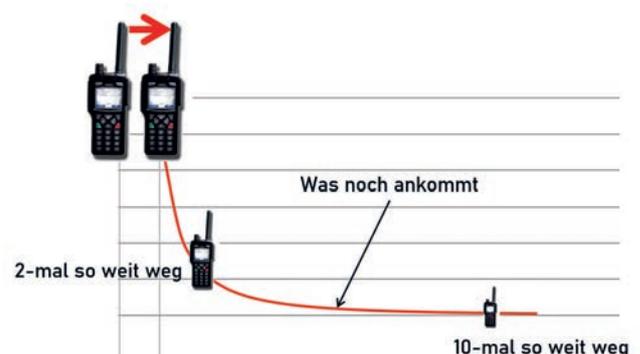


Abb. 1.2 Ausbreitung der Funkwellen

Bei doppelter Entfernung beträgt die Feldstärke nur noch ein Viertel, bei dreifacher Entfernung nur noch ein Neuntel bei zehnfacher Entfernung nur noch ein Hundertstel ... (die Feldstärke nimmt also quadratisch ab). Schließlich gibt es bei den Funkwellen, ebenso wie beim Licht, auch Schatten, große Gebäude können Funkwellen so abschatten, dass dahinter kein Empfang mehr möglich ist.

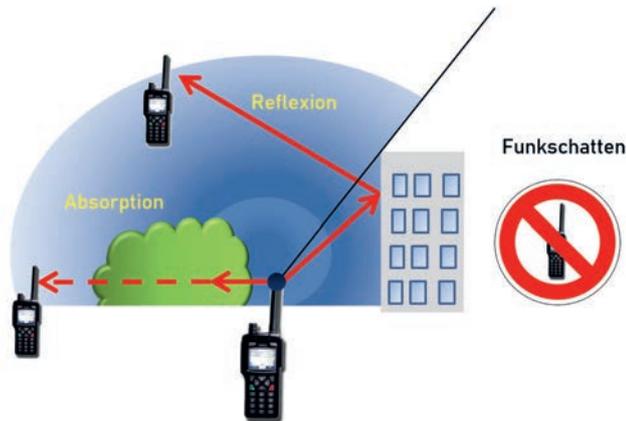


Abb. 1.3 Absorption, Reflexion und Funkschatten

All diese Faktoren beeinflussen also die **Reichweite** unserer Funkwellen, so dass wir uns als Grundsatz merken:

Merke

Die Eintreffmeldung (z. B. eines Fahrzeugs an der Einsatzstelle) darf erst abgegeben werden, wenn der endgültige Standort erreicht ist. Damit wird überprüft und sichergestellt, dass eine gute Verbindung zur Gegenstelle (z. B. Leitstelle) vorhanden ist.

Außerdem sollte beachtet werden:

- Die Antenne muss frei strahlen können.
- Hochspannungsleitungen, Brücken, hohe Häuser, geschlossene Räume, Bodensenken usw. nach Möglichkeit meiden.
- Zwischen den Funkstellen liegende Hindernisse können das Strahlungsfeld stark dämpfen und dadurch Sprechfunkverbindungen sehr verschlechtern oder gar unmöglich machen.
- Unmittelbar vor der Funkstelle bestehende Hindernisse in Richtung der Gegenstelle behindern die Ausbreitung entscheidend. Dazu gehören auch Menschenansammlungen.
- Bei ungünstigen Aufstellungsorten soll mindestens die Antenne frei herausragen können; evtl. abgesetzte ausfahrbare Antennenträger wie Antennenmast, Drehleiter, Lichtmast verwenden.
- Dicht vor der Funkstelle haltende und vorbeifahrende Fahrzeuge schwächen und stören den Sprechfunkverkehr. Deswegen möglichst dicht befahrene Straßen und Parkplätze meiden.
- Manchmal ist ein besserer Empfang schon durch einen geringen Standortwechsel (0,5 bis 2 m) zu erreichen.
- Die Antenne des Sprechfunkgerätes soll möglichst senkrecht zur Erdoberfläche stehen.

BOS und Wellenbereiche

Es gibt – wie man sich vorstellen kann – sicher nicht nur einen Anwender, der Sprechfunk betreibt, sondern sehr viele, etwa:

Flugfunk, Rheinfunk, Seefunk, Amateurfunk, Polizei, Hilfsorganisationen (z. B. Deutsches Rotes Kreuz), natürlich die Feuerwehr, Bundeswehr usw. All diese Benutzer übertragen Nachrichten, die nicht für die Allgemeinheit bestimmt sind – im Gegensatz zum Rundfunk, dessen Aussendungen für jedermann bestimmt sind. Sehen wir uns diese Teilnehmer an, so stellen wir fest, dass einige dabei sind, deren Aufgabe ganz allgemein formuliert die Sicherheit der Bevölkerung ist. Da es sich teilweise um Behörden (Polizei), teilweise um Organisationen (Hilfsorganisationen, etwa das DRK) handelt, werden diese in einer eigenen Gruppe zusammengefasst, den

Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben

kurz **BOS**. Dies ist festgelegt in den Bestimmungen für Frequenzuteilungen zur Nutzung für das Betreiben von Funkanlagen der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (kurz: „**BOS-Funkrichtlinie**“), die bundesweit vom Bund und den Ländern eingeführt ist. Es gibt ja BOS, die im Zuständigkeitsbereich des Bundes, des Landes, der Landkreise oder der Gemeinden zuständig sind. In § 4 ist festgelegt, wer das im Einzelnen ist:

- Polizei der Länder
- Polizei- und Katastrophenschutzbehörden, die dem Bundesministerium des Innern direkt unterstehen, die Katastrophenschutzbehörden der Länder, Gemeinden und Gemeindeverbände sowie private Organisationen des Katastrophenschutzes
- die Bundeszollverwaltung
- **die Feuerwehren**
- das Technische Hilfswerk
- die Hilfsorganisationen
 - Arbeiter-Samariter-Bund (ASB)
 - Deutsches Rotes Kreuz (DRK)
 - Johanniter-Unfallhilfe (JUH)
 - Malteser Hilfsdienst (MHD)

in einigen Bundesländern

- Deutsche Lebensrettungs-Gesellschaft (DLRG)
- Seenotrettungsdienst
- Bergwacht

Um diese Festlegung auch technisch umzusetzen, müssen natürlich die Funkwellen zugeteilt werden, damit die einzelnen Nutzer sich gegenseitig nicht ins Gehege kommen. Ein Kennwert der elektromagnetischen Welle ist ihre Länge (**Wellenlänge**). Damit ist nicht die Reichweite gemeint, sondern der Abstand zwischen z. B. zwei Wellenbergen. Ähnlich einem Stein, der ins Wasser fällt und um den sich die Wasserwellen kreisförmig ausbreiten, breiten sich auch die Funkwellen um die Antenne aus (allerdings kugelförmig):

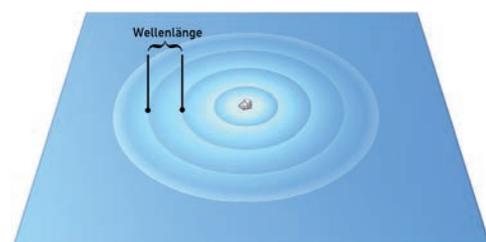


Abb. 1.4 Wasserwelle

Genauso wie man an einer Wasserwelle schön beobachten kann, wie sie mit zunehmender Entfernung zum Punkt, an dem der Stein ins Wasser gefallen ist, immer schwächer wird, so kann man sich auch vorstellen, dass die elektromagnetische Welle mit zunehmender Entfernung zur Antenne immer schwächer wird (s. oben). Die Wellenlänge wird – wie aus dem Namen hervorgeht – in Metern gemessen. Für Funkzwecke nutzbar sind Wellenlängen zwischen einigen Kilometern und wenigen Millimetern. Die BOS nutzen Wellenlängen im Meterbereich:

8 m, 4 m, 2 m und 0,7 m, wobei für unsere Betrachtungen nur die letzten drei von Bedeutung sind.

Modulation und Demodulation

Bisher haben wir nur elektromagnetische Wellen (Fachbegriff: **Trägerwelle**) in den Raum entlassen, (Abb. 1.5a). Dies geschieht allerdings nicht ständig, sondern immer nur dann, wenn wir am Funkgerät eine bestimmte Taste (**Sendetaste** oder PTT) betätigen. Um nun aber wirklich Information übertragen zu können, müssen wir diese der Trägerwelle mitgeben und irgendwo diese Trägerwelle wieder einfangen und ihr die Information wieder entnehmen. Praktisch ähnlich einem Förderband, auf dem an der einen Seite Pakete aufgeladen und auf der anderen Seite abgeladen werden (Abb. 1.5b). Die Fachbegriffe hierzu lauten **Modulation** und **Demodulation**.

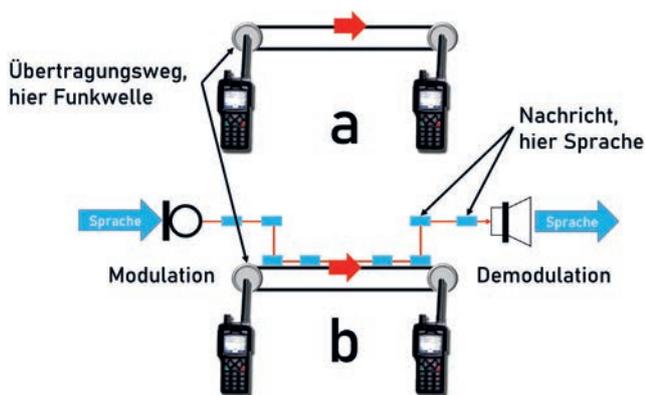


Abb. 1.5 Nachricht und Übertragungsweg, Modulation und Demodulation

Fassen wir nun Obiges zusammen, so muss ein Funkgerät aus folgenden Komponenten bestehen:

Mikrophon hier werden die Schallwellen in elektrischen Wechselstrom verwandelt, wir wollen ihn der Einfachheit halber als „Sprechwechselstrom“ bezeichnen

Modulation mehrere Komponenten, die diesen Wechselstrom auf einen hochfrequenten Wechselstrom aufmodulieren

Antenne hier wird dieser hochfrequente Wechselstrom mit der aufmodulierten Sprache in eine elektromagnetische Welle verwandelt und ausgesandt (Abb. 1.6).

Natürlich wollen wir nicht nur selbst zu anderen sprechen (senden), sondern auch hören, was andere sagen (empfangen), deshalb benötigen wir noch

Lautsprecher wandelt den demodulierten „Sprechwechselstrom“ in Schallwellen zurück,

die **Demodulation** wo durch mehrere Komponenten die elektromagnetische Welle vom „Sprechwechselstrom“ getrennt wird.

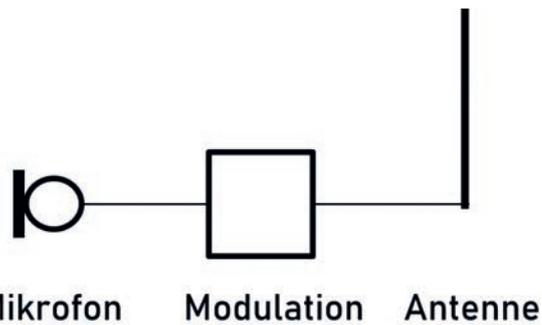


Abb. 1.6 Senden

Damit wir die für uns bestimmte Funkwelle von allen anderen trennen können, brauchen wir außerdem noch einen Filter. Das Prinzipschaltbild unseres Funkgerätes sieht also so aus:

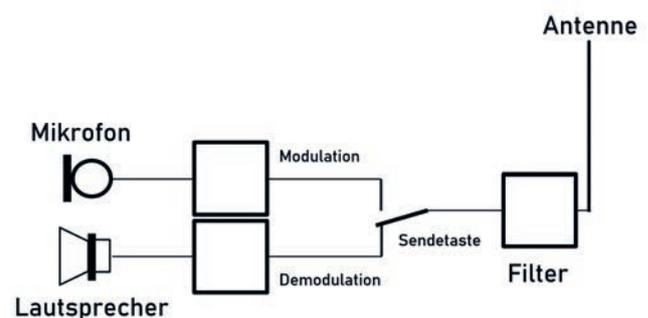


Abb. 1.7 prinzipieller Aufbau eines Funkgerätes



Abb. 1.8 Diese Komponenten des Funkgerätes haben wir schon kennengelernt.

Die Feuerwehren in Baden-Württemberg arbeiten derzeit noch mit zwei Funksystemen, das bisherige System – im allgemeinen Sprachgebrauch als **Analogfunk** bezeichnet – und das Nachfolgesystem – im Sprachgebrauch als **Digitalfunk** bezeichnet. Es wird noch eine Zeit dauern, bis der **Digitalfunk** den Analogfunk komplett abgelöst hat, deshalb müssen wir uns hier mit beiden Systemen beschäftigen.

Der wesentliche Unterschied zwischen beiden Systemen ist, dass der oben beschriebene „Sprechwechselstrom“, der aus dem Mikrophon kommt, noch **digitalisiert** wird. Digitalisieren bedeutet, dass der „Sprechwechselstrom“ nicht direkt auf die Welle aufmoduliert wird, sondern zu gewissen Zeiten abgetastet (gemessen) und der Messwert als Wert (Zahl!) übertragen wird (Abb. 1.9, S. 1/4).

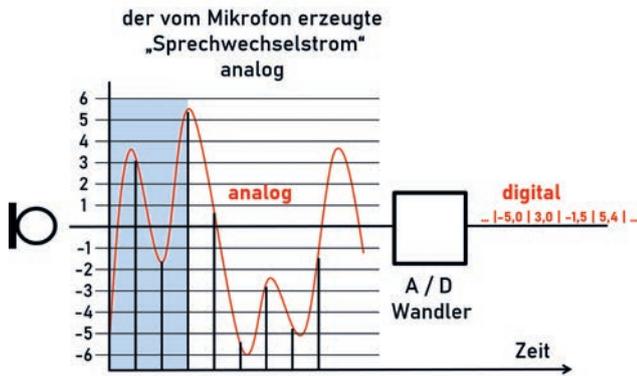


Abb. 1.9 Digitalisierung

In einer Komponente, die A/D-Wandler (Analog/Digital-Wandler) heißt, wird der analog der Schallwelle erzeugte „Sprechwechselstrom“ zu bestimmten Zeiten gemessen und dieser Messwert als Zahl übertragen (Abb. 1.9). Natürlich muss der Empfänger wieder aus den übertragenen Zahlenwerten den „Sprechwechselstrom“ zurückgewinnen, dies geschieht in einem D/A-Wandler (Abb. 1.10).

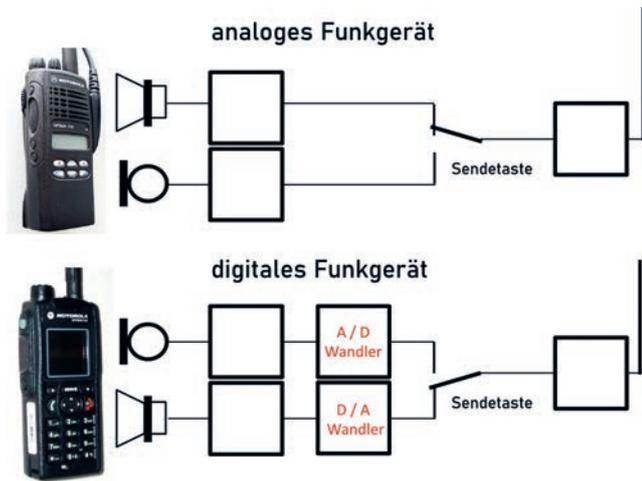


Abb. 1.10 Analoges und digitales Funkgerät

Im Analogfunk gibt es folgende Funkgerätetypen

Handsprechfunkgeräte
Fahrzeugfunkgeräte, die aber auch als Festfunkgeräte eingesetzt werden (z. B. in Feuerwehrräumen)

Im Digitalfunk gibt es folgende Funkgerätetypen

Handsprechfunkgeräte
 (auch als **HRT**
 – Handheld Radio Terminal – bezeichnet)

Fahrzeugfunkgeräte (auch als **MRT**
 – Mobile Radio Terminal – bezeichnet)

Ortsfeste Funkstellen (Feuerwehrräume, auch als **FRT** – Fixed Radio Terminal – bezeichnet)

Anlogfunk, Kanäle

Wir haben oben von Wellenbereichen gesprochen und gesehen, dass die BOS in den Bereichen 4 m, 2 m und 0,7 m angesiedelt sind. Für jeden dieser Bereiche gibt es eigene Funkgeräte und wir merken uns:

Merke	
4-m-Bereich	Analogfunk
2-m-Bereich	Analogfunk
0,7-m-Bereich	Digitalfunk (und für Sonderzwecke Analogfunk)

Diese Einteilung ist natürlich noch zu ungenau, vor allem auch deswegen, weil ja nicht nur ein BOS-Teilnehmer gleichzeitig funken soll. Die Wellenbereiche müssen also weiter unterteilt werden, diese Unterteilung heißt **Kanal**. Ein Kanal ist also ein festgelegter **physikalischer Übertragungsweg**. Wir können uns das vorstellen wie ein Dosentelefon:

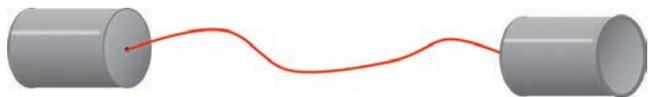


Abb. 1.11 Dosentelefon

Der 2-m-Bereich ist unterteilt in 92 Kanäle, also in unserem Beispiel wie 92 Schnüre, an die man seine Dose anschließen kann. Klar: Wenn man mit jemandem sprechen möchte, so muss das Gegenüber seine Dose an dieselbe Schnur anschließen, sonst funktioniert das nicht! Im 2-m-Bereich sind die Kanäle einfach durchnummeriert von 1 bis 92.

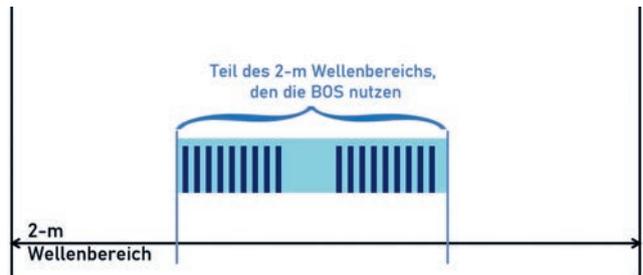


Abb. 1.12 Wellenbereich und Kanäle

Den Kanal kann man mit Hilfe des **Kanalwahlschalters** an jedem Funkgerät einstellen.



Kanalwahlschalter

Abb. 1.13 Kanalwahlschalter am 2-m-Fahrzeugfunkgerät „FuG 9b“

Analogfunk, Bandlage und Verkehrsarten

Allerdings ist es so, dass im 2-m-Bereich (und auch im 4-m-Bereich) ein Kanal nicht aus einem Übertragungsweg, sondern aus zweien besteht. Den einen Teil nennt man „**Unterband**“, den anderen „**Oberband**“. Das Oberband einzeln oder das Unterband einzeln nennt man „**Bandlage**“ (☞ Abb. 1.14).

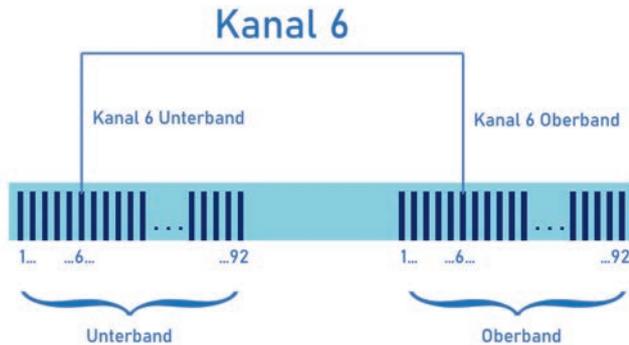


Abb. 1.14 Kanäle, Ober- und Unterband im 2-m-Bereich, z. B. Kanal 6

Wir haben jetzt drei Möglichkeiten, die wir als **Verkehrsarten** bezeichnen:

1. Richtungsverkehr

Wir nutzen nur eine Bandlage und das nur in eine Richtung. Diese Verkehrsart nennen wir Richtungsverkehr, und das ist so, wie wir das vom Radio her kennen. Hier können wir auch nur hören, aber uns (manchmal leider) nicht beteiligen (☞ Abb. 1.15).

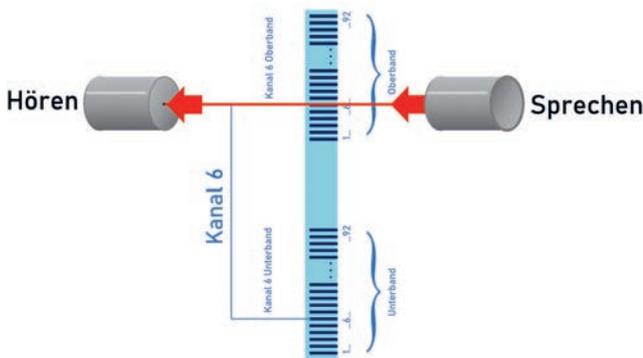


Abb. 1.15 Richtungsverkehr

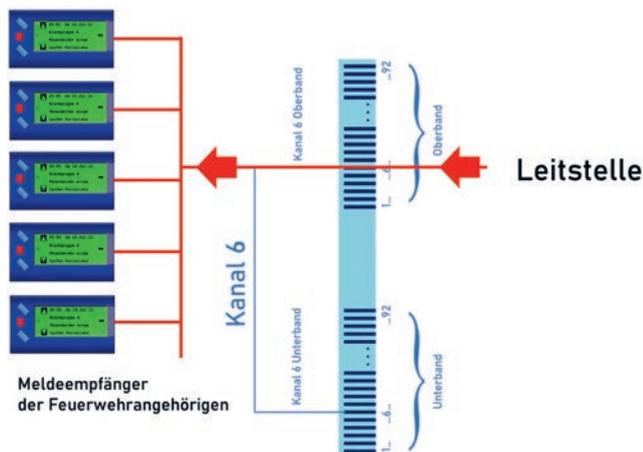


Abb. 1.16 Alarmierung

Alarmierung

Bei den BOS wird die Alarmierung über Richtungsverkehr abgewickelt, und zwar tatsächlich **im 2-m-Bereich im Oberband** auf fast allen Kanälen (es gibt auch eine ähnliche Alarmierungsmethode auf den Oberbändern des 4-m-Bereiches, diese kommt aber nur noch sehr vereinzelt zur Anwendung). Diese Alarmierung wird umgangssprachlich als „Digitale Alarmierung“ bezeichnet, hat aber nichts mit dem Digitalfunk zu tun (☞ Abb. 1.16).

Das Gerät, mit dem der Alarm in der Leitstelle (im Bild ILS) ausgelöst wird, heißt digitaler Alarmgeber (DAG). Allerdings ist eine direkte Verbindung zu den Meldeempfängern (aus topographischen Gründen) nicht möglich, so dass Zwischenstationen (digitale Alarmumsetzer, DAU) dazwischengeschaltet werden, die nichts anderes tun, als die empfangene Nachricht zwischenspeichern und kurz darauf auf dem gleichen Kanal und gleicher Bandlage wieder auszusenden. Ein ähnliches Gerät werden wir später noch im Digitalfunk kennenlernen, den sog. **Repeater** (☞ Abb. 1.17).

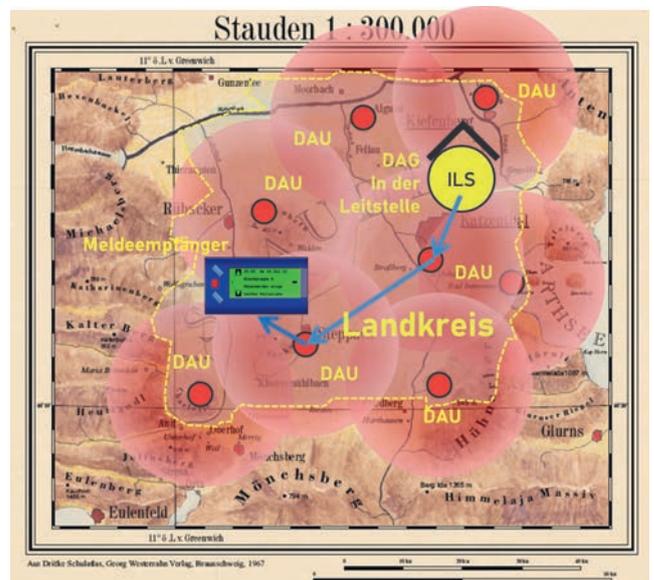


Abb. 1.17 DAG, DAU und Meldeempfänger

Wenn wir uns unseren Meldeempfänger (oft auch als digitaler Meldeempfänger bezeichnet (DME)) ansehen, stellen wir fest, dass er offensichtlich keine Antenne besitzt. Das ist nicht ganz richtig, die Antenne befindet sich im Innern des Gerätes, ist aber recht schwach. **Aus diesem Grund muss der Meldeempfänger immer am Körper getragen werden, da der menschliche Körper wie eine Antenne wirkt.** Nachts stellen wir unseren Meldeempfänger in seine Ladestation, die über eine Antenne verfügt. Es muss aber nicht jeden Abend die Ladehalterung mit dem Stromnetz verbunden werden, der Akku sollte nur geladen werden, wenn der Meldeempfänger es auf seinem Display anzeigt.