

# 1. Rechtliche Grundlagen

Um am Sprechfunkverkehr, vor allem wenn es sich um den der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben handelt, teilnehmen zu können, genügt es nicht, sich ein Funkgerät zu beschaffen und „einfach drauflos zu funken“. Denn allein die Tatsache, dass die Anzahl der Teilnehmer bei der Feuerwehr, der Polizei, dem Rettungsdienst usw. (unter den vielen anderen sonstigen Funkdiensten) sehr beträchtlich ist und für eine sichere Funkverbindung zusammenpassende Systeme verwendet werden müssen, bedingt, dass technische, organisatorische und auch gesetzliche Voraussetzungen vorhanden sein müssen, um für alle Teilnehmer einen möglichst störungsfreien Betrieb zu gewährleisten.

Insbesondere, wenn man daran denkt, dass für die Truppe vor Ort (Angriffstrupp) der Sprechfunk eine wichtige, ja überlebenswichtige Verbindung nach draußen darstellt, wird klar, dass der Sprechfunk so organisiert sein muss und sich jeder jederzeit so verhalten muss, dass Störungen des Funkbetriebes in jedem Fall verhindert werden.

## 1.1 Funkregelungen

Funkwellen machen an Verwaltungs- und Staatsgrenzen nicht halt. Deswegen werden von den Staaten internationale Vereinbarungen erarbeitet.

Eine für uns wichtige Regelung ist die

## 1.2 BOS-Funkrichtlinie

Für das Errichten von Sprechfunkbetriebsstellen – im Folgenden kurz „Funkstellen“ genannt – und das Betreiben von Sprechfunkverbindungen gilt die „Arbeitsanweisung für Frequenzuteilung zur Nutzung für das Betreiben von Funkanlagen der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben“ der Bundesnetzagentur [(BNetzA). Zur Anwendung innerhalb der BOS haben die Länder und der Bund beschlossen, diese Richtlinie wortgleich als Bestimmungen für Frequenzuteilungen zur Nutzung für das Betreiben von Funkanlagen der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) (kurz: „BOS-Funkrichtlinie“) zu übernehmen und in ihrem Zuständigkeitsbereich verbindlich ein-

zuführen. In dieser Richtlinie ist festgelegt, welche Behörden und Organisationen hierzu zählen (§ 4):

- 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)

Weiter sind hier

- die Bestimmungen für das Errichten und Betreiben von Funkanlagen der BOS
- die Überleitung des Funkverkehrs auf andere Fernmeldeanlagen
- die Funküberwachung und die Maßnahmen und Zuständigkeiten zur Beseitigung von Störungen und Beeinträchtigungen

beschrieben.

Ab § 17 der BOS-Funkrichtlinie ist das Anmelde- und Antragsverfahren für Funkstellen festgelegt. So muss beispielsweise eine Gemeinde, die für ihre Feuerwehr Funkgeräte beschaffen will, die Zustimmung des Innenministeriums vorlegen, um die Genehmigung (Frequenzuteilung) für den Betrieb von der BNetzA zu erhalten. Die BNetzA nimmt die hoheitlichen Aufgaben der ehemaligen Deutschen Bundespost wahr.

Da der BOS-Sprechfunk mittlerweile über zwei unterschiedliche Systeme abgewickelt wird (Analogfunk und Digitalfunk), unterscheiden sich hier auch das Anmeldeverfahren und die Voraussetzung zur Teilnahme am Sprechfunk (Abb. 1.1).

Voraussetzungen zur Teilnahme am BOS- Sprechfunk

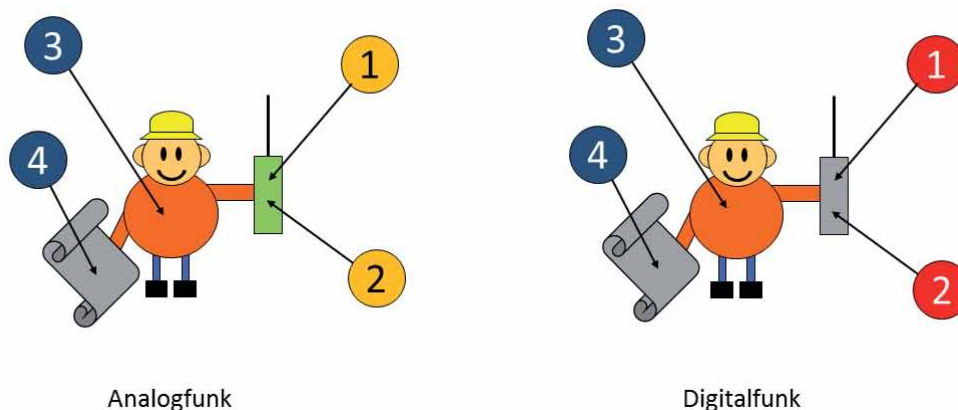


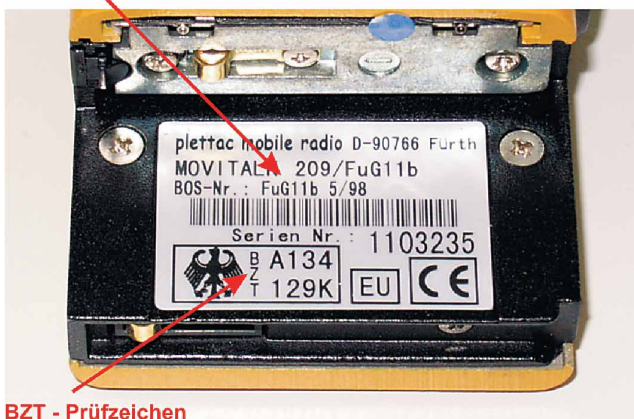
Abb. 1.1: Voraussetzungen zur Teilnahme am BOS-Sprechfunk

Die nachfolgenden Zahlen beziehen sich auf Abb. 1.1.

## Analogfunk:

- 1 Ein Funkgerät muss europäischen Richtlinien (ETS = European Telecommunications Standard) entsprechen. Ob ein Gerät geprüft ist, ist durch den Laien nur schwer zu erkennen. Früher wurde das durch das Bundesamt für Zulassungen in der Telekommunikation (BZT) überprüft und die Geräte durch den Bundesadler gekennzeichnet. **Zusätzlich** müssen Funkgeräte, die bei den BOS eingesetzt werden, noch eine Zulassung nach den Technischen Richtlinien der BOS besitzen. Zu diesem Zweck müssen diese durch die Zentralprüfstelle für drahtlose Fernmeldegeräte an der Landesfeuerwehrschule Baden-Württemberg geprüft sein. Ein geprüftes Gerät erkennt man an seiner Zulassungsnummer (Abb. 1.2).

### BOS - Prüfnummer



### BZT - Prüfzeichen

Abb. 1.2: Zulassungszeichen des BZT

- 2 Damit ein Funkgerät betrieben werden darf, benötigt man eine Genehmigung. Diese Genehmigung heißt Frequenzuteilung und man erhält sie von der Bundesnetzagentur (BNetzA). **Zusätzlich** gilt für BOS: Soll ein Funkgerät bei BOS eingesetzt werden, erhält man diese Frequenzuteilung nur, wenn man eine Genehmigung des Innenministeriums vorlegt.
- 3 Um am Sprechfunk teilnehmen zu können, benötigt man eine Ausbildung. Der Amateurfunker eine Amateurfunklizenz. Der Seefunker eine Seefunklizenz. Der Flugfunker eine Flugfunklizenz. Und die Feuerwehrangehörigen? Eine Sprechfunkausbildung nach FwDV 2.
- 4 Zusätzlich zur Ausbildung muss von Teilnehmern am BOS-Sprechfunk noch eine Verpflichtungserklärung unterschrieben werden (Kapitel 1.3).

## Digitalfunk:

- 1 Ein Funkgerät muss europäischen Richtlinien (ETS = European Telecommunications Standard) entsprechen. Ob ein Gerät geprüft ist, ist durch den Laien nur schwer zu erkennen. Früher wurde das durch das Bundesamt für Zulassungen in der Telekommunikation (BZT) überprüft und die Geräte durch den Bundesadler gekennzeichnet. So weit ist alles dasselbe. **Zusätzlich** müssen Funkgeräte, die bei den BOS eingesetzt werden, noch eine Zertifizierung durch die Bundesanstalt für den Digitalfunk der BOS (BDBOS) über sich ergehen lassen. Die Zertifizierung ist am Gerät nicht zu erkennen, da nicht zertifizierte Geräte gar nicht zum Einsatz kommen.

- 2 Der Digitalfunk verfügt (ähnlich wie die Mobilfunknetze („Handy“)) über ein eigenes Netz. Ähnlich wie in diesen Netzen benötigen die Endgeräte einen Zugang zum Netz, dieser erfolgt über die sogenannte „SI-Karte“ (Abb. 1.3):



Abb. 1.3: SI-Karte

- 3 Um am Sprechfunk teilnehmen zu können, benötigt man eine Ausbildung. Der Amateurfunker eine Amateurfunklizenz. Der Seefunker eine Seefunklizenz. Der Flugfunker eine Flugfunklizenz. Und die Feuerwehrangehörigen? Eine Sprechfunkausbildung nach FwDV 2.
- 4 Zusätzlich zur Ausbildung muss von Teilnehmern am BOS-Sprechfunk noch eine Verpflichtungserklärung unterschrieben werden (Kapitel 1.3).

## 1.3 Verschwiegenheitspflicht

Die Teilnehmer am Sprechfunkverkehr unterliegen der Verschwiegenheitspflicht (vgl. § 11 (1) Nr. 2 und 4 StGB). Dies gilt nicht nur für hauptberuflich, sondern auch für ehrenamtlich ein öffentliches Amt bekleidende bzw. im öffentlichen Dienst tätige Personen. Unabhängig davon fordert auch die BNetzA in ihren Auflagen zur Genehmigungsurkunde, dass der Genehmigungsinhaber – das ist bei den Feuerwehren die Gemeinde – das Bedienungspersonal – also die Feuerwehrangehörigen – auf die Verschwiegenheitspflicht hinweist.

Dieser Personenkreis ist nach dem Verpflichtungsgesetz förmlich zu verpflichten. Bei der Verpflichtung ist der zu Verpflichtende über den Inhalt der folgenden strafrechtlichen Bestimmungen aufzuklären und eine Verpflichtungsniederschrift anzufertigen (es gilt der im BGBl. veröffentlichte Wortlaut). Im Wesentlichen sind das:

### § 201 Verletzung der Vertraulichkeit des Wortes

(1) Mit Freiheitsstrafen bis zu drei Jahren oder mit Geldstrafe wird bestraft, wer unbefugt

1. das nichtöffentlich gesprochene Wort eines anderen auf einen Tonträger aufnimmt oder
2. eine so hergestellte Aufnahme gebraucht oder einem Dritten zugänglich macht.

(2) Ebenso wird bestraft, wer unbefugt das nicht zu seiner Kenntnis bestimmte nichtöffentlich gesprochene Wort eines anderen mit einem Abhörgerät abhört.

(3) Mit Freiheitsstrafe bis zu fünf Jahren oder mit Geldstrafe wird bestraft, wer als Amtsträger oder als für den öffentlichen Dienst besonders Verpflichteter die Vertraulichkeit des Wortes verletzt (Absätze 1,2).

(4) Der Versuch ist strafbar.

(5) Die Tonträger und Abhörgeräte, die der Täter oder Teilnehmer verwendet hat, können eingezogen werden.

**§ 203 Verletzung von Privatgeheimnissen**

(1) Wer ..., wird mit Freiheitsstrafe bis zu einem Jahr oder mit Geldstrafe bestraft.

(2) Ebenso wird bestraft, wer unbefugt ein fremdes Geheimnis, namentlich ein zum persönlichen Lebensbereich gehörendes Geheimnis oder ein Betriebs- oder Geschäftsgeheimnis, offenbart, das ihm als

1. Amtsträger,
2. für den öffentlichen Dienst besonders Verpflichteten,
3. Person, die Aufgaben oder Befugnisse nach dem Personalvertretungsrecht wahrnimmt,
4. Mitglied eines für ein Gesetzgebungsorgan des Bundes oder eines Landes tätigen Untersuchungsausschusses, sonstigen Ausschusses oder Rates, das nicht selbst Mitglied des Gesetzgebungsorgans ist oder als Hilfskraft eines solchen Ausschusses oder Rates oder
5. öffentlich bestelltem Sachverständigen, der auf die gewissenhafte Erfüllung seiner Obliegenheiten auf Grund eines Gesetzes förmlich verpflichtet worden ist, anvertraut worden oder sonst bekannt geworden ist. Einem Geheimnis im Sinne des Satzes 1 stehen Einzelangaben über persönliche oder sachliche Verhältnisse eines anderen gleich, die für Aufgaben der öffentlichen Verwaltung erfasst worden sind; Satz 1 ist jedoch nicht anzuwenden, soweit solche Einzelangaben anderen Behörden oder sonstigen Stellen für Aufgaben der öffentlichen Verwaltung bekannt gegeben werden und das Gesetz dies nicht untersagt.

(3) ...

(4) Die Absätze 1 bis 3 sind auch anzuwenden, wenn der Täter das fremde Geheimnis nach dem Tode des Betroffenen unbefugt offenbart.

(5) Handelt der Täter gegen Entgelt oder in der Absicht, sich oder einen anderen zu bereichern oder einen anderen zu schädigen, so ist die Strafe Freiheitsstrafe bis zu zwei Jahren oder Geldstrafe.

**§ 331 Vorteilsannahme**

(1) Ein Amtsträger oder ein für den öffentlichen Dienst besonders Verpflichteter, der einen Vorteil als Gegenleistung dafür fordert, sich versprechen lässt oder annimmt, dass er eine Dienstleistung vorgenommen hat oder künftig vornehmen wird, wird mit Freiheitsstrafe bis zu zwei Jahren oder mit Geldstrafe bestraft.

(2) Ein Richter oder Schiedsrichter, der einen Vorteil als Gegenleistung dafür fordert, sich versprechen lässt oder annimmt, dass er eine richterliche Handlung vorgenommen hat oder künftig vornehmen wird, wird mit Freiheitsstrafe bis zu drei Jahren oder mit Geldstrafe bestraft. Der Versuch ist strafbar.

(3) Die Tat ist nicht nach Absatz 1 strafbar, wenn der Täter einen nicht von ihm geforderten Vorteil sich versprechen lässt oder annimmt und die zuständige Behörde im Rahmen ihrer Befugnisse entweder die Annahme vorher genehmigt hat oder der Täter unverzüglich bei ihrer Anzeige erstattet und sie die Annahme genehmigt.

**§ 332 Bestechlichkeit**

(1) Ein Amtsträger oder ein für den öffentlichen Dienst besonders Verpflichteter, der einen Vorteil als Gegenleistung dafür fordert, sich versprechen lässt oder annimmt, dass er eine Diensthandlung vorgenommen hat oder künftig vornehmen und dadurch seine Dienstpflichten verletzt hat oder verletzen würde, wird mit Freiheitsstrafe von sechs Monaten bis zu fünf Jahren, in minder schweren Fällen mit Freiheitsstrafe bis zu drei Jahren oder mit Geldstrafe bestraft. Der Versuch ist strafbar.

(2) Ein Richter oder Schiedsrichter, der einen Vorteil als Gegenleistung dafür fordert, sich versprechen lässt oder annimmt, dass er eine richterliche Handlung vorgenommen hat oder künftig vornehmen und dadurch seine richterlichen Pflichten verletzt hat oder verletzen würde, wird mit Freiheitsstrafe von einem Jahr bis zu zehn Jahren, in minder schweren Fällen mit Freiheitsstrafe von sechs Monaten bis zu fünf Jahren bestraft.

(3) Falls der Täter den Vorteil als Gegenleistung für eine künftige Handlung fordert, sich versprechen lässt oder annimmt, so sind die Absätze 1 und 2 schon dann anzuwenden, wenn er sich dem anderen gegenüber bereit gezeigt hat,

1. bei der Handlung seine Pflichten zu verletzen oder,
2. soweit die Handlung in seinem Ermessen steht, sich bei Ausübung des Ermessens durch den Vorteil beeinflussen zu lassen.

**§ 353 b Verletzung des Dienstgeheimnisses**

(1) Wer ein Geheimnis, das ihm als

1. Amtsträger,
2. für den öffentlichen Dienst besonders Verpflichteten oder
3. Person, die Aufgaben oder Befugnisse nach dem Personalvertretungsrecht wahrnimmt, anvertraut worden oder sonst bekannt geworden ist, unbefugt offenbart und dadurch wichtige öffentliche Interessen gefährdet, wird mit Freiheitsstrafe bis zu fünf Jahren oder mit Geldstrafe bestraft. Hat der Täter durch die Tat fahrlässig wichtige öffentliche Interessen gefährdet, so wird er mit Freiheitsstrafe bis zu einem Jahr oder mit Geldstrafe bestraft.

(2) Der Versuch ist strafbar.

(3) Ist der Täter bei einem Gesetzgebungsorgan des Bundes oder eines Landes oder für ein solches Gesetzgebungsorgan tätig, so wird die Tat nur mit Ermächtigung des Präsidenten des Gesetzgebungsorgans verfolgt; ist der Täter sonst bei einer Behörde oder anderen amtlichen Stelle des Bundes oder für eine solche Behörde oder Stelle tätig, so wird die Tat nur mit Ermächtigung der obersten Bundesbehörde verfolgt. In anderen Fällen wird sie nur mit Ermächtigung der obersten Landesbehörde verfolgt.

**§ 358 Nebenfolgen**

Neben einer Freiheitsstrafe von mindestens sechs Monaten wegen einer Straftat nach den §§ 332, 336, 340, 343, 344/345 Abs. 1,3, §§ 348, 352 bis 353 b, 354, 355 und 357 kann das Gericht die Fähigkeit, öffentliche Ämter zu bekleiden (§ 45 Abs. 2), aberkennen.

Dies ist deshalb wichtig, weil der Verstoß rechtliche Konsequenzen für alle Personen hat, die ein öffentliches Amt bekleiden, egal ob sie verpflichtet worden sind oder nicht. So kann jemand, der beispielsweise als Privatperson gegen den § 201 StGB verstößt, mit einer Gefängnisstrafe bis zu drei Jahren bestraft werden, tut er dies als Person, die ein öffentliches Amt bekleidet (z. B. Angehöriger einer Feuerwehr), kann er für das gleiche Vergehen mit einer Gefängnisstrafe bis zu fünf Jahren bestraft werden.

Ein Muster dieser Verpflichtungsniederschrift findet sich als Anlage 1 zur FwDV 810.

Damit sind an sich die organisatorischen Voraussetzungen gegeben, die einen geordneten Funkverkehr zulassen. Allerdings muss es auch auf der technischen Seite Normen geben, um einerseits die Einheitlichkeit des Systems und Kompatibilität der Geräte zu gewährleisten und andererseits die gegenseitigen Störungen, die die immer größer werdende Anzahl der Funkstellen und Funkdienste mit sich bringt, auf ein Minimum zu reduzieren.

## 1.4 Telekommunikationsgesetz (TKG)

Das Telekommunikationsgesetz (TKG), das sich aus der Fernmeldehoheit des Bundes ergibt, regelt

- die Fernmeldehoheit
- die Überwachung von Verleihungsbedingungen
- strafrechtliche Bestimmungen (insbesondere was das Betreiben von nicht genehmigten Funkanlagen betrifft)
- die Eingriffsbefugnisse der Ordnungsbehörden.

## 1.5 Feuerwehrdienstvorschrift 810

Die für den Sprechfunkbetrieb wichtigste Vorschrift ist die FwDV 810.

Diese Vorschrift enthält die einheitlichen Regelungen für den gesamten Fernmeldebetriebsdienst. In den Hauptabschnitten 1 bis 4 sind die allgemeinverbindlichen Bestimmungen und in den nachfolgenden Abschnitten die speziellen Regelungen für die Durchführung des Fernmeldeverkehrs in den einzelnen Betriebsarten festgelegt.

Die Feuerwehrdienstvorschrift 810 (FwDV 810) entspricht im Wesentlichen der PDV/DV 810.3. Sie enthält alle für die im Bereich der BOS zur einheitlichen Durchführung des Sprechfunkdienstes notwendigen Festlegungen wie beispielsweise die

- Regelung der Betriebsaufsicht,
- Verschwiegenheitspflicht,
- Zusammenarbeit zwischen Funkdiensten der BOS,
- Eintragungen und Aufbewahrungszeiten der Betriebsunterlagen,
- Arten von Sprechfunknachrichten,
- Vorrangstufen,
- Verkehrsarten und -formen,
- Verkehrsabwicklung,
- Sicherung des Sprechfunkverkehrs,
- Durchführung von Übungen.

Die FwDV 810 ist vom Innenministerium eingeführt und für die Durchführung des Sprechfunkverkehrs verbindlich.

Die wichtigsten Festlegungen der FwDV 810 liegen im Anhang dieser Lehrstoffblätter abgedruckt.

## 1.6 Zulassung von Funkanlagen

Alle neu entwickelten Fernmeldegeräte müssen bestimmten technischen Anforderungen nach ETS (European Telecommunication Standard) genügen. Prüfungen, die bis 1998 ausschließlich durch das Bundesamt für Zulassungen in der Telekommunikation T (BZT) als hoheitliche Aufgabe vorgenommen werden durften (vgl. Abb.1.2, BZT-Nummer), werden jetzt von akkreditierten Prüflabors durchgeführt.

### 1.6.1 Technische Richtlinien der BOS

Um die Zusammenarbeit der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) insbesondere bei überörtlichen Einsätzen zu gewährleisten, ist für alle BOS die Ausstattung mit Funkanlagen einheitlicher Leistungsmerkmale erforderlich. Diese Merkmale sind zusätzlich in den „Technischen Richtlinien der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben“ (TR BOS) festgelegt, die von der Technischen Kommission der Polizei im Arbeitskreis II im Einvernehmen des Ausschusses für Informations- und Kommunikationswesen (AluK) der ständigen Innenministerkonferenz erarbeitet werden.

Die Zulassung eines Funkgerätes nach einer TR BOS erfolgt erst nach der Typprüfung durch die Zentralprüfstelle für Funkgeräte an der Landesfeuerwehrschule Baden-Württemberg in Bruchsal.

Nach erfolgreicher Prüfung erhält das jeweilige Gerät die Zulassung mit der jeweiligen Bezeichnung der entsprechenden TR BOS, der laufenden Nummer und der Jahresangabe, die auf jedem zugelassenen Gerät angebracht ist, z. B. FuG 11b 05/98 (Abb. 1.2). (Früher wurden auch Geräteprüfungen durch die Beschaffungsstelle beim Bundesministerium des Inneren in Bonn durchgeführt.)

Es werden gemäß Beschluss der Innenministerkonferenz seit dem 1. Juli 1976 nur noch Anträge für Funkanlagen der BNetzA zur Genehmigung vorgelegt, wenn diese einer TR BOS entsprechen.

Änderungen von Eigenschaften und Werten an den zugelassenen Geräten durch Hersteller, andere Firmen oder den Betreiber bedürfen der Zustimmung der Prüfstellen. Bei eigenmächtigen Veränderungen oder sog. „Verbesserungen“ erlischt ebenfalls diese Zulassung.



## 2. Technische und physikalische Grundlagen

Für das Erfassen der technischen Zusammenhänge im Sprechfunkdienst ist es wichtig, dass einige physikalische Grundlagen erläutert werden. Dabei wird versucht, auf physikalische Theorien nur so weit einzugehen, wie für das Verständnis der nachfolgenden Erklärungen unbedingt nötig ist.

### 2.1 Elektromagnetische Wellen

Für die drahtlose Nachrichtenübertragung, unabhängig, ob diese digital oder analog erfolgt, werden in der Nachrichtentechnik die Eigenschaften hochfrequenter elektromagnetischer Wellen ausgenutzt, deren Natur die Grundlage eines großen Teils moderner Kommunikationsmittel ist.

Ursächlich für jede elektromagnetische Welle ist eine Wechselspannung, wie man sie im Prinzip von der gewöhnlichen Netzspannung her kennt. Der Strom durchfließt in diesem Fall die Zuleitung und den Verbraucher (z. B. Glühlampe, Staubsauger) nicht gleichförmig in einer Richtung (wie beim Gleichstrom, Autobatterie), sondern wechselnd in zwei Richtungen. Der Wechselstrom, den das Elektrizitätswerk liefert, schwingt in jeder Sekunde 50-mal hin und her, d. h. der Strom wechselt in der Sekunde 50-mal seine Richtung. Man sagt, seine Frequenz betrage 50 Hertz (Hz), es gilt:

1 Hz =	1	Schwingungen	je Sekunde
1000 Hz =	1000	Schwingungen	je Sekunde = 1 kHz
1 000 000 Hz =	1000 000	Schwingungen	je Sekunde = 1 MHz

(kHz = Kilohertz, MHz = Megahertz)

Im zeitlichen Ablauf handelt es sich aber nicht um ein plötzliches Wechseln von plus nach minus, sondern um ein An- und Abschwellen in Form einer Sinuskurve (Abb. 2.1).

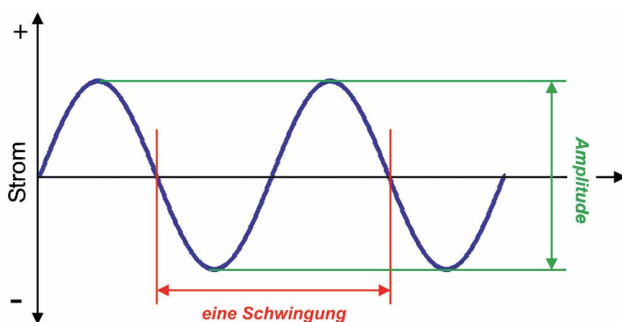


Abb. 2.1: Wechselstrom

Dieser Wechselstrom hat zwei Kenngrößen, nämlich seine maximale Auslenkung, die Amplitude und die oben schon erwähnte Frequenz.

Frequenzen über 1 MHz bezeichnet der Fachmann als Hochfrequenz. Sie haben die Eigenschaft, nicht nur Ströme in einem Leiter fließen lassen zu können, sondern können auch außerhalb des Leiters ein Feld aufbauen, d. h. eine elektromagnetische Welle in den Raum entsenden.

Im Modell kann man sich das Verhalten der elektromagnetischen Wellen ähnlich den Wasserwellen vorstellen, die

entstehen, wenn man einen Stein auf eine ruhende Wasseroberfläche wirft. Im Gegensatz dazu breiten sich die elektromagnetischen Wellen nicht flächig, sondern räumlich um den Leiter (Antenne) aus.

Ausgehend vom Nullpunkt strebt die Welle einem positiven Maximum zu, um anschließend umzukehren und dem negativen Maximum zuzustreben, wie sich auch oben schon der Wechselstrom verhalten hat. Allerdings handelt es sich bei der elektromagnetischen Welle um ein dauerndes Umwandeln eines elektrischen Feldes in ein magnetisches Feld und umgekehrt. Dieser Vorgang findet nicht nur zeitlich statt, sondern ist vor allem auch dadurch gekennzeichnet, dass sich immer wiederholende Punkte gleichen Zustandes durch einen konstanten räumlichen Abstand gekennzeichnet sind. Dieser Abstand heißt Wellenlänge.

Wir haben gesehen, dass einerseits die Ursache einer elektromagnetischen Welle ein hochfrequenter elektrischer Strom ist, der mit einer gewissen Schwingungszahl je Sekunde (Frequenz) wechselt. Dieser kann sich mit einer räumlichen Ausdehnung von der Antenne lösen.

Um den Zusammenhang zwischen Wellenlänge und Frequenz herzustellen, müssen wir eine dritte Größe einführen, nämlich die Geschwindigkeit, mit der sich die elektromagnetischen Wellen von der Antenne entfernen. Diese Geschwindigkeit wird als Ausbreitungsgeschwindigkeit bezeichnet und beträgt für alle elektromagnetischen Wellen ca. 300 000 km/s = 300 000 000 m/s (diese Geschwindigkeit ist die Lichtgeschwindigkeit und entspricht einer 8fachen Umrundung der Erde in 1 Sekunde). Der Lichtgeschwindigkeit wird der Buchstabe  $c$  als Formelzeichen zugeteilt. Je höher die Frequenz der Wechselspannung ist, desto kürzer wird die Wellenlänge der ausgesendeten Welle.

#### Gedankenexperiment:

Stellen Sie sich vor, in eine einspurige Engstelle einer Straße fahren hintereinander Autos gleicher Länge, alle Stoßstange an Stoßstange, ein. Wir setzen voraus, dass die Geschwindigkeit der Autos (übertragen die Ausbreitungsgeschwindigkeit) immer gleich groß ist. Fahren nun kürzere Autos in die Engstelle ein, können sicher in der gleichen Zeit mehr Autos (übertragen die Frequenz) die Engstelle durchfahren, als wenn längere Autos einfahren. Die Länge der Autos entspricht hier der Wellenlänge.

Die Geschwindigkeit der Autos beträgt 10 m/s (Ausbreitungsgeschwindigkeit), die Länge eines Autos 2 m (Wellenlänge). Es werden nun wohl 5 Autos pro Sekunde die Engstelle passieren. Fahren nun Autos einer Länge von 5 m in die Engstelle ein, werden wohl nur 2 Autos pro Sekunde durchkommen.

$$\text{Anzahl Autos} = \frac{\text{Geschwindigkeit}}{\text{Länge der Autos}}$$

Ebenso ergibt sich das Verhältnis zwischen wirklicher Wellenlänge, Ausbreitungsgeschwindigkeit und Frequenz. Man teilt der Wellenlänge den griechischen Buchstaben  $\lambda$  (Lambda), der Ausbreitungsgeschwindigkeit den Buchstaben  $c$  (s. o.) und der Frequenz den Buchstaben  $f$  als Formelzeichen