

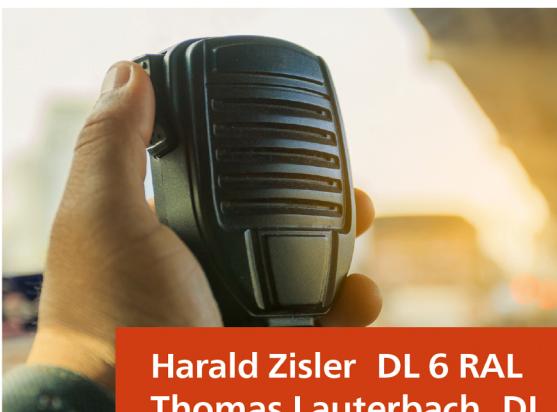
HAM RADIO · ERP · ANTENNENBAU

BETRIEBSART · DIGITALFUNK · MORSEN



SOFTWARE DEFINED RADIO · DARC

FREQUENZ · SENDER · MODULATION



Harald Zisler DL 6 RAL  
Thomas Lauterbach DL 1 NAW

# Amateurfunk

Das umfassende Handbuch

- Vom Software Defined Radio bis zur eigenen Funkstation
- Elektrotechnik, Digitalfunk, Antennen, Messtechnik
- Das Technikwissen der Funkamateure: für die Prüfungsvorbereitung

4., aktualisierte und erweiterte Auflage  
zum Fragenkatalog 2024



Rheinwerk  
Computing

# Vorwort

Man sieht sie nicht, man spürt sie nicht und man hört sie nicht – und trotzdem existieren die Funkwellen.

*Funken* – das ist ein altes Wort für drahtlose Kommunikation. Was steckte dahinter?  
»Naja, da sind so Wellen ... die gehen irgendwo hin.«

Wie genau das funktioniert, erfahren Sie hier samt den physikalischen Grundlagen. Sie lernen, wann und warum überhaupt Strom fließt, welche Grundbauteile es gibt und wie man misst. Schließlich erfahren Sie einiges über die Grundlagen des Funkempfangs, der Sendetechnik und der Ausbreitung der Funkwellen. Sie erfahren aber auch einiges über den Amateurfunk.

Der Amateurfunk ist hierzulande die legale Möglichkeit, sich mit Sendetechnik zu befassen und ist eine sehr spannende Beschäftigung. Grund genug, diesen Funkdienst hier aus technischer Sicht ebenso genauer vorzustellen.

In früheren Zeiten nannte man Menschen, die sich in ihrer Freizeit mit Elektronik und Funktechnik befassten, *Radiobastler*. Heute führen diese Tradition die *Maker* fort, sie erkunden die technischen Möglichkeiten der modernen, auch rechnergestützten Elektronik. Funkamateure zählen zu ihnen.

Funkamateure betreiben aktiv Völkerverständigung. Dies geschieht in transparenter Weise. Jedermann darf den Gesprächen der Funkamateure zuhören. Bei den großen, überregionalen Veranstaltungen (z. B. HAM-Radio in Friedrichshafen) treffen sich oftmals die Gesprächspartner, die aus allen Ländern und Kontinenten stammen. Dabei lernt man sich noch besser kennen und schätzen. Im Äther ist es egal, woher jemand stammt und welchen Beruf man ausübt. Hier zählen nicht Alter, Hautfarbe, körperliche Einschränkungen, Geschlecht, sondern vor allem Fairness und freundliches Auftreten. Kommt noch eine kleine Portion technisches Verständnis hinzu, bewegt man sich schon sicher durch die Funkbänder.

Der Amateurfunk fasziniert seit Jahrzehnten die Menschen. Und trotz Handy und Internet ist in letzter Zeit das Interesse an dieser Freizeitbeschäftigung wieder stark gestiegen.

Es hat einen sehr hohen Reiz, »auf Sendung« zu gehen. Und dafür bietet der Amateurfunkdienst weltweit den legalen Rahmen für alle, die dies nicht beruflich dürfen.

Für viele Menschen öffnet die Beschäftigung mit der Funktechnik auch neue berufliche Möglichkeiten. Die im Amateurfunk gewonnenen technischen Kenntnisse helfen in vielen Fachgebieten weiter.

Der gesellschaftliche Stellenwert des Amateurfunks ist je nach Nation unterschiedlich. Es gibt Länder, in denen ist der Amateurfunkdienst mit seinen Teilnehmern

hoch angesehen und in Aufgaben der Daseinsvorsorge fest einbezogen wird. Im Katastrophenfall stellen diese Menschen dann lebenswichtige Nachrichtenverbindungen sicher – wenn Handy und Internet schon längst nicht mehr funktionieren. Auch hierzulande wurde dies von der Politik erkannt und es gibt entsprechende Rahmenvereinbarungen zwischen den Amateurfunkvereinigungen und den Ministerien.

Manche Funkamateure schaffen technische Neuentwicklungen, die später der Allgemeinheit zugutekommen. Das können z. B. neuartige digitale Übertragungsverfahren oder neue Antennenformen sein. Die Menschen hinter diesen Forschungsarbeiten und Erfindungen verfügen oft über viel Herzblut für ihr Projekt. Es gibt sogar die eine oder andere Hochtechnologiefirma, auch hier in Deutschland, die von Funkamateuren geleitet wird.

Sportliche Funkamateure nehmen an Peilwettbewerben teil. Hier müssen die durchtrainierten Läufer gut versteckte Kleinsender (»Füchse«) innerhalb kürzester Zeit im Gelände finden und dazu noch eine mehr oder weniger lange Strecke im Sprint zurücklegen.

Eine weitere Hochleistungsdisziplin bilden Telegrafiemeisterschaften. Hier kommt es auf gute Konzentration an. Rasend schnell gegebene Morsetexte müssen fehlerfrei mitgeschrieben werden.

Das wichtigste aber: Es macht verdammt viel Spaß zu funken! Man kann auf mehr oder weniger hohe Berge steigen und mit seiner kleinen, tragbaren Ausrüstung Kontakte in alle Welt herstellen! Sie können sich im kalten Novembernebel von zuhause aus mit einer Station im brasilianischen Busch über die jeweiligen Lebensumstände austauschen und so Ihre Fremdsprachenkenntnisse wieder reaktivieren! Sie können Antennen und Geräte aufbauen und diesen Erfolg genießen. Mithilfe des Computers kommunizieren Sie per Funk mit der ganzen Welt, und das sogar mit geringen Sendeleistungen und bei schlechter Empfangslage. In ganz besonderen Situationen können Sie sogar Menschenleben retten. Sie können spannende Experimente durchführen und die Gesetze der Physik selbst am Objekt erfahren! All dies gehört zum Amateurfunk - und schafft Freude!

## Was dieses Buch leistet

Dieses Buch führt Sie allgemein in die physikalischen und technischen Grundlagen der Funktechnik und des Amateurfunks ein. Dabei werden keine besonderen Vorkenntnisse vorausgesetzt. Sie erfahren, was es alles zu entdecken gibt. Das Buch steht als Bindeglied zwischen den Maker-Publikationen und der weiterführenden Fachliteratur. Zusätzlich soll es auch helfen, Funkamateuren auf dem Weg zur Prüfung zu unterstützen. Und nach der Prüfung geht es um die technischen Details der eigenen Funkstation.

Auch in der 4. Auflage wurden die neuen Inhalte der Amateurfunkprüfungen berücksichtigt, die ab Juni 2024 gelten. Die Digitaltechnik hat schon lange im Amateurfunk ihren festen Platz. Die entsprechenden Beiträge wurden von Prof. Dr. Thomas Lauterbach, DL 1 NAW, erstellt.

Egal, ob Sie nun einfach verstehen möchten, was Funk überhaupt ist, oder das Buch als ergänzende Literatur zur Vorbereitung auf die Amateurfunkprüfung und der Zeit danach nutzen möchten, wünschen wir Ihnen viel Spaß mit der Beschäftigung dieses spannenden Bereichs.

Wir bedanken uns bei allen, die zum Gelingen dieses Werkes beigetragen haben, insbesondere bei Jörg Rippel, DJ 4 WD, Prof. Henrik Schulze, Dr. Matthias Zisler und Simon Braun, DL 6 SZ und Thomas Weller, DK 3 TU.

**Harald Zisler, DL 6 RAL**

**Prof. Dr. Thomas Lauterbach, DL 1 NAW,**  
Freudenberg und Nürnberg, im Januar 2026

# Geleitwort des DARC e. V.:

## Eine faszinierende Welt – der Amateurfunk

Als im frühen 20. Jahrhundert Menschen begannen, sich mit Funktechnik zu beschäftigen, haben sie noch nicht ahnen können, welchen Weg die Menschheit mit den frisch gewonnenen Erkenntnissen einschlagen würde. Die Zeit zeigte, dass die Funktechnik weit mehr ist, als sie nur rein kommerziell anzuwenden. So gab es schon immer Menschen, die auch privat von der Funktechnik in den Bann gezogen waren. Dieses Erbe bewahrt der Amateurfunkdienst bis in die heutige Zeit in einer einzigartigen Form. Grundlage ist das *Amateurfunkgesetz* (AFuG). Dieses Buch unterstreicht die Definition in § 1 Abs. 2. So wird der Amateurfunkdienst von »Funkamateuren untereinander, zu experimentellen und technisch-wissenschaftlichen Studien, zur eigenen Weiterbildung, zur Völkerverständigung und zur Unterstützung von Hilfsaktionen in Not- und Katastrophenfällen wahrgenommen«.

Wir freuen uns daher sehr, dass Harald Zisler mit diesem Buch allen eine hervorragende Hilfestellung bietet, die sich für den Amateurfunk interessieren und Teil unserer Gemeinschaft werden wollen. Er gibt Ihnen nicht nur einen ersten Einblick in die Funkpraxis, sondern geht auch ausführlich auf die technischen Grundlagen ein und vermittelt Ihnen das Wissen, mit dem Sie sich auf die Prüfungen vorbereiten können.

Doch Amateurfunk bietet viel mehr als nur eine rein technische Komponente. So werden Sie beim näheren Hinsehen feststellen, dass es auch eine gesellschaftliche und soziale Komponente gibt. Die Technik? Ganz klar, hier geht es um die Entwicklung und den Betrieb fortschrittlicher Sende- und Empfangstechnik. So waren es Funkamateure, die schon früh auf Software Defined Radio (SDR) gesetzt haben. Neuerdings steht Funkamateuren sogar ein geostationärer Satellit zur Verfügung, der einen Großteil unseres Planeten abdeckt. Große Teile Deutschlands sind zudem von einem breitbandigen Datennetz – dem HAMNET – auf Amateurfunkbasis durchzogen.

Die gesellschaftliche Komponente? Frequenzen sind ein hohes Gut. Ist eine Frequenz belegt, kann sie kein zweites Mal durch einen anderen Anwender oder Funkdienst verwendet werden. Und gerade in der heutigen Zeit, in der Kommunikation in all ihren Facetten förmlich exponentiell an Bedeutung gewinnt, wächst der Druck. Es werden immer mehr Frequenzbereiche für mobile Internetdienste, Inter-Fahrzeugkommunikation oder für künftige Lieferdrohnen-Dienste gebraucht. Für manches Industrieunternehmen sind verfügbare Frequenzen fast schon mit *Liquidität der Zukunft* gleichzusetzen. Nur: Wer schützt die international vereinbarten Amateurfunkfrequenzen vor diesem Bedarf?

Die soziale Komponente? Amateurfunk-Verbindungen geschehen zu einem Großteil zwischen Funkamateuren. Seltener findet eine Kommunikation ausschließlich mit

einer automatisch-arbeitenden Station statt. Hier interagieren letztlich also Menschen. Mehr noch, es sind Menschen mit den gleichen Interessen. Auf der ganzen Welt haben Funkamateure eine eigene Ausbildung und Prüfung durchlaufen, damit sie den Betrieb auf den Amateurfunkfrequenzen aufnehmen können.

Der Amateurfunkdienst ist also weit mehr als nur eine technische, gesellschaftliche und soziale Komponente. *Alle* diese Komponenten bedürfen der Förderung und Unterstützung. Genau hier setzt der Deutsche Amateur-Radio-Club (DARC) e. V. mit seiner Arbeit an.

Einem Funkamateuren als »Einzelkämpfer« ist besonders in heutigen Zeiten nicht damit gedient, wenn ihm durch industrielle Interessen seine Arbeitsgrundlage – die Amateurfunkfrequenzen oder zumindest Teilbereiche – abhandenkommen. Der DARC steht dazu in Kontakt mit der Verwaltung, Politik und Militär. Auch auf internationaler Ebene ist der DARC durch Mitgliedschaft in der Internationalen *Amateur Radio Union* (IARU) vernetzt. Oberstes Ziel ist die Erhaltung und sogar Fortentwicklung der Frequenzbereiche, die für den Amateurfunkdienst zur Verfügung stehen. Wurden noch in den 90er Jahren für das 6-m-Band (50 MHz) Betriebsgenehmigungen noch per Losverfahren von der deutschen Fernmeldebehörde unter einigen wenigen Funkamateuren vergeben, so steht das 6-m-Band durch die Lobbyarbeit den Funkamateuren nun stetig zur Verfügung. Weiteres Beispiel gefällig? Stichwort *Standortbescheinigung* – aufwendig und kostspielig zugleich. Uns Funkamateuren wird dank der guten Zusammenarbeit mit Politik und Telekommunikationsbehörde zugestanden, dass wir unsere Feldstärkewerte selbst ermitteln und innerhalb des BEMFV-Verfahrens wissenschaftlich erklären dürfen, um die gesetzlichen Vorgaben einzuhalten – kostenlos!

Der DARC will einzelne Funkamateure aber auch in sozialer Hinsicht unterstützen. Der Deutsche Amateur-Radio-Club gliedert sich in seine 24 Landesverbände (»Distrikte«) und diese wiederum in über 1000 Ortsverbände. Ein Ortsverband ist also sicher auch in Ihrer Nähe. Für gewöhnlich treffen sich die Mitglieder vor Ort, um sich über Neuigkeiten auszutauschen, Fachwissen zu vertiefen oder sich in Vorträgen fortzubilden. Wir bringen Gleichgesinnte zusammen. Und auch der persönliche Eindruck eines Gegenübers lässt nicht selten Freundschaften entstehen, innerhalb derer der Amateurfunkdienst gemeinsam viel mehr Spaß bereitet.

Nur eine Mitgliedschaft im Deutschen Amateur-Radio-Club (DARC) e. V. kann die Gemeinschaft der Funkamateure nachhaltig stärken, damit auch in Zukunft die wichtige Arbeitsgrundlage der Amateurfunkfrequenzen und die Vielfalt der dortigen Gesprächspartner erhalten bleibt. Lassen Sie uns gemeinsam die technische, gesellschaftliche und soziale Komponente des Amateurfunks stärken! 35000 Mitglieder haben sich dafür entschieden – Sie auch?

**Deutscher Amateur Radio-Club (DARC) e. V.**  
[www.darc.de](http://www.darc.de)

# Kapitel 1

## Erlebnis Amateurfunk

Hören, Sprechen, Morsen, Schreiben, Löten – das ist die große Welt des Amateurfunks. In diesem Kapitel finden Sie in erster Linie einen sehr kompakten Überblick über den Funkbetrieb. Falls Sie noch keinerlei Berührungen mit dem Amateurfunk haben, so hilft dieses Kapitel Ihnen, beim Empfang von Amateurfunkstationen das Gehörte oder zu Lesende zu verstehen. Sollten Sie schon einige Kenntnisse besitzen, überspringen Sie dieses einführende Kapitel einfach.

Die jeweiligen Fernmeldebehörden halten auf ihren Internetseiten weitere Informationen zu gesetzlichen Bestimmungen und gegebenenfalls auch zu Prüfungsinhalten für die Amateurfunkprüfung bereit:

- ▶ **Deutschland:** Bundesnetzagentur, <https://www.bundesnetzagentur.de>
- ▶ **Österreich:** Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT), <https://www.bmvit.gv.at>
- ▶ **Schweiz:** Bundesamt für Kommunikation BAKOM, <https://www.bakom.admin.ch>

Auch die Amateurfunkvereinigungen DARC (Deutschland), ÖVSV (Österreich) und USKA (Schweiz) informieren interessierte Einsteiger und Einsteigerinnen und helfen ihnen auf dem Weg zum Funkamateuren.

### Amateurfunklizenz

Für eine aktive Teilnahme am Amateurfunkdienst benötigen Sie in jedem Fall eine amtliche Genehmigung, die *Amateurfunklizenz*.



### 1.1 Amateurfunk, Freenet, PMR und CB-Funk

Oftmals werden die vier Bereiche Amateurfunk, Freenet, PMR und CB-Funk oberflächlich als »Hobbyfunk« bezeichnet. Doch es gibt erhebliche Unterschiede (siehe Tabelle 1.1). Funkamateure dürfen ihre Geräte selbst bauen oder Industriegeräte entsprechend ihren Wünschen modifizieren. Für die Einhaltung der technischen Vorschriften sind sie selbst verantwortlich, sie sind dazu aber auch in der Lage. Alle anderen »Hobbyfunker« dürfen drauflosfunken, aber keinesfalls ein Gerät verändern, da sonst dessen Zulassung verfällt.

Bereich	Hinweise
Amateurfunk	»Richtiger« Funkdienst (wie auch Seefunk, Flugfunk usw.) im Sinne international gültiger Vorschriften. Zur aktiven Teilnahme (Sendebetrieb) werden das Bestehen des Amateurfunkzeugnisses und die Zuteilung eines weltweit einmaligen Rufzeichens vorausgesetzt. Mithören hingegen darf jeder. Amateurfunksendungen sind »an alle« gerichtet. Funkamateure unterstützen oftmals in Katastrophenfällen die Hilfsorganisationen.
Freenet	Analoger und digitaler Sprechfunk für jedermann nahe 150 MHz. Nur in Deutschland zugelassen. Geräte müssen ein Prüfzeichen tragen, Gebühren fallen nicht an.
PMR	Analoger und digitaler Sprechfunk um 446 MHz für jedermann. Mehr oder weniger europaweit zugelassen, in Deutschland gebührenfrei, Geräte müssen ein Prüfzeichen tragen.
CB-Funk	Analoger Sprechfunk (AM, FM, SSB) sowie digitale Übertragung von Daten im 27-MHz-Bereich für jedermann. Europaweit zugelassen, in Deutschland gebührenfrei, Geräte müssen ein Prüfzeichen tragen.

Tabelle 1.1 Übersicht der Funkmöglichkeiten

## 1.2 Funken?

»Es blitzt doch gar nicht ...« Zumindest in der heutigen Zeit nicht mehr. Der Begriff stammt aus der Urzeit der Funktechnik, in der man aus kräftigen Funken noch die gewünschte Frequenz herausgefiltert und an die Antenne gegeben hatte.

Heutzutage wird die Information (Sprache, Bilder, Daten ...) mit einem hochfrequenten Signal gemischt. Das Mischsignal wird verstärkt und über die Antenne abgestrahlt. Beim Empfang wird das Trägersignal aus dem Mischsignal wieder entfernt, und übrig bleibt die Information (siehe Abbildung 1.1).

Sie können dieses Prinzip mit dem klassischen Brief vergleichen. Das Briefblatt als solches können Sie nicht versenden, sondern Sie stecken es in einen Briefumschlag. Der Briefumschlag transportiert die Information. Der Empfänger entnimmt das Blatt aus dem Umschlag und kann die Information nun lesen.

Sprache, digitale Informationen, Bilder usw. werden in Form eines *niederfrequenten* Signals (»Tonsignal«) dem Sender zugeführt. Damit wird ein *hochfrequentes* Signal geformt. Diesen Vorgang nennt man *Modulation*.

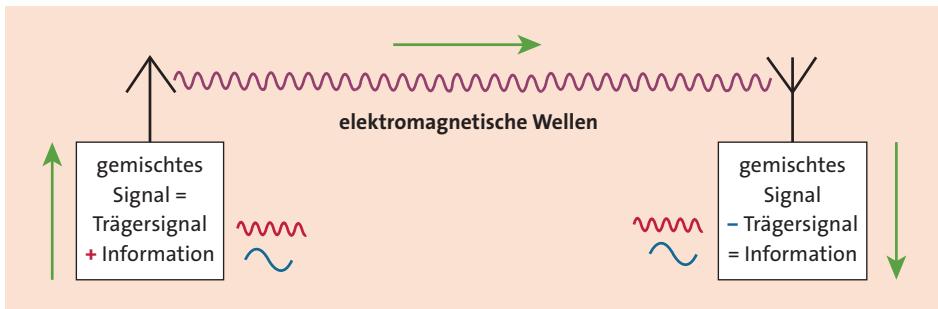


Abbildung 1.1 Das Prinzip der Funkübertragung

Aus der Modulation ergibt sich die Sendeart. Bekannt sind die *Amplitudenmodulation* (AM) für die (noch verbliebenen) Rundfunksender auf Lang-, Mittel- und Kurzwelle und für den Flugfunk. Die Funkamateure verwenden die *Einseitenbandmodulation* (SSB, *Single Sideband*), die für Sprechfunk sehr effektiv ist. Die *Frequenzmodulation* (FM) kennen Sie sicher vom UKW-Radio. Funkamateure verwenden diese gerne für den Nahbereich.

Die Sendearten der digitalen Informationsübertragung ermöglichen weitgehend störungsfreie Übertragungen, auch bei schlechten Ausbreitungsverhältnissen und Störungen.

Das hochfrequente Mischprodukt wird gegebenenfalls noch vervielfacht oder mit einem weiteren Hochfrequenzträger gemischt, bis es die für die Übertragung notwendige *Frequenz* aufweist. Die Frequenz wird in Hertz (Hz, nach Heinrich Hertz) bzw. einem Vielfachen davon (Kilohertz, Megahertz, Gigahertz) angegeben. Eine vollständige Schwingung in einer Sekunde ist ein Hertz!

Abhängig von der Frequenz ist auch die *Wellenlänge*. Diese ist umso kürzer, je höher die Frequenz ist.

Von der Wellenlänge hängen die Baumaße einer Antenne und auch die Ausbreitungsmöglichkeiten der Funkwellen ab. Die Frequenzbereiche werden als *Bänder* bezeichnet. Dabei kann sowohl die Angabe einer Frequenz als auch die Wellenlänge verwendet werden.

Beispiel: Mit »40-m-Band« oder »7-MHz-Band« ist jeweils der gleiche Bereich angeprochen.

## 1.3 Funkern zugehört

Gleich vorneweg: Jedermann darf den Funkamateuren zuhören, auch ohne Amateurfunklizenz. Die Funker wickeln ihren Funkverkehr in offener Sprache ab. Das ist eine der gesetzlichen Bedingungen, die mehr oder weniger weltweit erfüllt werden müssen.

sen. Mit *offener Sprache* ist gemeint, dass die Sprache als solche nicht verschlüsselt wird und der Inhalt der Nachrichten keine geheimen Informationen enthält. Das Gleiche gilt für die Morsetelegrafie und die digitalen Übertragungsverfahren. Letztere können und dürfen ebenso »mitgelesen« werden.

Wenn Sie den Funkamateuren zuhören, gehören Sie damit bereits zur Amateurfunkgemeinde. Sie sind dann ein(e) SWL (*Short Wave Listener*). Damit werden seit vielen Jahrzehnten die »Höramateure« bezeichnet.

Hört man das erste Mal einem Gespräch zwischen Funkern zu, vernimmt man neben den jeweils weltweit einmaligen *Rufzeichen* der Beteiligten geheimnisvoll klingende Abkürzungen. Diese stammen noch aus der Zeit, als es gar keinen oder sehr wenig Sprechfunk gab. Sie wurden aber, da sie international verbindlich und verständlich sind, auch abseits der Morsetelegrafie übernommen. Und so sprechen Funker nicht von einem Funkkontakt, sondern von einem *QSO*. Ein Funker hat einen Standort, den oder das *QTH*. Die Qualität des Empfangs wird der jeweiligen Gegenstelle mittels zwei oder drei Ziffern mitgeteilt (*Rapport*).

### 1.3.1 Buchstabieren

Besonders für Rufzeichen ist die Verwendung des in den *Radio Regulations* (RR, vormals *VO Funk*) definierten Buchstabieralphabets verbindlich. Dies gilt nicht nur für den Amateurfunkdienst, sondern auch für den Flug- und Seefunk. Tabelle 1.2 zeigt Ihnen das jeweilige Zeichenwort und dessen Aussprache. Damit wird beim Sprechfunk eine internationale Verständigung leichter.

Zeichen	Zeichenwort	Aussprache/Betonung
A	Alfa	AL fah
B	Bravo	BRA vo
C	Charlie	TSCHAR li
D	Delta	DEL ta
E	Echo	ECK o
F	Foxtrott	FOX trott
G	Golf	GOLF

**Tabelle 1.2** Das internationale Buchstabieralphabet

Zeichen	Zeichenwort	Aussprache/Betonung
H	Hotel	ho TELL
I	India	IN di ah
J	Juliett	DSCHUH li ETT
K	Kilo	KI lo
L	Lima	LI ma
M	Mike	MEIK
N	November	no WEMM ber
O	Oscar	OSS kar
P	Papa	pa PAH
Q	Quebec	KI beck
R	Romeo	RO mio
S	Sierra	ssi ER rah
T	Tango	TAN go
U	Uniform	JU ni form
V	Victor	WICK tor
W	Whiskey	WISS ki
X	X-Ray	EX reh
Y	Yankee	JENG ki
Z	Zulu	SUH luh

**Tabelle 1.2** Das internationale Buchstabieralphabet (Forts.)

Das internationale Buchstabieralphabet verwendet dabei Wörter mit eindeutigem Klangbild, sodass Fehler oder Verwechslungen kaum möglich sind. Trotzdem kommen diese in der Praxis natürlich vor.

### 1.3.2 Q-Gruppen

Die *Q-Gruppen* (siehe Tabelle 1.3) sind für die »sprachlosen« Sendearten vorgesehen: von der klassischen Morsetelegrafie bis hin zu diversen digitalen Textübertragungen. Für den Sprechfunk *sollen* sie nicht zum Einsatz kommen, in der Praxis werden sie jedoch hin und wieder zu hören sein. Manchmal helfen sie, dass die beteiligten Funker sich bei Sprachproblemen besser verständigen können.

Für den Amateurfunkdienst sind die Q-Gruppen QRA bis QUZ vorgesehen. Sie sind in den Radio Regulations (RR, vormals VO Funk) verbindlich festgeschrieben. Eine Q-Gruppe kann eine Aussage oder, zusammen mit einem Fragezeichen, eine Frage einleiten.

Q-Gruppe	Bedeutung	Q-Gruppe?	Bedeutung
QRA	Der Name meiner Funkstelle ist ...	QRA?	Wie ist der Name Ihrer Funkstelle?
QRB	Die Entfernung zwischen unseren Funkstellen beträgt ca. Kilometer/Meilen/Seemeilen.	QRB?	Wie weit ist Ihre Funkstelle von meiner entfernt?
QRG	Ihre genaue Frequenz/die genaue Frequenz von ... ist kHz bzw. MHz.	QRG?	Bitte teilen Sie mir meine genaue Frequenz/die genaue Frequenz von ... mit.
QRH	Ihre Frequenz schwankt.	QRH?	Schwankt meine Frequenz?
QRI	Der Ton Ihrer Aussendung ist: 1 gut 2 veränderlich 3 schlecht	QRI?	Wie ist der Ton meiner Aussendung?
QRK	Die Verständlichkeit Ihrer Zeichen/der Zeichen von ... ist: 1 schlecht 2 mangelhaft 3 ausreichend 4 gut 5 ausgezeichnet	QRK?	Wie ist die Verständlichkeit meiner Zeichen/der Zeichen von ...?
QRL	Ich bin beschäftigt, bitte nicht stören.	QRL?	Sind Sie beschäftigt?

Tabelle 1.3 Q-Gruppen

Q-Gruppe	Bedeutung	Q-Gruppe?	Bedeutung
QRM	Ich werde gestört/ich werde 1 nicht 2 schwach 3 mäßig 4 stark 5 sehr stark gestört.	QRM?	Werden Sie gestört?
QRN	Ich werde durch atmosphäri- sche Störungen beeinträchtigt/ich werde 1 nicht 2 schwach 3 mäßig 4 stark 5 sehr stark durch atmosphärische Stö- rungen beeinträchtigt.	QRN?	Werden Sie durch atmo- sphärische Störungen beeinträchtigt?
QRO	Erhöhen Sie die Sendeleis- tung.	QRO?	Soll ich die Sendeleistung erhöhen?
QRP	Vermindern Sie Ihre Sendeleistung.	QRP?	Soll ich die Sendeleistung vermindern?
QRS	Geben Sie langsamer (... Wörter je Minute).	QRS?	Soll ich langsamer geben?
QRT	Stellen Sie die Übermittlung ein!	QRT?	Soll ich die Übermittlung einstellen?
QRU	Ich habe nichts für Sie (vorliegen).	QRU?	Haben Sie etwas für mich (vorliegen)?
QRV	Ich bin bereit.	QRV?	Sind Sie bereit?
QRX	Ich werde Sie um ... Uhr (auf Frequenz in kHz/MHz) wieder rufen.	QRX?	Wann werden Sie mich wieder rufen?
QRZ	Sie werden von ... (auf ... kHz oder MHz) gerufen.	QRZ?	Von wem werde ich gerufen?

Tabelle 1.3 Q-Gruppen (Forts.)

Q-Gruppe	Bedeutung	Q-Gruppe?	Bedeutung
QSA	Ihre Zeichen/die Zeichen von ... sind 1 kaum 2 schwach 3 ziemlich gut 4 gut 5 sehr gut hörbar.	QSA?	Wie ist die Stärke meiner Zeichen?
QSB	Die Stärke Ihrer Zeichen schwankt.	QSB?	Schwankt die Stärke meiner Zeichen?
QSD	Ihre Zeichen sind verstümmelt!	QSD?	Sind meine Zeichen verstümmelt?
QSK	Ich kann zwischen meinen Zeichen hören, Sie dürfen mich während meiner Übermittlung unterbrechen.	QSK?	Können Sie mich zwischen Ihren Zeichen hören? Wenn ja, darf ich Sie unterbrechen?
QSL	Ich gebe Ihnen Empfangsbestätigung.	QSL?	Können Sie mir Empfangsbestätigung geben?
QSO	Ich kann mit ... unmittelbar (oder durch Vermittlung von ...) verkehren.	QSO?	Können Sie mit ... unmittelbar (oder durch Vermittlung von .... ) verkehren?
QSP	Ich werde an ... vermitteln.	QSP?	Wollen Sie an ... vermitteln?
QSV	Senden Sie eine Reihe V auf dieser Frequenz (oder auf ... kHz/MHz).	QSV?	Soll ich eine Reihe V auf dieser Frequenz (oder auf ... kHz/MHz) senden?
QSX	Ich höre ... (Name/Rufzeichen) auf (Frequenz/Kanal/Band).	QSX?	Wollen Sie (Name/Rufzeichen) auf (Frequenz/Kanal/Band) hören?
QSY	Gehen Sie zum Senden auf eine andere Frequenz über (oder auf ... kHz/MHz).	QSY?	Soll ich zum Senden auf eine andere Frequenz übergehen?

Tabelle 1.3 Q-Gruppen (Forts.)

Q-Gruppe	Bedeutung	Q-Gruppe?	Bedeutung
QTC	Ich habe ... Meldungen für Sie/für ...	QTC?	Wie viele Meldungen haben Sie für mich?
QTF	Ihre Position war nach den Peilungen meiner Funkstellen ... (Lage/evtl. mit Uhrzeit).	QTF?	Wollen Sie mir meine Position nach den Peilungen Ihrer Funkstellen angeben?
QTH	Mein Standort ist ... (Ort/Locator/Breite + Länge)	QTH?	Welches ist Ihr Standort (Ort/Locator/Breite + Länge)?
QTR	Es ist genau ... Uhr (Zeitzone).	QTR?	Welches ist die genaue Uhrzeit?

Tabelle 1.3 Q-Gruppen (Forts.)

### Q-Gruppen im Alltag



Einige Q-Gruppen werden, obwohl sie eigentlich der Morsetelegrafie und weiteren diversen analogen und digitalen Textübertragungen vorbehalten sind, im Sprechfunk und ganz allgemein auch in persönlichen Gesprächen verwendet:

- ▶ **QSL:** Hier wird oft auf die QSL-Karte Bezug genommen, mit der eine Funkverbindung schriftlich oder elektronisch bestätigt wird.
- ▶ **QRP:** Wird im Zusammenhang mit Funkgeräten verwendet, die mit 5 Watt Sendausgangsleistung in Telegrafie oder 10 Watt in SSB oder weniger senden. Hier tummeln sich Selbstbauer, Funker mit tragbaren Geräten auf Bergen oder auf hoher See sowie Minimalisten.
- ▶ **QRL:** Hier wird, oft in Morsezeichen, gefragt, ob eine vermeintlich freie Frequenz wirklich auch frei ist, bevor man mit einem (allgemeinen) Anruf beginnt. Gilt aber auch als Synonym für den Arbeitsplatz.
- ▶ **QSY:** Selten wird hier eine vollständige Frequenzangabe verwendet, gebräuchlich ist bei schwierigen Situationen die Angabe (meist in kHz) der Abweichung von der aktuellen Arbeitsfrequenz, z. B. »QSY 20 up«.

Einige Q-Gruppen sind notwendig, um Sende- und Empfangssituationen besser beurteilen zu können oder zu verbessern:

- ▶ **QSD:** Für Selbstbauer und Restauratoren von historischen Funkgeräten ist diese Frage oder der Hinweis darauf von Bedeutung. Schließlich soll der Sender ein möglichst kristallklares, unzerhacktes Signal liefern.

- ▶ **QSB**: Schwankt das Signal, kann es notwendig sein, die Funkverbindung noch »anständig und geregt« fertig abzuwickeln. Schwankende Signale treten auf Kurzwelle durch verschiedene physikalische Phänomene oft auf, aber beispielsweise auch beim Funkbetrieb von Fahrzeugen aus.
- ▶ **QSV**: Eine Reihe »V«, die per Morsetelegrafie gegeben wird, hilft dem Gegenüber, seinen Empfänger besser abzustimmen oder gegebenenfalls eine Richtantenne passend auszurichten. Beim Senden kann man die Arbeitsweise des Funkgeräts und der Antenne samt Zubehör damit überprüfen.

### 1.3.3 Weitere betriebliche Abkürzungen

Es gibt noch eine große Anzahl betrieblicher Abkürzungen außerhalb der Q-Gruppen. Diese entstanden in der Zeit, in der die Morsetelegrafie (nun Weltkulturerbe!) noch die vorherrschende Art der Kommunikation war. Tabelle 1.4 zeigt einige gebräuchliche Abkürzungen, wie sie z. B. auch bei der Gerätebedienung auftauchen können.

Abkürzung	Bedeutung
ANT	Antenne
RX	Empfänger, Empfang
TX	Sender, Sendung
TRX	Transceiver, Sendeempfänger, Funkgerät
PWR	Power, Leistung
AF	Audiofrequenz (meist Lautstärkeregler)
RF	Radiofrequenz (Verstärker, regelt die Hochfrequenzverstärkung eines Empfängers.)
ATT	Attenuator, Abschwächer (Der Empfänger wird unempfindlicher, Störungen durch zu viele starke Signale gehen zurück.)
GND	Erdung
PSE	Bitte
TNX	Danke

Tabelle 1.4 Auswahl von Abkürzungen

### 1.3.4 Rufzeichen

Anhand des Rufzeichens erkennen Sie das Heimatland der Amateurfunkstation. Die Rufzeichen gliedern sich in den *Landeskennner*, gefolgt von mindestens einer Zahl und dem Suffix. Die Landeskennner sind weltweit festgeschrieben. Für Deutschland beginnen die Rufzeichen mit DA, DB, DC, DD, DF, DG, DH, DJ, DK, DL, DM, DN und DO. DP steht für exterritoriale Stationen, z. B. Forschungseinrichtungen in der Antarktis.

Die Nachbarländer im Uhrzeigersinn:

- ▶ HB9: Schweiz
- ▶ F: Frankreich
- ▶ LX: Luxemburg
- ▶ ON: Belgien
- ▶ PA: Niederlande
- ▶ OZ: Dänemark
- ▶ SP: Polen
- ▶ OK: Tschechien
- ▶ OE: Österreich

### 1.3.5 Was hört man?

Begegnen sich zwei »fremde« Stationsbetreiber auf einem Funkband, tauschen diese zumindest ihre Vornamen, Standorte, Empfangsrapporte, Hinweise auf die verwendete Station und Antenne und Vereinszugehörigkeit aus. Natürlich kann daraus auch hier ein längeres Gespräch mit Allerweltsthemen entstehen, wie es zwischen Funkern, die sich (persönlich) kennen, oder in den »Klönrunden« geschieht. In diesen Runden treffen sich meist die gleichen Menschen, um sich auszutauschen. Einige davon setzen auf Gemeinsamkeiten der Teilnehmer: Camper, Bergsteiger, Segler, Mitarbeiter von Großunternehmen oder sogar Geistliche.

Empfangen Sie die Teilnehmer eines Funkwettbewerbs, hören Sie recht knappe, hektisch ablaufende Verbindungen. Rufzeichen, Rapport und Punkte, vielleicht noch den Namen oder ein weiteres, im jeweiligen *Contest* gefordertes Detail werden übermittelt – und schon wird wieder die nächste Station gerufen. In diesen Wettbewerben kommt es meist darauf an, so viele Stationen wie möglich zu erreichen. Welche Gegenstellen interessant sind, regelt die jeweilige Contestausschreibung. Mal geht es um Stationen mit geringer Sendeleistung (*QRP*), mal um Leuchttürme, Inseln, Berge, Regionen, Städte, Jubiläen oder andere Anlässe. Jedenfalls sind Contests eine gute Übung für Ausdauer, Genauigkeit und vor allem für Notfunksituationen.

Funkamateure kommunizieren aber auch mit modernster Digitaltechnik. Sie beherrschen Übertragungsverfahren mittels schwächster Signale, die man selbst aus dem

Rauschen nicht mehr wahrnimmt, wohl aber der Computer. Zudem führen verschiedene Arten digitaler Sprachübertragung zu neuen Verbindungsmöglichkeiten.

## 1.4 Funkübertragung

Vor dem ersten Empfangserlebnis benötigen Sie Informationen darüber, wo Sie im ganzen Wellensalat die Aussendungen der Funkamateure finden.

Die Amateurfunkbereiche sind international zugewiesen. Zudem gibt es verschiedene Übertragungsverfahren (Sendeart, *Mode*) für Sprache und Daten. Auch dies müssen Sie bei Ihren Empfangsversuchen berücksichtigen. Tabelle 1.5 zeigt Ihnen eine Auswahl der am meisten verwendeten analogen Sendearten.

Sendeart	Hinweise
Sprechfunk: AM	<i>Amplitudenmodulation</i> , im Amateurfunk nicht mehr gebräuchlich
Sprechfunk: FM	<i>Frequenzmodulation</i> , ab dem 10-m-Band
Sprechfunk: SSB/LSB/USB	Einseitenbandmodulation ( <i>Single Sideband/Lower Sideband/Upper Sideband</i> ), effektive Sendeart, auf fast allen Bändern eingesetzt
Morsen: CW	<i>Morsetelegrafie (Continuous Wave)</i> , ein Weltkulturerbe

Tabelle 1.5 Einige im Amateurfunkdienst verwendete analoge Sendearten

Die Modulationsart *AM* wird noch vom Flug- und CB-Funk sowie den Rundfunksendern (Lang-, Mittel- und Kurzwelle) verwendet.

Bei *FM* ist hier die Schmalbandversion gemeint. Breitbandiges FM senden die UKW-Rundfunksender. Für den Sprechfunk aber werden keine Stereokanäle benötigt. Im Gegensatz zu AM wird bei FM der Frequenzversatz des Signals durch die Sprache bestimmt. Der Empfänger benötigt einen entsprechenden Demodulator. FM wird im Sprechfunk auch vom Betriebsfunk, (immer noch) von Rettungsdiensten und »Organisationen mit Sicherheitsaufgaben« genutzt. Auch der CB-Funk und die anderen lizenzierten Anwendungen (Freenet, PMR und LPD) verwenden FM.

Bei *SSB* (*Single Sideband*) wird dem AM-Signal der Träger und ein Seitenband genommen. Dies bedeutet bei gleicher Sendeleistung die (rechnerisch) vierfache Reichweite. Das dadurch schmalbandigere Signal ist damit auch über große Entfernungen meist noch gut hörbar. Beim Senden wird erheblich an Energie eingespart. Die Stromaufnahme ist direkt von der Sprache oder dem anderen eingespeisten Signal abhängig.

Bis 10 MHz wird das untere Seitenband (*Lower Sideband, LSB*), bei Frequenzen darüber das obere (*Upper Sideband, USB*) abgestrahlt. Wenn Sie das erste Mal diese Signale hören, werden Sie vielleicht durch die »Micky-Maus-Stimmen« irritiert sein. Stimmen Sie in ganz feinen Schritten ab, bis die Stimme natürlich klingt.

**CW** (Morsetelegrafie) gehört mittlerweile zum Weltkulturerbe. Seit 2003 ist die Pflicht zur Morseprüfung im Amateurfunk entfallen. Viele Funkamateure benutzen diese technisch sehr einfache Sendeart weiterhin; auch für diverse militärische Dienste wird sie verwendet. CW hat den Vorteil, auch bei sehr geringen Sendeleistungen eine brauchbare Reichweite zu erzielen. Zudem lassen sich die Sendungen auch bei einer Vielzahl atmosphärischer und technischer Empfangsstörungen immer noch mitschreiben.

Für die Wiedergabe von digitalen Aussendungen der Funkamateure benötigen Sie zusätzlich zum Empfänger einen PC (Linux, macOS, Windows) mit einem entsprechenden Programm, wie z. B. dem Paket WSJT. Damit nehmen Sie dann auch Stationen wahr, die für das menschliche Ohr bereits »unter der Grasnarbe« liegen. Allerdings bedeutet dies für Sie zunächst zusätzliche Einarbeitung in die Bedienung und auch in die betrieblichen Abkürzungen, um das Gelesene zu verstehen. Darüber hinaus lassen sich auch die Faxsendungen und klassisches Funkfernenschreiben der Funkamateure mit digitalen Hilfsmitteln mitlesen.

### Grundbegriffe der Übertragungstechnik



**Modulationsart:** Beschreibt die Art und Beschaffenheit des gesendeten Signals; Beispiel: Amplitudenmodulation (AM), bei der die Amplitude des Trägersignals entsprechend der Information variiert wird.

**Sendeart:** Bezeichnung gemäß den Radio Regulations, ein internationales Abkommen, das die Verwendung des Funkspektrums regelt; Beispiel: A1A für Morsetelegrafie

**Betriebsart:** Bezeichnet eine Funkanwendung; Beispiel: Morsetelegrafie (CW), digitale Zeichenübertragung (FT8, PSK31 ...), jede Betriebsart hat spezifische Regeln und Verfahren für die Kommunikation

Die Sendearten werden gemäß *APPENDIX 1 (REV.WRC-19), Classification of emissions and necessary bandwidths*, der Radio Regulations mit einem Code gekennzeichnet. Die ersten vier der neun Stellen beschreiben die Bandbreite, die nächsten drei Stellen kennzeichnen die Sendeart als solche, und die restlichen Stellen definieren weitere Einzelheiten des Signals.

Für den Amateurfunk genügen die Stellen 5 bis 7.

Tabelle 1.6 zeigt Ihnen den Aufbau des Sendearten-Schlüssels.

Modulationsart	Code	Signalart für Modulation des Hauptträgers	Code	Übertragene Informationen, Betriebsart	Code
unmodulierter Träger	N	kein moduliertes Signal	0	keine Information	N
Zweiseitenband-Amplitudenmodulation	A	ein Kanal mit quantifizierter Information ohne modulierten Hilfsträger	1	Morsetelegrafie (CW)	A
Restseitenband	C	ein Kanal mit quantifizierter oder digitaler Information mit moduliertem Hilfsträger	2	Funkfernenschreiben (RTTY)	B
Einseitenband (SSB)	J	ein Kanal mit analoger Information	3	Faksimile (FAX)	C
Frequenzmodulation	F			Datenübertragung, auch Fernsteuerung	D
Pulsmodulation	P			Sprechfunk	E
				Fernseh- und Videoübertragung	F

Tabelle 1.6 Bezeichnung von Aussendungen, Sendearten

Der Bandbreitenbedarf steigt in der Regel auch mit der Menge der übertragenen Information. Tabelle 1.7 gibt Ihnen einen Überblick über die wichtigsten Betriebsarten und die typischen Bandbreiten.

Betriebsart	Sendeart	Typ. Bandbreite
CW (Morsen)	A1A	bis 500 Hz
SSB-Sprechfunk	J3E	2.400 Hz
FM-Sprechfunk	F3E	12 kHz

Tabelle 1.7 Bandbreitenbedarf ausgewählter Betriebsarten

Betriebsart	Sendeart	Typ. Bandbreite
FT-8-Datenübertragung	J3D	50 Hz
AM-Sprechfunk	A3E	5 kHz

**Tabelle 1.7** Bandbreitenbedarf ausgewählter Betriebsarten (Forts.)

Für die Bandpläne, die von den Dachverbänden der Amateurfunkvereinigungen aufgestellt werden, werden einige Betriebsarten unter dem Begriff *MGM (Machine Generated Mode)* zusammengefasst (siehe Tabelle 1.8).

Betriebsartkürzel	Betriebsart
SSTV	Slow Scan Television (Standbildübertragung)
AMTOR	Amateur Teleprinting over Radio
PACTOR	Packet Teleprinting over Radio
PSK	Phase Shift Keying
RTTY	Radio Teletyping

**Tabelle 1.8** Einige MGM-Betriebsarten

Die dem Amateurfunkdienst international zugewiesenen Frequenzabschnitte (Bänder) sind in verschiedene Nutzungsbereiche unterteilt. Die jeweilige Bandbreite der Sendeart ist dabei das Kriterium. So liegt am unteren Bereich stets der Telegrafiebereich (CW), gefolgt von anderen Sendearten, die keine Sprache übertragen. Anschließend folgt bei fast allen Bändern SSB, beim 10-m-Band gibt es am oberen Ende noch einen Bereich für FM. Alle Bänder im UKW- und UHF-Bereich unterliegen der gleichen Systematik.

Die Amateurfunkbänder verfügen über unterschiedliche Ausbreitungsbedingungen. Wellenlänge, Sonnentätigkeit, Wetter und auch die Tageszeit entscheiden bei einigen Bereichen darüber, ob es hier etwas zu hören gibt.

In Tabelle 1.9 finden Sie einige Frequenzbereiche des Amateurfunks aufgelistet. Dabei handelt es sich um Bereiche, auf denen unabhängig von den Ausbreitungsbedingungen immer mit Empfang zu rechnen ist.

Band	Frequenzbereich	Hörbarkeit
80 m	3,500–3,800 MHz	überwiegend nachts, Europa, zum Teil weltweit
40 m	7,000–7,200 MHz	ganztägig, Europa und weltweit
20 m	14,000–14,350 MHz	fast ganztägig, Europa und weltweit
2 m	144,000–146,000 MHz	ganztägig, Deutschland, gegebenenfalls Nachbarländer
70 cm	430,000–440,000 MHz	ganztägig, Deutschland, gegebenenfalls Nachbarländer

Tabelle 1.9 Frequenzbereiche im Amateurfunk

## 1.5 Amateurfunk mithören

In die Welt des Amateurfunks können Sie einfach durch Mithören des Funkverkehrs hineinschnuppern. Anschließend können Sie vielleicht einige Funker in Ihrem Umkreis kennenlernen, um dann irgendwann zu entscheiden, ob Sie vielleicht auch einmal senden möchten.

### 1.5.1 SDR-Empfang per Internet

So einfach mal »reinhören« funktioniert auch über das Internet. Moderne digitale Empfänger (*Software Defined Radio, SDR*) lassen sich auch an IP-Netzwerke anschließen und darüber fernsteuern. Eine entsprechende Abfrage bei der Internet-Suchmaschine Ihrer Wahl wird Ihnen viele Ergebnisse bringen. Auch <http://www.websdr.org/> ist eine gute Anlaufadresse zu diesem Thema.

Einen bekannten Vertreter hiervon finden Sie unter <http://websdr.ewi.utwente.nl:8901> (für mobile Geräte unter <http://websdr.ewi.utwente.nl:8901/m.html>). Diese Empfangseinrichtung wird vom Verein der *Experimentele Telecommunicatie Groep Drienerlo* (ETGD) betrieben. Die Mitglieder kommen aus der Studentenschaft und den Mitarbeitern der Universität Twente und beschäftigen sich mit Elektronik und Amateurfunk. Mehr darüber finden Sie unter <http://www.etgd.utwente.nl/>.

Um das Webinterface des Empfängers bedienen zu können, benötigen Sie anfangs ein klein wenig Grundwissen.

Die Oberfläche ist trotz aller Funktionalität nur mit den notwendigsten Schaltflächen und Anzeigen ausgestattet. In Abbildung 1.2 ist schon der gesamte Bildschirm dargestellt.

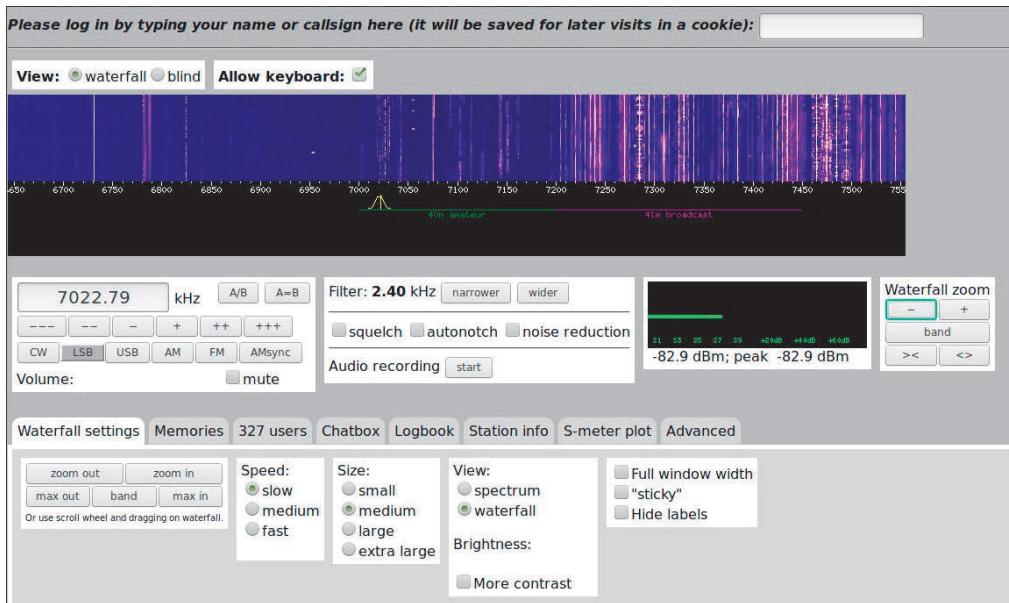


Abbildung 1.2 Die Bedienoberfläche des Web-SDR der Universität Twente

Wenn Sie im oberen Maskenbereich den Haken bei ALLOW KEYBOARD setzen, können Sie die Oberfläche auch bequem per Tastatur bedienen. Die einzelnen Tastaturlbefehle finden Sie in Tabelle 1.10.

Funktion	Taste(n)
Frequenz abstimmen, ab/auf Schrittweite 0,1 kHz	[j]/[k] oder [←]/[→]
Frequenz abstimmen, ab/auf Schrittweite 0,5 kHz	[↑] + [←]/[↑] + [→] oder [↑] + [j]/ [↑] + [k]
Frequenz abstimmen, ab/auf Schrittweite 2,5 kHz	[Strg] + [←]/[Strg] + [→] oder [Strg] + [j]/[Strg] + [k]
Sendeart: USB, LSB, CW, AM, FM	[u], [1], [c], [↑], [f]
Filterbandbreite weiter/schmäler	[W]/[w]
Wasserfallanzeige ein- und auszoomen	[z]/[Z]
Wasserfallanzeige zentrieren	[Strg] + [z]
Frequenz manuell eingeben	[g]

Tabelle 1.10 Tastaturlbefehle für die Bedienoberfläche des Web-SDR der Uni Twente

Funktion	Taste(n)
Stummschalten	[m]
Lautstärke mehr/weniger	[V]/[v]

Tabelle 1.10 Tastaturlbefehle für die Bedienoberfläche des Web-SDR der Uni Twente (Forts.)

Klicken Sie in das Wasserfalldiagramm, und setzen Sie damit die Empfangsfrequenz. Mit dem Mausrad können Sie nun abstimmen. Alternativ geben Sie zunächst eine Frequenz manuell ein, die in einem von Ihnen gewünschten Bereich liegt. Dazu klicken Sie in das Feld mit der Frequenzangabe und geben den Wert in Kilohertz (kHz) ein, z. B. 7100 kHz. Zudem können Sie, wenn wie vorhin beschrieben der Haken gesetzt wurde, mit der Tastatur abstimmen. Für das Beispiel wählen Sie unter der Frequenzeingabe LSB für die Sendeart.

Abbildung 1.3 zeigt den entsprechenden Funktionsblock der Maske im Detail.

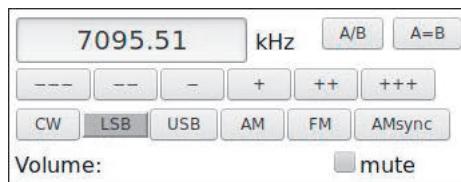


Abbildung 1.3 Einstellungen von Frequenz und Sendeart

Das Wasserfalldiagramm (siehe Abbildung 1.4) zeigt Ihnen die Belegung des dargestellten Frequenzraums. Mehr oder weniger breite Balken stellen die Signale dar. Morsefunk erkennen Sie dabei mit bloßem Auge: Punkte und Striche ziehen in einer Linie von unten nach oben. Der gelbe »Bügel« unterhalb der Frequenzleiste zeigt Ihnen, was der Empfänger aktuell wiedergibt. Zusätzlich werden Amateurfunkbänder durch eine grüne Linie, Rundfunkbänder durch eine violette Linie gekennzeichnet.

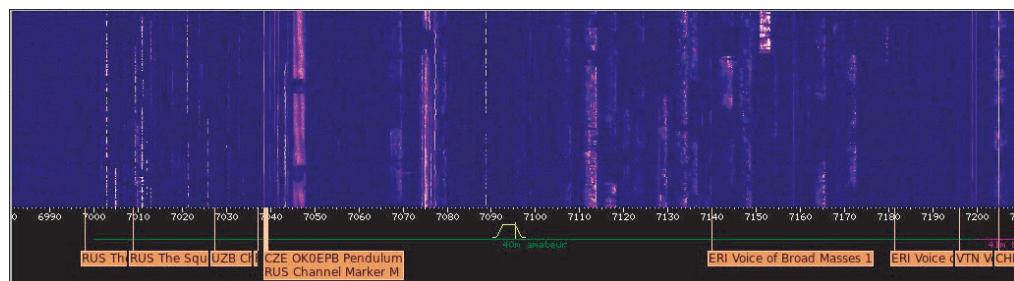


Abbildung 1.4 Wasserfalldiagramm mit Labels. Beachten Sie das Morsesignal am linken Rand!

Der Funktionsblock WATERFALL ZOOM bietet verschiedene Justiermöglichkeiten für die Darstellung. Der Zoomfaktor lässt sich in Stufen mit der Schaltfläche + vergrößern und mit - verkleinern. Wenn Sie auf BAND klicken, ist die Darstellung auf das jeweilige Amateur- oder Rundfunkband begrenzt, in dem sich die aktuelle Empfangsfrequenz befindet. Den kompletten, vom Empfänger nutzbaren Frequenzbereich erhalten Sie durch Klick auf ><. Die Umschaltung auf die feinstmögliche Auflösung funktioniert mit der Schaltfläche <>.

Abbildung 1.5 zeigt den Funktionsblock im Detail.



Abbildung 1.5 Einstellungen für das Wasserfalldiagramm (Darstellungsgrenzen)

Im unteren Bildbereich (siehe Abbildung 1.6) können Sie diese Einstellung ebenso vornehmen. Darüber hinaus können Sie hier die Laufgeschwindigkeit des Wasserfalldiagramms und dessen Größe festlegen sowie die Darstellung umstellen.

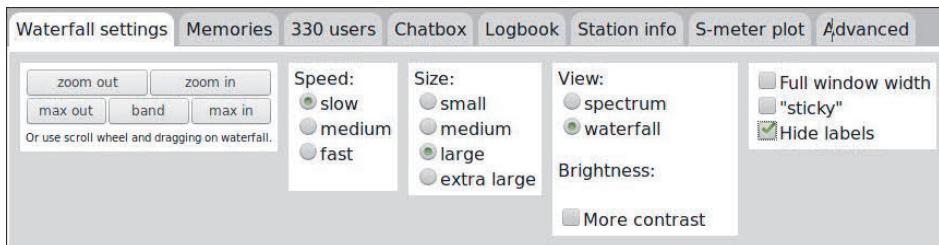


Abbildung 1.6 Weitere Einstellmöglichkeiten

Als Alternative können Sie sich den Frequenzbereich in der Spektrumansicht anzeigen lassen. Hier erkennen Sie leichter schwache und starke Signale (siehe Abbildung 1.7).

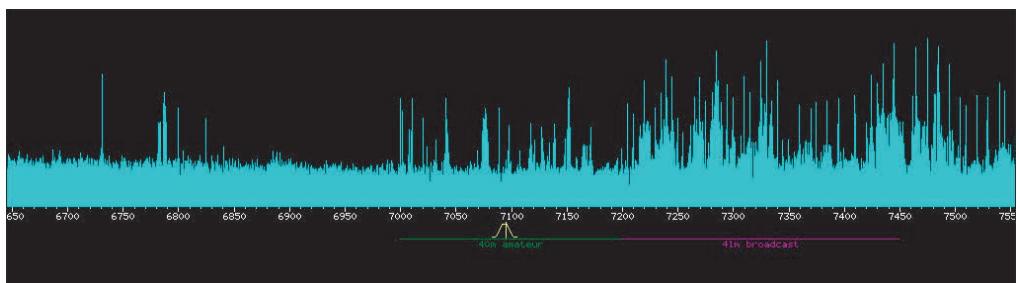


Abbildung 1.7 Spektrumanzeige anstelle des Wasserfalldiagramms

Rechts finden Sie außerdem die Funktion HIDE LABELS. Ist die Darstellung fein genug, werden bekannte Stationen mit ihrem Namen eingeblendet. Stört dies, setzen Sie dort den Haken.

Bei starker Bandbelegung kommt es zu Störungen des Empfangs. Im Filterblock der Bedienoberfläche des Web-SDRs können Sie den Filter schmäler oder breiter setzen. Außerdem können Sie eine Rauschsperrre ein- und ausschalten, Pfeifgeräusche unterdrücken und das Rauschen reduzieren. Darüber hinaus ist hier der Audiorecorder für Mitschnitte untergebracht. In Abbildung 1.8 finden Sie diese Bedienelemente dargestellt.



Abbildung 1.8 Einstellungen für Bandbreite und Störungsausblendung

Die Feldstärke der empfangenen Stationen wird am S-Meter angezeigt. Dieses hier verfügt über einen quasianalogen Laufbalken. Sie sehen außerdem den aktuellen und den Spitzenwert in dBm angegeben. Abbildung 1.9 zeigt Ihnen diese Feldstärkeanzeige.



Abbildung 1.9 S-Meter

Für die Nutzung mit Smartphones gibt es eine abgespeckte Mobilversion. Diese enthält alles, was für den Empfangsbetrieb auf kleinen Displays notwendig ist. Die Frequenz stellen Sie dadurch ein, dass Sie das Wasserfalldiagramm unter dem gelben Filtersymbol verschieben. Die Frequenz können Sie auch in das dafür vorgesehene Feld eingeben. Die Sendeart wählen Sie im danebenliegenden Dropdown-Menü. In Abbildung 1.10 sehen Sie die gesamte Oberfläche.

Unter <http://www.websdr.org/> finden Sie weitere, über die ganze Welt verteilte Web-SDR-Empfänger.

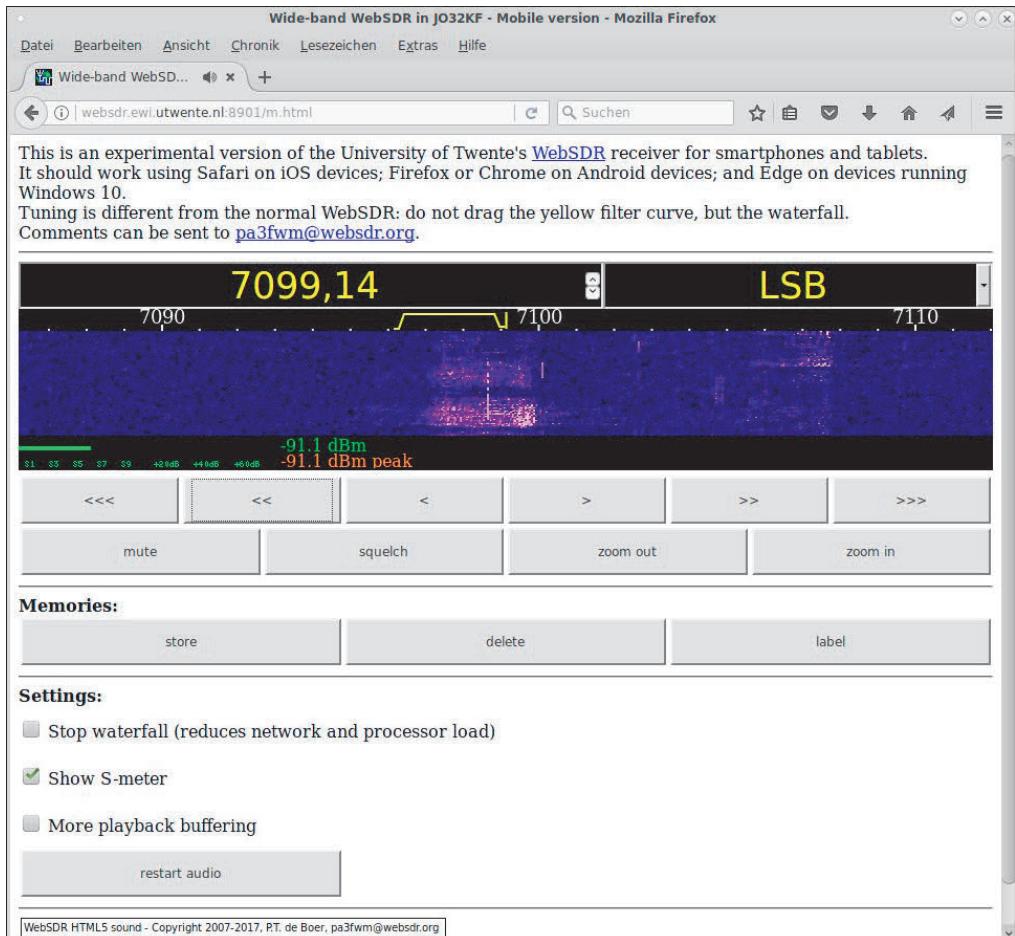


Abbildung 1.10 Vereinfachte Web-SDR-Oberfläche für mobile Geräte

### 1.5.2 SDR-Empfänger am PC

Die meisten SDR-Empfänger gibt es als USB-Geräte. Achten Sie beim Kauf darauf, dass das Betriebssystem Ihres Rechners diesen entsprechend unterstützt. Sie erhalten kleine USB-Sticks, meist mit dem RTL-Chipsatz. Diese werden von allen Betriebssystemen erkannt, und es gibt viele Programme für den Amateurfunkempfang.

Im mittleren Preissegment finden Sie z. B. die Geräte von SDRPlay. Diese verfügen über einen größeren Frequenzbereich, eine höhere Empfindlichkeit, und Sie können bei manchen Modellen mehrere Antennenanschlüsse nutzen.

Programme für den SDR-Empfang liegen solchen Geräte bei, bzw. Sie finden sie im Internet.

Und wenn der Amateurfunkempfang einmal keinen Spaß macht, können Sie damit UKW- oder DAB+-Radio hören!

Es gibt verschiedene SDR-Programme. Abbildung 1.11 zeigt den Arbeitsbildschirm von *Gqrx*. Eingestellt ist das 70-cm-Amateurfunkband. Die Bedienung ähnelt der eines Web-SDRs.

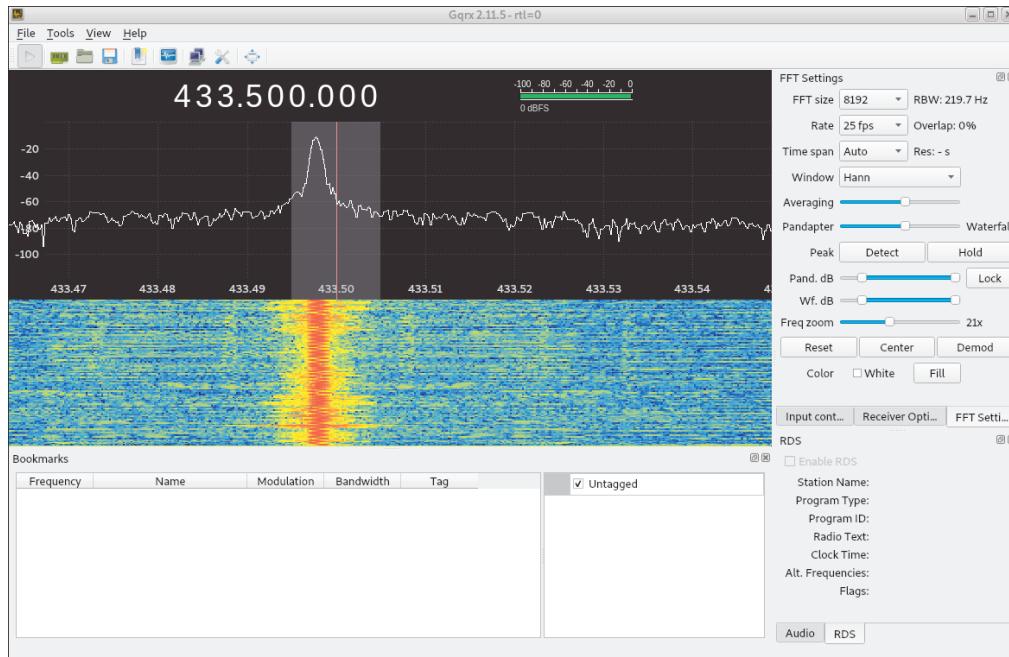


Abbildung 1.11 Das SDR-Programm Gqrx

### 1.5.3 Klassische Empfangsgeräte

Reine Empfangsgeräte sind in verschiedenen Bauformen sowohl neu als auch gebraucht erhältlich.

Im Vergleich zu der PC-gekoppelten SDR-Lösung haben Sie ein Gerät mit Schaltern und Knöpfen, das Sie nach kurzer Zeit intuitiv bedienen können.

Im Format von Handfunkgeräten erhalten Sie Empfänger, die oftmals als *Funkscanner* bezeichnet werden. Sie arbeiten meist mit vorher einstellbaren Festfrequenzen. Sie empfangen damit die höherfrequenten Amateurfunkbänder ab 144 MHz. Die »Kanäle« programmieren Sie mit den Frequenzen der Relaisfunkstellen und auch Frequenzen für den Direktbetrieb, auf denen Funkamateure miteinander kommunizieren können, ohne ein Relais zu nutzen. Teurere Modelle ermöglichen auch einen Empfang des Kurzwellenbereichs, wenngleich man hier nicht zu großen Ansprüchen an die Empfangsqualität stellen sollte.

Auf Flohmärkten finden Sie oft Kurzwellenempfangsgeräte, die in den letzten 25 Jahren produziert wurden (die Hersteller sind meist Yaesu, JRC, Kenwood oder Icom). Wenn diese Geräte in gutem Zustand sind, steht einem Kauf nichts im Wege. Natürlich erhalten Sie Kurzwellenempfänger auch als Neuware.

Geräte im Kofferradioformat ermöglichen auch die gute Wiedergabe von UKW- und DAB+-Sendungen. Allerdings gewährleisten hier nur die auch preislich höher liegenden Modelle brauchbaren Kurzwellenempfang, z. B. das TECSUN S-8800.

**Tipp:** Gehen Sie zusammen mit einem erfahrenen Funkamateuren auf Einkaufstour. So vermeiden Sie Fehlkäufe und Enttäuschungen.

#### 1.5.4 Bausätze

Sie können Ihren Empfänger auch selbst aufbauen. Dabei lernen Sie Funktechnik hautnah kennen. Allerdings müssen Sie teilweise Einschränkungen hinsichtlich der Ausstattung und der Empfangsleistungen hinnehmen, da im Normalfall keine aufwendigen Messmittel zur Verfügung stehen und die wenigsten Bausätze die Qualitäten hochpreisiger Geräte erreichen. Allerdings gibt es mit den SDR-Empfänger-Bausätzen hier auch Ausnahmen.

Die Zeitschrift *Funkamateur* betreibt einen kleinen Onlineshop mit Funkartikeln (<http://www.funkamateur.de>). Hier finden Sie unter anderem die vom Schweizer Entwickler Heinz Stampfli geschaffenen Bausätze *Junior 1* und *Junior 1D*.

Ersterer umfasst den Frequenzbereich von 5,9 MHz bis 8,1 MHz (das 49-m- und das 40-m-Rundfunkband sowie das dazwischen liegende 40-m-Amateurfunkband) mit den Sendearten AM und SSB.

Die Ausführung *Junior 1D* deckt den Bereich von 1 MHz bis 30 MHz in AM und SSB ab. SSB ist dabei als Doppelseitenempfang umgesetzt. Der Empfänger verfügt über eine digitale Frequenzanzeige und einen regelbaren Vorabstimmkreis (Preselektor), was den Empfang entscheidend verbessert.

Es werden verschiedene Bausätze von SDR-Empfängern angeboten. In der Regel sind diese relativ preiswert und bieten gute Empfangsleistungen.

#### 1.5.5 Antennen für den Empfang

Wenn Sie einen eigenen Empfänger besitzen, benötigen Sie eine Antenne für den Empfang. Für den Anfang reicht eine einfache Wurfantenne, also ein Stück Draht. Ein Stück isolierter Schaltdraht, zwischen 2 und 20 m lang, genügt schon für den Empfang des Kurzwellenbereichs. Robuster ist eine isolierte Antennenlitze.

Einige moderne SDR-Empfänger verfügen über eine zusätzliche Langdraht-Klemme, verwenden aber sonst stets SMA-Anschlüsse. Für die Nutzung der Langdraht-

Klemme entfernen Sie nur ein Stück der Isolierung und stecken den Antennendraht ein – fertig. Die SMA-Stecker jedoch sind normalerweise nur lötbar, was mit einiger Übung auch gelingt. Möchten Sie anfangs dieser Arbeit aus dem Weg gehen, können Sie einfach einen Adapter *SO-259-Buchse auf SMA-Stecker* (siehe Abbildung 1.12 und Abbildung 1.13) dafür einsetzen.



Abbildung 1.12 Adapter SO-259 auf SMA: die Seite der SO-Buchse



Abbildung 1.13 Adapter SO-259 auf SMA: die Seite des SMA-Steckers

Um den Antennendraht daran anzustecken, benötigen Sie noch einen Bananenstecker (siehe Abbildung 1.14).

Möchten Sie den Funkamateuren auf dem 2-m- und 70-cm-Band lauschen, reicht eine kleine Antenne aus. Sie können hier ebenso eine kurze Wurfantenne mit 50 cm Länge verwenden. Einen besseren Empfang erzielen Sie mit einer kleinen Mobilantenne mit Magnetfuß (siehe Abbildung 1.15) oder Ähnlichem am Balkon oder Fensterrahmen.



Abbildung 1.14 Bananenstecker

Den notwendigen Adapter für den Anschluss an Ihren Empfänger kaufen Sie zusammen mit der Antenne. Eventuell erhalten Sie so eine Antenne auch mit dem passenden Stecker.



Abbildung 1.15 Mobilantenne für das 2-m- und 70-cm-Band

## 1.6 Funkamateure persönlich kennenlernen

In Deutschland sind die allermeisten Funkamateure im »Deutschen Amateur-Radio-club e. V.« (DARC) organisiert.

Derzeit hat der Verein rund 34.000 Mitglieder. Er ist in Distrikte unterteilt, in denen sich wiederum die Ortsverbände mit den Mitgliedern befinden. Jeder Ortsverband verfügt über ein Kennzeichen, den Distrikts-Ortsverbands-Kenner (DOK). Dieser besteht im Regelfall aus dem Buchstaben, der den Distrikt kennzeichnet, und aus einer zweistelligen Zahl, z. B. B32 für den Ortsverband Pegnitz, der wiederum zum Distrikt Franken (B) gehört.

Das Vereinsleben findet in diesen Ortsverbänden (OV) auf unterschiedliche Art und Weise statt. So gibt es OV's, deren einzige Aktivität aus dem einmal im Vierteljahr stattfindenden OV-Abend besteht. Andere organisieren Lizenzkurse, Vorträge, Feste und Feiern aller Art, Exkursionen und wöchentliche Treffen. All dies hängt stets von den einzelnen Personen vor Ort ab.

Speziell für Pendler und andere, meist aus beruflichen Gründen »unsesshafte« Personen bietet sich der Ortsverband D22 »Soziale Medien« an. Hier tauschen sich die bundesweit verstreut lebenden Mitglieder mittels sozialer Medien aus. Ansonsten handelt es sich um einen gewöhnlichen Ortsverband, nur eben ohne regelmäßige lokale Treffen.

Bei Interesse besuchen Sie die Internetpräsenz des DARC unter <https://www.darc.de/home>. Klicken Sie dort auf EINSTEIGER.

Der DARC hat zudem die Ausbildungsplattform [50ohm.de](https://www.50ohm.de) geschaffen. Aktuell, also im Frühjahr 2024, ist hier noch vieles im Aufbau begriffen. Aber: So leicht wie mithilfe dieser Plattform konnte man bisher nicht zu einer Amateurfunklizenz kommen: Selbstlerner können Online-Kurse belegen, Trainingsapps machen fit für die Prüfung, man erfährt, wo und wann (Teil-)Präsenzkurse abgehalten werden, und wo es im Umkreis helfende Lernpaten gibt. Kursleiter erhalten Kurspläne, Materialien und weitere Unterstützung. Unter <https://www.50ohm.de/finden> Sie all diese Informationen. Schauen Sie einfach mal rein!

Wenn Sie lieber den direkten Kontakt pflegen wollen, besuchen Sie einfach einen oder mehrere Ortsverbände in Ihrem Umkreis. Man wird Sie sicher in Ihrem Vorhaben, Funkamateur zu werden, unterstützen.

Es gibt weltweit und in Deutschland noch weitere Vereinigungen, die sich mit dem Amateurfunk beschäftigen. Dabei handelt es sich um Vereine mit spezielleren Zielen, z. B. Satellitenfunk, museale Erhaltung von Funktechnik oder Fördervereine an Hochschulen. Auch hier können Sie zu den Vereinstreffen stoßen und Ihre ersten Kontakte mit den Menschen hinter den Mikrofonen und Tasten knüpfen.

Wer sich ausschließlich auf das Hören des Funkgeschehens konzentrieren möchte, ist ebenso gut bei den vorgenannten Vereinen aufgehoben. Allerdings gibt es auch Funkfreunde, die sich ausschließlich dem Empfang verschrieben haben. Die Arbeitsgemeinschaft DX e. V., kurz *AGDX*, ist der Dachverband deutschsprachiger Kurzweltenhörervereine. Hier treffen sich Menschen, die sich auch dem Empfang weltweit hörbarer Rundfunkstationen widmen. Weiteres hierzu finden Sie unter <http://www.agdx.de>.

Funkamateure finden Sie auf vielen größeren Messen und Ausstellungen, wo sie sich und den Amateurfunk vorstellen. Hier können Sie Menschen und Technik direkt erleben und kennenlernen.

Eine Veranstaltung für Funkamateure ist die *HAM RADIO* in Friedrichshafen (<http://www.hamradio-friedrichshafen.de>). Sie findet jährlich im Zeitraum Juni/Juli statt. Hier treffen Funk- und Elektronikinteressierte zusammen. Das Programm ist sehr vielfältig. Es gibt Fachvorträge über neueste technische Entwicklungen, und Sie können am Stand der Bundesnetzagentur sogar die Amateurfunkprüfung ablegen. Internationale Aussteller zeigen ihre neuesten Produkte rund um den Amateurfunk. Vereine aus aller Welt stellen sich dar. Persönliche Kontakte mit Menschen aus aller Welt werden dort geknüpft. Die Planung mancher Urlaubsreise nimmt dort ihren Ursprung. Die inländischen Vereine geben über alle Fragen rund um den Amateurfunk Auskunft.

Vielleicht lernen Sie dort sogar Ihren persönlichen Ansprechpartner für den Einstieg kennen, zumindest erfahren Sie aber, wer in Ihrer Nähe Ihnen weiterhilft. Es treffen sich dort viele QSO-Partner und Jugendgruppen – der persönliche Kontakt ist hier das Wichtigste. Sie sehen und finden auf der *HAM RADIO* wirklich alles, was den Amateurfunk betrifft. Sollten Sie Ihre Zeit nicht nur auf dem Messegelände, sondern auch in Friedrichshafen verbringen, fallen Ihnen die dort herumflanierenden Funkfreunde mit ihren T-Shirts und Kappen sicher auf. Meist wird auf diese Kleidungsstücke das persönliche Rufzeichen gestickt.

Eine kleinere, aber deshalb nicht uninteressante Veranstaltung ist der *FUNK.TAG Kassel*. Dieser findet jeweils im Frühjahr statt und löste die nicht mehr stattfindende Interradio Hannover ab. Hier stellen sich ebenfalls Funkamateure mit ihrer Arbeit vor. Zudem gibt es gewerbliche Aussteller und einen Flohmarkt.

Weitere Informationen über das jeweilige aktuelle Programm und die Aussteller finden Sie auf der Webseite des Deutschen Amateur-Radioclubs e. V.

Alle zwei Jahre findet die *Amateurfunktagung München* statt. Sie wird in der Hochschule München veranstaltet und besteht aus einer Reihe von Vorträgen mit überwiegend funktechnischen Themen (<http://www.amateurfunktagung.de/>)

Neben den schon erwähnten OV-Abenden halten viele der Ortsverbände der Amateurfunkvereinigungen einmal im Jahr einen sogenannten *Fieldday* ab. Hierbei wird

eine Funkstation außerhalb bewohnter und erschlossener Gegend errichtet. Natürlich dienen diese Veranstaltungen dem gemütlichen Beisammensein. Gleichzeitig trainiert man aber auch, wie man im Notfall abseits der Netzstromversorgung und mit behelfsmäßig aufgebauten Antennen einen Funkbetrieb durchführt. Auch hierzu sind Einsteiger willkommen.

In Deutschland verfügen einige Funkamateure über ein Ausbildungsruferzeichen. Das ermöglicht es Ihnen, unter Aufsicht Ihre ersten QSOs zu tätigen, ähnlich einer »Fahrschule«. Wenn sich Ihnen eine derartige Möglichkeit bietet, nutzen Sie diese unbedingt. Sie erhalten schon mal ein Gefühl, wie es ist, teilweise weltweit über den Äther Kontakte zu knüpfen.

Auch die Amateurfunkvereinigungen von Österreich (ÖVSV) und der Schweiz (USKA) sind regional vor Ort mit ihren Untergliederungen aktiv. Die Aktivitäten sind die gleichen wie hier für den bundesdeutschen Raum beschrieben.

## 1.7 Technik als Erlebnis

Mit den eigenen Händen etwas schaffen, das können Sie auch im Amateurfunk erleben. Dazu müssen Sie nicht gleich ein Funkgerät selbst entwerfen und bauen, das machen wohl die wenigsten Funkamateure. Es bleiben aber genügend andere Betätigungsfelder, beispielsweise:

- ▶ Stecker an Antennenkabel löten oder crimpeln
- ▶ Antennen berechnen und bauen
- ▶ Aufbau einer Stationsantenne
- ▶ mobile Stromversorgungen schaffen
- ▶ Messungen durchführen
- ▶ Zusatzgeräte wie Mikrofon, Morsetaste oder Rechner mit dem Funkgerät verkabeln
- ▶ Funkkoffer für unterwegs oder Notfunkeinsätze planen und bauen
- ▶ Stationstisch aufbauen
- ▶ Bausätze für Funk- und Messgeräte zusammenbauen (Das spart Zeit und Geld gegenüber kompletten Eigenentwicklungen.)
- ▶ Bewahrung technischer Denkmäler (historische Fernmeldeturme, Schiffe, Seefunkstellen, Sendeanlagen)
- ▶ Bewahrung und Pflege des Weltkulturerbes Morsetelegrafie

Und vieles andere mehr! Funkamateure helfen sich untereinander. Da hilft die junge Lötkünstlerin eben dem alten Antennenfuchs, und der Informatikstudent erklärt am OV-Abend seinen Vereinskollegen, was man mit dem Raspberry Pi so alles im Amateurfunk anstellen kann.

## 19.3 Koaxialkabel

*Koaxialkabel* zählen zu den asymmetrischen, also unsymmetrischen Leitungen in der Funktechnik, denn die beiden Leiter sind unterschiedlich geformt.

### 19.3.1 Der Aufbau von Koaxialkabeln

Abbildung 19.2 zeigt Ihnen den Aufbau von Koaxialkabeln.

Kabel für kurze Strecken und Frequenzen unterhalb 30 MHz verfügen über den Innenleiter (*Seele*) und das Abschirmgeflecht. Hochwertige Kabel, auch für hohe Frequenzen, sind mit einem zusätzlichen Schirm aus Metallfolie ausgestattet. Damit wird ein sehr hohes Schirmungsmaß erzielt.

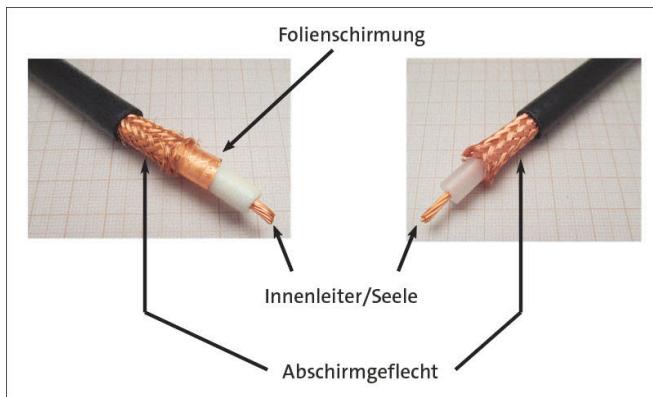


Abbildung 19.2 Aufbau von Koaxialkabeln

Hochwertige Koaxialkabel verhindern unerwünschte Abstrahlungen bei der Übertragung hochfrequenter Signale. Gleiches gilt beim Empfang. Störungen aller Art gelangen nicht über die Antennenzuleitung an den Empfänger.

Nachteilig sind oftmals die mechanischen Eigenschaften dieser Kabel. Besonders jene Ausführungen mit Folienschirm sind relativ starr und damit schwer bei engen Radien zu biegen. Auch das Gewicht kann z. B. bei Mittenspeisung von Drahtantennen von Bedeutung sein.

### 19.3.2 Berechnung des Wellenwiderstands $Z$

Um den Wellenwiderstand  $Z$  berechnen zu können, benötigen Sie diese Angaben:

- ▶ die relative Dielektrizitätszahl  $\epsilon_r$  der Isolierung des Innenleiters (siehe Tabelle 19.1)
- ▶ den Innendurchmesser der Abschirmung bzw. des Folienschirms  $D$
- ▶ den Durchmesser des Innenleiters  $d$

Zur Berechnung selbst wenden Sie diese Formel an:

$$Z = \frac{60 \Omega}{\sqrt{\epsilon_r}} \times \ln \frac{D}{d}$$

## Übung

Berechnen Sie ein Kabel, über das Sie folgende Daten haben:

- Material der Isolierung: Voll-PE
- Durchmesser des Innenleiters: 0,7 mm
- Durchmesser der Isolierung: 4,4 mm
- Außendurchmesser des Kabels: 7,4 mm

Gesucht ist der Wellenwiderstand Z.

### Lösung:

Der Außendurchmesser des Kabels ist für die Berechnung nicht notwendig!

Die relative Dielektrizitätszahl für Voll-PE beträgt 2,29. Setzen Sie diese Werte in die Formel

$$Z = \frac{60 \Omega}{\sqrt{2,29}} \times \ln \frac{4,4}{0,7}$$

ein und berechnen Sie sie mit dem Taschenrechner. (Beachten Sie, dass sich nach Eingabe der  $\ln$ -Taste gegebenenfalls eine Klammer öffnet!)

- $60 \div \sqrt{2,29} = \times \ln 4,4 \div 0,7 =$

Alternative Eingabe:

- $4,4 \div 0,7 = \ln \times 60 \div 2,29 \sqrt{ } =$

Abgelesen und gerundet: 72,9

Z beträgt also rund 75  $\Omega$ .

### Koaxialkabel

Im Amateurfunk verwendete Koaxialkabel haben meist einen Wellenwiderstand von 50  $\Omega$ , seltener auch von 60  $\Omega$  oder 75  $\Omega$ .



### 19.3.3 Verminderte Ausbreitungsgeschwindigkeit

Die hochfrequenten Signale werden in Koaxialkabeln ausgebremst. Sie sind aufgrund der kapazitiven Belastung mit deutlich weniger als der Lichtgeschwindigkeit wie im Freiraum unterwegs. Daher sind, wenn frequenzabhängige Kabelzuschnitte angefertigt werden müssen, diese nach der herkömmlichen Berechnungsmethode

zu lang. Sie können aber sowohl die verringerte Ausbreitungsgeschwindigkeit  $v$  als auch einen Verkürzungsfaktor  $k$  berechnen.

Zur Berechnung der Ausbreitungsgeschwindigkeit können Sie mit der Formel

$$v = \frac{1}{\sqrt{L' \times C'}} \text{ (km/s)}$$

arbeiten, wenn Sie  $C'$  in pF/m und  $L'$  in pH/m einsetzen.

### Übung

Bekannte Werte eines Koaxialkabels sind:

- Induktivität ( $L'$ ) = 1,2  $\mu\text{H}/\text{m}$
- Kapazität ( $C'$ ) = 15 pF/m

Gesucht ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit  $v$ .

#### Lösung:

Gleichen Sie die SI-Präfixe (hier pH) an: 1,2  $\mu\text{H}/\text{m} \rightarrow 1.200.000 \text{ pH}/\text{m}$ , und setzen Sie die Werte in die Formel ein:

$$v = \frac{1}{\sqrt{1200000 \times 15}} \text{ (km/s)}$$

Berechnen Sie dann mit dem Taschenrechner:

- 1  $\div$   $\sqrt{\square}$   $\square$  1200000  $\times$  15  $\square$   $=$

Alternative Eingabe:

- 1  $\div$   $\square$  1200000  $\times$  15  $\square$   $=$   $\checkmark$

Abgelesenes Zwischenergebnis:  $2,3570 \times 10^4$

Berücksichtigen Sie, dass die Induktivität in  $\mu\text{H}$  vorliegt, aber in pH eingegeben wurde. Multiplizieren Sie das Ergebnis im Taschenrechner mit  $10^9$ , damit Sie die Ausbreitungsgeschwindigkeit von 236.000 km/s erhalten.

#### 19.3.4 Der Verkürzungsfaktor $k$

Der Verkürzungsfaktor ergibt sich aus dem Umstand, dass für gewöhnlich die Berechnung der Wellenlänge mit der angenommenen Freiraumausbreitung und damit der höheren Ausbreitungsgeschwindigkeit (knapp 300.000 km/s) erfolgt. Diese ist aber tatsächlich im Kabel geringer. Anstatt für jedes Kabel die korrekte Ausbreitungsgeschwindigkeit zu bestimmen, berechnet man einen Verkürzungsfaktor  $k$ . Sie benötigen  $k$  z. B. für die Berechnung und Anfertigung von Anpassleitungen.

Bei der Berechnung des Verkürzungsfaktors zieht man die relative Dielektrizitätszahl  $\epsilon_r$  heran. Sie finden einige Beispiele in Tabelle 19.1.

Material Dielektrikum/Isolierung	$\epsilon_r$	$k$
Luft	1,00059	1,0
Polyethylen-(PE-)Vollmaterial	2,29	0,66
Polyethylen-(PE-)Schaum	1,3–1,5	0,82–0,85
Teflon (PTFE)	2,0	0,7

**Tabelle 19.1** Relative Dielektrizitätszahlen

Den Verkürzungsfaktor  $k$  berechnen Sie so:

$$k = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

### Übung

Ermitteln Sie den Verkürzungsfaktor für Kabel mit Voll-PE-Isolierung.

#### Lösung:

Setzen Sie die Werte in die Formel ein, und rechnen Sie mit dem Taschenrechner:

$$k = \frac{1}{\sqrt{2,29}}$$

► 1  $\div$   $\sqrt{2,29}$   $=$

Alternative Eingabe:

► 1  $\div$  2,29  $\sqrt{ } =$

Gerundetes Ergebnis: 0,66

Diesen Faktor können Sie bei den meisten handelsüblichen Koaxialkabeln anwenden!

### 19.3.5 Kabeldämpfung

Koaxialkabel haben durchweg eine höhere Dämpfung als Paralleldrahtleitungen. Je höher der Durchmesser des Kabels und je größer der Luftanteil im Dielektrikum ist, desto geringer fällt die Dämpfung aus. Die Dämpfung steigt mit der Frequenz und Kabellänge.

Die Hersteller geben die Dämpfung  $a_0$  in dB je 100 m an.

Um die Dämpfung eines Kabels in Abhängigkeit von dessen Länge und der benutzten Frequenz zu ermitteln, gehen Sie wie folgt vor:

- ▶ Schritt 1: Ermitteln Sie die Grunddämpfung je 100 m »Ihres« Kabels aus den Herstellerangaben. Die Angaben hierfür sollten wenigstens in der Abstufung 10 MHz, 100 MHz, 400 MHz oder 500 MHz und gegebenenfalls 1 GHz vorliegen, je nachdem, welchen Bereich Sie nutzen möchten. Wählen Sie die Angaben für die nächsthöhere Frequenz in den Herstellerangaben. Sollte ein Dämpfungsdiagramm des Herstellers für das Kabel vorliegen, können Sie einen genaueren Wert ermitteln.
- ▶ Schritt 2: Rechnen Sie das Verhältnis Ihrer Kabellänge zu 100 m aus.
- ▶ Schritt 3: Multiplizieren Sie das Verhältnis mit dem dB-Wert für 100 m.

### Übung

Ermitteln Sie die Kabeldämpfung für 15 m des RG58U bei 10 MHz.

#### Lösung:

- ▶ Schritt 1: Ermitteln Sie die Grunddämpfung des Kabels. Auf einem Infoblatt des Herstellers finden Sie die Dämpfung mit 5 dB je 100 m bei 10 MHz angegeben.
- ▶ Schritt 2: Berechnen Sie die gegebene Kabellänge mit dieser Formel:

$$a = \frac{\text{tatsächliche Länge (m)}}{100 \text{ m}} \times \text{Dämpfung(dB)}$$

- ▶ Schritt 3: Geben Sie die Werte in den Taschenrechner ein:

15  $\div$  100  $\times$  5  $=$

Lesen Sie nun das Ergebnis ab: 0,75 dB beträgt die gesuchte Dämpfung.

Einige Hersteller geben die Werte nicht für die Amateurfunkbänder passend, sondern z. B. für 10 MHz, 100 MHz, 500 MHz usw. an, da die Kabel ja für alle möglichen Funkdienste angeboten werden. Sie müssen die Werte dann für Ihren genutzten Frequenzbereich umrechnen.

Dazu setzen Sie die beiden Frequenzen in ein Verhältnis und ziehen daraus die Wurzel. Sie erhalten dann den Faktor, mit dem der niedrigere Wert multipliziert wird:

$$\text{Faktor} = \sqrt{\frac{f_{\text{hoch}}}{f_{\text{niedrig}}}}$$

### Übung

Ihr Kabel verfügt bei 10 MHz über 2 dB Dämpfung je 100 m. Sie möchten es für 50 MHz einsetzen, haben aber keine Herstellerangabe für diese Frequenz. Zudem muss es 8 m lang sein. Wie hoch wird die Dämpfung ausfallen?

**Lösung:**

- Schritt 1: Ermitteln Sie den Faktor zur Umrechnung mit dem Taschenrechner:

–  $\sqrt{50} \div 10 =$

Alternative Eingabe:

–  $50 \div 10 = \sqrt{ }$

Faktor abgelesen und gerundet: 2,24

- Schritt 2: Berechnen Sie die Dämpfung für 100 m Kabel bei 50 MHz:

$2 \text{ dB } \times 2,24 = 4,48 \text{ dB je 100 m bei 50 MHz}$

- Schritt 3: Berechnen Sie die Dämpfung für die tatsächliche Kabellänge mit dem Taschenrechner:

$8 \div 100 \times 4,48 =$

Ergebnis: 0,36 dB Dämpfung

### Koaxialkabel



- Koaxialkabel sind asymmetrisch aufgebaut. Sie bestehen aus dem Innenleiter und der Abschirmung, die als Drahtgeflecht aufgebaut ist. Zusätzlich kann eine Metallfolie die Schirmung verstärken (siehe Abbildung 19.2).
- Hochwertige Koaxialkabel verhindern unerwünschte Abstrahlungen von Sendenergie, aber auch das Einstreuen von unerwünschten Signalen aus dem Nahfeld beim Empfang.
- Koaxialkabel benötigen oft einen größeren Biegeradius und sind daher manchmal schwer zu verlegen.
- Im Amateurfunk werden Koaxialkabel mit  $50 \Omega$ , aber auch mit  $60 \Omega$  oder  $75 \Omega$  verwendet.
- Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Funkwellen ist im Koaxialkabel niedriger gegenüber jener im Freiraum.
- Daraus ergibt sich auch der Verkürzungsfaktor, da die Berechnung der Wellenlänge üblicherweise mit der Ausbreitungsgeschwindigkeit im Freiraum vorgenommen wird. Der Verkürzungsfaktor wird mittels der relativen Dielektrizitätszahl  $\epsilon_r$  berechnet.
- Die Dämpfungswerte von Koaxialkabeln sind höher als jene der Paralleldrahtleitungen.
- Die Dämpfungswerte werden bestimmt durch Leitungsdicke, Frequenz und Dielektrikum (sehr gut: Luft; gut: PE-Schaum; üblich: PE-Vollmaterial).

## 19.4 Übersicht über Koaxialkabel

Auf dem Markt finden Sie eine Vielzahl von Koaxialkabeln (siehe Abbildung 19.3), von denen ich Ihnen eine Auswahl vorstellen möchte.



Abbildung 19.3 Koaxialkabel

Die Koaxialkabel unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Dicke, Biegsamkeit und Dämpfung. Dünne Kabel verwenden Sie für kurze Strecken: Meist schließen Sie Handfunkssprechgeräte an Außenantennen an. Dies wird vor allem durch den hierfür hauptsächlich verwendeten SMA-Stecker vorgegeben.

Lange Strecken im Gebäude und an Masten benötigen Kabel mit geringer Dämpfung. Diese haben Luft- oder Schaumisolierung, sind aber wenig flexibel. Kabeltrassen müssen entsprechende Biegeradien vorsehen, auch für Mauer- und Mastdurchlässe.

Tabelle 19.2 stellt Ihnen einige Kabeltypen vor. Alle weisen einen Wellenwiderstand von  $50 \Omega$  auf. Die Werte wurden verschiedenen Listen und Herstellerunterlagen entnommen.

Außen-durchmesser	Typ	Dielek-trikum	Dämpfung je 100 m			Verk.-Faktor
			10 MHz	100 MHz	400 MHz	
2,8 mm	RG 174 AU	PE	9,5 dB	25,8 dB	54,9 dB	0,66
5 mm	RG 58 CU	PE	4,1 dB	13,9 dB	30 dB	0,66
5,4 mm	H 155	PE + Luft	3,0 dB	9,1 dB	18 dB	0,80

Tabelle 19.2  $50\Omega$ -Koaxialkabel (Auswahl)

Außen-durchmesser	Typ	Dielek-trikum	Dämpfung je 100 m			Verk.-Faktor
			10 MHz	100 MHz	400 MHz	
7,3 mm	Aircell 7	PE + Gas	2,2 dB	6,3 dB	13 dB	0,83
7,3 mm	H 2007	PE-Schaum	2,2 dB	6,3 dB	13 dB	0,83
7,3 mm	HIGHFLEXX 7 (Ultraflex 7)	PE-Schaum	1,9 dB	5,8 dB	11,8 dB	0,83
10,3 mm	RG 213 U	PE	1,8 dB	6,4 dB	13,7 dB	0,66
10,3 mm	H 2000 Flex	PE-Schaum	1,0 dB	3,9 dB	8 dB	0,83
10,3 mm	H 2010 (Ultraflex 10)	PE-Schaum	1,13 dB	3,99 dB	8,35 dB	0,83
10,3 mm	Hyperflex 10	PE-Schaum	1,34 dB	3,95 dB	8,3 dB	0,87
13 mm	Hyperflex 13	PE-Schaum	0,85 dB	2,88 dB	6,19 dB	0,86

Tabelle 19.2 50- $\Omega$ -Koaxialkabel (Auswahl) (Forts.)

## 19.5 Steckverbinder für Koaxialkabel

Der *UHF-»PL«-Stecker* (siehe Abbildung 19.4) wird seinem Namen nicht gerecht. Tatsächlich war diese Norm einmal vor 60 Jahren oder noch früher für UHF-Leitungen gedacht. Auch heute noch sind z. B. Mobilfunkgeräte, die auch das 70-cm-Band abdecken, mit derartigen Anschlüssen ausgestattet. Es gibt aber Besseres!



Abbildung 19.4 UHF-Buchse und Stecker (bzw. »PL« für »Plug«)

Der *BNC-Stecker* (siehe Abbildung 19.5) ist hier schon eher geeignet, aber hohe Leistungen verkraftet er weniger. Charakteristisch für ihn ist die Verriegelung der Verbindung mittels eines federnden Bajonettverschlusses anstelle der sonst üblichen Verschraubungen. Im Bild sind Stecker und Buchse richtig bezeichnet: Der Stecker verfügt über den Bajonett-Überwurf, was ihn eigentlich wie eine Buchse aussehen lässt!



Abbildung 19.5 BNC-Stecker (links) und BNC-Buchse (rechts)

Exzellent, aber eher für Handfunkgeräte oder Messtechnik geeignet, ist die *SMA-Norm*. Abbildung 19.6 zeigt eine SMA-Buchse, Abbildung 19.7 den SMA-Stecker eines Koaxialadapters.



Abbildung 19.6 SMA-Buchse

Kommen sehr hohe Frequenzen und hohe Leistungen zusammen, verwenden Sie Stecker, Kupplungen und Buchsen der N-Norm (siehe Abbildung 19.8). Bei ihnen wird die Verbindung klassisch mittels Überwurfverschraubung gesichert.



Abbildung 19.7 SMA-Steckerseite eines Adapters



Abbildung 19.8 N-Buchse und N-Stecker

Falsch oder fehlerhaft mit dem Koaxialkabel verbundene Steckverbinder können das Empfangs- und Sendevergnügen nachhaltig trüben.

Wenn Sie bisher noch nicht Koaxialstecker an die entsprechenden Kabel montiert haben, besuchen Sie am besten einen versierten Funkamateuren. Unter seiner Aufsicht und mit seiner Hilfe führen Sie Ihre ersten Montagen durch.

Steht Ihnen dieser »Königsweg« nicht zur Verfügung, sollten Sie sich diverse Videos im Internet hierzu ansehen. In den meisten dieser Anleitungen erhalten Sie ebenso gute Erklärungen und arbeiten Schritt für Schritt mit. Auch Elektronik- und Funkhändler bieten oftmals bebilderte Anleitungen zur Steckermontage an.

# Kapitel 35

## Morsen

Sie dürfen hierzulande ohne amtliche Prüfung Morsetelegrafie im Amateurfunk verwenden. Eine freiwillige Prüfung ist dann notwendig, wenn Sie vorhaben, vom Ausland aus den Betrieb aufzunehmen und das Gastland noch auf einer amtlichen Morseprüfung für den Zugang zur Kurzwelle besteht. Morsetelegrafie hat einige Vorteile gegenüber dem Sprechfunk:

- ▶ Der Betrieb ist mit einfachsten Geräten möglich.
- ▶ Eine Verständigung ist ohne tiefgehende Fremdsprachenkenntnisse möglich, da Amateurfunkabkürzungen international verwendet werden und überall die gleiche Bedeutung haben.
- ▶ Die geringen Sendeleistungen reichen für weltumspannenden Verkehr aus, daher ist Morsetelegrafie besonders bei Akkubetrieb ohne Zugang zum öffentlichen Stromnetz interessant.
- ▶ Im Störnebel oder bei dichter Bandbelegung hört man immer noch »seine« Station heraus. Dabei wird das Morsen nur von wenigen digitalen Verfahren, wie beispielsweise FT8, übertroffen.
- ▶ Wie die meisten digitalen Verfahren auch ist Morsetelegrafie eine »leise« Kommunikation: Kopfhörerbetrieb und das leise Klicken der Morsetaste stören keine Mitbewohner, wenn Sie in der Nacht Ihre Verbindungen haben.

Irgendwann fühlen Sie sich sicher genug, in Morsetelegrafie auf Sendung zu gehen. Die Aufregung wird sich mit der Zeit und der Routine legen. Damit der Start klappt, beherzigen Sie bitte die Ratschläge im Kasten.

### Morsen – einige Spielregeln

- ▶ Betrachten Sie die Morsezeichen weder als »Punkt« und »Strich« noch als »Kurz« oder »Lang« sondern als »DIT« und »DAH«. So arbeiten Sie stets mit dem Klangbild und prägen sich keine optischen Muster ein, die Sie besonders bei der Gehöraufnahme stören werden.
- ▶ Geben Sie nur so schnell, dass Sie dabei auch saubere Zeichen hervorbringen!
- ▶ Verwenden Sie die Morsetaste, deren Handhabung Ihnen liegt!



- ▶ Stellen Sie Ihre Gebegeschwindigkeit auf Ihr Gegenüber ein. Damit vermeiden Sie Rückfragen, und Ihr QSO-Partner wird Sie als höflich und rücksichtsvoll empfinden.
- ▶ Überlassen Sie das Hören nicht dem Computer oder der App. Das geht nur so lange gut, wie die empfangene Station eine elektronische Morsetaste benutzt und keinerlei Störungen vorliegen. Die Morsetelegrafie ist kein Ersatz für die digitalen Sendearten oder das Fernschreiben!
- ▶ Nehmen Sie eine bequeme Haltung ein, damit Sie nicht schnell ermüden. Bei der Verwendung einer Handtaste sollte der Unterarm nicht aufliegen; stellen Sie die Taste dabei fast an den vorderen Tischrand. Der Tastenteller/-knopf wird mit mehreren Fingern gehalten, auch der Daumen ist einbezogen. Wenn Sie eine automatische Taste (*Bug, Squeeze*) nehmen, sollte der Unterarm aufliegen. Sie vollführen hierbei mehr Finger- als Handbewegungen.

### 35.1 Morsezeichen

Der Morsecode ist ein nach seinem Erfinder Samuel Morse benannter Code zur telegrafischen Übermittlung von Buchstaben, Ziffern und weiteren Zeichen. Das Morsealphabet beinhaltet die Buchstaben des Alphabets, es gibt aber noch weitere Zeichen, wie beispielsweise spezielle Betriebszeichen, die für eine vollständige Kommunikation zwischen zwei oder mehreren Kommunikationspartnern notwendig sind. Tabelle 35.1 bis Tabelle 35.4 zeigen die gängigsten Zeichen.

Zeichen	Aufbau	Klangbild	Zeichen	Aufbau	Klangbild
A	..	di dah	Ä	..-.	di da di dah
B	-...	da di di dit	C	-.-.	da di da dit
CH	- - -	da da da dah	D	-..	da di dit
E	.	dit	F	..-.	di di da dit
G	- - .	da da dit	H	....	di di di dit
I	..	di dit	J	.---	di da da dah
K	- . -	da di dah	L	.-..	di da di dit
M	- -	da dah	N	-.	da dit
O	- - -	da da dah	Ö	---.	da da da dit

Tabelle 35.1 Buchstaben

Zeichen	Aufbau	Klangbild	Zeichen	Aufbau	Klangbild
P	. - - .	di da da dit	Q	- - - .	da da di dah
R	. - .	di da dit	S	. . .	di di dit
T	-	dah	U	. . -	di di dah
Ü	. . - -	di di da dah	V	. . . -	di di di dah
W	. - -	di da dah	X	- . . -	da di di dah
Y	- . - -	da di da dah	Z	- - . .	da da di dit

Tabelle 35.1 Buchstaben (Forts.)

Zeichen	Aufbau	Klangbild
1	. - - - -	di da da da dah
2	. . - - -	di di da da dah
3	. . . - -	di di di da dah
4	. . . . -	di di di di dah
5	. . . . .	di di di di dit
6	- . . . .	da di di di dit
7	- - . . .	da da di di dit
8	- - - . .	da da da di dit
9	- - - - .	da da da da dit
0	- - - - -	da da da da dah

Tabelle 35.2 Zahlen

Zeichen	Aufbau	Klangbild	Bedeutung
(k)	- . -	da di dah	Kommen
(r)	. - .	di da dit	Richtig

Tabelle 35.3 Betriebszeichen

Zeichen	Aufbau	Klangbild	Bedeutung
(ka)	- . - . -	da di da di dah	Spruchanfang
(ar)	. - . - .	di da di da dit	Spruchende [+]
(sk)	. . . - -	di di di da di dah	Verkehrsende
(eb)	. - . . .	di da di di dit	Warten
(ve)	. . . - .	di di di da dit	Verstanden
8 dit	. . . . . .	di di di di di di dit	Irrung
(ii)	. . . .	di dit di dit	Gruppenwiederholung

Tabelle 35.3 Betriebszeichen (Forts.)

Weitere spezielle Morsezeichen sind noch für Rechenzeichen oder neuere Buchstaben, wie das @ für die Übermittlung einer E-Mail-Adresse, definiert. Sie sehen also: Morsezeichen leben und entwickeln sich ständig weiter.

Zeichen	Aufbau	Klangbild
@	. - - . - .	di da da di da dit
/	- . . - .	da di di da dit
:	- - - . . .	da da da di di dit
.	. - . - . -	di da di da di dah

Tabelle 35.4 Spezielle Zeichen für Internet- und E-Mail-Adressen

## 35.2 Ablauf einer Morseverbindung

Die Kürzel »QSO« und »Sked« werden für Kommunikationsverbindungen beim Morsen verwendet:

- »Sked« bedeutet »Verabredung/Schedule« und bezeichnet einen vorher vereinbarten Kommunikationsaustausch zwischen zwei Amateurfunkern.
- Ein QSO ist nicht verabredet, also eine zufällige Begegnung auf dem Band.

Wenn Sie diesem Ablauf zum ersten Mal zuhören, wird Ihnen diese Kommunikation ziemlich undurchsichtig erscheinen. Sie folgt aber mehr oder weniger festen Regeln; es gibt Informationen, die erwartet werden, und Informationen, die optional sind.

Mit der Zeit bekommt man Erfahrung, und mit zunehmender Betriebspraxis wird solch ein Austausch zur Routine und zum Vergnügen.

Nachfolgend finden Sie Kochrezept für den Einstieg, wie ein Anruf und auch eine Antwort auf einen Anruf aussehen kann.

Nehmen wir an, die beiden Funkamateure Harald DL6RAL und Jörg DJ4WD treffen sich auf dem Band. Harald befindet sich mit seiner Amateurfunkstation in der Nähe von Berlin, Jörg befindet sich in der Nähe von Frankfurt. (Die ganz genauen Wohnorte sind bei der ersten Funkverbindung nicht notwendig. Es geht weniger um den genauen Wohnort, sondern eher um eine Einschätzung der Wellenausbreitung. Meist wird dafür auch noch der Locator übermittelt. Nehmen Sie also die nächste größere Stadt, die auch auf einer Landkarte zu finden ist.)

Schauen wir uns dazu ein Beispiel an: Jörg DJ4WD hört auf dem Band einen allgemeinen Anruf von DL6RAL:

cq cq cq de dl6ral dl6ral ar k

Jörg kann den Anruf klar und gut verstehen und beschließt zu antworten:

dl6ral de dj4wd ar k

Harald hört wiederum die Antwort auf seinen Anruf von DJ4WD klar und deutlich und beschließt mit ihm ein QSO zu haben:

dj4wd de dl6ral

ge dr om

tks fer call

rst 599 5nn

name harald harald

qth berlin berlin

wx is cloudy temp 15 c

rig ts590 pwr 50 watts

ant dipole

loc jo62nh

hw? dj4wd de dl6ral kn

Jörg hat alles gehört und die wichtigsten Angaben, wie Name, Rufzeichen, Wohnort, Locator und vielleicht auch die Stationsausstattung notiert. Einige Angaben davon wird er später in sein Logbuch übernehmen.

Er sendet nun seine Antwort und orientiert sich an der Menge der Informationen und der Reihenfolge in etwa an seinem Funkpartner. Manche Amateurfunker senden mehr, manche weniger; dies ist oft abhängig von der Routine und Übung, die man

hat. Auch mit der CW-Geschwindigkeit passt sich der Antwortende immer dem Anrugenden an!

```
dl6ral de dj4wd
ge lbr om harald
tks fer fb rprt
rst 599 5nn
name joerg joerg
qth nr frankfurt
wx is cloudy temp 12 c
rig orion pwr 100 watts
ant vertical
loc jn49mr
hw? dl6ral de dj4wd kn
```

Damit ist der erste Durchgang abgeschlossen, und alle notwendigen Informationen für eine erfolgreiche Verbindung sind übertragen. Ab diesem Punkt darf die Funkverbindung in das Logbuch eingetragen werden.

Nun folgt der zweite Durchgang, der ein Dankeschön und die Verabschiedung beinhaltet. Harald ist wieder an der Reihe:

```
dj4wd de dl6ral
all ok dr om joerg
tnx fr fb rprt
pse ur qsl my qsl sure via buro
tnx fer nice qso
hpe cuagn 73 es gl tu
dj4wd de dl6ral sk
```

Harald hat am Ende seines zweiten Durchgangs ein »sk« gegeben, was »Verkehrsende« bedeutet. Jörg weiß nun, dass nach seiner Übermittlung keine weitere Antwort von Harald kommen wird. Seine Antwort wird also alles beinhalten müssen, was nun noch wichtig sein könnte. Falls er im ersten Durchgang etwas vergessen hat, wird er es hier noch unterbringen müssen:

```
dl6ral de dj4wd
all gd lbr harald
tnx fr ur rprt
```

qsl sure  
 tnx fer nice qso  
 hpe cuagn 73 es gl tu  
 dl6ral de dj4wd sk

Wie Sie sehen, wird ein CW-QSO nicht in Klartext geführt. Es würde zu lang werden und Ewigkeiten dauern – länger, als manchmal die Ausbreitungsbedingungen eine stabile Kommunikation zulassen. Aus diesem Grund hält man sich kurz und übermittelt so zügig wie möglich alle notwendigen Informationen, damit die Verbindung erfolgreich ins Logbuch übernommen werden kann.

In dem Beispiel konnten Sie nun einige der gängigsten Amateurfunkkürzel sehen. Deren Bedeutung muss den Funkpartnern bekannt sein und sie müssen Ihnen flüssig »von der Hand gehen«, damit die Funkverbindung Spaß macht und effizient ist. Auch beinhaltet dieses Beispiel-QSO einige Dinge, die die gebräuchliche Praxis darstellen, beispielsweise die Übermittlung des Rufzeichens des Funkpartners und des eigenen Rufzeichens am Anfang und am Ende der jeweiligen Übermittlung. Auch haben Funkverbindungen in einem Contest andere Regeln als ein normales CW-QSO am Abend.

Warum dies alles so gemacht wird und welche weiteren wichtigen Regeln für die Betriebspraxis und erfolgreiche QSOs nötig sind, bringt Ihnen ein Morsefreund bei. Bessern Sie sich eine Morsezeichen-Kurzreferenz, wenn Sie mit dieser Betriebsart beginnen möchten, um alle nötigen Abkürzungen übersetzen und lernen zu können.

### 35.3 Welche Taste?

Zum Lernen, aber auch zur Teilnahme am Funkbetrieb eignet sich natürlich die klassische Handtaste, wie in Abbildung 35.1 gezeigt. Dieses Modell stammt, wie unschwer zu erkennen ist, aus einer militärischen Vornutzung und ist auch für Einsätze im Gelände robust genug. Im Inneren derartiger Tasten finden Sie Einstellmöglichkeiten für den Tastenhub und manchmal auch für die Gängigkeit. Handtasten werden auch heute noch produziert, zum Teil als hochpräzise Einzelstücke.

Einen Vorteil der Handtasten möchte ich noch erwähnen: Sie können während der Verbindung ohne einen weiteren Handgriff Ihre Geschwindigkeit erhöhen oder senken, ganz wie Ihr Funkpartner es benötigt.

Sehr verbreitet sind die automatischen Morsetasten mit Squeeze-Technik. Hierbei drücken Sie mit Daumen und Zeigefinger auf die *Paddles*. Jeweils eines steht für Punkt, das andere für Strich. Drücken Sie beide gleichzeitig, so werden so lange abwechselnd ein Punkt und ein Strich gegeben, bis Sie die Tasten loslassen.

# Auf einen Blick

1	Erlebnis Amateurfunk .....	29
---	----------------------------	----

## TEIL I Amateurfunktechnik

2	Fachrechnen .....	59
3	Bauteilkunde .....	85
4	Physikalische Grundlagen .....	89
5	Die Welt der Widerstände .....	115
6	Elektrische Leistung .....	151
7	Wechselstrom/Signale .....	155
8	Das elektrische Feld (elektrostatische Feld) .....	177
9	Magnetisches Feld und Induktivitäten .....	197
10	R, C und L im Wechselstromkreis .....	229
11	Die Halbleiterdiode .....	267
12	Der Transistor und seine Grundschaltungen .....	281
13	Die Elektronenröhre .....	319
14	Schaltungskunde: Stromversorgung .....	323
15	Grundlagen der elektronischen Schwingungserzeugung .....	341
16	Senden- und Empfangstechnik .....	353
17	Digitale Senden- und Empfangstechnik .....	451
18	Antennen .....	489
19	Übertragungsleitungen .....	527
20	Stehwellen und Leistungsrückfluss .....	541
21	Mantelwellen .....	547
22	Anpassung, Transformation und Symmetrierung .....	553
23	Das elektromagnetische Feld .....	563
24	Leistung und Feldstärke .....	581
25	Messungen und Messgeräte .....	591
26	Störungen und andere Probleme .....	629
27	Sicherheit .....	639

## TEIL II Praxis und Projekte

28	SDR-Empfang mit dem SDRplay RSP2pro .....	653
29	Die Amateurfunkprüfung .....	661
30	Nach bestandener Prüfung – Stationsaufbau .....	663
31	Antennenbau für Einsteiger .....	693
32	Funkbetrieb außerhalb der eigenen vier Wände .....	713
33	Amateurfunk digital .....	743
34	Remote-Funkbetrieb .....	767
35	Morsen .....	773

# Inhalt

Materialien zum Buch .....	21
Vorwort .....	23
Geleitwort des DARC e. V.: Eine faszinierende Welt – der Amateurfunk .....	27

## 1 Erlebnis Amateurfunk 29

---

1.1 Amateurfunk, Freenet, PMR und CB-Funk .....	29
1.2 Funken? .....	30
1.3 Funkern zugehört .....	31
1.3.1 Buchstabieren .....	32
1.3.2 Q-Gruppen .....	34
1.3.3 Weitere betriebliche Abkürzungen .....	38
1.3.4 Rufzeichen .....	39
1.3.5 Was hört man? .....	39
1.4 Funkübertragung .....	40
1.5 Amateurfunk mithören .....	44
1.5.1 SDR-Empfang per Internet .....	44
1.5.2 SDR-Empfänger am PC .....	49
1.5.3 Klassische Empfangsgeräte .....	50
1.5.4 Bausätze .....	51
1.5.5 Antennen für den Empfang .....	51
1.6 Funkamateure persönlich kennenlernen .....	54
1.7 Technik als Erlebnis .....	56

## TEIL I Amateurfunktechnik

### 2 Fachrechnen 59

---

2.1 Basisgrößen des SI-Einheitensystems .....	59
2.2 Dezibelrechnung für Verstärkung und Dämpfung (Leistung) .....	66
2.2.1 Berechnung des Leistungs- oder Dämpfungsfaktors .....	69
2.2.2 Berechnung der Verstärkung in dB aus dem Leistungsfaktor .....	69
2.2.3 Wichtige dB- und Leistungsfaktorwerte .....	69

<b>2.3</b>	<b>Rechnen mit Dezibelwerten</b>	70
<b>2.4</b>	<b>Dezibelrechnung für Verstärkung und Dämpfung (Spannung)</b>	71
2.4.1	Wichtige dB- und Spannungsfaktorwerte	72
<b>2.5</b>	<b>Dezibelrechnung: Leistungspegel</b>	73
2.5.1	Wichtige Leistungspegel	74
<b>2.6</b>	<b>Dezibelrechnung: Spannungspegel</b>	75
<b>2.7</b>	<b>S-Meter und dB</b>	76
<b>2.8</b>	<b>Zahlensysteme</b>	78
2.8.1	Umrechnen von Dualzahlen	78
2.8.2	Umrechnen von Hexadezimalzahlen	81
<b>3</b>	<b>Bauteilkunde</b>	85
<b>4</b>	<b>Physikalische Grundlagen</b>	89
<b>4.1</b>	<b>Der Stromkreis</b>	89
4.1.1	Schaltelemente und Schaltzeichen im Stromkreis	90
4.1.2	Schalter und Taster	91
4.1.3	Relais	93
4.1.4	Der Kurzschluss – Supergau im Stromkreis	94
4.1.5	Die Sicherungen	95
<b>4.2</b>	<b>Spannung als Ursache</b>	99
<b>4.3</b>	<b>Strom</b>	102
<b>4.4</b>	<b>Ladungsmenge</b>	104
<b>4.5</b>	<b>Stromleitverhalten verschiedener Stoffe</b>	105
4.5.1	Leiter	105
4.5.2	Halbleiter	106
4.5.3	Nichtleiter, Isolatoren	109
4.5.4	Zusammenfassung	110
<b>4.6</b>	<b>Spezifischer Widerstand und Leitfähigkeit</b>	112

---

## 5 Die Welt der Widerstände 115

---

<b>5.1</b>	<b>Schaltzeichen</b>	116
<b>5.2</b>	<b>Widerstände als Bauelement</b>	117
5.2.1	Bauausführungen von Widerständen	117
5.2.2	Wertangaben für SMD-Widerstände	120
5.2.3	Manuell veränderbare Widerstände	123
5.2.4	Widerstandsreihen	125
<b>5.3</b>	<b>Berechnung von Widerständen, Spannung, Strom, Leistung</b>	126
5.3.1	Widerstandsberechnungen im Detail (Strom und Spannung)	127
5.3.2	Widerstandsberechnungen und Leistung	128
<b>5.4</b>	<b>Innenwiderstand von Strom- und Spannungsquellen</b>	131
<b>5.5</b>	<b>Leistungsanpassung</b>	132
<b>5.6</b>	<b>Serienschaltung (Reihenschaltung) von Widerständen, Spannungsteiler</b>	132
<b>5.7</b>	<b>Parallelschaltung von Widerständen (verzweigter Stromkreis)</b>	135
<b>5.8</b>	<b>Gemischte Schaltung von Widerständen</b>	137
5.8.1	Berechnungen mit variablen Widerständen	139
5.8.2	Gemischte Schaltung: Symmetrisches Dämpfungsglied	140
<b>5.9</b>	<b>Experimentieren und simulieren</b>	142
5.9.1	Steckplatine	143
5.9.2	Aufbau des Stromkreises und Experimente mit Widerständen	143
5.9.3	Simulation am Rechner	147

---

## 6 Elektrische Leistung 151

---

<b>6.1</b>	<b>Wirkungsgrad</b>	152
<b>6.2</b>	<b>Elektrische Arbeit</b>	153

---

## 7 Wechselstrom/Signale 155

---

<b>7.1</b>	<b>Schwingungsformen</b>	160
<b>7.2</b>	<b>Berechnung der Frequenz</b>	161

<b>7.3</b>	<b>Berechnung der Periodendauer</b>	162
<b>7.4</b>	<b>Berechnung der Frequenz aus der Periodendauer</b>	163
<b>7.5</b>	<b>Berechnung der Wellenlänge</b>	164
<b>7.6</b>	<b>Berechnung des Effektivwerts</b>	165
<b>7.7</b>	<b>Spannungsmessung mit dem Oszilloskop</b>	166
<b>7.8</b>	<b>Zeigerdarstellung sinusförmiger Signale</b>	167
<b>7.9</b>	<b>Phasendifferenzen</b>	168
<b>7.10</b>	<b>Nichtsinusförmige Signale</b>	169
<hr/>		
<b>8</b>	<b>Das elektrische Feld (elektrostatische Feld)</b>	177
<hr/>		
<b>8.1</b>	<b>Das elektrische Feld als Bauelement: Der Kondensator</b>	180
8.1.1	Vom Dielektrikum zum Bauelement	180
8.1.2	Zusammenschaltung von Kondensatoren	191
8.1.3	Ladung und Entladung eines Kondensators im Gleichspannungskreis	194
<hr/>		
<b>9</b>	<b>Magnetisches Feld und Induktivitäten</b>	197
<hr/>		
<b>9.1</b>	<b>Das magnetische Feld</b>	197
9.1.1	Der Skin-Effekt und Wirbelströme	198
<b>9.2</b>	<b>Induktivität (Spulen und Transformatoren)</b>	199
<b>9.3</b>	<b>Schaltzeichen für Induktivitäten</b>	200
<b>9.4</b>	<b>Induktivitäten selbst bauen</b>	200
<b>9.5</b>	<b>Induktivitäten (Bauelemente)</b>	201
<b>9.6</b>	<b>Grundlagen der Induktivität</b>	206
<b>9.7</b>	<b>Eigenschaften von Induktivitäten</b>	207
9.7.1	Experimente	207
<b>9.8</b>	<b>Vertiefung mit Berechnungen</b>	208
9.8.1	Spulenberechnungen	208
9.8.2	Die magnetische Feldstärke	211
9.8.3	Magnetische Flussdichte	213

<b>9.9</b>	<b>Zusammenschaltung von Induktivitäten</b>	214
<b>9.10</b>	<b>Die Spule im Gleichstromkreis</b>	214
<b>9.11</b>	<b>Transformatoren und Übertrager</b>	216
9.11.1	Allgemeines zu Transformatoren und Übertragern	217
9.11.2	Verhältnis von Spannungen zu Windungszahlen	221
9.11.3	Verhältnis von Strömen zu Windungszahlen	222
9.11.4	Stromdichte bei Transformatorenwicklungen	223
9.11.5	Übertrager, Impedanzen und die Übersetzung von Widerstandsverhältnissen	224
9.11.6	Balun – balanced-unbalanced	226
<b>10</b>	<b>R, C und L im Wechselstromkreis</b>	229
<b>10.1</b>	<b>Ohmscher Widerstand</b>	229
<b>10.2</b>	<b>Kondensator im Wechselstromkreis</b>	230
10.2.1	Kondensatorverluste, Verlustwiderstand, Auswahl des Dielektrikums	232
<b>10.3</b>	<b>Induktivität einer Spule</b>	233
10.3.1	Spulenverluste, Güte	235
10.3.2	Induktivitäten in Schaltungen und Geräten	235
<b>10.4</b>	<b>Zusammenfassung</b>	235
10.4.1	Experimente	236
<b>10.5</b>	<b>Reihenschaltung von Kondensator und Widerstand</b>	237
<b>10.6</b>	<b>Reihenschaltung von Spule und Widerstand</b>	237
<b>10.7</b>	<b>Tief- und Hochpassfilter für den Audiobereich</b>	237
10.7.1	Tief- und Hochpassfilter aus R und C oder L berechnen	238
10.7.2	Ermitteln der Spannungsverhältnisse	240
<b>10.8</b>	<b>Schwingkreise mit Spulen und Kondensatoren</b>	240
10.8.1	Schwingung im LC-Kreis	241
10.8.2	Schwingungsarten	242
10.8.3	Der Reihenschwingkreis	243
10.8.4	Parallelschwingkreis	246
10.8.5	Die Resonanzfrequenz von Schwingkreisen	247
10.8.6	Frequenzändernde Eingriffe am Schwingkreis	249
10.8.7	Bandbreite und Güte von Schwingkreisen	250

<b>10.9 Bandfilter</b> .....	257
10.9.1 Schwingquarze als Bandfilter .....	260
10.9.2 Hoch- und Tiefpassfilter mit Spule und Kondensator .....	261
<b>10.10 Probleme in Hochfrequenzschaltungen</b> .....	265
10.10.1 Experimente .....	265
<b>11 Die Halbleiterdiode</b> .....	267
<b>11.1 Schaltzeichen</b> .....	267
<b>11.2 Dioden (Bauelemente)</b> .....	267
<b>11.3 Diodentypen und Eigenschaften</b> .....	270
<b>11.4 Spannungsabfall an Dioden</b> .....	272
11.4.1 Experiment: Messung des Spannungsabfalls an einer Siliziumdiode 1N4001 .....	272
<b>11.5 Dioden in Schaltungen</b> .....	274
11.5.1 LED mit Vorschaltwiderstand .....	274
11.5.2 Z-Diode zur Spannungsstabilisierung .....	275
11.5.3 Kapazitätsdiode .....	277
11.5.4 Spannungsbegrenzer mit antiparallelen Dioden .....	277
11.5.5 Entkopplung von Spannungsquellen .....	278
<b>12 Der Transistor und seine Grundschaltungen</b> .....	281
<b>12.1 Schaltzeichen</b> .....	281
<b>12.2 Transistoren (Bauelemente)</b> .....	282
12.2.1 Aufbau und Funktion von bipolaren Transistoren .....	283
12.2.2 Aufbau und Funktion von Feldeffekttransistoren .....	300
<b>12.3 Integrierte Schaltkreise</b> .....	306
12.3.1 Analoge ICs: Der Operationsverstärker .....	307
12.3.2 Monolithic Microwave Integrated Circuit (MMIC) .....	312
12.3.3 Digitale ICs: Logische Schaltungen .....	312
<b>13 Die Elektronenröhre</b> .....	319

---

## 14 Schaltungskunde: Stromversorgung 323

---

14.1 Schaltnetzteil vs. klassische Längsregelung .....	323
14.2 Berechnung einfacher Versorgungsschaltungen .....	323
14.3 Gleichrichtung .....	324
14.4 Gleichspannungsrückgewinnung bzw. Spannungsvervielfacher .....	329
14.5 Spannungsglättung .....	331
14.6 Spannungsregelung .....	333
14.7 Spannungsregelung mit Festspannungsreglern .....	335
14.8 Die Funktionsweise von Schaltnetzteilen .....	337
14.9 Rückwirkungen in das Stromnetz, Störungen .....	338
14.10 Hochspannungsgleichrichter .....	338
14.11 Fernspeisung, BIAS-T .....	339

---

## 15 Grundlagen der elektronischen Schwingungserzeugung 341

---

15.1 Oszillator (Schwingungserzeuger) .....	341
15.1.1 Rückkopplung als Grundlage der Schwingungserzeugung .....	342
15.1.2 Der richtige Messpunkt an Oszillatoren .....	347
15.1.3 Zusammenfassung zu Oszillatoren .....	347
15.2 Phasenregelkreise (PLL) .....	348
15.2.1 Der Phasenvergleicher ? .....	349
15.2.2 Der Teiler .....	350
15.2.3 Der VCO .....	350
15.2.4 Der Tiefpassfilter .....	351
15.3 Direkte digitale Synthese (DDS) .....	351

---

## 16 Sende- und Empfangstechnik 353

---

16.1 Sendearten, Modulation .....	353
16.1.1 Sendearten und deren Kennzeichnung .....	354
16.1.2 Eigenschaften verschiedener Modulationsarten .....	355
16.1.3 Intermodulation und Kreuzmodulation .....	366

16.1.4	Vertiefung zu Modulationsarten .....	367
16.1.5	Praktische Darstellung von modulierten Signalen .....	368
16.1.6	Morselektografie (CW) .....	369
<b>16.2</b>	<b>Betriebsarten</b> .....	370
16.2.1	Richtungsangaben in der Kommunikation .....	370
16.2.2	Übersicht der Betriebsarten im Amateurfunk .....	371
<b>16.3</b>	<b>Modulator und Demodulator</b> .....	380
16.3.1	Amplitudenmodulation (AM) .....	380
16.3.2	Einseitenband, Single Sideband (SSB) .....	384
16.3.3	Frequenzmodulation (FM) .....	388
16.3.4	Phasenmodulator .....	393
<b>16.4</b>	<b>Die Arbeit mit Blockschaltbildern</b> .....	394
<b>16.5</b>	<b>Die Arbeitsweise von Empfängern</b> .....	396
16.5.1	Digitale Signalverarbeitung in Empfängern und Sendern .....	415
16.5.2	Die Bedienung von Empfängern, Sendern und Funkgeräten .....	415
<b>16.6</b>	<b>Sendetechnik</b> .....	424
16.6.1	Einzelne Senderbaugruppen .....	424
16.6.2	Transverter (»Nachsetzer«) .....	430
16.6.3	(Leistungs-)Verstärker in Sendern .....	431
16.6.4	Details zum SSB-Sender .....	436
16.6.5	Details zum VHF-FM-Sender .....	439
16.6.6	Senderschaltungen mit Transistoren .....	440
16.6.7	Senderschaltungen mit Röhren .....	443
16.6.8	Leistungsmessung .....	444
16.6.9	Leistungsangaben .....	445
<b>16.7</b>	<b>Unerwünschte Aussendungen vermindern</b> .....	446
<b>17</b>	<b>Digitale Sende- und Empfangstechnik</b>	451
<b>17.1</b>	<b>Die digitale Darstellung von Signalen</b> .....	451
17.1.1	Digitalisierung analoger Signale .....	451
17.1.2	Analog-Digital-Wandlung .....	454
17.1.3	Digital-Analog-Wandlung .....	456
17.1.4	Über- und Unterabtastung .....	457
<b>17.2</b>	<b>Digitale Signalverarbeitung</b> .....	457
17.2.1	Signale im Zeit- und Frequenzbereich, Spektrum und Wasserfalldiagramm .....	457
17.2.2	Elemente digitaler Signalverarbeitung .....	460

<b>17.3 Die Codierung digitaler Signale (Quellencodierung)</b> .....	464
<b>17.4 Funkübertragung digitaler Signale</b> .....	466
17.4.1 Funkkanäle, Kanalkapazität .....	467
17.4.2 Kanalcodierung .....	470
<b>17.5 Digitale Funkübertragungsverfahren</b> .....	476
17.5.1 Digitale Modulationsverfahren .....	476
17.5.2 Digitale Sendertechnik .....	481
17.5.3 Empfang digitaler Signale .....	482
<b>17.6 Software Defined Radio (SDR)</b> .....	483
<b>17.7 Kanalzugriffsverfahren</b> .....	485
<b>17.8 Glossar zur Digitaltechnik</b> .....	486
<b>18 Antennen</b>	489
<hr/>	
<b>18.1 Antennenformen</b> .....	489
<b>18.2 Der Korrekturfaktor (Verkürzungsfaktor)</b> .....	492
<b>18.3 Der Dipol und seine Varianten</b> .....	493
18.3.1 Horizontales und vertikales Strahlungsdiagramm .....	494
18.3.2 Strom- und Spannungsverteilung beim Halbwellendipol .....	495
18.3.3 Außermittig gespeiste Halbwellenantennen .....	497
<b>18.4 Dipol-Weiterentwicklungen: Trapantennen und W3DZZ</b> .....	501
18.4.1 Die W3DZZ-Antenne .....	501
18.4.2 Trapantennen allgemein .....	502
<b>18.5 Die G5RV-Antenne</b> .....	503
<b>18.6 Der Faltdipol</b> .....	504
<b>18.7 Die Delta-Loop (Dreiecksschleife)</b> .....	504
<b>18.8 Die Quadantenne</b> .....	505
<b>18.9 Praxis: Drahtantennen bauen</b> .....	505
<b>18.10 Richtantennen</b> .....	506
18.10.1 Aufbau von Yagi-Antennen .....	507
18.10.2 Details zu Yagi- und Richtantennen .....	507
18.10.3 Parabolspiegelantennen .....	512
<b>18.11 Vertikalantennen und Rundstrahlantennen</b> .....	513
<b>18.12 Praxis: Besondere Antennenformen</b> .....	518

18.12.1 Magnetische Ringantennen .....	518
18.12.2 Aperiodische Antenne: die T2FD (Tilted Terminated Folded Dipole) .....	522
<b>18.13 Verkürzung von Antennen .....</b>	<b>523</b>
<b>18.14 Polarisation von Antennen .....</b>	<b>524</b>
<b>18.15 Installation von Sendeantennen .....</b>	<b>526</b>
<b>19 Übertragungsleitungen</b>	<b>527</b>
19.1 Allgemeines zu Übertragungsleitungen .....	527
19.2 Paralleldrahtleitung .....	528
19.3 Koaxialkabel .....	530
19.3.1 Der Aufbau von Koaxialkabeln .....	530
19.3.2 Berechnung des Wellenwiderstands $Z$ .....	530
19.3.3 Verminderte Ausbreitungsgeschwindigkeit .....	531
19.3.4 Der Verkürzungsfaktor $k$ .....	532
19.3.5 Kabeldämpfung .....	533
19.4 Übersicht über Koaxialkabel .....	536
19.5 Steckverbinder für Koaxialkabel .....	537
<b>20 Stehwellen und Leistungsrückfluss</b>	<b>541</b>
<b>21 Mantelwellen</b>	<b>547</b>
<b>22 Anpassung, Transformation und Symmetrierung</b>	<b>553</b>
22.1 Die $\lambda/4$ -Leitung .....	553
22.2 Die $\lambda/2$ -Leitung .....	556
22.3 Symmetrierung .....	557
22.4 Grundschaltungen von Antennenanpassgeräten .....	559

---

<b>23 Das elektromagnetische Feld</b>	563
23.1 Polarisation von Antennen .....	563
23.2 »Von der Antenne in den Äther« .....	564
23.3 Die Wellenausbreitung der Kurzwelle .....	567
23.3.1 Bodenwellenausbreitung .....	568
23.3.2 Vorgänge in der Ionosphäre .....	568
23.3.3 Sonnenfleckentätigkeit und Ionosphäre .....	569
23.3.4 Partikelstrom, Sonnenwind .....	570
23.3.5 Schichten der Ionosphäre (Übersicht) .....	570
23.3.6 Kritische Frequenz, MUF und Co. im Detail .....	572
23.4 UKW-Ausbreitung .....	577
23.4.1 Normales Ausbreitungsverhalten .....	577
23.4.2 Troposphärische Überreichweiten .....	578
23.4.3 Sporadic-E .....	579
23.4.4 Aurora .....	579
23.4.5 Meteorscatter .....	580
23.4.6 Rainscatter .....	580
23.4.7 Aircraft-Scatter .....	580
<b>24 Leistung und Feldstärke</b>	581
24.1 Effektiv abgestrahlte Leistung am Dipol (ERP) und am isotropen Strahler (EIRP) .....	581
24.2 Errechnung der EIRP aus Sendeleistung und Antennengewinn dBi .....	583
24.3 EIRP/ERP des Rückverhältnisses bei Richtantennen .....	583
24.4 Feldstärkeberechnungen .....	584
24.5 Personenschutz, Berechnung von Schutzabständen .....	585
<b>25 Messungen und Messgeräte</b>	591
25.1 Arten der Messwerke .....	592
25.1.1 Drehspulmesswerke .....	593
25.1.2 Dreheisenmesswerke .....	594
25.1.3 Einbaulagen analoger Messinstrumente .....	595
25.1.4 Digitale Messinstrumente .....	596

---

<b>25.2</b>	<b>Messbereichserweiterungen</b>	597
<b>25.3</b>	<b>Arbeiten mit dem Multimeter/Vielfachmessgerät</b>	598
<b>25.4</b>	<b>Widerstandsmessung</b>	603
<b>25.5</b>	<b>Empfindlichkeit und Innenwiderstand von Messinstrumenten für Strom- und Spannungsmessungen</b>	604
<b>25.6</b>	<b>Die Genauigkeit von Messinstrumenten</b>	605
<b>25.7</b>	<b>Details zu Strom- und Spannungsmessungen</b>	607
25.7.1	Bestimmung der Eingangsleistung	607
<b>25.8</b>	<b>Berücksichtigung des Innenwiderstands der Messgeräte bei Messungen</b>	608
<b>25.9</b>	<b>Hilfsschaltungen für Messaufgaben</b>	610
25.9.1	Künstliche Antenne (Dummy Load)	610
25.9.2	HF-Tastkopf	611
25.9.3	Leistungsmesskopf	612
<b>25.10</b>	<b>Der Absorptionsfrequenzmesser</b>	614
<b>25.11</b>	<b>(Einfacher) Feldstärkeanzeiger</b>	615
<b>25.12</b>	<b>Das Dipmeter</b>	615
<b>25.13</b>	<b>Das Stehwellenmessgerät (SWR-Meter)</b>	618
<b>25.14</b>	<b>Das Oszilloskop</b>	621
<b>25.15</b>	<b>Der Frequenzzähler</b>	626
<b>25.16</b>	<b>Antennen mit dem vektoriellen Netzwerkanalysator (VNA) messen</b>	627
<b>26</b>	<b>Störungen und andere Probleme</b>	629
<b>26.1</b>	<b>Störungen des Empfangs</b>	629
<b>26.2</b>	<b>Einströmungen</b>	631
<b>26.3</b>	<b>Einstrahlungen in Geräte</b>	633
<b>26.4</b>	<b>Empfangsstörungen durch Korrosion an Antennenanschlüssen</b>	634
<b>26.5</b>	<b>Einstreuungen in das Stromnetz</b>	634
<b>26.6</b>	<b>Störungen beim Sendebetrieb vermeiden</b>	635
<b>26.7</b>	<b>Vorgehensweise im Störungsfall</b>	636
26.7.1	Vorbereitung	636

26.7.2	Vorgehen beim Nachbarn .....	636
26.7.3	Zusammenarbeit und ein gutes Verhältnis sind entscheidend .....	637
<b>27</b>	<b>Sicherheit</b>	639
27.1	Gefahren durch Stromschlag .....	639
27.2	Gefahren durch Hochfrequenzeinwirkung .....	639
27.3	Im Notfall .....	640
27.4	Unfallverhütung für Funkamateure .....	641
27.5	Adernkennfarben .....	644
27.6	Die Sicherheit von Antennen .....	645
27.7	Sicherer Amateurfunk im Kraftfahrzeug .....	648
 <b>TEIL II Praxis und Projekte</b>		
<b>28</b>	<b>SDR-Empfang mit dem SDRplay RSP2pro</b>	653
<b>29</b>	<b>Die Amateurfunkprüfung</b>	661
29.1	Wo wird eine Amateurfunkprüfung abgelegt? .....	661
29.2	Anmeldung zu einer Amateurfunkprüfung .....	661
29.3	Der Ablauf der Amateurfunkprüfung .....	661
<b>30</b>	<b>Nach bestandener Prüfung – Stationsaufbau</b>	663
30.1	Funkgeräte – Typenkunde .....	663
30.1.1	Handfunkgeräte .....	663
30.1.2	Portabelfunkgeräte .....	666
30.1.3	Mobilgerät, im Kraftwagen, portabel und als Feststation .....	668
30.1.4	Geräte für den stationären Einsatz .....	670
30.1.5	Zusammenfassung .....	670
30.1.6	Wichtiges Zubehör: Das Netzteil .....	671

<b>30.2 Aufbewahrung und Funkmöbel</b> .....	673
<b>30.3 Die Antennenwahl</b> .....	675
30.3.1 Wenn gar nichts geht ... .....	675
30.3.2 Was nehmen? .....	675
30.3.3 Zuleitungen .....	678
<b>30.4 Musteraufbau – die BEMV-Erklärung</b> .....	678

---

## **31 Antennenbau für Einsteiger** 693

---

<b>31.1 Projekt: Ein Dipol für das 10-m-Band</b> .....	693
31.1.1 Bauteile .....	693
31.1.2 Berechnung .....	696
31.1.3 Zurichten der Teile .....	696
31.1.4 Erster Aufbau .....	697
31.1.5 Abgleich .....	697
<b>31.2 Drahtantennen richtig spannen</b> .....	700
<b>31.3 Die »magnetische Antenne« – eine Sonderform unter den Antennen</b> .....	701
31.3.1 Materialbedarf .....	701
31.3.2 Maße und Material für den Rahmen .....	701
31.3.3 Abstimmbox (Gehäuse und Kondensator) .....	702
31.3.4 Fernabstimmung .....	704
31.3.5 Koppelschleife .....	707
31.3.6 Aufgebaut! .....	708
<b>31.4 Aufbau von industriell hergestellten Antennen</b> .....	711
<b>31.5 Von Masten und Rotoren</b> .....	712

---

## **32 Funkbetrieb außerhalb der eigenen vier Wände** 713

---

<b>32.1 Stromversorgung</b> .....	714
32.1.1 Kabelverbindungen .....	714
32.1.2 Energiequellen .....	716
32.1.3 »Strom verpackt« .....	719
32.1.4 Spannungs- und Strommessgerät im Eigenbau .....	723
32.1.5 Laderegler .....	730
32.1.6 Quellen für den Ladestrom .....	732

<b>32.2 Funkkoffer .....</b>	735
<b>32.3 Antennen für den Portabeleinsatz .....</b>	736

---

## **33 Amateurfunk digital**

---

<b>33.1 Textbasierte Verfahren .....</b>	744
33.1.1 Funkfern schreiben .....	744
33.1.2 »Weak-Signal«-Modes .....	746
<b>33.2 Digitale Sprachübertragung .....</b>	750
33.2.1 DMR, BrandMeister-Netz, DMR+ .....	752
33.2.2 D-STAR .....	756
33.2.3 C4FM .....	756
33.2.4 FreeDV .....	756
33.2.5 M17 .....	758
<b>33.3 Datenfunk .....</b>	758
33.3.1 Packet Radio .....	758
33.3.2 Das HAMNET .....	759
<b>33.4 Digitale Bild- und Fernsehübertragung .....</b>	760
33.4.1 Digitale Bildübertragung .....	760
33.4.2 Digitales Amateurfunk-Fernsehen .....	760
<b>33.5 Funkgerät und PC verbinden .....</b>	761
33.5.1 Programmierung des Funkgeräts .....	761
33.5.2 Steuerung des Funkgeräts .....	761
33.5.3 Digitaler Funkverkehr mit PC und Funkgerät .....	762

---

## **34 Remote-Funkbetrieb**

---

<b>34.1 Verbindung der Funkanlage mit dem Netzwerk .....</b>	767
<b>34.2 Remote-Funkbetrieb innerhalb der eigenen Grundstücksgrenze .....</b>	768
<b>34.3 Remote-Funkbetrieb weltweit .....</b>	769

---

<b>35 Morsen</b>	<b>773</b>
<b>35.1 Morsezeichen</b> .....	<b>774</b>
<b>35.2 Ablauf einer Morseverbindung</b> .....	<b>776</b>
<b>35.3 Welche Taste?</b> .....	<b>779</b>
<b>35.4 Morsen lernen</b> .....	<b>781</b>
<b>Index</b> .....	<b>783</b>

# Index

(Voll-)Duplexverbindung .....	370
2-PSK .....	478
4-PSK .....	478
8-PSK .....	478

## A

Absorptionsfrequenzmesser .....	614
Abstimmbox .....	702
Abtastrate .....	451, 486
Abtasttheorem .....	452, 484, 486
Abtastung .....	451
Abwärme .....	151
Adapter .....	52
Adernkennfarben .....	644
AFSK .....	366
AGDX .....	55
Aircraft-Scatter .....	580
ALC .....	766
Alias-Effekt .....	452
Alias-Signal .....	457
Amateurfunkbänder .....	43
Amateurfunk-Fernsehen .....	379, 466
Amateurfunkprüfung .....	661
<i>Ablauf</i> .....	661
<i>Anmeldung</i> .....	661
Amateurfunktagung München .....	55
Ampermeter .....	102, 592
Ampereskunde .....	104
Amperestunde .....	104
Amplitude Shift Keying .....	367
Amplitudenmodulation .....	40, 380
Amplitudenumtastung .....	367
Analog-Digital-Wandlung .....	454
ANT .....	38
Antenne	
<i>aperiodische</i> .....	522
<i>Delta-Loop</i> .....	491, 504
<i>Dipol</i> .....	490, 493
<i>Dreiecksschleife</i> .....	504
<i>EFHW</i> .....	499
<i>Eigenbau-Beispiele</i> .....	708
<i>Empfang</i> .....	51
<i>Faltdipol</i> .....	504
<i>Formen</i> .....	489
<i>Fuchsantenne</i> .....	491, 498
<i>G5RV</i> .....	491, 503
<i>Groundplane</i> .....	490
<i>Korrekturfaktor</i> .....	492
<i>Kraftfahrzeug</i> .....	648
<i>Kreuz-Yagi</i> .....	525
<i>künstliche</i> .....	444, 610
<i>Langdraht</i> .....	490
<i>LPDA</i> .....	491, 526
<i>Magnetic Loop</i> .....	701
<i>magnetische</i> .....	675, 701
<i>magnetische Ringantenne</i> .....	518
<i>mit Inch-Maßen</i> .....	711
<i>NVIS</i> .....	494
<i>Parabolspiegel</i> .....	491
<i>Polarisation</i> .....	524, 563
<i>Portabeleinsatz</i> .....	736
<i>Quadantenne</i> .....	505
<i>Richtantenne</i> .....	506
<i>Ringantenne</i> .....	491
<i>Rundstrahlantenne</i> .....	513
<i>selbst bauen</i> .....	693
<i>Sicherheit</i> .....	645
<i>Sperrkreis</i> .....	501
<i>Trapantenne</i> .....	501, 502
<i>Verkürzungsfaktor</i> .....	492
<i>Vertikalantenne</i> .....	513
<i>W3DZZ</i> .....	491, 501
<i>Windom</i> .....	491, 499
<i>Wurfantenne</i> .....	51
<i>Yagi</i> .....	490, 507
<i>Zeppelinantenne</i> .....	498
<i>Zuleitungen</i> .....	678
Antennenanpassgeräte .....	559
Antennenisolatoren .....	694
Antennenlitze .....	694, 696
<i>verarbeiten</i> .....	696
Anti-Aliasing-Filter .....	452, 455
Arbeit (physikalische Größe) .....	61
Arbeitsgemeinschaft DX e. V. .....	55
Arbeitspunkt .....	291
ASCII .....	466
ATT .....	38
ATV .....	379
Audio Frequency Shift Keying .....	366, 367
Aurora .....	579
Ausbildungsrufzeichen .....	56
Automatic Gain Control .....	409

Autotransformator	226	Codemultiplex-Verfahren	485		
AWGN-Kanal	468	Codeplug	761		
<b>B</b>					
Backscatter	574	Coderate	470		
Balancemischer	425	Codewort	470, 486		
Balun	226, 557	COFDM	481		
Bandbreite	250, 467, 468, 476	Contest	39		
Bandfilter	257	Conteststation	548		
Bandpassfilter	257, 457	Continuous Tone Coded Subaudio			
Basisbandsignal	484	Squelch	373		
Basiseinheiten	59	Coulomb	104		
Baud	61, 377	CTCSS	373		
Bauelement		CW	369, 460		
<i>bedrahtetes</i>	85	CW → Morsetelegrafie			
<i>oberflächenmontierbares</i>	85	Cyclic Redundancy Check	474		
Bauvorschrift	645	<b>D</b>			
BCH-Codes	474	Dämpfung	66, 624		
Beat Frequency Oscillator	387	Dämpfungsfaktor	69, 586		
Belastbarkeit	151	Dämpfungsglied	409		
BEMV-Erklärung	678	Dämpfungsmaß	586		
Bergfunker	713	DARC	54		
Bestückungsseite	85	Datenübertragungsrate	61		
Betriebsart	41	De-Mapping	483		
BIAS-T	339	Demodulator	380		
Bild	466	Deutscher Amateur-Radioclub e. V.	54		
Binärzahlen	78	Dezibel			
Bit	61	<i>allgemein</i>	66		
Bitfehler	483	<i>Berechnungen</i>	70		
Bitrate	61	Dezimierung	457		
Blindwiderstand	231	Diamond X-30	675		
Blitzschutz	645	Dielektrikum	180		
Blockcode	470	Digimode	762		
Blockgleichrichter	326	Digital Mobile Radio	464		
Blockschaltbild	394	Digital-Analog-Wandler	415		
BNC-Stecker	538	Digital-Analog-Wandlung	456, 457		
Bodenwelle	568	Digitale Filterung	460		
Breitbandausführung	435	Digitale Signalverarbeitung	415, 462		
Brummspannung	323, 332	Digitalisierung	451		
Buchstabieralphabet	33	Dioden			
Buchstabieren	32	<i>Schaltungen</i>	274		
Bug	774	<i>Spannungsabfall</i>	272		
<b>C</b>					
CAT-Schnittstelle	761, 762	Dipmeter	615		
CB-Funk	30	Dipol	493		
Chirps	426	Direct Conversion	484		
Code Division Multiple Access, CDMA	485	Direkte digitale Synthese	351		
Codec	464, 486	Direktmischempfänger	398		
		Direktüberlagerungsempfänger	398		
		Distrikts-Ortsverbands-Kenner	54		
		DMR	485		
		DOK	54		

Doppelsuper .....	404	Equivalent Isotropically Radiated Power ...	581
Double Sideband .....	384	ERP .....	71, 581
Drahtantennen .....	700	<b>F</b>	
Dreheisenmesswerke .....	594	Fading .....	468
Drehkondensator .....	701, 702	Faltdipol .....	504
Drehspulmesswerke .....	593	Faltungscode .....	475, 486
Dreifachsuper .....	404	Fast Fourier Transformation .....	459
DSB .....	384	Fehlerstromsicherung .....	97
DSP .....	415	Fehlerwort .....	472
Dualzahlen .....	78	Feldeffekttransistoren .....	300
Dummy Load .....	118, 444	Feldstärke .....	586
Duplex .....	485	Feldstärkeanzeiger .....	615
Durchlassrichtung .....	108	Feldstärkeberechnung .....	584
Durchlassspannung .....	270	Fensterung .....	459
Dynamikbereich .....	453	Fernabstimmung .....	704
Dynamobleche .....	217	Fernschreibalphabet .....	465
<b>E</b>		Fernspeisung .....	339
E-Bleche .....	219	Ferritringe .....	549
Effective Radiated Power .....	71, 581	Ferromagnetische Stoffe .....	197
Effektivwert .....	166	Festspannungsregler .....	335
EFHW .....	499	FET .....	300
Einbaulage .....	595	FFT .....	480
Eingangsleistung messen .....	607	Fieldday .....	55, 713
Einseitenband .....	384	Filterkoeffizient .....	462
Einseitenbandmodulation .....	360, 361	Finite Impulse Response .....	460
Einstrahlung .....	633	Firmware .....	761
Einströmungen .....	631	Flankendiskriminator .....	390
EIRP .....	581	Flash-Konverter .....	455
Elektrische Arbeit .....	153	Flatterfading .....	574
Elektrische Feldstärke .....	60	fldigi .....	765
Elektrische Leistung .....	151	FlexRadio 6400 ATU .....	767
Elektrisches Feld .....	177	Flowgraph .....	462
Elektrolytkondensatoren .....	183	Flussdichte .....	60
Elektromagnetisches Feld .....	563	FM .....	362
Elektronen .....	105	Forward Error Correction .....	471
Elektronenröhre .....	319	FOT .....	572
Elkos .....	183	Fourier-Transformation .....	458
Emitterfolger .....	291	Freenet .....	30
Empfang, Störungen .....	629	Frequency Division Multiple Access,	
Empfänger		FDMA .....	485
<i>Bausätze</i> .....	51	Frequency Hopping .....	481
<i>klassische Empfangsgeräte</i> .....	50	Frequency of Optimum Transmission .....	572
<i>SDR-Empfänger am PC</i> .....	49	Frequency Shift Keying .....	366, 367
<i>Technik</i> .....	396	Frequenz .....	31, 60
Empfängerfeinverstimmung .....	422	<i>niedrigstmögliche</i> .....	574
Empfangskonverter .....	402	Frequenzaufbereitung .....	425, 427
Entladekabel .....	643	Frequenzbelegung berechnen .....	361
Entzerrung .....	481	Frequenzmodulation .....	40, 362
		Frequenzmultiplex-Verfahren .....	485

Frequenzselektivität	468
Frequenzvervielfacher	428
Frequenzzähler	626
FSK	366
FT8	41, 460, 466, 469, 474
FUNK.TAG Kassel	55
Funken	30
Funkfernschreiben	378, 465
Funkgeräte	
<i>Aufbewahrung</i>	673
<i>Handfunkgeräte</i>	663
<i>Mobilfunkgeräte</i>	668
<i>Netzteil</i>	671
<i>Portabelfunkgeräte</i>	666
<i>stationärer Einsatz</i>	669
<i>Typenkunde</i>	663
Funkkanal	467
Funkmöbel	673
Funkrucksäcke	666
Funkscanner	50

**G**

Gatter	313
Gegentakt-Flanken-Diskriminator	391
Gegentaktverstärker	435
Genaugkeit	63
Geradeausempfänger	396
Germaniumdiode	271
Gleichrichtung	324
Gleichspannungsrückgewinnung	329
GND	38
GNU Radio	462, 484
gnuradio-companion	660
GPS-disziplinierter Oszillator	347
GPSDO	347
Grenzschicht	108
Greyline DX	575
Großsignalfestigkeit	366, 413

**H**

Halbleiter	106
Halbleiterdiode	267
HAM RADIO	55
Handfunkgeräte	663
Harmonische	169, 446
Hertz	155
Hexadezimalzahlen	81
HF-Tastkopf	611
Hochfrequenzverbrennungen	639

Hochpassfilter	237
Hochspannungsgleichrichter	338
Hüllkurvendemodulator	381
Hüllkurvenspitze	446

**I**

IC	306
Icom IC-718	670
Impedanz	60
Impuls	173
Induktivität	60, 197, 199
<i>Bauelemente</i>	201
<i>Schaltzeichen</i>	200
Infinite Impulse Response	460
Innenwiderstand	131, 608
Inphase-Komponente	481
Inselpunker	713
Integrierter Schaltkreis	306
Intercept Point	366, 413
Interleaving	475, 487
Intermodulation	366
Intersymbolinterferenz	479, 487
Inverted Vee	493
Ionisierung	568
Ionosphäre	467, 568, 570
I-Q-Demodulation	482
I-Q-Modulator	481, 762
Islands on the Air	713
Isolator	109

**J**

JFET	302
Jitter	455

**K**

Kabeldämpfung	545
Kanalcodierung	467, 470, 487, 762
Kanalkapazität	468
Kanalzugriffsverfahren	485
Kapazität	60
Kapazitätsdiode	271, 277
Kapazitiver Widerstand	231
Keule	494
Keyer	780
Klappferrite	549
Klemmschaltung	329
Koaxialkabel	530
<i>Aufbau</i>	530

Koaxialkabel (Forts.)	
<i>Kabeldämpfung</i>	533
<i>Stecker</i>	537
<i>Verkürzungsfaktor</i>	532
Kollektorschaltung	291
Kondensator	180
<i>Kapazität</i>	190
<i>Ladungsmenge</i>	190
<i>Messung</i>	190
<i>Parallelschaltung</i>	192
<i>Selbstbau</i>	186
<i>Serienschaltung</i>	191
Kondensatorplatten	181
Konstantdraht	124
Konstellationsdiagramm	478
Koppelschleife	707
Korrekturfaktor	492
Korrosion	634
Kreuzmodulation	366, 367
Kurzschluss	94
Kurzschlussspannung	131
Kurzwellenempfangsgeräte	51
<b>L</b>	
Ladung	60
Ladungsballung	108
Ladungsmenge	104
Ladungsträger	104, 105
Ladungstrennung	108
Landeskenner	39
Langer Weg – kurzer Weg	575
Längsgeregeltes Netzteil	219
Längsregelung	323
Latenz	475
Lecherleitung	553
Leerlaufspannung	131
Leistung	60
Leistungsanpassung	132
Leistungsfaktor	69
Leistungsmesskopf	612
Leistungspegel	73
Leistungsrückfluss	541
Leiter	105
Leitwert	60
Leuchtdiode	271
Lineartransponder	485
Linearverstärker	435
Logikschaltungen	315
Lötseite	85
Low Density Parity Check	474
Lower Sideband	360
Low-Noise Amplifier	375
Low-Noise Block Converter	375
LUF	574
<b>M</b>	
Machine Generated Mode	43
Magnetic-Loop-Antenne	701
Magnetische Feldstärke	60
Magnetische Flussdichte	213
Magnetisches Feld	197
Mantelwellen	547
Mantelwellensperre	549
Mast	712
Maximum Usable Frequency	572
Mehrwegeausbreitung	467, 486
Mehrwegekanal	479
Messbereichserweiterung	597, 605
Messinstrumente	591
<i>analoge</i>	592
<i>digitale</i>	596
<i>Genauigkeit</i>	605
<i>Innenwiderstand</i>	604
Messung	
<i>Gleich- und Wechselstrom</i>	591
<i>Gleichspannung</i>	591
<i>Gleichstrom</i>	591
<i>Signalspannungen</i>	591
<i>Stehwellenverhältnis</i>	591
Metallionen	106
Meteorscatter	580
MGM	43
Mischbestückung	87
Mobilfunkgerät	668
Mode	40
Modulation	30, 353
Modulationsart	41, 354
Modulator	380
Mögel-Dellinger-Effekt	574
Monolithic Microwave Integrated	
<i>Circuit</i>	312
Morsetelegrafie	41, 369, 465
<i>Beispiel</i>	777
<i>Morsen lernen</i>	781
<i>Taste</i>	779
<i>Verbindungsaufnahme</i>	776
<i>Vorteile</i>	773
Morsezeichen	774
MOSFET	300, 304

MUF	572
Multimeter	598

**N**

Nachsetzer	430
Narrow-Band-Frequenzmodulation	363
NBFM	363
n-Dotierung	107
Nennspannung	229
Nennstrom	229
Netzteil	671
Netzwerkanalysator	627
Nichtleiter	109
Noise Blanker	409
Noise Figure	412
Noise Reduction	409
Notchfilter	409
Notfall	640
Notfunk	713
N-Stecker	538
NTC-Widerstände	115

**O**

Oberwellen	446
Oberwellenfilter	618
OCXO	347
Öffnungsfunke	94, 208
Offsetspiegel	374
Ohmsches Gesetz	128
On-Off Keying	476
OpenWebRX	484
Operationsverstärker	308
Optokoppler	271
Orthogonal Frequency Division Multiplex (OFDM)	480
Ortsverbände → OV	
Oszillator	341
<i>Colpitts</i>	343
<i>Hartley</i>	343
<i>Meißner</i>	343
Oszilloskop	163, 457, 621
OV	54
Oven-Controlled Crystal Oscillator	347

**P**

Packet Radio	376
Pactor	379
Paddles	779

Parabolspiegel	374
Paralleldrahtleitung	528
Parallelschwingkreis	246
Parasitäre Schwingungen	442
Parität	471
Paritätscode	471, 487
Partikelstrom	570
p-Dotierung	108
Peak Envelope Power, PEP	446
Personenschutz	585
Phase-Locked Loop	348
Phasendifferenzen	168
Phasendiskriminator	391
Phasenmodulation	367
Phasenregelkreise	348
Phasenvergleicher	349
Phasenverschiebung	230
Photodiode	271
Physikalische Stromrichtung	102
PMR	30
Portabelfunkgeräte	666
Potentiometer	123
Power Amplifier	319
Prädiktion	465
Preselektor	413
PSE	38
PSK31	379
PTC-Widerstände	115
PWR	38

**Q**

Q-Gruppen	34, 465
QRL	37
QRP	37, 39
QSL	37
QSO	32
QSY	37
QTH	32
Quadratur-Amplituden-Modulation	478
Quadratur-Komponente	481
Quantisierer	455
Quantisierung	453, 487
Quantisierungsfehler	453
Quantisierungsrauschen	453
Quarzoszillatoren	345
Quasioptische Reichweite	577
Qucs-S	147
QucsStudio	147
Quellcodierung	762

Quellencodierung .....	464
Quite Universal Circuit Simulator .....	147
<b>R</b>	
Radio Tele Typing .....	378
Radioflussindex .....	569
Rainscatter .....	580
Rapport .....	32
Raspberry Pi .....	658
Ratiodetektor .....	391
Raumladungszone .....	108
Rauschen .....	467, 468
<i>rosa</i> .....	175
<i>thermisches</i> .....	175
<i>weißes</i> .....	175
Rauschzahlen .....	412
Reaktanz .....	231
Rechtecksignal .....	160, 170
Redundante Daten .....	470
Reed-Solomon-Codes .....	474
Reflexion .....	467
Reihenschwingkreis .....	243
Reisert-Balun .....	550
Rekonstruktion .....	456, 457
Relais .....	93
Relaisfunkstelle .....	485
Remote-Betrieb .....	767
<i>auf eigenem Grundstück</i> .....	768
<i>auf fremdem Grundstück</i> .....	769
<i>Sicherheitsmaßnahmen</i> .....	771
Resonanzfrequenz .....	247
Richtantenne .....	506
Rosa Rauschen .....	175
Rotor .....	712
RST-System .....	76
RTTY .....	378, 762
Rückstreuung .....	574
Rufzeichen .....	32, 466
RX .....	38
<b>S</b>	
Safety Extra Low Voltage .....	195
Sägezahnignal .....	172
Sample and hold .....	455
Sampling .....	451
SB-2000 Radio Interface .....	764
Schalter .....	91
Schaltnetzteil .....	323, 337
Scheitelwert .....	166
Schottkydiode .....	270
Schutzabstände .....	585
Schutzkleinspannung .....	195
Schwingkreise .....	240
Schwingungserzeuger .....	341
Schwingungsformen .....	
<i>Flankensteilheit</i> .....	160
<i>Grundwelle</i> .....	160
<i>Rechtecksignal</i> .....	160
Schwund .....	468, 475
SDR .....	44, 455, 483, 653, 762
<i>Programme</i> .....	50
<i>SDR-Empfänger am PC</i> .....	49
SDR-Empfänger .....	457
SDRplay RSP2pro .....	653
Selbstinduktion .....	216
SELV .....	195
Sendeart .....	40, 41, 354
Sendebetrieb, Störungen .....	635
Sendeleistung .....	446
Sender .....	
<i>Leistungsangaben</i> .....	445
<i>Leistungsmessung</i> .....	444
Sendetechnik .....	424
Serienschwingkreis .....	243
Sferics .....	563
Shannon-Hartley-Theorem .....	468
Sicherheit .....	639
Sicherung .....	95
Sicherungen .....	151
Sicherungsautomaten .....	97
SI-Einheiten .....	59, 65
Signalflussgraph .....	462
Signal-Rausch-Abstand .....	412, 467, 470
Signal-to-Noise .....	412
Siliziumdiode .....	271
Simplex-Verbindung .....	370
Single Sideband .....	40, 360, 384
Sinusförmige Signale .....	161
SI-Zahlenpräfixe .....	62
Skin-Effekt .....	198
Slow Scan Television .....	379
SMA-Anschlüsse .....	51
SMA-Stecker .....	538
SMD-Bauteil .....	87
SMD-Widerstand .....	120
S-Meter .....	48, 76
Software Defined Radio .....	44, 351, 455, 483, 653
Sonnenflecken .....	569
Sonnenwind .....	570

Spannung .....	60, 99	Stromversorgung .....	323
<i>Abfall</i> .....	131	<i>Akkumulatoren</i> .....	716
<i>Glättung</i> .....	331	<i>Energiequellen</i> .....	716
<i>Messung</i> .....	592	<i>Kabelverbindungen</i> .....	714
<i>Pegel</i> .....	75	Summits on the Air .....	713
<i>Regelung</i> .....	333	Superhetempfänger .....	399
<i>Teiler</i> .....	132	Surface Mounted Device .....	87
<i>Vervielfacher</i> .....	329	SWR .....	542
Spannungsmessung .....	607	SWR-Meter .....	618, 699
Spartransformator .....	226	Symboldauer .....	476, 488
Spectrum Analyzer .....	458	Symbolgröße .....	477
Spektrum .....	458, 488	Symbol-Mapping .....	479, 762
Sperrrichtung .....	109	Symbolrate .....	61, 476
Sperrspannung .....	270	Symmetrierung .....	557
Spiegelfrequenz .....	400	Syndrom .....	473
Spindel-Trimmer .....	123		
Splatter .....	359	<b>T</b>	
Sporadic-E .....	571, 579	T2FD .....	522
Sporadic-E-Schicht .....	579	Tankkreis .....	443
Sprechfunk .....	373	Taschenrechner .....	59
Spreizcode .....	485	Taster .....	91
Sprungentfernung .....	575	Tastklicks .....	369
Squeeze .....	774	TCXO .....	346
Squelch .....	409	Telefonmodem .....	469
SSB .....	384, 460	Temperaturkompensation .....	412
SSB-Sender .....	436	Terminal Node Controller .....	377, 378
S-Stufe .....	76	Thermisches Rauschen .....	175
SSTV .....	379	Through-Hole Technology .....	87
Standing Wave Ratio .....	542	Tieppassfilter .....	237, 454, 456
Steckermontage .....	539	Tiger SignalLink USB .....	763
Steckplatine .....	143	Tilted Terminated Folded Dipole .....	522
Stehwelle .....	541, 542	Time Division Multiple Access, TDMA .....	485
Stehwellenmessgerät .....	618, 699	TNX .....	38
Steilstrahlerantennen (NVIS) .....	575	Torzeit .....	626
Störsignal .....	467	Tote Zone .....	574
Störungen .....	629	Trägerleistung .....	445
<i>Einstrahlung</i> .....	633	Tragwerke .....	700
<i>Einstreuung ins Stromnetz</i> .....	634	Transformator .....	216
<i>Einströmungen</i> .....	631	Transistor .....	281, 440
<i>Empfang</i> .....	629	<i>Bauelemente</i> .....	282
<i>Korrosion</i> .....	634	<i>bipolar</i> .....	284, 291
<i>Sendebetrieb</i> .....	635	<i>Schaltzeichen</i> .....	281
<i>Vorgehen bei</i> .....	636	<i>unipolarer</i> .....	300
Strom .....	102	Transverter .....	141, 430
Stromkreis .....	89	Trabantennen .....	501
Strommesser .....	592	Trimmer .....	184
Strommessung .....	607	Trimmkondensatoren .....	184
Stromrichtung (physische vs. <i>technische</i> ) .....	102	Trimm-Potentiometer .....	123
Stromschlag .....	639	TRX .....	38
		TX .....	38

**U**

Überabtastung .....	455, 457
Überlagerungsempfänger .....	399
Übertemperatursicherungen .....	98
Übertrager .....	216
Übertragungsfehler .....	470
Übertragungsleitung .....	527
UHF-Stecker .....	537
Umrechnung	
<i>binär/dezimal</i> .....	78
<i>hexadezimal/dezimal</i> .....	81
Unfallverhütung .....	641
unixcw .....	781
Unterabtastung .....	457, 484
Upper Sideband .....	360

**V**

Valenzelektronen .....	107
Variable Frequency Oscillator (VFO) .....	425
Variable Frequenzoszillatoren .....	341
Variocapdiode .....	277
VCO .....	347
Vektorieller Netzwerkanalysator .....	699
Verkürzungsfaktor .....	492
Versorgungsschaltung .....	323
Verstärkung .....	66
Verzweigter Stromkreis .....	135
VFO .....	341, 425
VHF-FM-Sender .....	439
Video .....	466
Vielfachmessgerät .....	598
Virtuelles Kabel .....	763
Viterbi-Decoder .....	475
Vocoder .....	464, 485, 488
Voice Operated Transmitter .....	763
Voltage Standing Wave Ratio .....	542
Voltage-Controlled Oscillator .....	347
Vorwärts-Fehlerkorrektur .....	471
Vorwärtsfehlerkorrektur .....	481
VSWR .....	542
VSWR-Messbrücke .....	618
VXO .....	345

**W**

Wahrheitstabelle .....	315
Wasserfalldiagramm .....	46, 460, 488
Watt32 .....	679
Wattwächter .....	679

Web-SDR .....	45
<i>Empfänger weltweit</i> .....	48
<i>Universität Twente</i> .....	44
Wechselstromgenerator .....	167
Weiße Rauschen .....	175
Wellenlänge .....	31, 164
WFM .....	363
Wide-Frequenzmodulation .....	363
Widerstand .....	60, 115
<i>Bauteile</i> .....	117
<i>Dekade</i> .....	125
<i>Dummy Load</i> .....	118
<i>Farbcode</i> .....	117
<i>Innenwiderstand</i> .....	131
<i>Parallelschaltung</i> .....	135
<i>Potentiometer</i> .....	123
<i>Schaltzeichen</i> .....	116
<i>Serienschaltung</i> .....	132
<i>SMD-Widerstand</i> .....	120
<i>Spindel-Trimmer</i> .....	123
<i>Trimm-Potentiometer</i> .....	123
Widerstandsmessung .....	603
Widerstandsreihen .....	125
Wirbelströme .....	198
Wirkungsgrad .....	152, 431
WSJT .....	41
WSPR .....	469

**X**

X2GO .....	768
xcwp .....	781

**Y**

Yaesu FT-60 .....	663
Yaesu FTM-7250D .....	669
Yagi-Antenne .....	507
<i>Antennengewinn</i> .....	508
<i>Direktoren</i> .....	508
<i>Halbwertsbreite (Öffnungswinkel)</i> .....	508
<i>Hauptkeule</i> .....	508
<i>Impedanz</i> .....	508
<i>Kreuz-Yagi</i> .....	525
<i>Nebenkeule</i> .....	508
<i>Öffnungswinkel</i> .....	508
<i>parasitäre Elemente</i> .....	508
<i>Richtdiagramm</i> .....	508
<i>Rückkeule</i> .....	508
<i>Vor-Rück-Verhältnis</i> .....	508

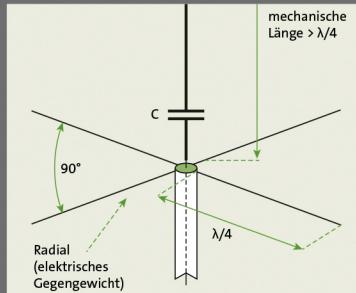
**Z**

Zahlenpräfixe .....	63	Zeitmultiplex-Verfahren .....	485
Zahlensysteme		Zeitschlitz .....	485
<i>Binärzahlen</i> .....	78	Zeitselektivität .....	468
<i>Hexadezimalzahlen</i> .....	81	Zeitsignal .....	458
Z-Diode .....	272	Zweigweggleichrichtung .....	326
Zehnerpotenzen .....	63	Zwischenfrequenz .....	400, 405, 483
		Zylinderspule .....	206

Mit diesem Kompendium gehen Sie auf Sendung und bauen Ihre eigene Funkstation auf. Von den technischen Grundlagen bis zur Funkpraxis, vom Arbeiten mit Taschenrechner und Lötkolben bis zu Übungsfragen für die Amateurfunkprüfung bieten Harald Zisler (DL 6 RAL) und Thomas Lauterbach (DL 1 NAW) in diesem Handbuch das ganze Wissen für Funkamateure.



Grundlagen verstehen



Technik und Physik



Station aufbauen

### Alles für den Einstieg

Schon mit wenig Aufwand hören Sie Funkamateuren auf der ganzen Welt zu – SDR macht es möglich. Und wenn Sie selbst senden wollen, finden Sie hier alles, was Sie für Ihren Einstieg in den Amateurfunk benötigen.

### Technik und Physik des Amateurfunks

Warum funktioniert eigentlich ein Funkgerät? Welche Rolle spielt die Antenne? In diesem Handbuch finden Sie technisches Fachwissen, das Ihnen im Funkbetrieb und beim Bestehen der Amateurfunkprüfung weiterhilft. Ideal für das Selbststudium und die Fortbildung.

### Amateurfunk in der Praxis

Setzen Sie Ihr Wissen in die Praxis um, konstruieren Sie eigene Antennen und bauen Sie Ihre Funkstation auf. Funken Sie mit anderen Funkamateuren auf den Fieldays um die Wette, pflegen Sie Kontakte in alle Welt und erleben Sie die ganze Faszination des Amateurfunks.



**Harald Zisler und Thomas Lauterbach** sind seit Jahrzehnten auf den Funkwellen zu hören. Auch nach so langer Zeit lässt die Begeisterung für Technik und Funkkontakte nicht nach. Hier teilen sie Erfahrung und Wissen mit Ihnen.

### Aus dem Inhalt

Geleitwort des DARC  
Erlebnis Amateurfunk

### Amateurfunktechnik

Bauteilkunde  
Physikalische Grundlagen  
Wechselstrom und Signale  
Digitale und analoge Send- und Empfangstechnik  
Antennen: Funktion und Selbstbau  
Störungen & Troubleshooting  
Betriebssicherheit

### Praxis und Projekte

SDR-Empfang  
Stationsaufbau und Antennenwahl  
Mobiler Funkbetrieb  
Digitaler Amateurfunk  
Morse

