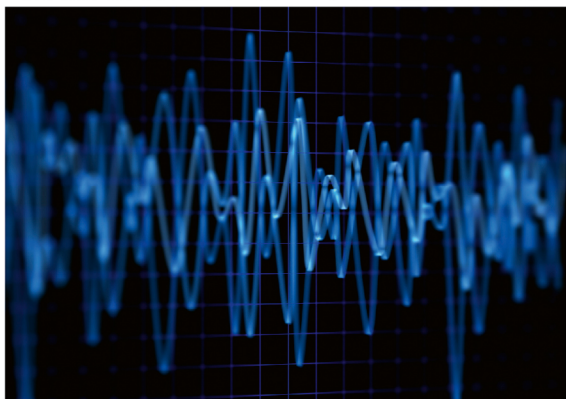


HAM RADIO · ERP · ANTENNENBAU

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

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 steckt 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 Funkamateurl als »Einzelkämpfer« ist besonders in heutigen Zeiten nicht damit gedient, wenn ihm durch industrielle Interessen seine Arbeitsgrundlage – die Amateurfunkfrequenzen oder zumindest Teilbereiche – abhanden kommen. 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

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 Berührung 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 Funkamateurl.

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 drauflaufen, 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 *hochfrequenten* Signal geformt. Diesen Vorgang nennt man *Modulation*.

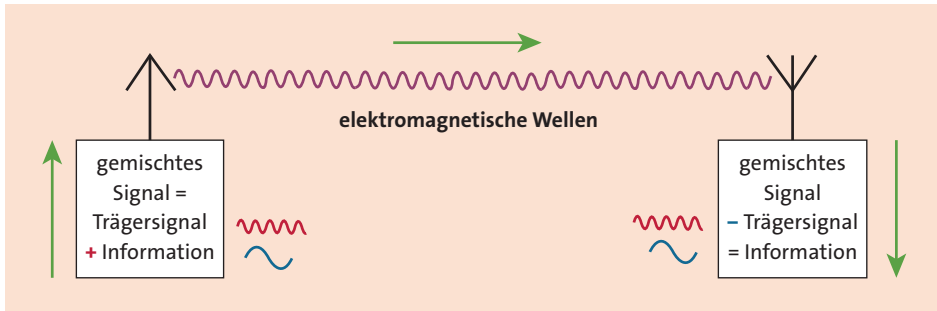


Abbildung 1.1 Das Prinzip der Funkübertragung

Aus der Modulation ergibt sich die Sendart. 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 Sendarten 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 angesprochen.

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 müs-

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 tritt
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 atmosphärische Störungen beeinträchtigt/ich werde 1 nicht 2 schwach 3 mäßig 4 stark 5 sehr stark durch atmosphärische Störungen beeinträchtigt.	QRN?	Werden Sie durch atmosphärische Störungen beeinträchtigt?
QRO	Erhöhen Sie die Sendeleistung.	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 Senderausgangsleistung 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 Restaurateure 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 geregelt« 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 *Landeskennung*, gefolgt von mindestens einer Zahl und dem Suffix. Die Landeskennung sind weltweit festgeschrieben. Für Deutschland beginnen die Rufzeichen mit DA, DB, DC, DD, DE, 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 »Klönrrunden« 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 (Sendart, *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 Sendarten.

Sendart	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 Sendart, auf fast allen Bändern eingesetzt
Morsen: CW	Morsetelegrafie (<i>Continuous Wave</i>), ein Weltkulturerbe

Tabelle 1.5 Einige im Amateurfunkdienst verwendete analoge Sendarten

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 lizenzfreien 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 Sendart 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 Faxesendungen und klassisches Funkfern schreiben 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.

Sendart: 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 Sendarten 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 Sendart 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 Sendarten-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 quantigitalisierter Information ohne modulierten Hilfsträger	1	Morsetelegrafie (CW)	A
Restseitenband	C	ein Kanal mit quantisierter oder digitaler Information mit moduliertem Hilfsträger	2	Funkfern schreiben (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	Sendart	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 Sendart ist dabei das Kriterium. So liegt am unteren Bereich stets der Telegrafiebereich (CW), gefolgt von anderen Sendarten, 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.

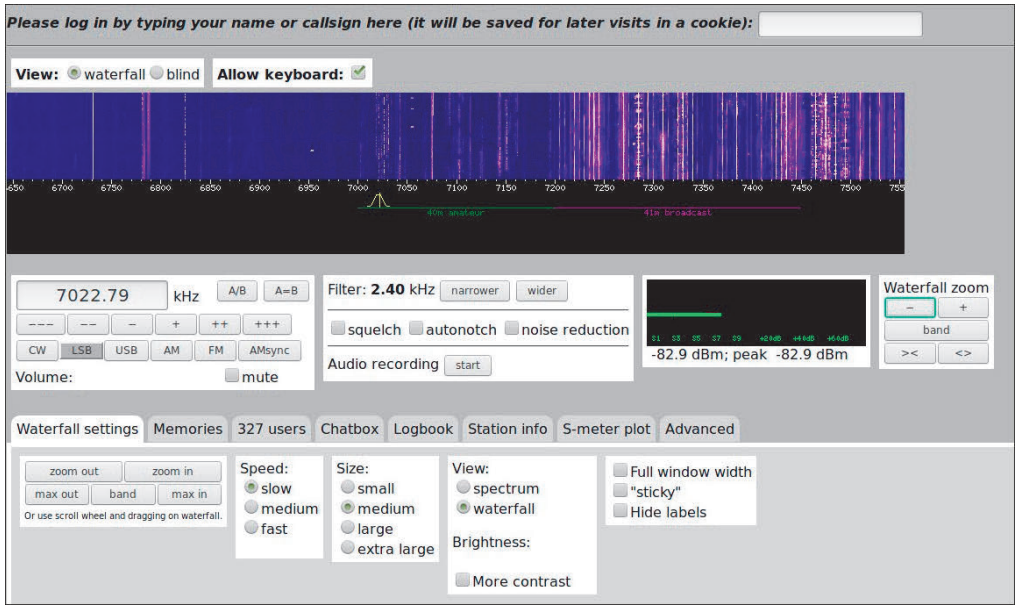


Abbildung 1.2 Die Bedienoberfläche des Web-SDR der Universität Twente

Wenn Sie im oberen Maskenbereich den Haken bei ALLOW KEYBOARD setzen, können Sie die Oberfläche auch bequem per Tastatur bedienen. Die einzelnen Tastaturbefehle 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]
Sendart: USB, LSB, CW, AM, FM	[u], [l], [c], [⇧], [f]
Filterbandbreite weiter/schmäler	[W]/[w]
Wasserfallanzeige ein- und auszoomen	[Z]/[Z]
Wasserfallanzeige zentrieren	[Strg] + [Z]
Frequenz manuell eingeben	[g]

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

Funktion	Taste(n)
Stummschalten	<input type="button" value="m"/>
Lautstärke mehr/weniger	<input type="button" value="V"/> / <input type="button" value="v"/>

Tabelle 1.10 Tastaturbefehle 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 Sendart.

Abbildung 1.3 zeigt den entsprechenden Funktionsblock der Maske im Detail.

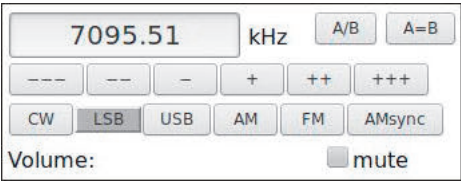


Abbildung 1.3 Einstellungen von Frequenz und Sendart

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.

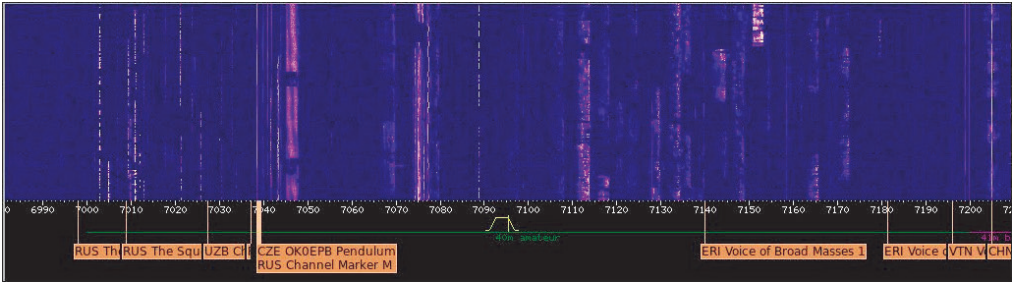


Abbildung 1.4 Wasserfalldiagramm mit Labels. Beachten Sie das Morsesignal am linken Rand!

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.

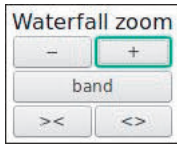


Abbildung 1.5 Einstellungen für das Wasserfalldiagramm (Darstellungsgrenzen)

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.

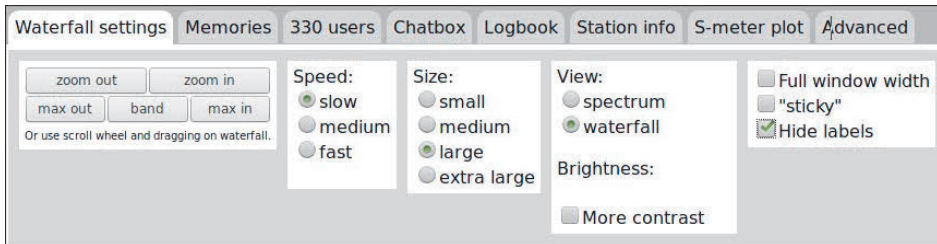


Abbildung 1.6 Weitere Einstellmöglichkeiten

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

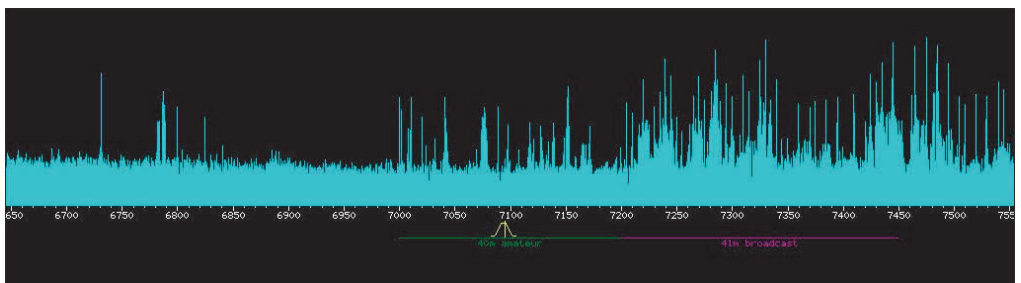


Abbildung 1.7 Spektrumanzeige anstelle des Wasserfalldiagramms

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 Rauschsperrung 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.

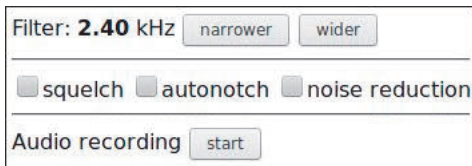


Abbildung 1.8 Einstellungen für Bandbreite und Störungsausblendung

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.

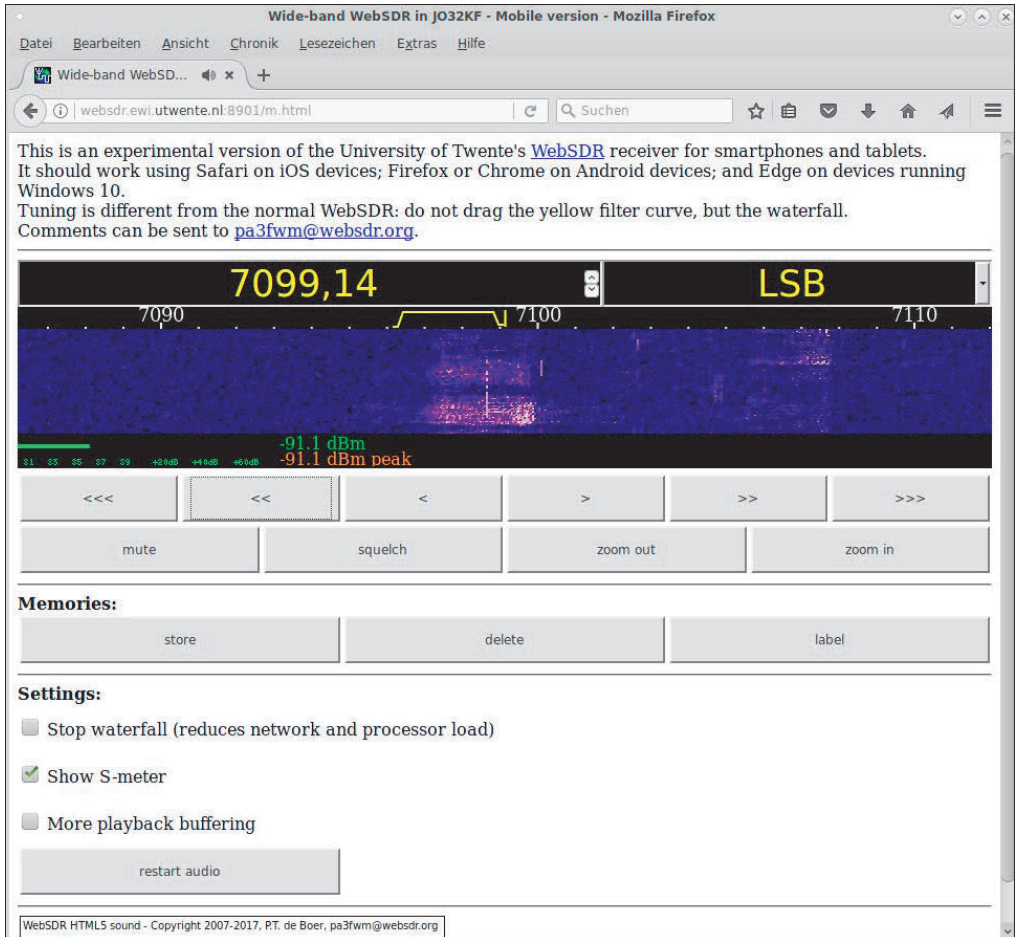


Abbildung 1.10 Vereinfachte Web-SDR-Oberfläche für mobile Geräte

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.

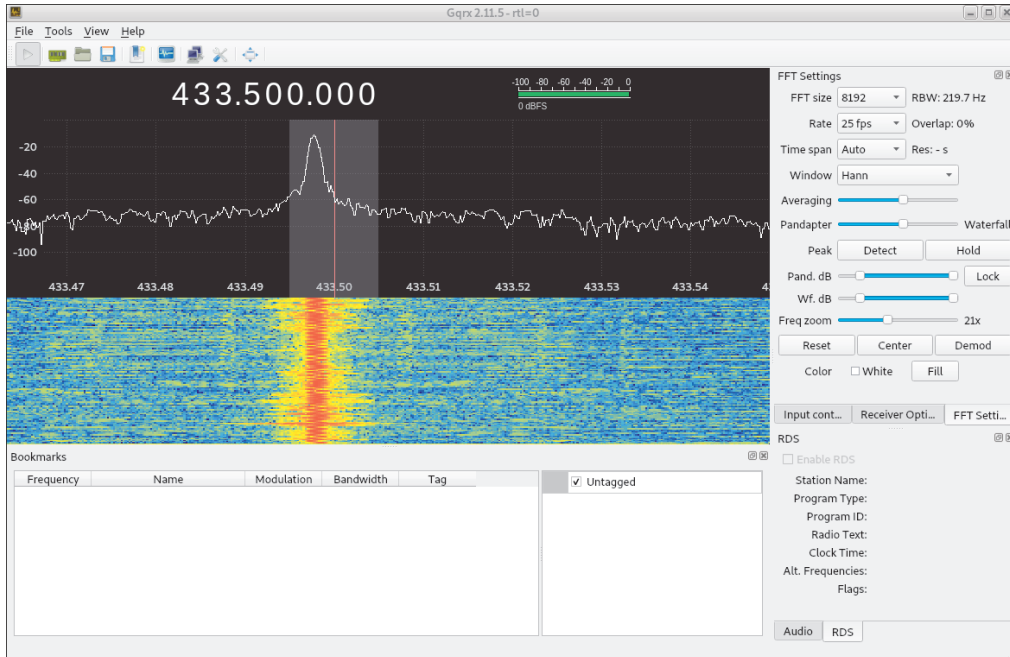


Abbildung 1.11 Das SDR-Programm Gqrx

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 große Ansprüche 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 Funkamateurl 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 Stampfl 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 Sendarten 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 Schaltendraht, 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 Fensterbrett.



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 OVs, 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 Kurzwellenhörervereine. 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 Ausbildungsrufzeichen. 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 crimpen
- ▶ 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 Fernmeldetürme, 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.

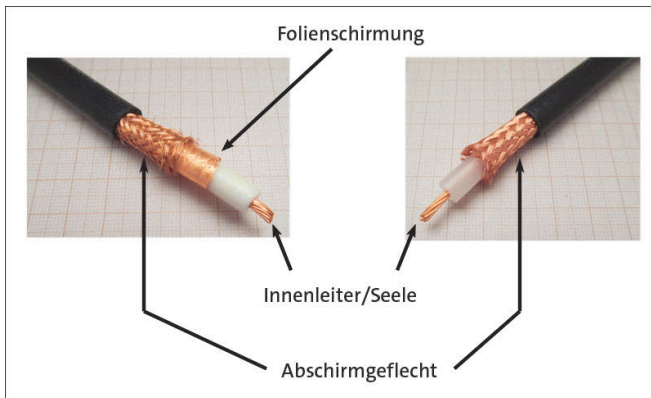


Abbildung 19.2 Aufbau von Koaxialkabeln

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 ϵ_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 Ω .

Koaxialkabel

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



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 $\sqrt{}$ (1200000 \times 15) $=$

Alternative Eingabe:

▶ 1 \div (1200000 \times 15) $=$ $\sqrt{}$

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

Berücksichtigen Sie, dass die Induktivität in μH 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 ϵ_r heran. Sie finden einige Beispiele in Tabelle 19.1.

Material Dielektrikum/Isolierung	ϵ_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 $\sqrt{\square}$ 2,29 $=$

Alternative Eingabe:

► 1 \div 2,29 $\sqrt{\square}$ $=$

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:

$$- \sqrt{\frac{50}{10}} =$$

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 Ω , aber auch mit 60 Ω oder 75 Ω 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 ϵ_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 Handfunksprechgeräte 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 Ω 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-Ω-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-Ω-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!

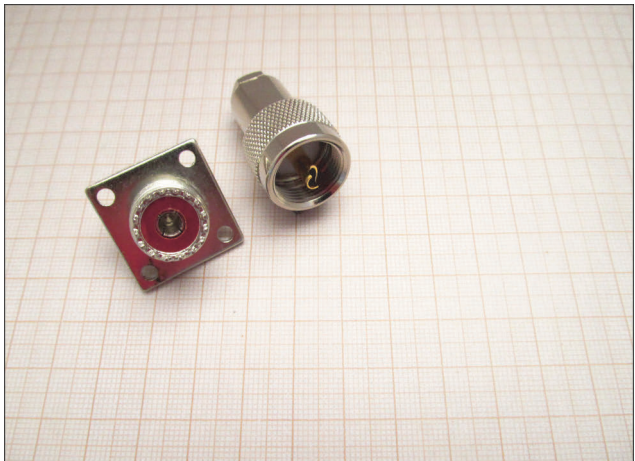


Abbildung 19.4 UHF-Buchse und Stecker (bzw. »PL« für »Plug«)

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!

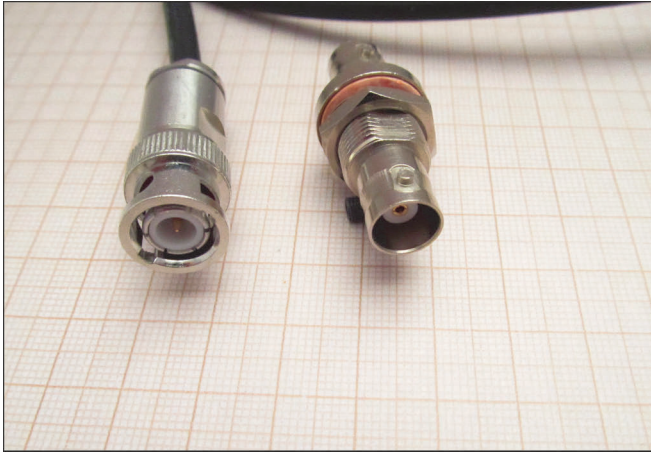


Abbildung 19.5 BNC-Stecker (links) und BNC-Buchse (rechts)

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 Sendeerlebnis nachhaltig trüben.

Wenn Sie bisher noch nicht Koaxialstecker an die entsprechenden Kabel montiert haben, besuchen Sie am besten einen versierten Funkamateurl. 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 Sendarten 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 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 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

tk5 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 dies 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 Anru-
fenden an!

dl6ral de dj4wd

ge lbr om harald

tkr fr 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 fr nice qso

hpe cuagn 73 es gl tu

dj4wd de dl6ral sk

Harald hat am Ende seines zweiten Durchgangs ein »sk« gegeben, was »Verkehrs-ende« 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
 tn timer 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. Besorgen 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 Grundsaltungen	281
13	Die Elektronenröhre	319
14	Schaltungskunde: Stromversorgung	323
15	Grundlagen der elektronischen Schwingungserzeugung	341
16	Sende- und Empfangstechnik	353
17	Digitale Sende- 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

2.3	Rechnen mit Dezibelwerten	70
2.4	Dezibelrechnung für Verstärkung und Dämpfung (Spannung)	71
2.4.1	Wichtige dB- und Spannungsfaktorwerte	72
2.5	Dezibelrechnung: Leistungspegel	73
2.5.1	Wichtige Leistungspegel	74
2.6	Dezibelrechnung: Spannungspegel	75
2.7	S-Meter und dB	76
2.8	Zahlensysteme	78
2.8.1	Umrechnen von Dualzahlen	78
2.8.2	Umrechnen von Hexadezimalzahlen	81

3 Bauteilkunde 85

4 Physikalische Grundlagen 89

4.1	Der Stromkreis	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
4.2	Spannung als Ursache	99
4.3	Strom	102
4.4	Ladungsmenge	104
4.5	Stromleitverhalten verschiedener Stoffe	105
4.5.1	Leiter	105
4.5.2	Halbleiter	106
4.5.3	Nichtleiter, Isolatoren	109
4.5.4	Zusammenfassung	110
4.6	Spezifischer Widerstand und Leitfähigkeit	112

5	Die Welt der Widerstände	115
5.1	Schaltzeichen	116
5.2	Widerstände als Bauelement	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
5.3	Berechnung von Widerständen, Spannung, Strom, Leistung	126
5.3.1	Widerstandsberechnungen im Detail (Strom und Spannung)	127
5.3.2	Widerstandsberechnungen und Leistung	128
5.4	Innenwiderstand von Strom- und Spannungsquellen	131
5.5	Leistungsanpassung	132
5.6	Serienschaltung (Reihenschaltung) von Widerständen, Spannungsteiler	132
5.7	Parallelschaltung von Widerständen (verzweigter Stromkreis)	135
5.8	Gemischte Schaltung von Widerständen	137
5.8.1	Berechnungen mit variablen Widerständen	139
5.8.2	Gemischte Schaltung: Symmetrisches Dämpfungsglied	140
5.9	Experimentieren und simulieren	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
6.1	Wirkungsgrad	152
6.2	Elektrische Arbeit	153
7	Wechselstrom/Signale	155
7.1	Schwingungsformen	160
7.2	Berechnung der Frequenz	161

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

9.9	Zusammenschaltung von Induktivitäten	214
9.10	Die Spule im Gleichstromkreis	214
9.11	Transformatoren und Übertrager	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
10	R, C und L im Wechselstromkreis	229
10.1	Ohmscher Widerstand	229
10.2	Kondensator im Wechselstromkreis	230
10.2.1	Kondensatorverluste, Verlustwiderstand, Auswahl des Dielektrikums	232
10.3	Induktivität einer Spule	233
10.3.1	Spulenverluste, Güte	235
10.3.2	Induktivitäten in Schaltungen und Geräten	235
10.4	Zusammenfassung	235
10.4.1	Experimente	236
10.5	Reihenschaltung von Kondensator und Widerstand	237
10.6	Reihenschaltung von Spule und Widerstand	237
10.7	Tief- und Hochpassfilter für den Audiobereich	237
10.7.1	Tief- und Hochpassfilter aus R und C oder L berechnen	238
10.7.2	Ermitteln der Spannungsverhältnisse	240
10.8	Schwingkreise mit Spulen und Kondensatoren	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

10.9 Bandfilter	257
10.9.1 Schwingquarze als Bandfilter	260
10.9.2 Hoch- und Tiefpassfilter mit Spule und Kondensator	261
10.10 Probleme in Hochfrequenzschaltungen	265
10.10.1 Experimente	265
 11 Die Halbleiterdiode	 267
11.1 Schaltzeichen	267
11.2 Dioden (Bauelemente)	267
11.3 Diodentypen und Eigenschaften	270
11.4 Spannungsabfall an Dioden	272
11.4.1 Experiment: Messung des Spannungsabfalls an einer Siliziumdiode 1N4001	272
11.5 Dioden in Schaltungen	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
 12 Der Transistor und seine Grundsaltungen	 281
12.1 Schaltzeichen	281
12.2 Transistoren (Bauelemente)	282
12.2.1 Aufbau und Funktion von bipolaren Transistoren	283
12.2.2 Aufbau und Funktion von Feldeffekttransistoren	300
12.3 Integrierte Schaltkreise	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
 13 Die Elektronenröhre	 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	Morsetelegrafie (CW)	369
16.2	Betriebsarten	370
16.2.1	Richtungsangaben in der Kommunikation	370
16.2.2	Übersicht der Betriebsarten im Amateurfunk	371
16.3	Modulator und Demodulator	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
16.4	Die Arbeit mit Blockschaltbildern	394
16.5	Die Arbeitsweise von Empfängern	396
16.5.1	Digitale Signalverarbeitung in Empfängern und Sendern	415
16.5.2	Die Bedienung von Empfängern, Sendern und Funkgeräten	415
16.6	Sendetechnik	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
16.7	Unerwünschte Aussendungen vermindern	446
17	Digitale Sende- und Empfangstechnik	451
17.1	Die digitale Darstellung von Signalen	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
17.2	Digitale Signalverarbeitung	457
17.2.1	Signale im Zeit- und Frequenzbereich, Spektrum und Wasserfalldiagramm	457
17.2.2	Elemente digitaler Signalverarbeitung	460

17.3 Die Codierung digitaler Signale (Quellencodierung)	464
17.4 Funkübertragung digitaler Signale	466
17.4.1 Funkkanäle, Kanalkapazität	467
17.4.2 Kanalcodierung	470
17.5 Digitale Funkübertragungsverfahren	476
17.5.1 Digitale Modulationsverfahren	476
17.5.2 Digitale Sendertechnik	481
17.5.3 Empfang digitaler Signale	482
17.6 Software Defined Radio (SDR)	483
17.7 Kanalzugriffsverfahren	485
17.8 Glossar zur Digitaltechnik	486

18 Antennen 489

18.1 Antennenformen	489
18.2 Der Korrekturfaktor (Verkürzungsfaktor)	492
18.3 Der Dipol und seine Varianten	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
18.4 Dipol-Weiterentwicklungen: Trapantennen und W3DZZ	501
18.4.1 Die W3DZZ-Antenne	501
18.4.2 Trapantennen allgemein	502
18.5 Die G5RV-Antenne	503
18.6 Der Faltdipol	504
18.7 Die Delta-Loop (Dreiecksschleife)	504
18.8 Die Quadantenne	505
18.9 Praxis: Drahtantennen bauen	505
18.10 Richtantennen	506
18.10.1 Aufbau von Yagi-Antennen	507
18.10.2 Details zu Yagi- und Richtantennen	507
18.10.3 Parabolspiegelantennen	512
18.11 Vertikalantennen und Rundstrahlantennen	513
18.12 Praxis: Besondere Antennenformen	518

18.12.1 Magnetische Ringantennen	518
18.12.2 Aperiodische Antenne: die T2FD (Tilted Terminated Folded Dipole)	522
18.13 Verkürzung von Antennen	523
18.14 Polarisation von Antennen	524
18.15 Installation von Sendeantennen	526

19 Übertragungsleitungen 527

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

20 Stehwellen und Leistungsrückfluss 541

21 Mantelwellen 547

22 Anpassung, Transformation und Symmetrierung 553

22.1 Die $\pi/4$-Leitung	553
22.2 Die $\pi/2$-Leitung	556
22.3 Symmetrierung	557
22.4 Grundsaltungen von Antennenanpassgeräten	559

23 Das elektromagnetische Feld 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

24 Leistung und Feldstärke 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

25 Messungen und Messgeräte 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

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

26.7.2	Vorgehen beim Nachbarn	636
26.7.3	Zusammenarbeit und ein gutes Verhältnis sind entscheidend	637

27 Sicherheit 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

TEIL II Praxis und Projekte

28 SDR-Empfang mit dem SDRplay RSP2pro 653

29 Die Amateurfunkprüfung 661

29.1	Wo wird eine Amateurfunkprüfung abgelegt?	661
29.2	Anmeldung zu einer Amateurfunkprüfung	661
29.3	Der Ablauf der Amateurfunkprüfung	661

30 Nach bestandener Prüfung – Stationsaufbau 663

30.1	Funkgeräte – Typenkunde	663
30.1.1	Handfunksprechgeräte	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

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

31 Antennenbau für Einsteiger 693

31.1 Projekt: Ein Dipol für das 10-m-Band	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
31.2 Drahtantennen richtig spannen	700
31.3 Die »magnetische Antenne« – eine Sonderform unter den Antennen	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
31.4 Aufbau von industriell hergestellten Antennen	711
31.5 Von Masten und Rotoren	712

32 Funkbetrieb außerhalb der eigenen vier Wände 713

32.1 Stromversorgung	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

32.2 Funkkoffer	735
32.3 Antennen für den Portabeinsatz	736

33 Amateurfunk digital 743

33.1 Textbasierte Verfahren	744
33.1.1 Funkferschreiben	744
33.1.2 »Weak-Signal«-Modes	746
33.2 Digitale Sprachübertragung	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
33.3 Datenfunk	758
33.3.1 Packet Radio	758
33.3.2 Das HAMNET	759
33.4 Digitale Bild- und Fernsehübertragung	760
33.4.1 Digitale Bildübertragung	760
33.4.2 Digitales Amateurfunk-Fernsehen	760
33.5 Funkgerät und PC verbinden	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 767

34.1 Verbindung der Funkanlage mit dem Netzwerk	767
34.2 Remote-Funkbetrieb innerhalb der eigenen Grundstücksgrenze	768
34.3 Remote-Funkbetrieb weltweit	769

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

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
Ablauf	661
Anmeldung	661
Amateurfunktagung München	55
Amperemeter	102, 592
Amperesekunde	104
Amperestunde	104
Amplitude Shift Keying	367
Amplitudenmodulation	40, 380
Amplitudenumtastung	367
Analog-Digital-Wandlung	454
ANT	38
Antenne	
aperiodische	522
Delta-Loop	491, 504
Dipol	490, 493
Dreiecksschleife	504
EFHW	499
Eigenbau-Beispiele	708
Empfang	51
Faltdipol	504
Formen	489
Fuchsantenne	491, 498
G5RV	491, 503
Groundplane	490
Korrekturfaktor	492
Kraftfahrzeug	648
Kreuz-Yagi	525
künstliche	444, 610
Langdraht	490
LPDA	491, 526
Magnetic Loop	701
magnetische	675, 701
magnetische Ringantenne	518
mit Inch-Maßen	711
NVIS	494
Parabolspiegel	491
Polarisation	524, 563
Portabeleinsatz	736
Quadantenne	505
Richtantenne	506
Ringantenne	491
Rundstrahlantenne	513
selbst bauen	693
Sicherheit	645
Sperrkreis	501
Trapantenne	501, 502
Verkürzungsfaktor	492
Vertikalantenne	513
W3DZZ	491, 501
Windom	491, 499
Wurfantenne	51
Yagi	490, 507
Zeppelinantenne	498
Zuleitungen	678
Antennenanpassgeräte	559
Antennenisolatoren	694
Antennenlitze	694, 696
verarbeiten	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
AWGN-Kanal	468

B

Backscatter	574
Balancemischer	425
Balun	226, 557
Bandbreite	250, 467, 468, 476
Bandfilter	257
Bandpassfilter	257, 457
Basisbandsignal	484
Basiseinheiten	59
Baud	61, 377
Bauelement	
<i>bedrahtetes</i>	85
<i>oberflächenmontierbares</i>	85
Bauvorschrift	645
BCH-Codes	474
Beat Frequency Oscillator	387
Belastbarkeit	151
BEMV-Erklärung	678
Bergfunker	713
Bestückungsseite	85
Betriebsart	41
BIAS-T	339
Bild	466
Binärzahlen	78
Bit	61
Bitfehler	483
Bitrate	61
Blindwiderstand	231
Blitzschutz	645
Blockcode	470
Blockgleichrichter	326
Blockschaltbild	394
BNC-Stecker	538
Bodenwelle	568
Breitbandausführung	435
Brummspannung	323, 332
Buchstabieralphabet	33
Buchstabieren	32
Bug	774

C

CAT-Schnittstelle	761, 762
CB-Funk	30
Chirps	426
Code Division Multiple Access, CDMA	485
Codec	464, 486

Codemultiplex-Verfahren	485
Codeplug	761
Coderate	470
Codewort	470, 486
COFDM	481
Contest	39
Conteststation	548
Continuous Tone Coded Subaudio	
<i>Squelch</i>	373
Coulomb	104
CTCSS	373
CW	369, 460
CW → Morsetelegrafie	
Cyclic Redundancy Check	474

D

Dämpfung	66, 624
Dämpfungsfaktor	69, 586
Dämpfungsglied	409
Dämpfungsmaß	586
DARC	54
Datenübertragungsrate	61
De-Mapping	483
Demodulator	380
Deutscher Amateur-Radioclub e. V.	54
Dezibel	
<i>allgemein</i>	66
<i>Berechnungen</i>	70
Dezimierung	457
Diamond X-30	675
Dielektrikum	180
Digimode	762
Digital Mobile Radio	464
Digital-Analog-Wandler	415
Digital-Analog-Wandlung	456, 457
Digitale Filterung	460
Digitale Signalverarbeitung	415, 462
Digitalisierung	451
Dioden	
<i>Schaltungen</i>	274
<i>Spannungsabfall</i>	272
Dipmeter	615
Dipol	493
Direct Conversion	484
Direkte digitale Synthese	351
Direktmischempfänger	398
Direktüberlagerungsempfänger	398
Distrikts-Ortsverbands-Kenner	54
DMR	485
DOK	54

Doppelsuper	404
Double Sideband	384
Drahtantennen	700
Dreheisenmesswerke	594
Drehkondensator	701, 702
Drehspulmesswerke	593
Dreifachsuper	404
DSB	384
DSP	415
Dualzahlen	78
Dummy Load	118, 444
Duplex	485
Durchlassrichtung	108
Durchlassspannung	270
Dynamikbereich	453
Dynamobleche	217

E

E-Bleche	219
Effective Radiated Power	71, 581
Effektivwert	166
EFHW	499
Einbaulage	595
Eingangsleistung messen	607
Einseitenband	384
Einseitenbandmodulation	360, 361
Einstrahlung	633
Einströmungen	631
EIRP	581
Elektrische Arbeit	153
Elektrische Feldstärke	60
Elektrische Leistung	151
Elektrisches Feld	177
Elektrolytkondensatoren	183
Elektromagnetisches Feld	563
Elektronen	105
Elektronenröhre	319
Elkos	183
Emitterfolger	291
Empfang, Störungen	629
Empfänger	
<i>Bausätze</i>	51
<i>klassische Empfangsgeräte</i>	50
<i>SDR-Empfänger am PC</i>	49
<i>Technik</i>	396
Empfängerfeinverstimmung	422
Empfangskonverter	402
Entladekabel	643
Entzerrung	481
Equivalent Isotropically Radiated Power ...	581
ERP	71, 581

F

Fading	468
Faltdipol	504
Faltungscode	475, 486
Fast Fourier Transformation	459
Fehlerstromsicherung	97
Fehlerwort	472
Feldeffekttransistoren	300
Feldstärke	586
Feldstärkeanzeiger	615
Feldstärkeberechnung	584
Fensterung	459
Fernabstimmung	704
Fernschreibalphabet	465
Fernspeisung	339
Ferritringe	549
Ferromagnetische Stoffe	197
Festspannungsregler	335
FET	300
FFT	480
Fieldday	55, 713
Filterkoeffizient	462
Finite Impulse Response	460
Firmware	761
Flankendiskriminator	390
Flash-Konverter	455
Flutterfading	574
fldigi	765
FlexRadio 6400 ATU	767
Flowgraph	462
Flussdichte	60
FM	362
Forward Error Correction	471
FOT	572
Fourier-Transformation	458
Freenet	30
Frequency Division Multiple Access,	
FDMA	485
Frequency Hopping	481
Frequency of Optimum Transmission	572
Frequency Shift Keying	366, 367
Frequenz	31, 60
<i>niedrigstmögliche</i>	574
Frequenzaufbereitung	425, 427
Frequenzbelegung berechnen	361
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
Funkfern schreiben	378, 465
Funkgeräte	
<i>Aufbewahrung</i>	673
<i>Handfunksprechgeräte</i>	663
<i>Mobilfunkgeräte</i>	668
<i>Netzteil</i>	671
<i>Portalfunkgeräte</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
Genauigkeit	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
Handfunksprechgeräte	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
Inselfunker	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.)
- Kabeldämpfung* 533
 - Stecker* 537
 - Verkürzungsfaktor* 532
- Kollektorschaltung 291
- Kondensator 180
- Kapazität* 190
 - Ladungsmenge* 190
 - Messung* 190
 - Parallelschaltung* 192
 - Selbstbau* 186
 - Serienschaltung* 191
- Kondensatorplatten 181
- Konstantendraht 124
- Konstellationsdiagramm 478
- Koppelschleife 707
- Korrekturfaktor 492
- Korrosion 634
- Kreuzmodulation 366, 367
- Kurzschluss 94
- Kurzschlussspannung 131
- Kurzwellenempfangsgeräte 51
- L**
-
- Ladung 60
- Ladungsballung 108
- Ladungsmenge 104
- Ladungsträger 104, 105
- Ladungstrennung 108
- Landeskenner 39
- Langer Weg – kurzer Weg 575
- Längsgerichtetes 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
- M**
-
- 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
- analoge* 592
 - digitale* 596
 - Genauigkeit* 605
 - Innenwiderstand* 604
- Messung
- Gleich- und Wechselstrom* 591
 - Gleichspannung* 591
 - Gleichstrom* 591
 - Signalspannungen* 591
 - Stehwellenverhältnis* 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
- Circuit* 312
- Morsetelegrafie 41, 369, 465
- Beispiel* 777
 - Morsen lernen* 781
 - Taste* 779
 - Verbindungsaufnahme* 776
 - Vorteile* 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
Phasenvergleichler	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
Quasiptische Reichweite	577
Qucs-S	147
QucsStudio	147
Quellcodierung	762

Quellencodierung 464
 Quite Universal Circuit Simulator 147

R

Radio Tele Typing 378
 Radioflussindex 569
 Rainscatter 580
 Rapport 32
 Raspberry Pi 658
 Ratiotektor 391
 Raumladungszone 108
 Rauschen 467, 468
 rosa 175
 thermisches 175
 weißes 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
 auf eigenem Grundstück 768
 auf fremdem Grundstück 769
 Sicherheitsmaßnahmen 771
 Resonanzfrequenz 247
 Richtantenne 506
 Rosa Rauschen 175
 Rotor 712
 RST-System 76
 RTTY 378, 762
 Rückstreuung 574
 Rufzeichen 32, 466
 RX 38

Schottkydiode 270
 Schutzabstände 585
 Schutzkleinspannung 195
 Schwingkreise 240
 Schwingungserzeuger 341
 Schwingungsformen
 Flankensteilheit 160
 Grundwelle 160
 Rechtecksignal 160
 Schwund 468, 475
 SDR 44, 455, 483, 653, 762
 Programme 50
 SDR-Empfänger am PC 49
 SDR-Empfänger 457
 SDRplay RSP2pro 653
 Selbstinduktion 216
 SELV 195
 Sendart 40, 41, 354
 Sendebetrieb, Störungen 635
 Sendeleistung 446
 Sender
 Leistungsangaben 445
 Leistungsmessung 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

S

Safety Extra Low Voltage 195
 Sägezahnsignal 172
 Sample and hold 455
 Sampling 451
 SB-2000 Radio Interface 764
 Schalter 91
 Schaltnetzteil 323, 337
 Scheitelwert 166

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
Sperrichtung	109	Symbolrate	61, 476
Sperrspannung	270	Symmetrierung	557
Spiegelfrequenz	400	Syndrom	473
Spindel-Trimmer	123		
Splatter	359	T	
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	Tiefpassfilter	237, 454, 456
Steckermontage	539	Tiger Signalink 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	Trapantennen	501
Strommesser	592	Trimmer	184
Strommessung	607	Trimmkondensatoren	184
Stromrichtung (physikalische vs.		Trimm-Potentiometer	123
technische)	102	TRX	38
Stromschlag	639	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
Weißes 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

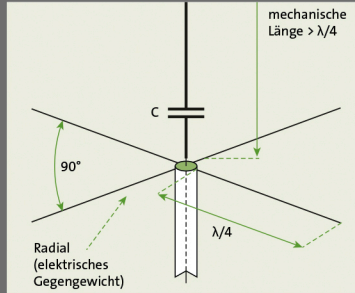
Zahlenpräfixe	63	Zeitmultiplex-Verfahren	485
Zahlensysteme		Zeitschlitz	485
<i>Binärzahlen</i>	78	Zeitselektivität	468
<i>Hexadezimalzahlen</i>	81	Zeitsignal	458
Z-Diode	272	Zweigweggleichrichtung	326
Zehnerpotenzen	63	Zwischenfrequenz	400, 405, 483
		Zylinderspule	206

Einstieg, Technik, Funkpraxis

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 Löt-kolben 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 Funkamateure 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 funkt 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 Fielddays 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
Betriebsicherheit

Praxis und Projekte

SDR-Empfang
Stationsaufbau und Antennenwahl
Mobiler Funkbetrieb
Digitaler Amateurfunk
Morsen

