

Diese Leseprobe haben Sie beim
 edv buchversand.de heruntergeladen.
 Das Buch können Sie online in unserem
 Shop bestellen.
[Hier zum Shop](#)

Geleitworte

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 Funkamateurer 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, gesell-

schaftliche und soziale Komponente des Amateurfunks stärken! 35 000 Mitglieder haben sich dafür entschieden – Sie auch?

Deutscher Amateur Radio-Club (DARC) e. V.

www.darc.de

Geleitwort des Fachgutachters

Vor fast einem Jahrhundert, im Dezember 1921, schlug sich Paul F. Godley, ein US-amerikanischer Funkamateurer, in einem Zelt an der schottischen Westküste seine Nächte um die Ohren. Mitgebracht aus den USA hatte er einen der besten damals verfügbaren Funkempfänger, und auf einer Wiese hatte er eine Beverage-Antenne aufgebaut. Das Ziel: die amerikanischen Funkamateure wollten beweisen, dass auch auf »kurzen Wellen« interkontinentaler Funkverkehr möglich ist.

Die Fachwelt war hingegen überzeugt, dass sich nur »lange Wellen« mit kilometergroßen Antennenanlagen und Sendeleistungen von Hunderten von Kilowatt dafür eigneten. Auch der theoretische Physiker Arnold Sommerfeld hatte dies 1909 durch ausführliche Berechnungen nachgewiesen.

Am 9. Dezember 1921 konnte Paul Godley bestätigen, dass er Signale aus den USA empfangen konnte, und am 11. Dezember sendete die Amateurstation 1BCG ein Telegramm mit 12 Wörtern an Godley. Aufgebaut in einem Schuppen in der Nähe von New York, hatte sie eine Sendeleistung von weniger als einem Kilowatt und nur eine etwa 30 m lange Drahtantenne, aufgespannt zwischen zwei Holzmasten. Die Funkamateure hatten Geschichte geschrieben, die New York Times berichtete auf der Titelseite.

In der Entwicklung der Funktechnik waren es immer wieder Funkamateure, die die Technik vorantrieben oder vorhandene Komponenten neu zusammensetzten, um sie für sich zu nutzen – sei es beim ersten aktiven Fernmeldesatelliten, der ein Amateurprojekt war, oder bei der Funkübertragung von Schrift, Bildern und Datenpaketen mit den ersten »Home Computern«, die an Funkgeräte angeschlossen wurden, lange bevor es SMS und Whatsapp gab.

Heute mag es für die Funkamateure schwieriger geworden sein, den technischen Entwicklungen z. B. der Mobilfunknetze zu folgen, da die komplexe digitale Signalverarbeitung die Hochintegration der elektronischen Komponenten erfordert, die mit den amateurfunktypischen Bastelprojekten kaum vereinbar ist. Trotzdem kommt dem Amateurfunk weiterhin eine wichtige Rolle in der Vermittlung der Grundlagen bei der Ausbildung zur Amateurfunkprüfung zu, besonders, wenn dadurch schon Jugendliche für die Funktechnik begeistert werden können. »Vom Funkamateurer zum Ingenieur« ist kein leeres Schlagwort, sondern trifft auf viele erfolgreiche Karrieren in

Wirtschaft und Wissenschaft zu. Gerade heute, wo die Funktechnik allgegenwärtig ist, nicht nur in den Smartphones, sondern auch im aufkommenden *Internet of Things* oder den künftigen Internetzugängen über Satellitenkonstellationen, sind Kenntnisse der Grundlagen in vielen beruflichen Umfeldern von Vorteil.

Im Zeitalter der Globalisierung ist auch nicht zu unterschätzen, dass die Funkamateure schon immer eine weltweite Gemeinschaft pflegen – viele persönliche Kontakte entstehen über den Amateurfunk und erlauben unmittelbare Einblicke in fremde Kulturen.

Und nicht zuletzt ist der Amateurfunk auch ein lebendes Technikmuseum: fast alles, was in 100 Jahren Funktechnik irgendwann einmal eine Rolle gespielt hat, wird von dem einen oder anderen Funkamateurliebevoll gepflegt und weiter betrieben: die Morsetelegrafie, die Röhrentechnik, die Funkübertragung mit einfachen leistungsschwachen Sendern, der analoge Sprechfunk und vieles andere mehr.

Umso erfreulicher ist es, dass Harald Zisler, selbst ein langjährig erfahrener Funkamateurliebevoll, mit seinem Buch ein hervorragendes Kompendium für den Einstieg in dieses faszinierende und vielseitige Hobby vorlegt. Er vermittelt anschaulich und an vielen Beispielen die Grundlagen der Funktechnik, die für die Amateurfunkprüfung erforderlich sind. Nach erfolgreichem Durcharbeiten werden Sie sich z.B. mit einem Online-Kurs oder -Training leicht für die Prüfung fit machen können. Was aber für den Einsteiger ganz entscheidend ist: Sie bekommen eine Menge praktischer Tipps und Anregungen für Experimente, die Sie in der Vorbereitungsphase oder nach der bestandenen Prüfung nutzen können, um das Gelernte mit Leben zu füllen und aktiv am Amateurfunkgeschehen teilnehmen zu können.

Und auch mancher gestandener OM oder manche aktive YL wird gerne zu diesem Buch greifen, um sich längst vergessene Grundlagen wieder ins Gedächtnis zu rufen oder das eine oder andere Projekt umzusetzen, mit dem Harald Zisler das Interesse an der Funktechnik immer wieder neu wecken möchte.

Ich wünsche deshalb diesem Buch viele neugierige Leserinnen und Leser, die sich der Herausforderung der Funktechnik und den dafür erforderlichen mathematischen und physikalischen Grundlagen stellen – und diesen Leserinnen und Lesern viel Erfolg und Freude bei ihrer Beschäftigung mit den vielen Aspekten des Amateurfunks.

Prof. Dr. Thomas Lauterbach

Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm

DL1 NAW

Kapitel 1

Erlebnis Amateurfunk

Hören, Sprechen, Morsen, Schreiben, Löten – die große Welt des Amateurfunks. Hier finden Sie in erster Linie einen sehr kompakten Überblick über den Funkbetrieb. Jenen, die noch keinerlei Berührung mit Amateurfunk haben, hilft dieses Kapitel, 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 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 helfen ihnen auf dem Weg zum Funkamateurliebevoll.

Amateurfunklizenz

Für eine aktive Teilnahme am Amateurfunkdienst benötigen Sie in jedem Fall eine amtliche Genehmigung (»Amateurfunklizenz«).



1.1 Amateurfunk, Freenet, PMR und CB-Funk

Oftmals werden diese vier Bereiche oberflächlich als Hobbyfunk bezeichnet. Doch es gibt erhebliche Unterschiede (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, sind dazu aber auch in der Lage. Alle anderen »Hobbyfunker« dürfen drauflösfunkken, 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, übrig bleibt die Information (Abbildung 1.1).

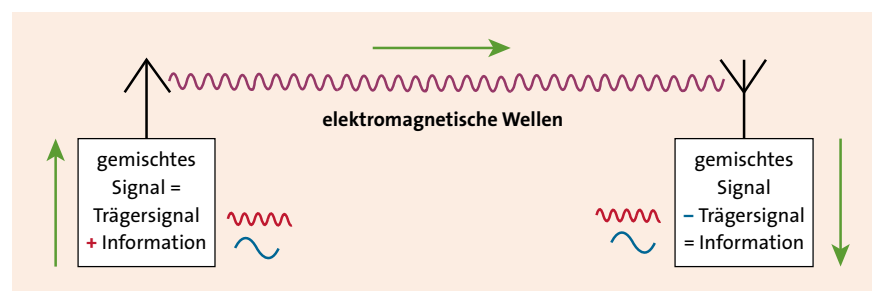


Abbildung 1.1 Prinzip der Funkübertragung

Aus dem Alltag: Sie können dies mit dem klassischen Brief vergleichen. Das Briefblatt können Sie so nicht versenden, sondern geben 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*.

Aus der Modulation ergibt sich die Sendart. Bekannt sind die Amplitudenmodulation (AM) für die (noch verbliebenen) Rundfunksender auf Lang-, Mittel- und Kurzwelle und 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 (nach Heinrich Hertz), Hz 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*. Die ist umso kürzer, je höher die Frequenz ist.

Von der Wellenlänge hängen die Baumaße einer Antenne und auch die Ausbreitungsmöglichkeiten der Funkwellen ab. Ebenso werden Frequenzbereiche 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 müssen. 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 international verbindlich und verständlich, 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
H	Hotel	ho TELL
I	India	IN di ah

Tabelle 1.2 Internationales Buchstabieralphabet

Zeichen	Zeichenwort	Aussprache/BETONUNG
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	Wiskey	WISS ki
X	X-Ray	EX reh
Y	Yankee	JENG ki
Z	Zulu	SUH luh

Tabelle 1.2 Internationales Buchstabieralphabet (Forts.)

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

1.3.2 Q-Gruppen

Die Q-Gruppen (Tabelle 1.3) sind für die »sprachlosen« Sendearten, von der klassischen Morsetelegrafie bis hin zu diversen digitalen Textübertragungen, vorgesehen. Für den Sprechfunk *sollen* sie nicht zum Einsatz kommen, in der Praxis wird

dies 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?
QTC	Ich habe ... Meldungen für Sie/für ...	QTC?	Wie viele Meldungen haben Sie für mich?

Tabelle 1.3 Q-Gruppen (Forts.)

Q-Gruppe	Bedeutung	Q-Gruppe?	Bedeutung
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 eigentlich der Morsetelegrafie und weiteren diversen analogen und digitalen Textübertragungen vorbehalten, 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 hoher See und Minimalisten.
- QRL: Hier wird, oft in Morsezeichen, gefragt, ob eine vermeintlich freie Frequenz wirklich auch frei ist, bevor man mit einem (allgemeinen) Anruf beginnt.
- 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« per Morsetelegrafie gegeben 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 Hochfrequenzverstärkung eines Empfängers)
ATT	Attenuator, Abschwächer (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 Landeskenner, gefolgt von mindestens einer Zahl

und dem Suffix. Die Landeskenner sind weltweit festgeschrieben. Für Deutschland beginnen die Rufzeichen mit DA, DB, DC, DD, DF, DG, DH, DJ, DK, DL, DM, DN und DO. DP steht hierbei für exterritoriale Stationen, z. B. Forschungseinrichtungen in der Antarktis.

Die Nachbarländer im Uhrzeigersinn:

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

1.3.5 Was hört man?

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

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

Funkamateure kommunizieren aber auch mit modernster Digitaltechnik. Sie beherrschen Übertragungsverfahren mittels schwächster Signale, die man selbst aus dem Rauschen nicht mehr wahrnimmt, wohl aber der Computer. Zudem führen verschiedene Arten digitaler Sprachübertragung zu neuen Verbindungsmöglichkeiten.

1.4 Funkübertragung

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

Die Amateurfunkbereiche sind international zugewiesen. Zudem gibt es verschiedene Übertragungsverfahren (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 Ende der 90er Jahre gehört deren Beherrschung nicht mehr zur Zugangsvoraussetzung für die Kurzwellenbereiche. Die 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 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

Sendart: Bezeichnung gemäß Appendix 1 der Radio Regulations; Beispiel: A1A für Morsetelegrafie

Betriebsart: Bezeichnet eine Funkanwendung; Beispiel: Morsetelegrafie (CW), digitale Zeichenübertragung (FT8, PSK31 ...)

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 kennzeichnen die Sendart als solche, 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

Tabelle 1.6 Bezeichnung von Aussendungen, Sendarten

Modulationsart	Code	Signalart für Modulation des Hauptträgers	Code	Übertragene Informationen, Betriebsart	Code
Zweiseitenband-Amplitudenmodulation	A	ein Kanal mit quantisierter oder digitalisierter Information ohne modulierten Hilfsträger	1	Morsetelegrafie (CW)	A
Restseitenband	C	ein Kanal mit quantisierter oder digitaler Information mit moduliertem Hilfsträger	2	Funkferschreiben (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 (Forts.)

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
FT-8-Datenübertragung	J3D	50 Hz
AM-Sprechfunk	A3E	5 kHz

Tabelle 1.7 Bandbreitenbedarf ausgewählter Betriebsarten

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

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

Tabelle 1.8 Einige MGM-Betriebsarten

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

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

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

Band	Frequenzbereich	Hörbarkeit
80 m	3,500–3,800 MHz	überwiegend nachts, Europa, zum Teil weltweit
40 m	7,000–7,200 MHz	ganztägig, Europa und weltweit
20 m	14,000–14,350 MHz	fast ganztägig, Europa und weltweit

Tabelle 1.9 Frequenzbereiche im Amateurfunk

Band	Frequenzbereich	Hörbarkeit
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 (Forts.)

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 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 finden Sie den gesamten Bildschirm dargestellt.

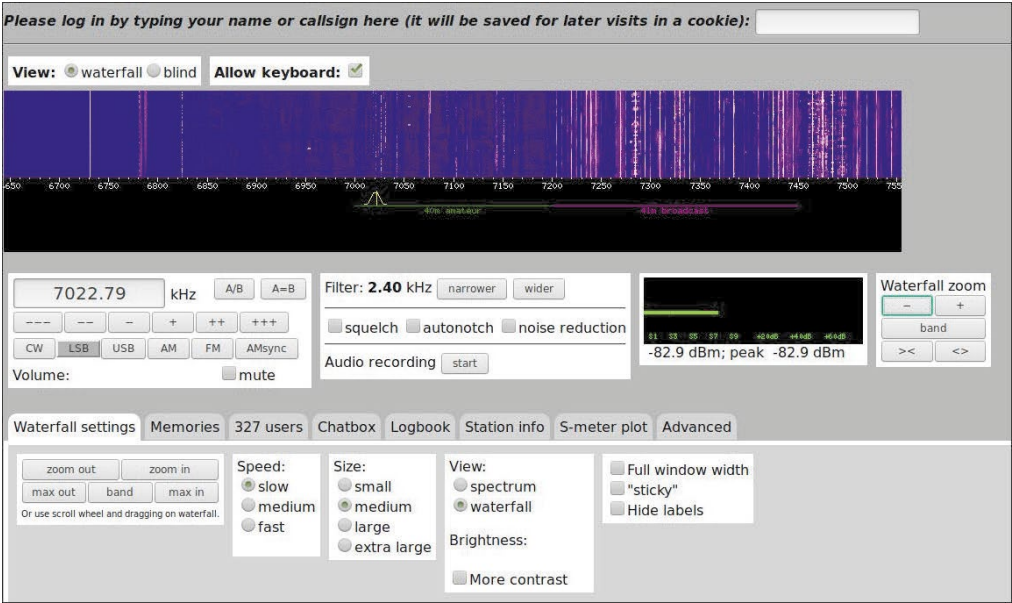


Abbildung 1.2 Bedienoberfläche des Web-SDR der Universität Twente

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], [a], [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	[m]
Lautstärke mehr/weniger	[V]/[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 (Abbildung 1.4) zeigt Ihnen die Belegung des dargestellten Frequenzraums. Mehr oder weniger breite Balken stellen die Signale dar. Morsecodierungen 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 gekennzeichnet.

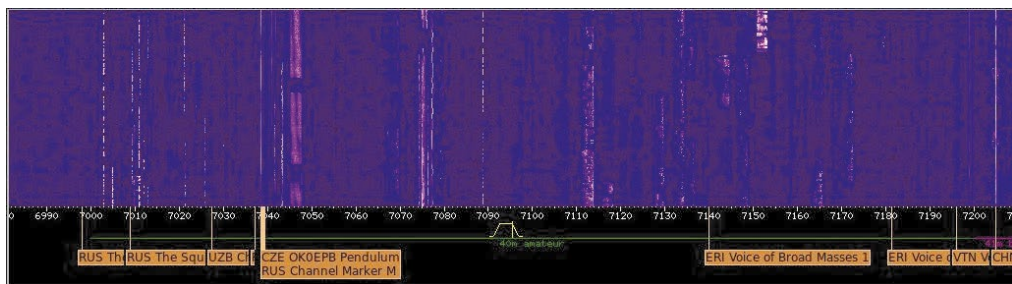


Abbildung 1.4 Wasserfalldiagramm mit Labels. Beachten Sie das Morsesignal am linken Rand!

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

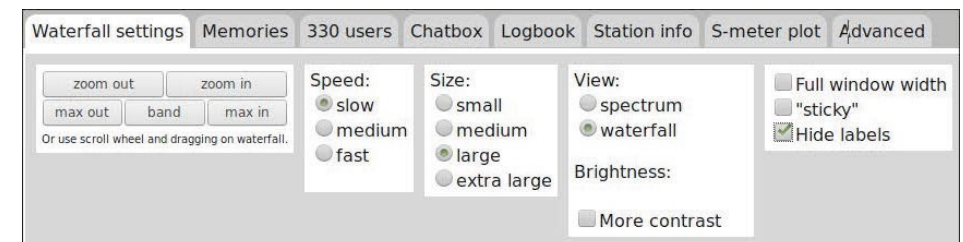


Abbildung 1.6 Weitere Einstellmöglichkeiten

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

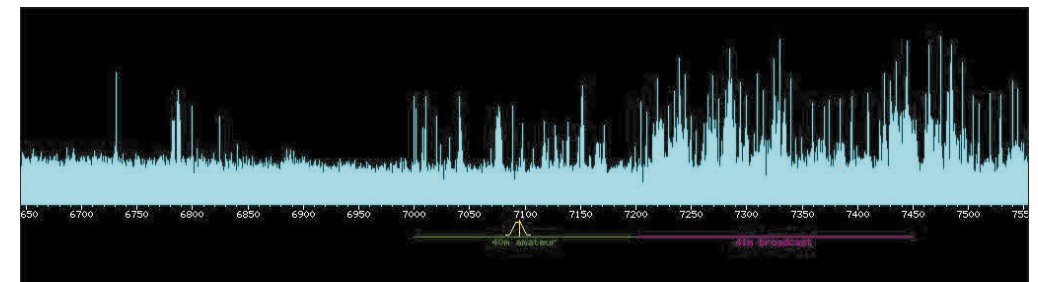


Abbildung 1.7 Spektrumanzeige anstelle des Wasserfalldiagramms

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 schmaler oder breiter setzen. Außerdem können Sie eine Rauschsperr 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.

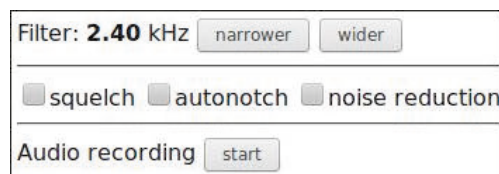


Abbildung 1.8 Einstellungen für Bandbreite und Störungsausblendung

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 Sendart 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.

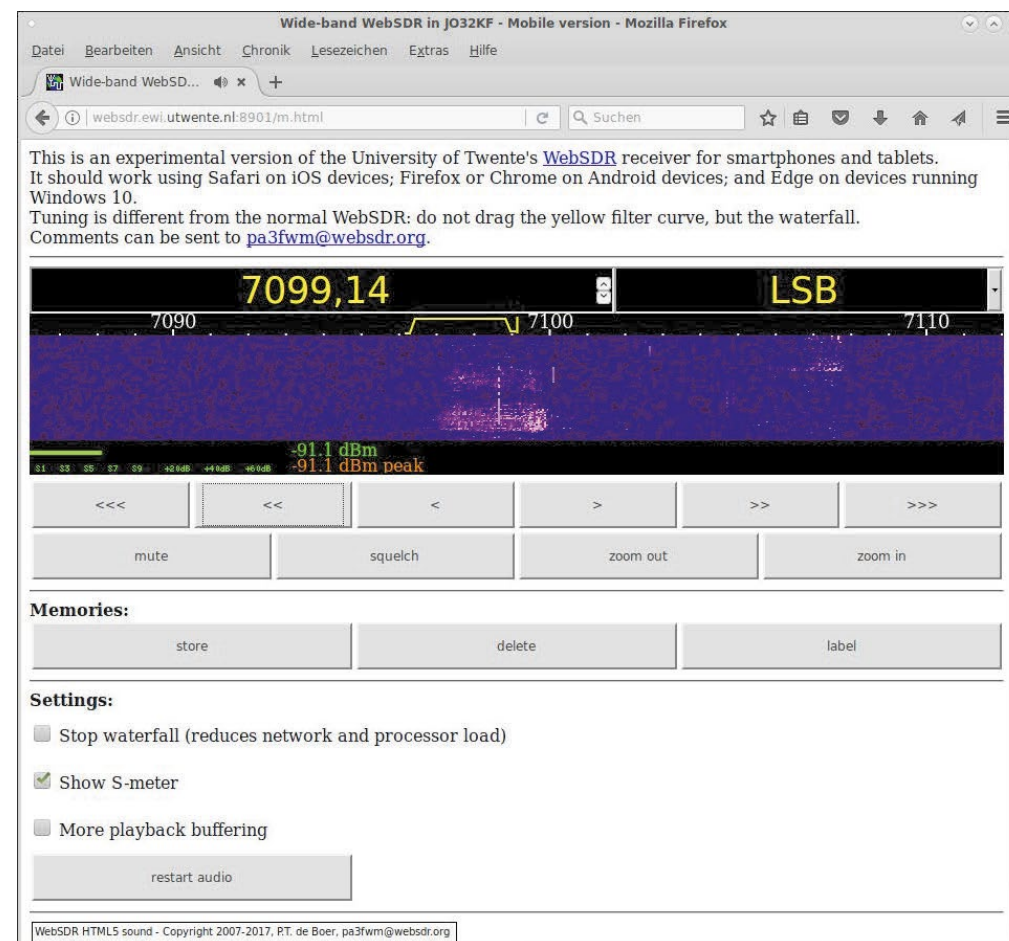


Abbildung 1.10 Vereinfachte Web-SDR-Oberfläche für mobile Geräte

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.

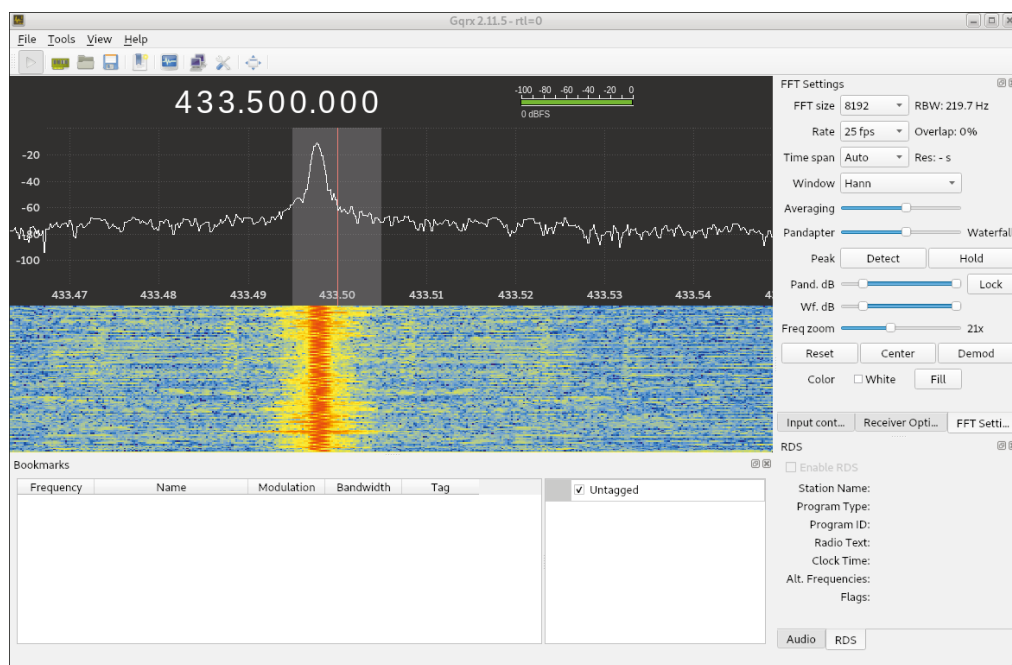


Abbildung 1.11 SDR-Programm Gqrx

1.5.3 Klassische Empfangsgeräte

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

Gegenüber 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 Direktfrequenzen. Teurere Modelle ermöglichen auch einen Empfang des Kurzwellenbereichs, wenngleich man hier nicht zu große Ansprüche an die Empfangsqualität haben sollte.

Auf Flohmärkten finden Sie oft Kurzwellenempfangsgeräte, die die letzten 25 Jahre produziert wurden (Hersteller meist Yaesu, JRC, Kenwood oder Icom). Wenn sich diese im guten Zustand befinden, 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. TECSUN S-8800.

Tipp: Gehen Sie zusammen mit einem erfahrenen Funkamateurlauf Einkaufstour. Fehlkäufe und Enttäuschungen werden damit vermieden.

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 Qualitäten hochpreisiger Geräte nicht immer auf einen Bausatz umgelegt werden können. Allerdings gibt es mit den SDR-Empfänger-Bausätzen hier auch Ausnahmen.

Die Zeitschrift *Funkamateurl* betreibt einen kleinen Onlineshop mit Funkartikeln (<http://www.funkamateurl.de>). Hier werden unter anderem die vom Schweizer Entwickler Heinz Stampfl geschaffenen Bausätze *Junior 1* und *Junior 1D* im Sortiment geführt.

Ersterer umfasst den Frequenzbereich von 5,9 MHz bis 8,1 MHz (49 m- und 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 Schaltdraht, zwischen 2 und 20 m lang, genügt schon für den Empfang des Kurzwellenbereichs. Robuster ist eine isolierte Antennenlitze.

Einige moderne SDR-Empfänger verfügen über eine zusätzliche Langdraht-Klemme, verwenden aber sonst stets SMA-Anschlüsse. Für die Nutzung der Langdraht-Klemme entfernen Sie nur ein Stück der Isolierung und stecken den Antennendraht ein – fertig. Die SMA-Stecker jedoch sind normalerweise nur lötbar, was mit einiger Übung auch gelingt. Möchten Sie anfangs dieser Arbeit aus dem Weg gehen, können Sie einfach einen Adapter SO-259-Buchse auf SMA-Stecker (Abbildung 1.12 und Abbildung 1.13) dafür einsetzen.



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



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

Um den Antennendraht daran anzustecken, benötigen Sie noch einen Bananenstecker (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 (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 einer zweistelligen Zahl, z. B. B32 für den Ortsverband Pegnitz, der wiederum zum Distrikt Franken (B) gehört.

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

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

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

Besuchen Sie einmal 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 zu 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 aufgebohen. 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 dort wirklich alles, was den Amateurfunk betrifft. Sollten Sie Ihre Zeit nicht nur am 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 dies unbedingt aus. 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 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 (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.

Kapitel 16

Sende- und Empfangstechnik

16.1 Sendearten, Modulation

Bei Sendearten außer der Morsetelegrafie werden Informationen in das erzeugte Hochfrequenzsignal »mitgegeben«. Diese Informationen können Sprache oder Daten beeinhaltend und bestimmen auch die Bandbreitenbelegung des Signals. Aber auch das an sich unmodulierte Telegrafiesignal verfügt über eine Bandbreite, nämlich in Abhängigkeit der Gebegeschwindigkeit.

Bei der Morsetelegrafie tasten Sie die hochfrequente Energie – Sie schalten also nur *ein* und *aus*. Bei ziemlich allen anderen Sendarten vermengen Sie die Information mit einem hochfrequenten Trägersignal. Dies nennt man *Modulation*.

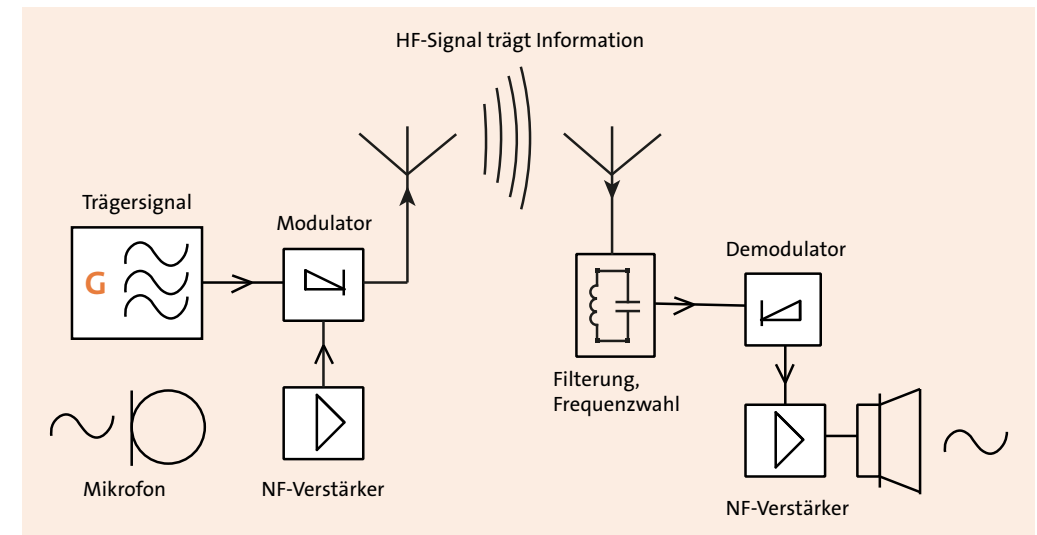


Abbildung 16.1 Prinzip der drahtlosen Nachrichtenübertragung

In Abbildung 16.1 sehen Sie, wie eine Information übertragen wird.

Das Trägersignal wird während des Betriebs kontinuierlich erzeugt, egal, ob nun gerade gesprochen wird oder nicht. Über das Mikrofon werden Sprache oder Musik in ein niederfrequentes Signal umgewandelt. Im NF-Verstärker (verstärkt Niederfrequenz, also im hörbaren Bereich) wird das Signal so weit angehoben, dass die folgen-

den Stufen es verarbeiten können. Im Modulator »formt« das NF-Signal das Trägersignal. Das auf diese Weise gebildete Signal wird noch verstärkt, was hier in der Abbildung aber nicht dargestellt wurde. Über die Antenne wird es schließlich abgestrahlt.

Am Empfangsort gelangt das Signal via Antenne zunächst zu filternden Baugruppen. Hier sorgen beispielsweise Bandfilter dafür, dass nur der gewünschte Frequenzbereich durchgelassen wird. Im einfachsten Fall befindet sich hier nur ein Schwingkreis, der genau auf die Empfangsfrequenz abgestimmt wird. Im Demodulator wird das NF-Signal vom hochfrequenten Träger getrennt. Dafür, dass die »Nutzlast« hörbar wird, sorgt der NF-Verstärker.

16.1.1 Sendearten und deren Kennzeichnung

Mit dem Begriff *Sendeart* wird mehr ausgedrückt als mit *Modulationsart*.

Die *Sendeart* beschreibt, ob Sprache, Telegrafie, Bilder oder Video übertragen werden. Die *Modulationsart* hingegen beschreibt die physikalisch-technische Umsetzung, mit der ein Signal eine Information überträgt.

Die für den Amateurfunk gebräuchlichsten Sendearten finden Sie in Tabelle 16.1.

1. Stelle: Modulationsart		2. Stelle: Signalmodulation		3. Stelle: Informationsart	
A	Zweiseitenband, AM	1	Einkanal, quantisiert/digitalisiert, ohne Trägermodulation	A	Tastung Morse-telegrafie (CW)
C	Restseitenband, AM	2	Einkanal, quantisiert/digitalisiert, mit Trägermodulation	B	Fernschreiben
F	Frequenzmodulation, FM	3	Einkanal, analoge Modulation	C	Fax
G	Phasenmodulation			D	Datenübertragung, Telemetrie
J	Einseitenband-Amplitudenmodulation, unterdrückter Träger, SSB (LSB, USB)			E	Sprechfunk
				F	Video

Tabelle 16.1 Übersicht der Sendearten

Die im Amateurfunk gängigsten Sendearten und ihren »Alltagsbegriff« finden Sie in Tabelle 16.2.

Begriff	Überträgt	Sendeart
SSB (LSB, USB)	Sprechfunk	J3E
FM	Sprechfunk	F3E
CW	Morsezeichen	A1A
RTTY	Funkfern schreiben	F2B

Tabelle 16.2 Sendearten und Begriffe

16.1.2 Eigenschaften verschiedener Modulationsarten

Besonders beim Sprechfunk bestehen große Unterschiede zwischen den einzelnen Modulationsarten hinsichtlich Übertragungsqualität, Störungsanfälligkeit und belegter Bandbreite.

Mit einem SDR-Empfänger können Sie sich die Unterschiede am Bildschirm ansehen.

Amplitudenmodulation, AM

AM wird im Amateurfunk nicht mehr verwendet, beim Rundfunk über Lang-, Mittel- und Kurzwelle hingegen immer noch. Bestimmte Funkdienste verwenden es ebenso weiter. Aber beim Senderbau werden immer noch Kenntnisse darin notwendig sein. Schließlich bildet das AM-Signal die Grundlage für ein SSB-Signal.

Das AM-Signal belegt, gemessen an der übertragenen Information, eine hohe Bandbreite. Hat ein Mikrofon einen Frequenzgang von 200 Hz ($f_{\min}$) bis 2.000 Hz ($f_{\max}$), ergibt sich durch diese Formel dessen Bandbreite:

$$\text{Bandbreite} = f_{\max} - f_{\min} \text{ (Hz)}$$

In diesem Beispiel beträgt die Bandbreite 1.800 Hz.

Beim Anschluss eines Einton-Generators entspricht dessen Ausgangsfrequenz der Bandbreite des Tonsignals.

Das AM-Signal besteht aus dem Träger, dem unteren und dem oberen Seitenband (Abbildung 16.2).

Die tiefste Frequenz ermitteln Sie dadurch, dass Sie von der Trägerfrequenz jene des Tonsignals (bzw. die darin höchst vorkommende) abziehen. Die höchste Frequenz erhalten Sie, wenn Sie das Tonsignal der Trägerfrequenz hinzurechnen. Im Beispiel in Abbildung 16.2 beträgt die Frequenz des Tonsignals 1.000 Hz, also 1 kHz. Die belegte

Bandbreite erhalten Sie durch die Differenz zwischen dem oberen und unteren Seitenband, also

$$\text{Bandbreite (AM)} = f_{\text{oberes Seitenband}} - f_{\text{unteres Seitenband}} \text{ (Hz)}$$

im Beispiel also 2.000 Hz (2 kHz).

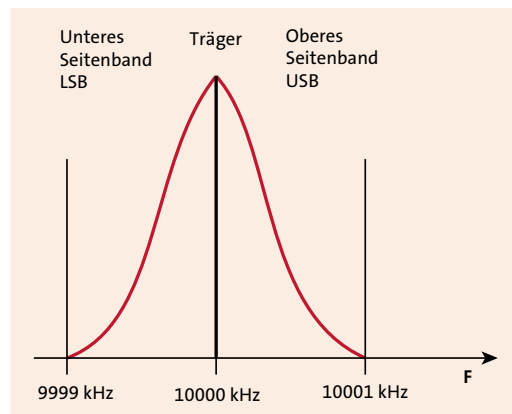


Abbildung 16.2 AM-Signal, Bandbreite

In Abbildung 16.3 finden Sie eine Spektralaufnahme eines AM-Signals. Bei gleicher Lautstärke wurde die Tonhöhe geändert. Sie erkennen dies an den zackig verlaufenden Seitenlinien, die die obere und untere Grenze der Signalbandbreite darstellen.

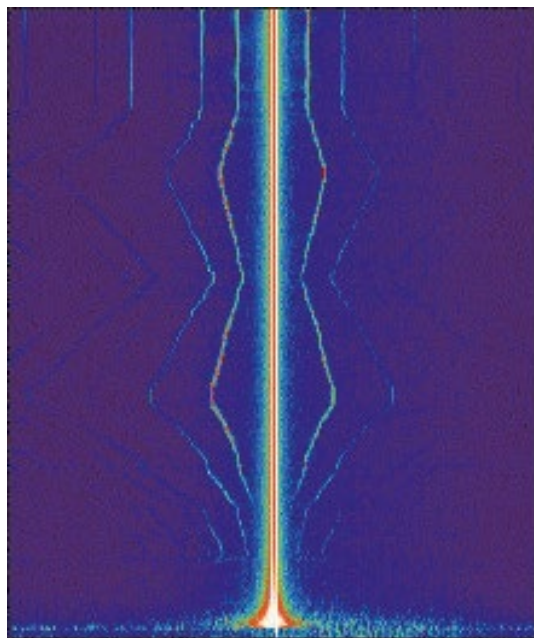


Abbildung 16.3 AM-Signal mit variabler Tonhöhe

Die Lautstärke des modulierenden Tonsignals bestimmt, wie kräftig die Amplitude des AM-Signals ausfällt. Abbildung 16.4 zeigen Spektralaufnahmen mit verschiedener Aussteuerung, die mit per SDR-RX erstellt wurden.

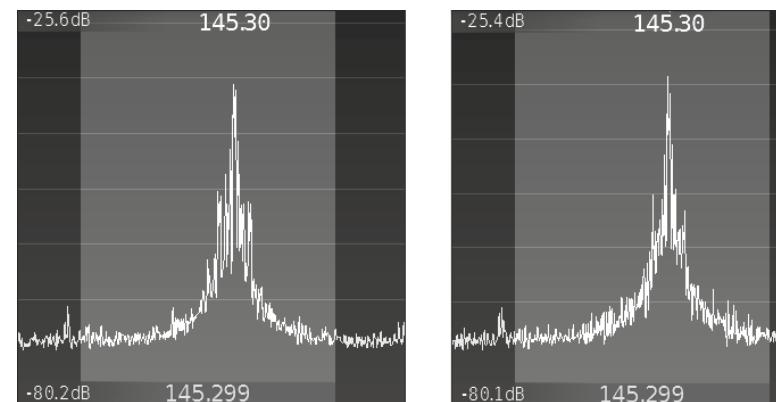


Abbildung 16.4 AM-Signal mit geringer und kräftiger Lautstärke

In einem Wasserfalldiagramm erkennt man Lautstärkeschwankungen. In Abbildung 16.5 sehen Sie das Trägersignal als gelbe Linie. Das Tonsignal verfügt über eine konstante Frequenz. Die direkt neben dem Träger parallel verlaufenden Linien zeigen die Amplitude. Das Tonsignal wurde mehrfach unterbrochen, was Sie auch an den dann fehlenden Seitenlinien erkennen.

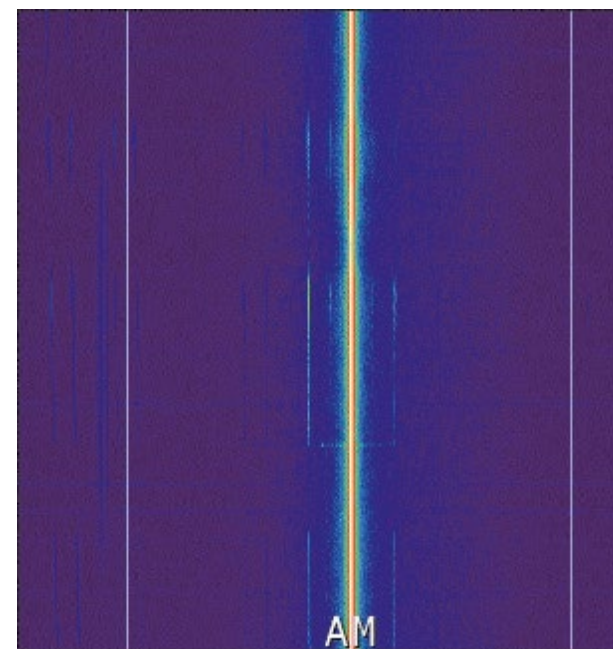


Abbildung 16.5 AM-Signal, Tonsignal wurde mehrfach ein- und ausgeschaltet

Der Modulationsgrad m gibt das Verhältnis zwischen der Amplitude des Tonsignals und der Trägerschwingung an. An einem Schirmbild (Abbildung 16.6) ermitteln Sie zunächst den tiefsten und den höchsten Punkt der Sinuskurve des modulierten Seitenbands. Die Hälfte dieser Spannung entspricht der Scheitelspannung $\hat{U}_{\text{mod}}$. Zudem ermitteln Sie nun zwischen der Null-Linie des Trägers bis hin zur Hälfte dieser gedachten Null-Linie des modulierten Seitenbands die hier anliegende Spannung $\hat{U}_T$. Mit modernen Oszilloskopen können Sie durch interaktive Bildschirme die Spannungswerte direkt ausgeben lassen, bei älteren gilt das »Kästchenzählen« als Methode der Wahl. Für die grobe Ermittlung des Modulationsgrads reicht dies aber aus.

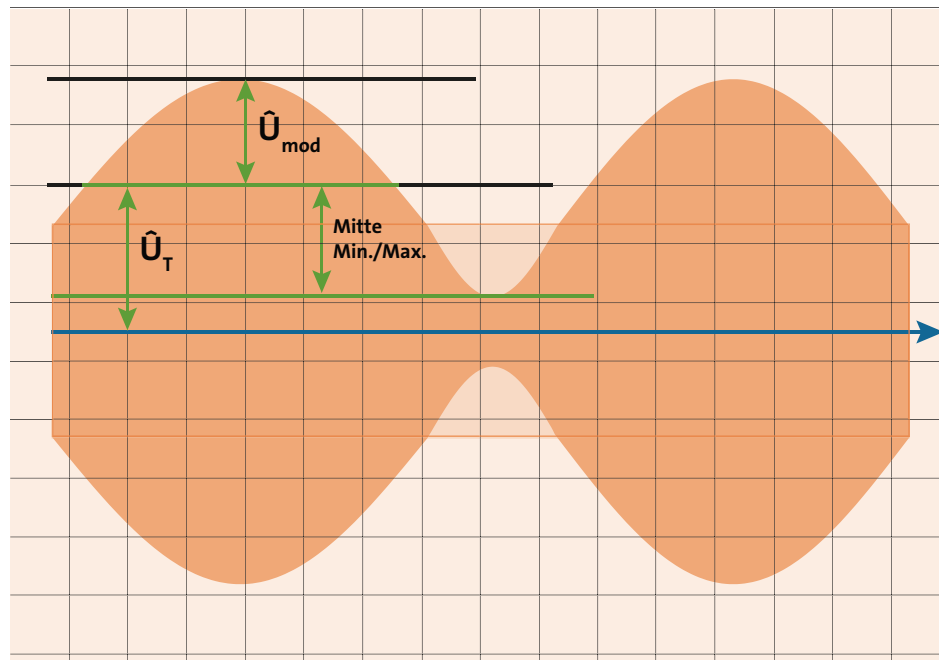


Abbildung 16.6 AM, Ermittlung des Modulationsgrads

In Abbildung 16.6 zählen Sie für $\hat{U}_{\text{mod}}$ 2 Kästchen, für $\hat{U}_T$ 2,5. Mit der Formel

$$m = \frac{\hat{U}_{\text{mod}}}{\hat{U}_T}$$

erhalten Sie den Modulationsgrad. Ist dieser in Prozent gefragt, müssen Sie den ermittelten Faktor noch mit 100 multiplizieren.

Hier im konkreten Beispiel geben Sie in den Taschenrechner ein:

$$2 \div 2,5 \times 100 =$$

Ergebnis: Der Modulationsgrad beträgt 80 %.

Der Modulationsgrad sollte keinesfalls 100 % oder höher betragen! Störungen durch *Splatter* und ein sehr übersteuert klingendes Signal sind die Folge hieraus. Abbildung 16.7 zeigt eine Darstellung eines »übermodulierten« Signals:

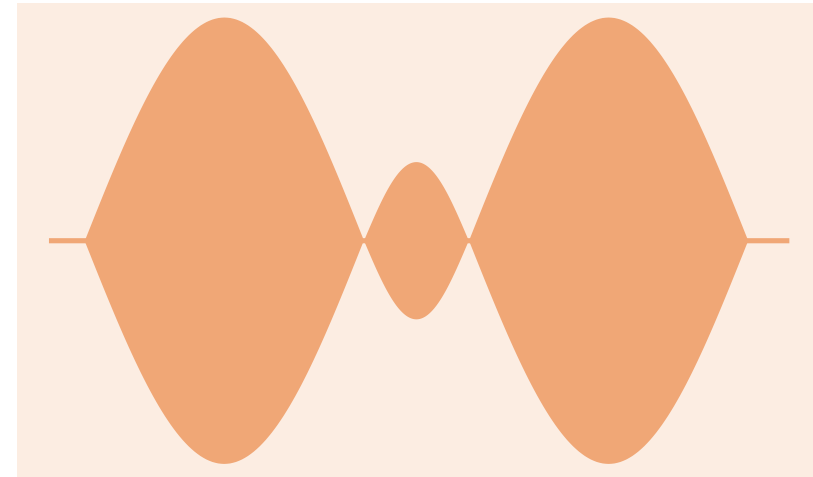


Abbildung 16.7 AM-Signal mit einem Modulationsgrad von mehr als 100 %

Amplitudenmodulation

- ▶ Die Lautstärke des Tonsignals bestimmt den Ausschlag, die Aussteuerung des Sendesignals.
- ▶ Die Frequenz des Tonsignals bestimmt die Häufigkeit, mit der die Amplitude sich ändert.
- ▶ Der Modulationsgrad m gibt das Verhältnis zwischen der unmodulierten und der modulierten Schwingung des Ausgangssignals an.
- ▶ Um Störungen und schlechte Signalqualität zu vermeiden, muss der Modulationsgrad unter 100 % bleiben.
- ▶ Die Bandbreite des NF-Signals (Tonsignal) berechnen Sie, indem Sie die niedrigste von der höchst vorkommenden Frequenz abziehen.
- ▶ Die Bandbreite des AM-Signals entspricht der doppelten Bandbreite des NF-Signals.
- ▶ AM-Signale sind störungsanfällig. Technische (Zündfunken, Haushaltsgeräte) und natürliche Störungen (Gewitter, Entladungen) trüben den Empfang.

Einseitenbandmodulation (Single Sideband, SSB)

Bei der Amplitudenmodulation senden Sie die Information doppelt – in jedem der beiden Seitenbänder ist der von Ihnen gesprochene Text vorhanden. Hinzu kommt noch der Träger inmitten der beiden Seitenbänder. All dies benötigt Energie und be-



legt (unnötigerweise) Bandbreite. Wenn Sie ein Seitenband und den Träger kappen, bleibt weniger als die Hälfte an Bandbelegung übrig (Abbildung 16.8).

Unterhalb von 10 MHz wird das untere Seitenband (*Lower Sideband*, LSB) benutzt, Ausnahme: das 5-MHz-Band. Über 10 MHz wird das obere Seitenband (*Upper Sideband*, USB) genutzt.

Aufgrund der geringeren Bandbreite und des fehlenden Trägers werden Funkverbindungen mit einem deutlich niedrigeren Energieaufwand gegenüber AM getätigt. Gegenüber AM benötigen Sie, um beim Empfänger die gleiche Signalstärke zu erzielen, ein Viertel der Sendeleistung. Die Sendeleistung wird durch die Lautstärke des zugeführten NF-Signals bestimmt. Natürlich kann man durch zu viel Lautstärke einen SSB-Sender übersteuern (Übermodulation) und damit Splatter erzeugen. Das sind Nebenaussendungen nahe des Nutzsignals, die andere Funkteilnehmer stören.

Darüber hinaus sind die SSB-Signale nicht so störanfällig. Bei so vielen Vorteilen gibt es auch Nachteile. Beim Empfang muss der fehlende Träger im Empfänger wieder hinzugemischt werden, und bei nicht exakter Einstellung der Empfangsfrequenz hören sich die SSB-Stationen quäkend hell an.

Kein Vorteil und kein Nachteil: Es gibt hier keinen Modulationsgrad zu bestimmen!

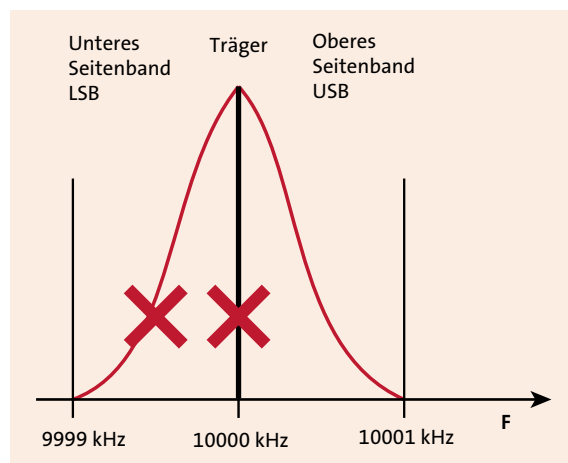


Abbildung 16.8 SSB-Signal

Das Beispiel in Abbildung 16.8 stellt das obere Seitenband dar. Das untere Seitenband und der Träger sind nicht mehr Bestandteil des Ausgangssignals.

Das Schirmbild eines SSB-Zweitonsignals zeigt Ihnen Abbildung 16.9.

Mit einer einzigen Tonfrequenz entspräche die Schirmbildanzeige einem einzigen »Balken«, dessen Breite von der Höhe der zugeführten Tonspannung abhängt. Erst mit dem zweiten Ton bildet sich die gewünschte Hüllkurve aus. Diese zeigt die Maxima und Minima der beiden Tonsignale.

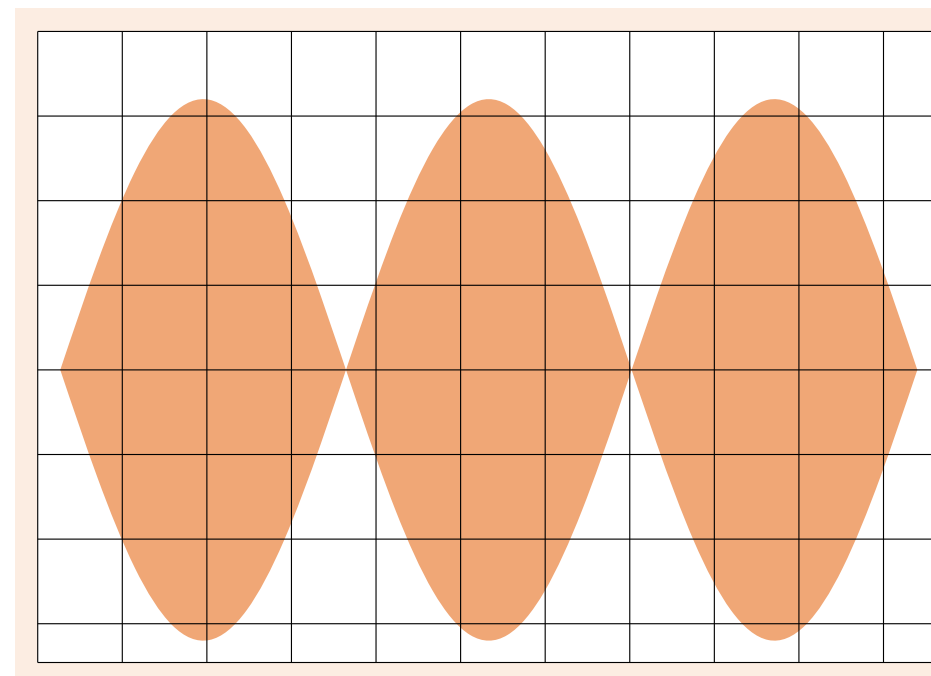


Abbildung 16.9 SSB-Zweitonsignal

Die »schulbuchmäßige« Berechnung der Bandbreite nehmen Sie mit dieser Formel vor:

$$B_{\text{SSB}} = f_{\text{NF-max}} - f_{\text{NF-min}}$$

In der Praxis lassen Sie die tiefste Tonfrequenz einfach weg, die höchste entspricht damit in etwa der NF-Bandbreite, es gilt damit:

$$B_{\text{SSB}} = f_{\text{NF-max}}$$

Bei der Berechnung der *Frequenzbelegung* benötigen Sie einige Angaben:

- LSB/USB (unteres/oberes Seitenband)
- Angabe der »Null«- oder Trägerfrequenz
- NF-Frequenz

Einseitenbandmodulation (SSB)

- Um ein SSB-Signal zu erzeugen, entfernen Sie den Träger und das nicht benötigte Seitenband eines AM-Signals.
- Die Bandbreite entspricht etwas weniger als der Hälfte eines AM-Signals.
- Für SSB-Signale können Sie keinen Modulationsgrad bestimmen!
- Bei Übermodulation eines SSB-Senders erzeugen Sie Splatter.



- ▶ Die Bandbreite des SSB-Signals errechnen Sie aus der höchsten und tiefsten NF-Frequenz, die dem Sender zugeführt wird.
- ▶ Bei der Berechnung der Frequenzbelegung müssen Sie auf das angegebene Seitenband achten:
unteres Seitenband, LSB: Trägerfrequenz – Bandbreite/höchstes NF-Signal
oberes Seitenband, USB: Trägerfrequenz + Bandbreite/höchstes NF-Signal
- ▶ SSB-Signale haben neben Morsetelegrafie das größte Störpotential bezüglich NF-Verstärkersystemen (Computerlautsprecher, Stereoanlagen ...).

Übung

Die bekannten Angaben sind:

- ▶ LSB, 7,150 MHz,
- ▶ NF-Signal: 1,5 kHz
- ▶ Gesucht wird der belegte Frequenzbereich.

Lösung:

Berechnen Sie die untere Frequenz, da es sich um LSB handelt:

$$7150 \text{ kHz} - 1,5 \text{ kHz} = 7148,5 \text{ kHz}$$

Ergebnis: der Bereich von 7.148,5 kHz bis 7.150 kHz wird belegt.

In einem weiteren Beispiel rechnen Sie mit USB = 14,200 MHz, NF-Signal = 2 kHz.

Lösung:

Berechnen Sie die obere Frequenz, da es sich um USB handelt:

$$14200 \text{ kHz} + 2 \text{ kHz} = 14202 \text{ kHz}$$

Der Bereich erstreckt sich von 14.200 kHz bis 14.202 kHz.

Frequenzmodulation (FM)

Seltener im 10-m-Band, hauptsächlich im 2-m- und 70-cm-Band, finden Sie FM-Sprechfunk im Amateurfunk. Aber auch im Betriebs- und CB-Funk finden Sie diese Sendeart. Mit höherer Bandbreite senden die Runkfunkstationen im 3-m-Rundfunkband ihre Programme, auch wenn sich DAB+ als digitale Alternative und sogar Ablösung langsam etabliert.

Gegenüber AM und SSB hat FM eine deutlich höhere Störunempfindlichkeit gegenüber atmosphärischen und technischen Störungen (Blitzentladungen, Zündfunken). Zudem wirkt sich das Rauschen beim Empfang bei weitem nicht so stark auf die Qualität aus, so dass selbst relativ schwache Signale noch wenig Rauschen aufweisen (besserer Signal-Rausch-Abstand S/N).

Der große Unterschied zwischen AM/SSB und FM besteht darin, dass hier eben die Frequenz durch das Tonsignal verändert wird und nicht die Amplitude des Signals. Wenn Sie eine Stimmgabel, die den Kammerton A (440 Hz) abgibt, vor dem Mikrofon eines FM-Senders anschlagen, so lässt dies seine Trägerfrequenz 440-mal je Sekunde verändern.

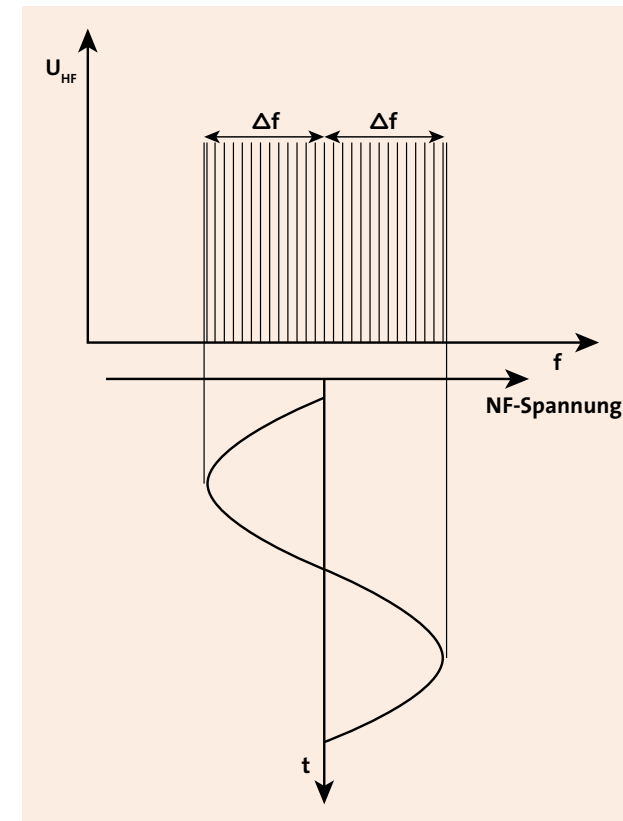


Abbildung 16.10 Aufbau eines FM-Signals

Abbildung 16.10 zeigt Ihnen den Zusammenhang zwischen dem modulierenden Tonsignal und dem FM-Signal. Der Ausschlag der Amplitude des NF-Signals bestimmt die Bandbreite des FM-Signals. Dies ist in der Abbildung durch die beiden Linien, die den Scheitelpunkt des NF-Signals angeben, hervorgehoben. Je lauter also der Ton ist, desto breiter wird das FM-Signal. Den Abstand zwischen der Trägermittelfrequenz (»FM-Center«) und der Signalfanke nennt man *Hub*. In Formeln und Diagrammen wird der Hub als Δf bezeichnet.

Abbildung 16.11 zeigt Ihnen die Beschaffenheit eines FM-Signals. Die Aussteuerung des FM-Signals bleibt konstant, da die Lautstärke nicht geändert wurde. Die Häufigkeit der Frequenzänderung ändert sich durch die wechselnde Tonhöhe.

Im normalen FM-Sprechfunk (Amateurfunk, Betriebsfunk) ist ein Hub mit 3 kHz gebräuchlich. Auf vielen Empfängern finden Sie hier die Einstellmöglichkeit *NBFM*, also *Narrow-Band-Frequenzmodulation*. Der Tonrundfunk arbeitet mit *WFM*, also *Wide-Frequenzmodulation* mit 75 kHz Hub.

Wird der Hub zu groß, stören Sie Stationen auf benachbarten Frequenzen, da die Flanken Ihres Signals in den »Empfangskanal« mit hineinreichen. Falls Sie über ein älteres Funkgerät mit schlechter Justierbarkeit des Hubs verfügen, vermindern Sie die Lautstärke beim Sprechen oder setzen mit Hilfe von Widerständen den NF-Pegel des Mikrofons herab.

Die Bandbreite b_{FM} können Sie für Schmalband-FM ähnlich jener von AM berechnen:

$$b_{FM} = 2 \times (\Delta f_T + f_{NF(max)})$$

Beispiel

Der Hub eines Funkgeräts ist auf 3 kHz eingestellt. Durch einen NF-Filter ist sichergestellt, dass die höchst vorkommende Tonfrequenz ebenso 3 kHz beträgt.

Mit obiger Formel berechnen Sie die Bandbreite:

$$2 \times (3 + 3) =$$

Das Ergebnis lautet 12 kHz Bandbreite. So eingestellt kann das Gerät im Amateurfunk im 12,5-kHz-Raster (Kanalraster im Amateurfunk im FM-Bereich) betrieben werden.

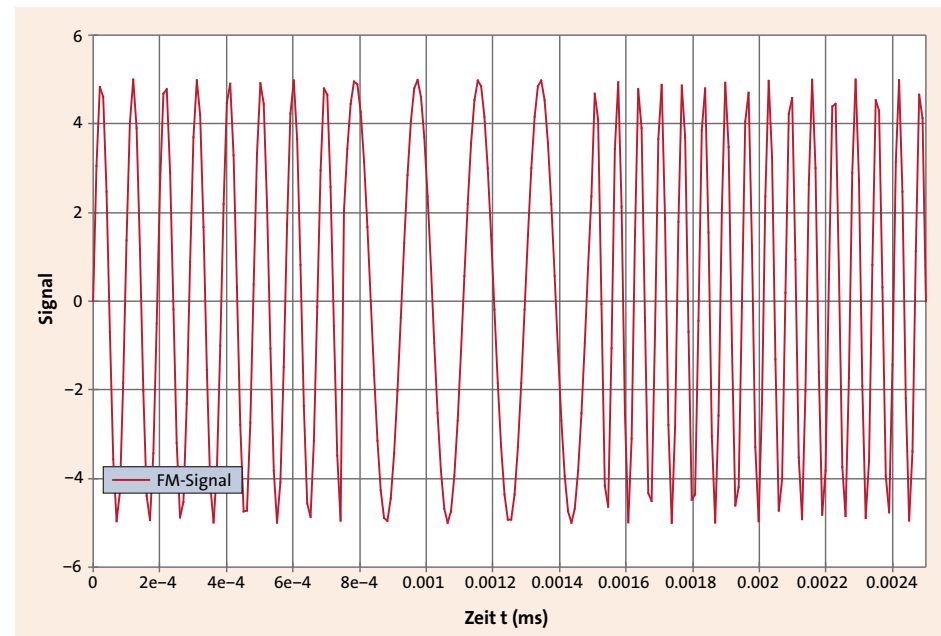


Abbildung 16.11 FM-Signal

Der *Modulationsindex* m ist eine weitere Kennzahl der Sendart FM. Sie berechnen ihn mit dieser Formel:

$$m = \frac{\Delta f_T}{f_{mod}}$$

Verwenden Sie als Beispiel die Werte aus der Bandbreitenberechnung (Δf_T 3 kHz, maximale Tonhöhe 3 kHz). In die obige Formel eingesetzt, erhalten Sie den Wert 1.

Der Wert des Modulationsindex lässt Aussagen über die Bandbreite zu (Tabelle 16.3).

m ...	Bandbreite
$m < 0,5$	$f_{mod} > \Delta f$, damit gilt: $B_{FM} \approx 2 \times f_{mod}$
$m > 2$	$f_{mod} < \Delta f$, damit gilt: $B_{FM} \approx 2 \times \Delta f$

Tabelle 16.3 Auswirkung des Modulationsindex auf die Bandbreite

Das FM-Signal kann hinsichtlich der Tonqualität verbessert werden. Im Sender hebt die *Preemphasis* (»Pre« = vor, »emphasis« = Betonung) die Amplituden der höheren Modulationsfrequenzen an. Dies wirkt sich auf die Signalfanken aus und erhöht damit den Signal-Rausch-Abstand. Damit das Signal beim Empfang wieder »normal« klingt, kommt hier die *Deemphasis* zum Einsatz, die dem Tonsignal wieder zu seiner natürlichen Form verhilft. (Hi-Fi-Freunde mit Plattenspieler kennen die RIAA-Verzerrung, die einen ähnlichen Effekt hat.)

FM-Modulation

- Vorteil: Der Empfang von FM-Signalen wird durch Zündfunken (Kfz) oder atmosphärische Entladungen (»Blitze«) nur geringfügig gestört.
- Nachteil: Lassen FM-Stationen beim QSO zu kurze Umschaltpausen, können sich schwächere Stationen kaum bemerkbar machen.
- Nachteil: Sie belegt viel Bandbreite. Gegenüber SSB wird die vierfache Bandbreite belegt. Daher ist FM erst ab dem 10-m-Band und darüber erlaubt, da hier Amateurfunkbänder über das entsprechend notwendige Spektrum verfügen.
- Die Lautstärke eines FM-Signals wird durch die Größe der Trägerfrequenzauslenkung bestimmt.
- Die Angabe *Hub* bezeichnet den maximalen Abstand von der Trägermittelfrequenz und entspricht der Lautstärke des NF-Signals.
- Der Modulationsindex drückt das Verhältnis zwischen dem Hub und der maximalen Höhe der Tonfrequenz aus.
- Die Bandbreite entspricht bei Schmalband-FM (Modulationsindex unter 2) etwa der doppelten Frequenz des NF-Signals. Liegt der Modulationsindex über 2, entspricht die Bandbreite ungefähr dem doppelten Wert des Hubs.

Für die Datenübertragung wird oft FSK (*Frequency Shift Keying*) angewandt. Wie bei FM auch wird hier die Sendefrequenz im Takt des eingehenden Signals geändert. FSK tastet die Trägerfrequenzen direkt in Abhängigkeit des digitalen Eingangssignals um. Der Sender besitzt hierfür geeignete Signaleingänge und die entsprechende Frequenzerzeugung.

Beim AFSK (*Audio Frequency Shift Keying*) wird ein Tonsignal mit zwei Tönen verwendet. In diesem Fall kann das Signal bequem per Soundkarte eines PCs erzeugt werden.



FSK/AFSK:

- ▶ FSK: direkte Modulation des Trägers
- ▶ AFSK: Modulation des Trägers mittels Audiosignal

16.1.3 Intermodulation und Kreuzmodulation

Alles, was durch zu laute/zu leise Tonsignale bewirkt wird, ist thematisch bei der jeweiligen Modulationsart untergebracht. Unabhängig davon trifft man auf Effekte, die dem Funker im Alltag Probleme bereiten.

Intermodulation entsteht unter anderem, wenn zwei mehr oder weniger pegelgleiche Aussendungen in einer nicht linear arbeitenden Empfängerstufe aufeinander treffen. Halbleiterbauelemente in den Kleinsignalstufen arbeiten nicht immer linear und stellen die Quelle dieser Effekte dar. Das Mischprodukt taucht im Empfangsbereich des Empfängers auf und führt zu »Geistersignalen«. Intermodulation und Kreuzmodulation werden oft zusammen unter dem Begriff *Großsignalfestigkeit* genannt.

Die Frequenzen der IM-Produkte werden wie folgt berechnet:

$$f_{IP_3} = f_1 \pm 2 \times f_2$$

bzw.

$$f_{IP_3} = f_2 \pm 2 \times f_1$$

Die Aussage über die Intermodulationsfestigkeit wird durch den *Intercept Point* (IP) angegeben. Sie finden diesen in den Werbeunterlagen zu Empfängern und Funkgeräten. Meist bezieht man sich hierbei auf den IP dritter Ordnung. Der IP ist erreicht, wenn am Mischerausgang die Pegel der IM-Produkte und der Eingangssignale gleich hoch sind.



Intercept Point

Je höher der Wert der IP-Wertangabe ist, desto besser verhält sich der Empfänger auf vollen Bändern mit hohen Signalpegeln.

Von Kreuzmodulation wird gesprochen, wenn ein starkes, unerwünschtes Signal sich mit dem Nutzsignal vermischt. Dies kann natürlich auch in Senderschaltungen vorkommen.

16.1.4 Vertiefung zu Modulationsarten

Frequency Shift Keying (FSK)

Frequency Shift Keying (FSK, F2A) ist eine besondere Form der Frequenzmodulation. Mit FSK übertragen Sie Fernschreibsignale oder Daten. Der FSK-Sender hat einen entsprechenden Anschluss, mit dem die (digitale) Information (High, Low) auf direktem Wege ohne Tonsignal auf die Sendefrequenz wirkt.

Audio Frequency Shift Keying (AFSK)

Audio Frequency Shift Keying benutzt Tonsignale, die die digitale Information transportieren. In diesem Fall werden der Fernschreiber oder das Modem mit dem Mikrofoneingang des Senders verbunden.

Phasenmodulation

Die *Phasenmodulation* wird zur Übertragung digitaler Informationen verwendet. Im Gegensatz zu FM wird hier die Phasenlage des Sendesignals abhängig vom Nutzsignal geändert. Beim (Hör-)Empfang kann man FM und PM nicht unterscheiden.

16.1.5 Praktische Darstellung von modulierten Signalen

Mit einem SDR-Empfänger können Sie Signale ähnlich wie mit einem Oszilloskop betrachten. Die folgenden Abbildungen wurden mittels CubicSDR erstellt. Als SDR-Empfänger dient ein SDRPlay-RSP2. Damit die Signale ohne störendes Beiwerk dargestellt werden konnten, wurde das 2-m-Band hierfür benutzt. Der Sender war an eine künstliche Antenne angeschlossen, der Empfänger nutzte eine kurze Teleskopantenne. Damit gelang die Darstellung, und es wurde niemand durch die Testsendungen gestört.

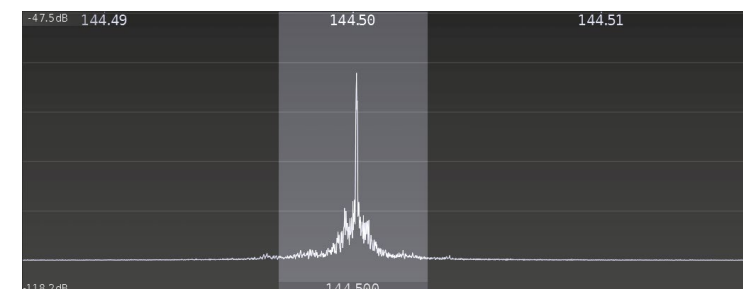


Abbildung 16.12 AM-Signal

Abbildung 16.12 zeigt Ihnen ein AM-Signal. Sie sehen das untere und obere Seitenband, in der Mitte befindet sich der Träger.

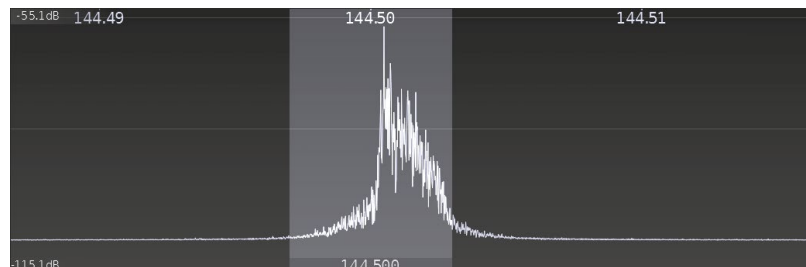


Abbildung 16.13 SSB-Signal

In der Signaldarstellung aus Abbildung 16.13 erkennen Sie, dass hier das obere, also zur höheren Frequenz zugewandte Seitenband die Sprache transportiert. Die Trägerfrequenz wirkt wie eine Schnittkante. Mit sehr niedrigem Pegel ist aber das unterdrückte untere Seitenband am Schirm sichtbar. Empfänger und Sender befanden sich in unmittelbarer Nachbarschaft, so dass dies erfasst werden konnte.

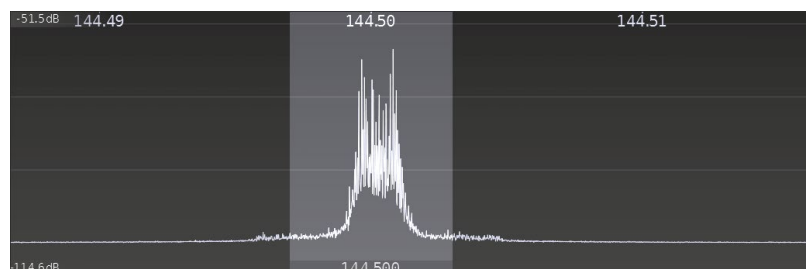


Abbildung 16.14 FM-Signal

Ein Sprache übertragendes FM-Signal zeigt Abbildung 16.14. Hier erkennen Sie auch die Wirkung der Preemphasis. Die äußeren Flanken des Signals sind erhöht, was eine bessere Übertragungsqualität ermöglicht.

16.1.6 Morsetelegrafie (CW)

Die klassische Morsetelegrafie verwendet einen unmodulierten Träger. Dieser wird getastet; es gibt, wie in der Digitaltechnik auch, nur ein »Aus« oder »Ein«. Die Tastung erfolgt in einer eigenen Stufe. Würde man den Oszillator einfach immer ein- und ausschalten, würde man wegen des Anschwingverhaltens ein sehr unsauberes Signal erhalten. Anstelle eines Modulators verwendet man eine Verstärkerstufe, die das Signal eben unterbricht oder durchlässt.

Der Träger selbst ist ganz schmalbandig. Allerdings stellt auch die Häufigkeit (= Frequenz), in der die Taste betätigt wird, ein Signal dar. Das »Ein« und »Aus« stellt ein Rechtecksignal dar, das (siehe Abschnitt 7.10) Harmonische mit sich bringt.

Damit steigt die Bandbreite des CW-Signals an. In der Praxis ergibt sich daraus, bei sehr schneller Gebeweise, eine Bandbreite von rund 200 Hz. Telegrafisten verwenden aus diesem Grund entweder sehr schmalbandige Filter (500 Hz, 250 Hz) oder stellen ihr SDR-Gerät entsprechend ein. Damit man das Telegrafiesignal gut hören kann, mischt man im Empfänger ein Hilfssignal hinzu (BFO). Meist arbeitet man mit einer Tonhöhe um 800 Hz.

Eine zu steile Tastung (»harte Tastung«) erzeugt sogenannte *Tastklicks*, die andere Funkteilnehmer stören. Dies ergibt sich wiederum aus dem rechteckförmigen Signal, das eben Harmonische mit sich bringt. Steigt das Signal etwas langsamer an, spricht man von einer weichen Tastung, die das Problem behebt (Abbildung 16.15).

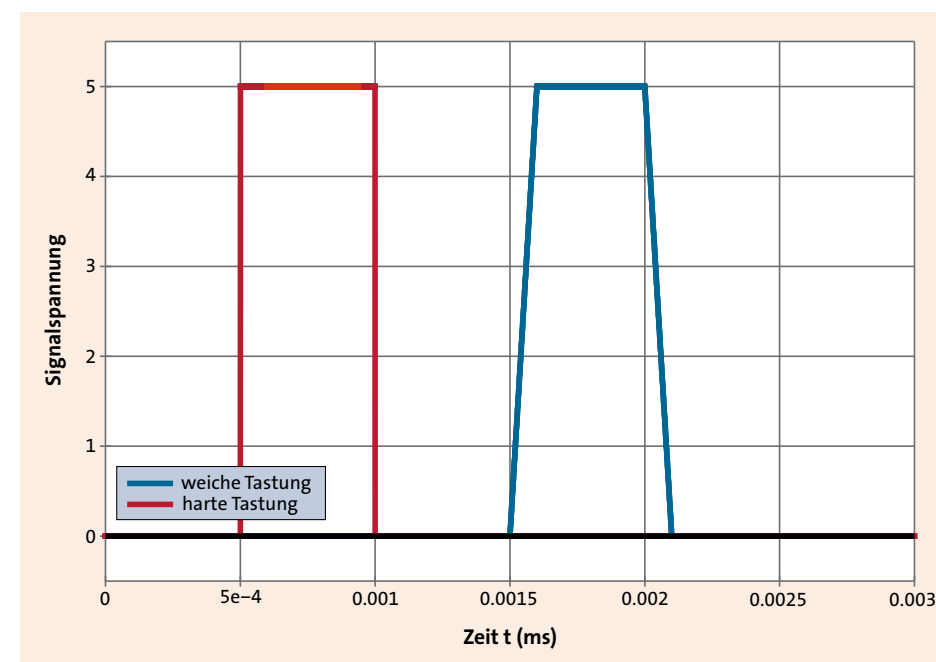


Abbildung 16.15 Harte und weiche Tastung

16.2 Betriebsarten

16.2.1 Richtungsangaben in der Kommunikation

In der Nachrichtentechnik kann die Informationsübertragung zwischen zwei Teilnehmern auf verschiedene Art und Weise geschehen.

Simplex-Verbindung

Rundfunk und Personenrufdienste sind wie Einbahnstraßen. Der Absender erhält auf dem gleichen Kommunikationsweg keine Rückmeldung oder Nachricht (Abbildung 16.16).

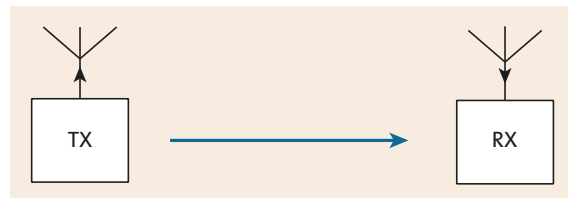


Abbildung 16.16 Simplex

(Voll-)Duplexverbindung

Gleichzeitiges Senden und Empfangen ist heute im Mobilfunkbereich Standard, aber auch DECT-Telefone arbeiten vollduplex.

Im Amateurfunk ist dies kaum gebräuchlich, wäre aber bei einigen der neuen digitalen Verfahren möglich (Abbildung 16.17).

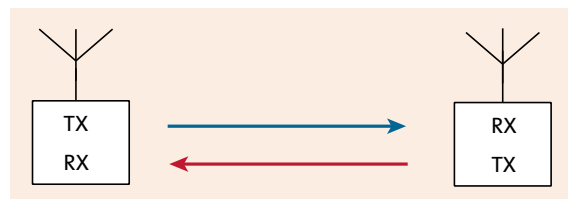


Abbildung 16.17 Vollduplex, duplex

Halbduplex

Der klassische Sprechfunk, aber auch größtenteils die Datenübertragung und die Morsetelegrafie arbeiten halbduplex (Abbildung 16.18). Dabei sendet immer ein Partner, während der andere empfängt. So sind auch ohne trickreiche Zusammenschaltungen »Konferenzen«, im Amateurfunk allgemein als »Runden« bekannt, möglich. Es gilt: »Wenn der Funker spricht, dann hört er nicht!«



Abbildung 16.18 Halbduplex

Amateurfunk über Relaisfunkstellen wird oft irrtümlicherweise als *Duplexübertragung* bezeichnet, was aber nicht richtig ist (Abbildung 16.19). Auch wenn ein Relais die Kommunikation überträgt, kann stets nur ein Funkpartner senden. Im Digitalbereich sind zumindest theoretisch die Möglichkeiten anders.

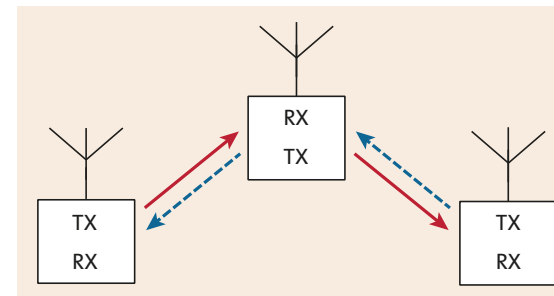


Abbildung 16.19 Halbduplexverbindung via Relaisfunkstelle

16.2.2 Übersicht der Betriebsarten im Amateurfunk

Dem Amateurfunk steht ein weites Spektrum an Möglichkeiten zur Verfügung. Bitte vergessen Sie nicht, es handelt sich zudem um einen experimentellen Funkdienst, bei dem es teilweise große Innovationssprünge geben kann!

Tabelle 16.4 gibt Ihnen einen **grobe** Überblick über die Möglichkeiten. Halten Sie sich auf dem Laufenden, Informationen finden Sie in den Fachzeitschriften und im Internet.

Anwendung	Bezeichnung	Hinweise
Sprechfunk	AM	kaum verwendet
	FM	im VHF/UHF-Bereich gebräuchlich, auch im 10-m-Band
	SSB	KW, VHF, UHF
	DMR	VHF seltener, UHF
	C4FM	VHF seltener, UHF
	D-Star	VHF seltener, UHF
	FreeDV	KW, 700 Hz Bandbreite!
Morsetelegrafie	CW	KW, VHF, UHF

Tabelle 16.4 Kurzübersicht über die Betriebsarten

Anwendung	Bezeichnung	Hinweise
Funkfern schreiben	RTTY	KW, VHF, selten UHF
Fax	FAX	KW, VHF, selten UHF
Fernsehen	ATV	UHF
Schmalbandfernsehen	SSTV	KW, VHF, selten UHF
Packet Radio	PR	VHF, UHF
Hamnet	HAMNET	2,4 GHz und 5 GHz
Textübertragung	PSK31	KW
Paketorientiertes Fernschreiben	PACTOR	KW, fehlerkorrigierend
Textübertragung	FT-8	KW, auch VHF, UHF, sehr schmalbandig
Textübertragung	FT-4	KW, auch VHF, UHF

Tabelle 16.4 Kurzübersicht über die Betriebsarten (Forts.)

DMR, C4FM und D-Star verwenden die Sendearten 7K60FXD (Daten) und 7K60FXE (Sprache).

Sprechfunk

In SSB und FM beträgt die (NF-)Bandbreite etwa 2,7 kHz, was für die Sprachübertragung ausreicht.

Für den Betrieb über FM-Relaisfunkstellen (siehe Abbildung 16.19) gelten einige Besonderheiten. Fast alle Relaisfunkstellen verwenden getrennte Empfangs- und Sendefrequenzen. Der Abstand im 2-m-Band beträgt 600 kHz, im 70-cm-Band (in Deutschland und einigen anderen Ländern) überwiegend 7,6 MHz. Üblicherweise liegt die »Eingabe« auf der tieferen, die »Ausgabe« auf der höheren Frequenz.

Beispiel aus dem 2-m-Band: Ausgabe: 145,600 MHz, Eingabe 145,000 MHz.

Bei einer Amateurfunkrelaisstelle läuft der Sender nur so lange, wie ein Nutzsignal anliegt. Deshalb muss die Relaisstelle aktiviert werden; hierzu gibt es drei Möglichkeiten:

- Relaisfunkstelle öffnet bei (jedem) Signal
- Zum »Öffnen« ist ein Tonruf (1.750 Hz) notwendig
- Verwendung eines Pilottons (CTCSS)

Wenn Sie CTCSS (*Continuous Tone Coded Subaudio Squelch*) verwenden, sendet Ihr Funkgerät einen Pilotton, der unterhalb des vom Sender übertragenen und vom Empfänger wiedergegebenen Tonfrequenzbereichs (300 Hz bis ca. 2,7 kHz) liegt. Dieses Verfahren bietet sich bei Relaisfunkstellen an, deren Empfang durch Störungen beeinträchtigt wird. Damit die Störungen das Relais nicht ständig öffnen, muss der Ton mit übermittelt werden.

Beispiel: Die Relaisfunkstelle DBOSL benötigt einen Pilotton von 71,9 Hz.

Mittels Echolink koppeln Sie zwei Relaisfunkstellen per Internet für die Dauer Ihrer Funkverbindung miteinander (Abbildung 16.20). Damit das gelingt, müssen beide Relaisfunkstellen über die Echolinkanbindung verfügen und Ihr Funkgerät über eine DTMF-Tastatur verfügen. Sie geben damit die Echolinknummer der gewünschten Relaisfunkstelle ein. Damit schaffen Sie es selbst mit einem kleinen Handfunkgerät »über den Teich«. Das im vorigen Beispiel genannte Relais DBOSL verfügt über die Echolinknummer 691274.

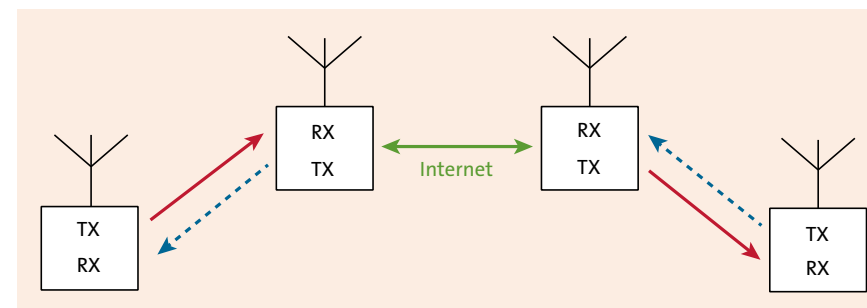


Abbildung 16.20 Relaiskopplung per Echolink

Packet Radio

Diese mittlerweile stark im Rückzug befindliche Betriebsart ermöglicht es, unabhängig vom Internet Text und Daten paketweise per Funk zu übertragen. Abgelöst wird das Verfahren durch *HAMNET*, das normale Netzwerktechnik (*IP-Protokoll*) benutzt. Packet Radio entspricht den »Mailboxen«, wie man sie aus den 80er und 90er Jahren aus der »Vor-Internet-Ära« kennt.

Packet Radio überträgt Texte und Daten. Dabei werden die Informationen in Pakete zerlegt, die anschließend mit einem fehlerkorrigierenden Verfahren übertragen werden. Am Anfang jedes Pakets steht das Synchronisationszeichen, der Takt wird im Empfänger aus den Daten gewonnen. Nach erfolgreicher Synchronisation werden die Daten aus dem Binärstrom gelesen. Das ist das gleiche Verfahren wie mit den »Mailboxen«, die man über das Telefonnetz erreichte. Dort konnte man ebenfalls zuhören, wie zunächst beim Verbindungsaufbau synchronisiert wurde und anschließend die Verbindung zustande kam.

Zur Teilnahme mit 1.200 Baud (»1k2«) genügt ein FM-Funkgerät, das über die notwendigen Anschlussmöglichkeiten (externes Mikrofon und Lautsprecher) verfügt, da hier die NF-Bandbreite mit 3 kHz (bei 12 kHz HF-Bandbreite) ausreicht. Die NF-Zwischenträger weisen hier 1.200 Hz und 2.200 Hz auf. Für die Nutzung mit 9.600 Baud belegen Sie 20 kHz Bandbreite. Funkgeräte mit einem extra TNC-Anschluss sind dafür vorbereitet. Das PR-Signal vom TNC wird dabei direkt auf den FM-Modulator gegeben. Beim Empfang wird ebenso der Demodulator direkt abgegriffen. Hierbei sollte die NF-Bandbreite von 6 kHz nicht überschritten werden.



Baud

Baud ist die Einheit für die Schrittgeschwindigkeit (Symbolrate) in der Fernmelde-technik. Bei digitalen Übertragungen entspricht dies Bit/s.

1 Baud (Bd) = Übertragung 1 Symbol je Sekunde

Bitrate: Symbolrate x (Bit je Symbol).

Die Sende-Empfangs-Umschaltung muss sehr schnell arbeiten, wenn möglich im Bereich von 100 ms bis 10 ms. Mit dem Beginn der Datenübertragung muss so lange gewartet werden, bis der Sender eingeschwungen ist. Diese Zeitspanne wird als »TX-Delay« bezeichnet.

Darüber hinaus benötigen Sie einen *Terminal Node Controller* (TNC), den Sie zwischen Ihrem Rechner und das Funkgerät schalten. Dieses Gerät übernimmt die digitale Aufbereitung der Daten, aber auch die Dekodierung.

Unbemannt arbeitende Mailboxen ermöglichen den Nachrichtenversand und -empfang, auch wenn die Gegenstation nicht aktiv ist. Der DAMA-Modus ermöglicht es, dass das TNC des Teilnehmers von Netzknoten angesprochen wird und auf dessen Anforderung hin sendet.

Weil die Pakete mit den Teilmeldungen zeitversetzt gesendet werden, können mehrere Stationen gleichzeitig PR-Verbindungen haben. Ein wenig erinnert das an die CSMA/CD-Steuerung beim guten alten Ethernet.



Packet Radio kompakt

- **Datenübertragung:** Die Daten werden in einzelne Pakete zerlegt. Die Übertragung wird mittels einer Synchronisationssequenz eingeleitet. War dies erfolgreich, werden die Pakete aus dem Binärstrom gelesen.
- **Geräte:** Ein *Terminal Node Controller* (TNC) wird mit dem PC und dem Funkgerät verbunden. Der TNC besteht aus einem Modem und einem Controller für die digitale Aufbereitung der Daten.

► Übertragungsparameter:

1.200 Baud (Bd) mit NF-Zwischenträgern 1.200/2.200 Hz und 12 kHz Bandbreite
9.600 Baud mit 20 kHz Bandbreite

- **Funktechnik:** Für 1.200 Baud reicht ein herkömmliches FM-Funkgerät aus. Für die 9k6 hingegen muss der NF-Frequenzbereich von 20 Hz bis 6 kHz linear übertragen werden. Die Sende-Empfangs-Umschaltung muss so kurz wie möglich arbeiten (< 10 bis 100 ms). Bei bestehenden FM-Funkgeräten kann das Sendesignal direkt am FM-Modulator zugeführt und das Empfangssignal direkt am Demodulator abgegriffen werden.
- **TX-Delay:** Nach dem Hochtasten des Senders muss dieser vor Beginn der Datenübertragung eingeschwungen sein.
- **Mehrfachbetrieb:** Mehrere PR-Stationen können gleichzeitig Verbindungen auf einer Frequenz haben, da die Gesamtinformationen einer Station in Teilmeldungen zerlegt wird, die zeitversetzt gesendet werden. Zwischen den einzelnen Übermittlungsvorgängen nutzen andere Stationen die Frequenz.
- **DAMA:** Die TNC der Teilnehmer werden durch einen Netzknoten zum Senden aufgefordert.
- **Mailbox:** Rechner, auf denen die Texte und Daten per Funk abgelegt und abgerufen werden.

Bild- und Schriftübertragung

Funkferschreiben, RTTY

RTTY ist streng genommen eine der ersten digitalen Übertragungsarten. Heute benötigen Sie aber nur noch einen PC mit Soundkarte und ein geeignetes Programm, um RTTY (*Radio Tele Typing*) durchzuführen. An manchen Museumsstationen finden Sie aber noch Originalferschreiber, die notwendigen Zusatz- und Anschalteinrichtungen und für damalige Zeiten zeitgenössische Funktechnik.

Für die Informationsübertragung kommt hier ein 5-Bit-Code mit zusätzlichen Start- und Stoppbits zum Einsatz, der Baudot-Code. Für RTTY ist die CCITT-2-Kodierung gebräuchlich. Es können insgesamt 32 Zeichen kodiert werden. Damit Ziffern, Sonder- und Verkehrszeichen (»WERDA?«) umgesetzt werden können, wird zwischen Buchstaben und Ziffern umgeschaltet. Damit erhält man einen Zeichenvorrat, mit dem vernünftig gearbeitet werden kann.

Die Umschaltung zwischen Ziffern und Buchstaben ist stets notwendig. Beispiel: Der Text A1A1 wird übermittelt (Tabelle 16.5).

Kapitel 29

Antennenbau für Einsteiger

Echte Maker schrecken natürlich auch vor dem Antennenselbstbau nicht zurück. Aber auch der Aufbau räumlich großer Antennen für Kurzwelle erfordert einiges Wissen und Können.

29.1 Projekt: Ein Dipol für das 10-m-Band

Zum Einstieg können Sie einen Drahtdipol für das 10-m-Band (CB-Funker: 11-m-Band) mitbauen. Sie lernen dabei die notwendigen Arbeitsschritte kennen.

29.1.1 Bauteile

Der Dipol erhält einen Balun (Abbildung 29.1); damit wird vermieden, dass der Außenmantel des speisenden Koaxialkabels Gleichtaktausgleichströme führt.



Abbildung 29.1 Balun für leichte Drahtantennen und kleine Leistung

Für den Anschluss des Baluns benötigen Sie Ringkabelschuhe (hier mit Ösendurchmesser 3,2 mm). Für eine höhere mechanische und elektrische Beanspruchung gibt es Baluns in größeren Ausführungen, die über entsprechende Aufnahmen für die

Antennenlitze verfügen. Einen Vergleich der unterschiedlichen Bauformen zeigt Abbildung 29.2.



Abbildung 29.2 Baluns für Drahtantennen in unterschiedlichen Bauformen

Es gibt zudem noch Ausführungen mit einer dritten Öse, mit der ein Halteseil angebracht werden kann, das die Last des Baluns und des hängenden Speisekabels aufnimmt. Dadurch wird die Antennenlitze entlastet.

Für die Dipolschenkel benötigen Sie Antennenlitze. Diese bekommen Sie in vielen Ausführungen: mit und ohne Stahldrahtseele, mit und ohne Isolierung oder aus Bronze. Besonders bei größeren Abmessungen ist die Zugfestigkeit wichtig. Das nach unten ziehende Speisekabel, der Wind und die gespannte Konstruktion als solche lassen Kräfte wirken.

Die Enden des Antennenleiters werden mit Kastenklemmen an den Isolatoren fixiert. Dazu wird eine Öse aus dem Material gebildet und durch das »Antennenei« geführt. Bei sehr hohen Sendeleistungen verwendet man mehrere Isolatoren hintereinander. Die klassischen Antennenisolatoren bestehen aus Porzellan. Sie sind wetterfest, Luftschadstoffe können ihnen nichts anhaben. Sie können solche Isolatoren aber auch aus Kunststoff selbst herstellen. Er sollte eine gute UV-Beständigkeit aufweisen, damit er nicht im Laufe der Zeit durch das einwirkende Sonnenlicht spröde wird und im schlimmsten Fall zerbröselt.

Abbildung 29.3 zeigt eine Kastenklemme, einen Miniaturisolator aus Porzellan und einen aus Kunststoff, Abbildung 29.4 das klassische »Antennenei«.

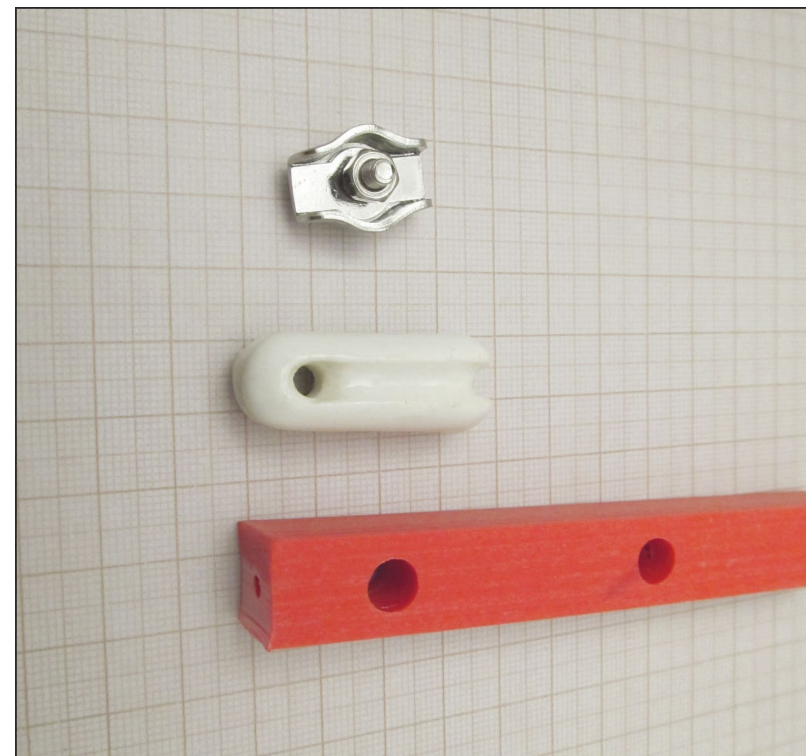


Abbildung 29.3 Kastenklemme und Isolatoren

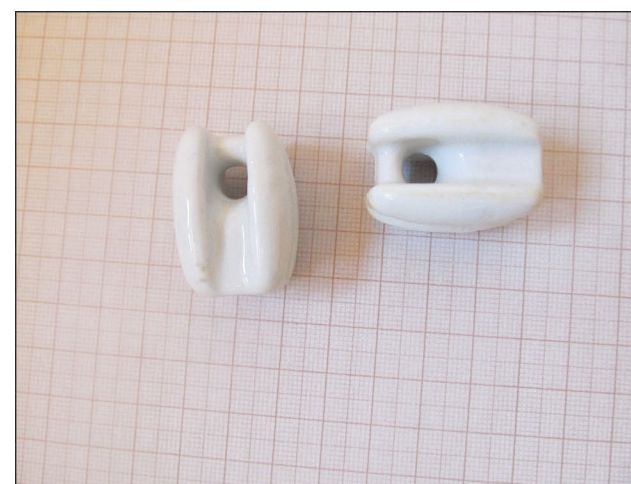


Abbildung 29.4 Porzellanisolatoren, »Antenneneier«



Antennenlitze bei Porzellanisolatoren

Die Antennenlitze wird bei Porzellanisolatoren in der Rille um den Körper herumgeführt. Damit wird eine hohe Zugfestigkeit erzielt!

29.1.2 Berechnung

Für das 10-m-Band nehmen Sie die Frequenz 28,400 MHz (CB-Funker nehmen 27,050 MHz für den 80-Kanal-Betrieb, sonst 27.200 MHz). Den Verkürzungsfaktor (0,95 bis 0,97) lassen wir außer Ansatz, da meist sowieso eingekürzt werden muss!

Wir berechnen den Halbwellendipol. Ein Schenkel ist also $\lambda/4$ lang!

Berechnen Sie die Wellenlänge:

$$\lambda = \frac{300000 \text{ m/s}}{f(\text{kHz})} \text{ (m)}$$

Für das 10-m-Band tippen Sie ein:

300000 $\div$ 28400 $=$

Sie lesen 10,56 m Länge ab. Dieses Zwischenergebnis teilen Sie noch durch 4 und erhalten 2,64 m Schenkellänge.

29.1.3 Zurichten der Teile

Schneiden Sie die Antennenlitze wie berechnet zu.

Die Antennenlitze isolieren Sie so weit ab, dass das blanke Metall am Ösenende sichtbar ist und auf der Schaftseite die Isolierung gerade eintaucht. Quetschen Sie die Antennenlitze fest. Zusätzliches Verlöten an der Ösenseite verleiht einen besseren elektrischen Kontakt und eine hohe Festigkeit der Verbindung. Für den direkten Zug (beim kleinen Balun) knicken Sie die Öse um 90°. Sie können den Dipolast am Balun festschrauben. Allerdings empfehle ich diese Vorgehensweise nur für leichte, kurze Drahtantennen. Bei rund 5 m Gesamtlänge und einem kurzen Koaxialkabel halten sich die Kräfte noch im Rahmen. Wenn Sie einen Balun mit entsprechenden Ösen für die Aufnahme der Zugkräfte verwenden, ziehen Sie den Antennenleiter als Schlaufe durch, und fixieren Sie diese mittels Kastenklammern. Die kurzen, offenen Enden tragen jeweils die Ringkabelschuhe, die Sie an den elektrischen Anschlüssen des Balungehäuses festschrauben.

29.1.4 Erster Aufbau

Die langen Enden verbinden Sie mit den Endisolatoren (Abbildung 29.5). Schließen Sie das Speisekabel an, und hängen Sie die Antenne auf.



Abbildung 29.5 Dipolende mit Kunststoffseil, Isolator und Kastenklemme

29.1.5 Abgleich

Drahtantennen werden durch Kürzen und, wenn notwendig, auch mal durch Verlängern in Resonanz gebracht. Kürzen geht einfacher, deshalb berechnet man die Länge des Antennenleiters ohne Verkürzungsfaktor.

Ist die Antenne zu lang, liegt die Resonanzfrequenz unter der gewünschten Arbeitsfrequenz (Abbildung 29.6).

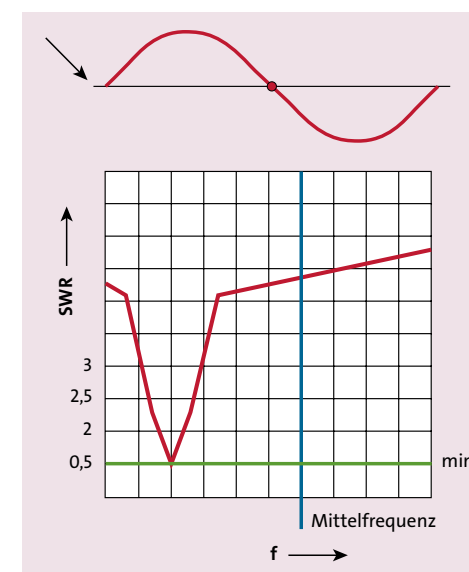


Abbildung 29.6 Antenne zu lang

Kürzen Sie die Antenne beidseitig mit gleich langen Abschnitten. Dabei sollten Sie nicht zu großzügig abschneiden, sonst wird die Antenne zu kurz (Abbildung 29.7)!

Die Resonanzfrequenz der Antenne liegt dann über der Betriebsfrequenz. In diesem Fall muss der Antennenleiter wieder verlängert werden. Greifen Sie zum Lötkolben ...

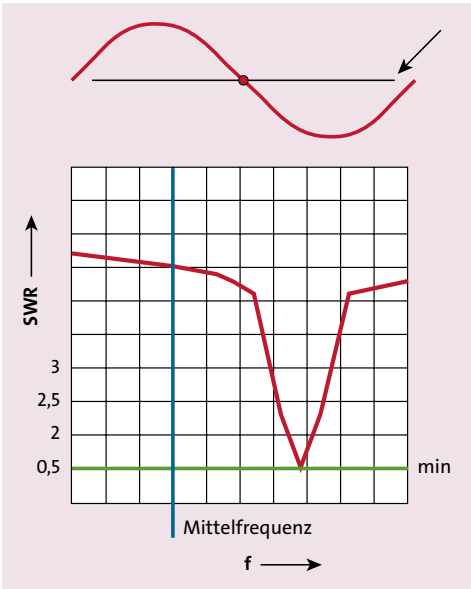


Abbildung 29.7 Antenne zu kurz

Ist der Abgleich gelungen, passen Antennenlänge und Betriebsfrequenz zueinander (Abbildung 29.8).

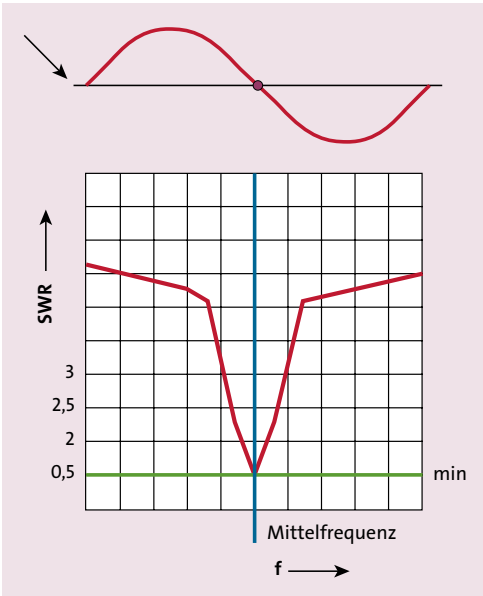


Abbildung 29.8 Resonante Antenne

Sie können ein Funkgerät und ein Stehwellenmessgerät verwenden. In diesem Fall messen Sie jeweils am unteren und oberen Bandende. Bitte arbeiten Sie nur mit der unbedingt notwendigen Sendeleistung! Sie stören sonst andere Funkteilnehmer! Notieren Sie das gemessene SWR, und verfahren Sie wie in Tabelle 29.1.

Unteres Bandende	Oberes Bandende	Vorgehen
SWR niedriger	SWR höher	Kürzen
SWR höher	SWR niedriger	Verlängern

Tabelle 29.1 SWR-Messung und Veränderung des Antennenleiters

Mit einem vektoriellen Antennenanalysator gestalten sich die Abgleicharbeiten komfortabler. Sie müssen nicht auf Sendung gehen, das Gerät stört keine Funkpartner am Band.

Die Messfrequenz stellen Sie am Analysator ein. Eine Einzelmessung zeigt Abbildung 29.9. Neben dem SWR zeigt das Gerät auch die Impedanz (Z) der Antenne sowie deren Blindwiderstand ($+j/-j$) an.



Abbildung 29.9 Einzelmessung mit Antennenanalysator

Darüber hinaus können Sie sich mit solchen Messgeräten die Resonanzkurve der Antenne anzeigen lassen (Abbildung 29.10).

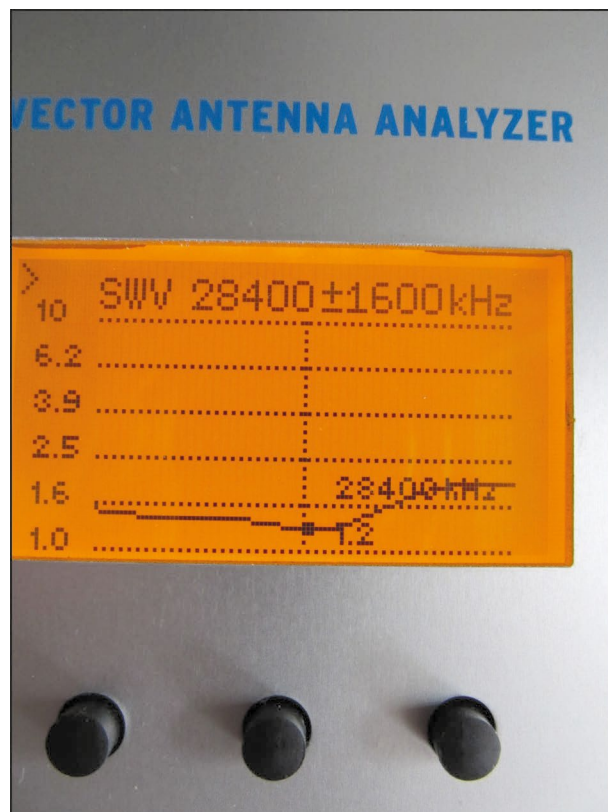


Abbildung 29.10 Resonanzkurve der Antenne

Das SWR von Mehrbandantennen wird besonders komfortabel dargestellt. Alle gewünschten Bänder können auf einmal abgelesen werden (Abbildung 29.11).

Zu wenig Platz? Sie können Ihren Dipol mechanisch verkürzen, indem Sie am besten an den Schenkelenden den Antennenleiter zu einer Spule aufwickeln. Allerdings schränkt dies die Bandbreite ein! Alternativ kürzen Sie den Leiter und setzen am Ende einen Querstab oder ein Stück Blech an. Damit haben Sie eine kapazitive Verlängerung durchgeführt. Bei diesen Arbeiten hilft Ihnen ein Antennenanalysator sehr, da Sie auch ablesen können, auf welcher Frequenz die Antenne aktuell in Resonanz ist.

Für dieses kleine Projekt sollten Sie anfangs schon einmal mindestens einen Nachmittag einplanen!

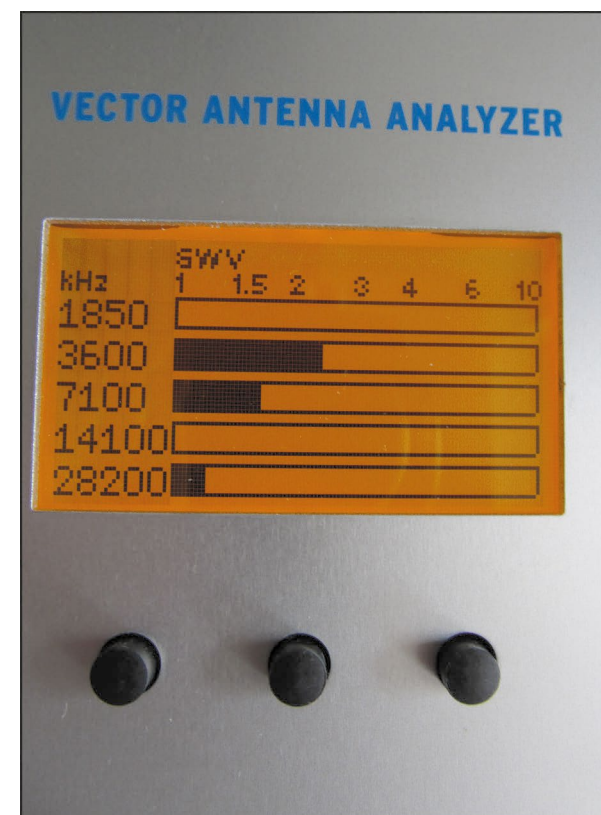


Abbildung 29.11 Messung einer Mehrbandantenne

29.2 Drahtantennen richtig spannen

Drahtantennen sollten immer (mechanisch) in Spannung gehalten werden. Allerdings müssen Kräfte durch Wind, aber auch Temperaturänderungen sowie gegebenenfalls das nach unten ziehende Speisekabel ausreichend berücksichtigt werden (Abbildung 29.12).

- ▶ Sie können die Antenne etwas stärker nach unten durchhängen lassen.
- ▶ Sie können eine Spannrolle verwenden.
- ▶ Bei temporären Aufbauten und kürzeren Drahtantennen spannen GFK-Masten die Antenne.

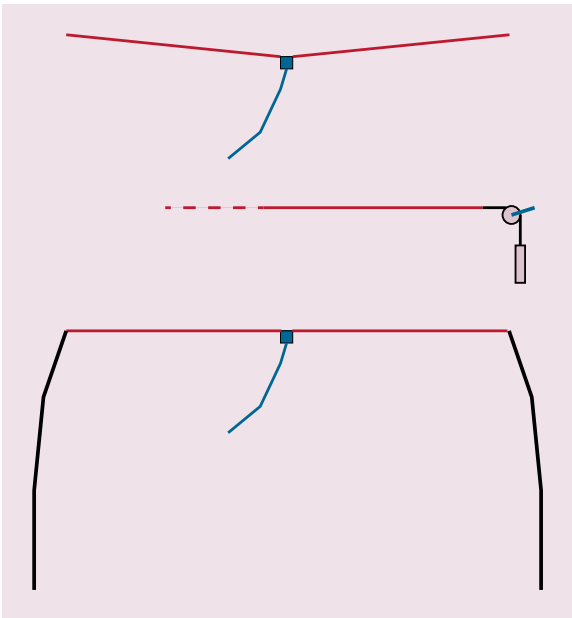


Abbildung 29.12 Spannungsmöglichkeiten von Drahtantennen

Außermittig oder endgespeiste Antennen sind, was die mechanische Belastung des Antennenleiters angeht, vorteilhafter. Was Sie, wenn die Möglichkeit besteht, immer anbringen können, sind zusätzliche Abspannungen (*Tragwerke*). Bei endgespeisten Antennen ist der Speisepunkt fest montiert, das freie Ende kann beweglich gelagert werden, etwa mit einem biegsamen Mast oder einer Spannrolle.

29.3 Die »magnetische Antenne« – eine Sonderform unter den Antennen

Wenn Sie unter Platzmangel leiden oder auch dem häuslichen Störnebel entfliehen wollen, den moderne Leuchtmittel, Schaltnetzteile und PLC-Modems so verursachen, versuchen Sie es mit einer Magnetic-Loop-Antenne. Der Nachteil dieser Antenne besteht darin, dass die Resonanz sehr scharf einzustellen ist und man darum manchmal sogar beim »Drüberdrehen« über ein Kurzwellenband nachstimmen muss. Bei einer Magnetic-Loop-Antenne erkennen Sie das Prinzip des Schwingkreises, der aus einer Spule und einem Kondensator besteht. Das macht diese Antenne auch für physikalische Experimente interessant.

Achtung!
Im Umfeld solcher Antennen herrschen hohe Feldstärken! **Berühren Sie keinesfalls Teile der Antenne während des Sendebetriebs!**



29.3.1 Materialbedarf

Sie benötigen für den Ring einen dicken Kupferdraht oder ein dünnes Heizungsrohr. Alternativ kann der Schirm eines hochwertigen, dicken Koaxialkabels verwendet werden. Darüber hinaus muss ein Drehkondensator beschafft werden. Dies erledigen Sie entweder auf einem der bekannten Funkflohmärkte, oder Sie kaufen sich einen Bausatz hierfür (z. B. bei der Firma Schubert, <http://www.schubert-gehaeuse.de>). Hier bekommen Sie auch recht günstige Fertigmodelle dieses Antennentyps. Bei der Auswahl des Drehkondensators müssen Sie abwägen, ob Sie einen großen Abstimmbereich wollen oder die Abstimmung selbst feinfühlig funktionieren soll. Einen weit nutzbaren Frequenzbereich erhalten Sie mit einem Kondensator, der eine hohe Endkapazität aufweist. Für das feine Abstimmen benötigen Sie einen mit wenig(er). Der Königsweg besteht darin, beides zu verwenden. Mit dem »großen« stellen Sie das Band grob ein, mit dem »kleinen« stimmen Sie feiner ab. Bei Empfangsantennen ist dies ohne große Probleme machbar. Bei einer Fernabstimmung mit Elektromotor genügt ein »großer« Drehkondensator und eine wie auch immer gear-tete Drehzahlregelung.

29.3.2 Maße und Material für den Rahmen

Der Umfang der Antenne bestimmt den Frequenzbereich. Sie arbeitet am besten, wenn der Umfang knapp weniger als ein Viertel der maximal vorkommenden Wellenlänge beträgt. Bei der halben Frequenz liegt das Maß bei rund einem Achtel. Meist können Sie zwei oder mehrere Kurzwellenbänder nutzen. Tabelle 29.2 zeigt Ihnen einige Beispiele.

Amateur-funkbänder	Umfang Rahmen	Umfang Koppelschleife	Durchmesser bei kreisförmigem Aufbau
20 m – 10 m	2,10 m	0,43 m	0,70 m
40 m – 15 m	2,85 m	0,57 m	0,90 m
40 m – 20 m	4,30 m	0,90 m	1,35 m
80 m – 40 m	8,60 m	1,75 m	2,75 m

Tabelle 29.2 Maßangaben für den Nachbau

Als Material für den Eigenbau bietet sich Kupfer- oder Aluminiumflachband oder -rohr bzw. ein Koaxialkabel mit Folienschirm an. Sie benötigen Werkzeug für die Metallverarbeitung. Nehmen Sie die Breite (beim Flachband) oder den Durchmesser (bei Rohr und Kabel) so groß wie erhältlich und von der Verarbeitung her möglich.

29.3.3 Abstimmbox (Gehäuse und Kondensator)

Für die Abstimmung wurde der Drehkondensator-Bausatz DK7 aus dem Hause Schubert mit passendem Motor für die Fernabstimmung erworben (15–430pF, 2,3 kV Spannungsfestigkeit). Für den Zusammenbau dieser Einheit mit den dabei notwendigen Entgratungsarbeiten planen Sie rund zwei Stunden ein. Der Kondensator weist eine Länge von 145 mm ohne Motor auf. Mit ihm zusammen nimmt die Konstruktion ca. 230 mm in Anspruch. Den aufgebauten Drehkondensator mit Motor zeigt Abbildung 29.13.



Abbildung 29.13 Fertig aufgebauter Drehkondensator mit Motor für die Fernabstimmung

Das Gehäuse wurde vom Funkflohmarkt erworben. Für ein Neuteil müssen Sie rund 50 Euro einplanen. Wenn Sie so ein Gehäuse mit Gewebefband zusätzlich abdichten, steht einem Langzeiteinsatz auf der Dachterrasse oder dem Balkon nichts im Wege. Das hier verwendete Gehäuse verfügt über einen Druckausgleich auf der Unterseite.

Damit steht bei Temperatur- und Luftdruckschwankungen ein definierter Ausgleichspunkt zur Verfügung, was die Abdichtung schont.

Es mussten noch die Anschlüsse für die Fernbedienung und natürlich für den Antennenrahmen eingebracht werden. Die Fernbedienung wird per Cinch-Stecker angeschlossen. Für den Antennenrahmen, der aus Rohr oder Kabel gefertigt werden kann, werden N-Einbaubuchsen verwendet. Die interne Verkabelung besteht aus dickem Kfz-Installationskabel, das mittels Ringkabelschuhen mit den Komponenten verbunden wird. Diese werden zusätzlich verlötet! Wenn vorhanden, können Sie stattdessen Streifen aus Messingblech verwenden. Von den Buchsen werden sowohl der Innenleiter als auch das Gehäuse zusammen mit dem jeweiligen Anschluss des Drehkondensators verbunden!

Für die Anschlüsse des Antennenrahmens werden N-Buchsen (Gehäuse) und N-Stecker (Rahmen) verwendet. Damit lässt sich der Strahlerwechsel schnell und unkompliziert handhaben, da der Kasten nicht geöffnet werden muss. Die Verbindungen sind mechanisch gut belastbar. Sie müssen diese Verbindungskomponenten aber stets sauber halten, damit die Übergangswiderstände klein bleiben. Bei Nichtgebrauch schützen Sie Strahleranschluss und Abstimmkasten vor Staub und Feuchtigkeit! Die geöffnete Abstimmeinheit zeigt Abbildung 29.14.

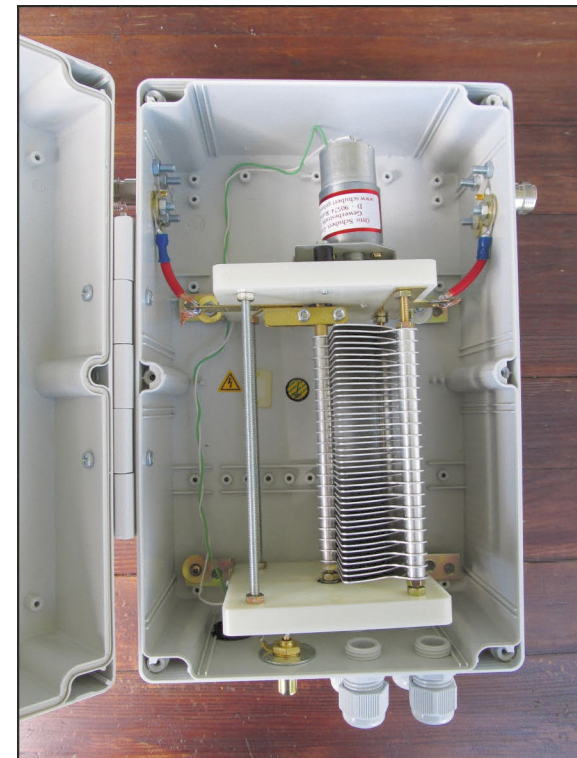


Abbildung 29.14 Geöffnete Abstimmbox

29.3.4 Fernabstimmung

Die Fernabstimmung ermöglicht es Ihnen, die Antenne außerhalb Ihrer Reichweite aufzustellen und zu betreiben, z. B. Dachboden oder Balkon.

Der Drehkondensator verfügt über eine relativ hohe Kapazität. Wenn Sie seinen Rotor mit der Nennspannung (12 Volt) des Motors bewegen, haben Sie große Mühe, den Resonanzpunkt zu treffen. Für die Grobabstimmung (Bandwechsel) verwende ich 9 Volt, für die Feinabstimmung 4,5 Volt. Damit gelingt es, ohne große Mühe die Antenne schnell auf die gewünschte Frequenz einzustellen.

Der Einfachheit halber verwende ich Mignon-Einwegbatterien. Sie müssen alle zwei bis drei Jahre ersetzt werden. Sie stecken in einem 6er-Batteriegeschirr. Darin habe ich bei der Hälfte der Zellen einen weiteren Spannungsabgriff angelötet, der die 4,5 Volt für den Langsamgang bietet. Falls Sie das Bedienkästchen über einen 12-Volt-Anschluss betreiben, sehen Sie entweder zwei Festspannungsregler oder einen regelbaren vor.

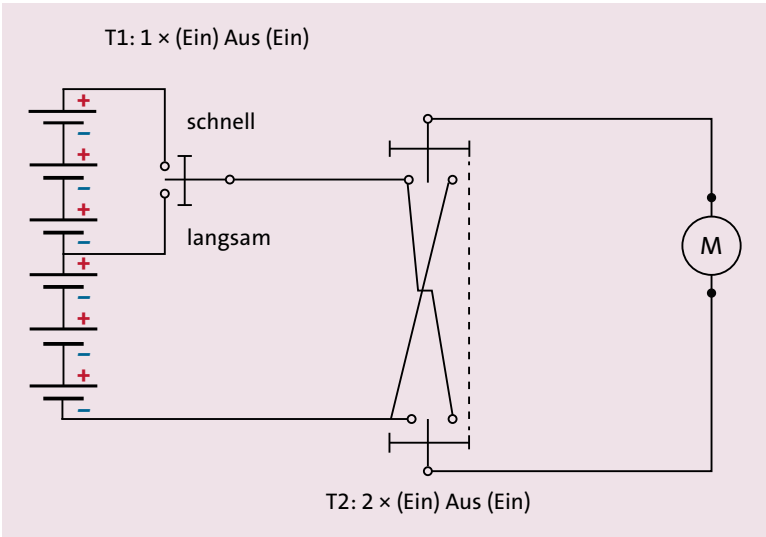


Abbildung 29.15 Schaltplan des Bediengeräts

Die Schaltung in Abbildung 29.15 ist schnell erklärt: Die 4,5 Volt und 9 Volt liegen an einem Wechseltaster (T1) an, hier bestimmen Sie die Abstimmgeschwindigkeit. Der Abgang von T1 wird zusammen mit dem Minuspol des Batteriegeschirrs zum Zwei-Ebenen-Taster T2 geführt, der als Polwender arbeitet. Die beiden Potentiale liegen entgegengesetzt auf beiden Ebenen an. Die Abgänge werden mit der Anschlussbuchse verbunden. Gestalten Sie die Anbringung der beiden Kipptaster so, dass Sie mit einer Hand bequem arbeiten können. Tabelle 29.3 zeigt Ihnen den Materialbedarf. Abbildung 29.17 zeigt Ihnen das Bedienfeld, Abbildung 29.18 das geöffnete Gerät.

Komponente	Menge	Hinweis
Kipptaster 1x (ein) aus (ein)	1	z. B. Conrad 703052
Kipptaster 2x (ein) aus (ein)	1	z. B. Conrad 703117
Batteriegeschirr für 6 Stück AA-Zellen (Mignon)	1	
Cinch-Einbaubuchse	1	Weitere Buchse für die Abstimmeinheit nicht vergessen!
Kleingehäuse nach Wahl	1	

Tabelle 29.3 Materialliste für Fernabstimmung

Modellbahntrafos

Eine gute Alternative zum gezeigten Steuergerät sind »Modellbahntrafos« (Abbildung 29.16) für Gleichstrombetrieb. Mit einem Knopf regeln Sie Richtung und Geschwindigkeit!



Abbildung 29.16 Modellbahntrafo



Geräte für mit Wechselstrom betriebene Modellbahnen (»Märklin«) sind dafür jedoch nicht brauchbar!

Benutzen Sie den »Bahnanschluss« dieser Geräte. Diese sind meist mit einem eisenbahntypischen Symbol (Gleis, Schienenfahrzeug) markiert. Die anderen Anschlüsse geben meist 16 Volt Wechselspannung (»Magnetartikel«) ab und sind nicht für die Fernsteuerung benutzbar.

Auch fein reagierende Modellbauservos sind verwendbar. Zusammen mit einer Funkfernsteuerung entfällt die Steuerleitung, allerdings müssen Sie für den Servo den Empfänger mit der Stromversorgung an der Antenne anbringen.



Abbildung 29.17 Fernbedienung

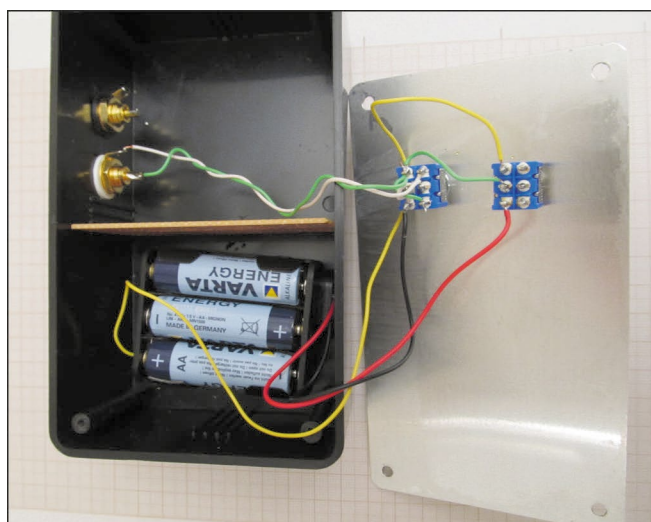


Abbildung 29.18 Fernbedienung geöffnet

29.3.5 Koppelschleife

Die Koppelschleife (Abbildung 29.19) stellt die Anbindung des Empfängers oder Funkgeräts an den Senderahmen dar. Hierzu gibt es mehrere Methoden. Beim hier gezeigten Bauvorschlag wird die induktive Methode angewandt. Sie werden mit einem störungsärmeren Empfang belohnt, weil Nahfeldstörungen nur in geringem Maße aufgenommen werden.

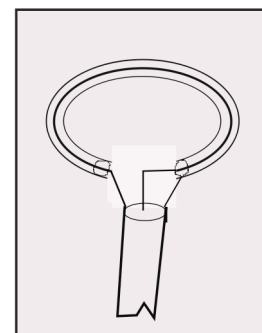


Abbildung 29.19 Koppelschleife

Der Umfang der Koppelschleife beträgt ein Fünftel des Antennenrahmenumfangs. Verwenden Sie hierfür den Kabeltyp RG 58-U.

Die Koppelschleife wird direkt mit einem weiteren Stück des gleichen Kabels verlötet. Dies dient als Anschlusskabel. Alle blanken Kabelstellen isolieren Sie gegeneinander ab.

Die Koppelschleife binden Sie mit Kabelbindern straff an den Rahmen.

29.3.6 Aufgebaut!

Es wurden zwei Rahmen aufgebaut. Einer wurde aus hochwertigem H2000-Kabel gefertigt. Sie können die Antenne einfach zusammenrollen und leicht transportieren. Der Antennenrahmen aus dem Kabel wird von einem Spreizer aus GFK-Rohrresten getragen. Sie können auch Bambusstangen hierfür nutzen.

Für den festen Dachbodeneinsatz wurde 22 mm starkes, starres Kupferrohr verwendet und zu einem Rechteckrahmen verbaut. Wünschen Sie stattdessen eine Ringform, verwenden Sie WICU-Rohr.

Die N-Stecker, die für das H2000-Kabel verwendet werden, passen auch auf das 22 mm starke Kupferrohr. Sie können einen Rechteckrahmen löten oder einen Ring aus gleich starkem WICU-Rohr verwenden.



Abbildung 29.20 Magnetic-Loop aus Koaxialkabel

Vor dem Auflöten des N-Steckers, der im Rohrinne noch etwas Spiel hat, bringen Sie an dem Rohrende einen kurzen Schlitz ein. Sie drücken dort das Rohr zusammen und verwenden anschließend eine großzügige Menge an Lötzinn (Abbildung 29.21). Ein Gaslöter mit entsprechender Heizleistung erleichtert die Arbeit.

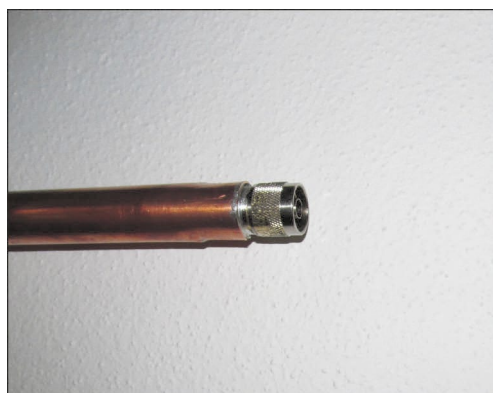


Abbildung 29.21 Anbringung des N-Steckers am Kupferrohr

Der gelötete Rahmen bekam einen Schutzanstrich verpasst, damit die Oberfläche vor Feuchtigkeitseinflüssen geschützt ist. Im Sanitärbedarf erhalten Sie Kunststoffklammern, die als Aufnahme für den Antennenrahmen dienen. Das Rohr wird damit aufgeklipst.

Die Koppelschleife bringen Sie stets in der Mitte des Umfangs mittels Kabelbinder an. Richten Sie diese hinsichtlich ihrer Form so aus, dass Sie auf den gewünschten Frequenzen die Signale recht stark hören können. (Zuvor schon mit dem Drehkondensator grob abstimmen!) Achten Sie auch darauf, dass die Schleife »Linie auf Linie« zum Rahmen steht!



Abbildung 29.22 Magnetic-Loop aus Kupferrohr

Bauen Sie die Antenne auf. Verbinden Sie das Antennenkabel mit Ihrem Funkgerät. Die Fernbedienung verbinden Sie mit einem Kabel, das an beiden Enden Cinch-Stecker hat, mit der Abstimmereinheit (Abbildung 29.17 und Abbildung 29.18).

Die Abstimmung ist einfach. Mit dem Taster T2 bestimmen Sie die Richtung und schalten den Motor ein. Mit T1 wird zwischen halber (langsam) und voller Spannung (schnell) gewählt. Beide Kipptaster müssen gleichzeitig betätigt werden, damit sich der Abstimmmotor bewegt.

Bezüglich der Montage gilt:

- ▶ keine brennbaren Gegenstände im unmittelbaren Umfeld
- ▶ stehende Montage: alle Erhebungswinkel vorhanden, daher für Regional- und Fernverbindungen (DX) geeignet
- ▶ liegende Montage: extrem flacher Abstrahlwinkel, gut für Fernverbindungen

Bezüglich der Berechnung der BEMV-Sicherheitsabstände helfen die Programme Watt32 bzw. Wattwächter weiter. Beim Eigenbau nehmen Sie eine Ausführung, die vom Durchmesser her Ihrer Eigenbauantenne am nächsten ist. Auf dieser Grundlage führen Sie Ihre Berechnungen durch. Grob abgeschätzt gilt, dass es bei einer Sendeleistung kleiner-gleich 5 Watt zu keiner Überschreitung der 10-Watt-EIRP kommt.

Der Eigenbau rentiert sich hier. Die Preise für industriell hergestellte magnetische Antennen sind hoch – es ist schließlich Präzisionsarbeit notwendig.

29.4 Aufbau von industriell hergestellten Antennen

Ein Teil der Antennen stammt aus Asien oder den USA – und damit von außerhalb des metrischen Maßsystems! Hier finden Sie die für den Aufbau notwendigen Maßangaben manchmal nur in Inch vor. Wenn Sie ein Maßband mit Inch und Meterskala anschaffen, gestaltet sich die Arbeit leichter. Im anderen Fall müssen Sie umrechnen.



Umrechnung Inch in Meter und umgekehrt

- ▶ 1 inch (in.) = 25,4 mm
- ▶ 1 foot (ft) = 12 inch = 304,8 mm
- ▶ 1 m = 39,370 inch

Besonders bei Kurzwellenantennen für die längeren Bänder müssen Sie sich beim Aufbau entscheiden, welchen Teil eines Funkbands Sie überwiegend nutzen möchten. Aus den Bandplänen der IARU erkennen Sie die Regel, dass das Band an der unteren Frequenz mit den schmalbandigen Sendearten belegt ist und zum oberen Bandende hin jene mit mehr Bandbreite liegen. In den Anleitungen finden Sie die Bezeichnungen CW, MIXED und PHONE.

Zu den schmalbandigen Sendearten zählen Morsetelegrafie (CW), aber auch viele digitale Spielarten (PSK-XX, FT-8). So müssen Sie beim Aufbau Ihre Entscheidung treffen.

Antennen für die mechanisch kurzen Bänder (VHF/UHF) sind beim Zusammenbau weniger anspruchsvoll. Sie müssen weder Drähte über lange Distanzen spannen noch benötigen Sie irgendwelche Anpassvorrichtungen.

29.5 Von Masten und Rotoren

Der freistehende Mast am eigenen Grundstück ist für viele sicherlich ein Traum. Aber auch für jene, bei denen dies Wirklichkeit ist, gibt es einiges zu beachten:

- ▶ Baurecht (unterschiedlich von Bundesland zu Bundesland) und kommunale Bauvorschriften
- ▶ gegebenenfalls Blitzschutzterdung notwendig bzw. Verbindung mit bestehendem Blitzschutz
- ▶ Windlast der gesamten Anlage
- ▶ gegebenenfalls Rotor durch Oberlager entlasten (reduziert Biegemoment)
- ▶ wartungsfreundlicher Aufbau (Kurbelwinde zum Umlegen oder Schlittensystem)

Kann wenigstens das Hausdach genutzt werden, gilt im Grunde das Gleiche, nur dass der Aufbau mit meist weniger Aufwand gelingt. Hier müssen Sie in jedem Fall für den geeigneten Blitzschutz sorgen.

Rotoren sind über ein Steuerkabel mit dem Funkraum verbunden. Dies muss für die notwendigen Kabeltrassen mit eingeplant werden. Rotoren müssen zur Wartung und Pflege erreichbar sein. Sie können am Dach die notwendigen Tritte (wie für den Rauchfangkehrer/Kaminkehrer) anbringen und den Mast als Schiebemast ausführen. Denken Sie auch an Befestigungsmöglichkeiten für Ihren Sicherheitsgurt, der schlimme Unfälle verhindert.