

**Behelf**  
**Amateurfunk**



Copyright (c) 2008–2013 hb4ff Operators and Authors.

Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the **GNU Free Documentation License**, Version 1.3 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts. A copy of the license is included in the section entitled «GNU Free Documentation License».

Dieser Behelf sowie die Karten, Grafiken und Vorlagen können unter <http://ham.granjow.net> heruntergeladen werden.

Die Autoren übernehmen keine Haftung für in Zusammenhang mit diesem Dokument entstandene Schäden. Der Leser handelt in eigener Verantwortung.



Dieser Behelf wurde von Amateurfunkern der Station HB4FF  
ins Leben gerufen.

Diese Ausgabe ist vom 29. September 2013.

### **Autoren**

Jannick Griner  
Jürg Rüfli, hb9bfc  
Markus Walter, hb9hvg  
Simon A. Eugster, hb9eia

### **Dank**

Anja Ballschmieter  
für das Logo auf der Titelseite

Stephan Bolli, hb9tnp  
für die HB9-Formelsammlung

Paul-Adrien Braissant, hb9cuf  
für die Hinweise und Ergänzungen zu Modulation und Verfahren

Josef Buchs, hb9mty  
für die ergänzenden Beschreibungen der Modulationsverfahren

Karl Haab, hb9aiy  
für die technischen Ergänzungen

Peter Kumli, Bakom  
für die Bereitstellung der Vorschriften

Oona Svan  
für die Grafik mit dem Maidenhead-Locator

Renato Schlittler, hb9bxq  
für die Relaislisten

Gregor Wuthier, hb9dmh  
für die Anregungen zum Inhalt



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Vorwort</b>	<b>9</b>
1.1	Lizenz . . . . .	9
1.2	Prüfung . . . . .	9
1.3	Typografie . . . . .	9
1.4	Ergänzungen und Korrekturen . . . . .	10
1.5	Letzte Änderungen . . . . .	10
<b>2</b>	<b>Was ist Amateurfunk?</b>	<b>11</b>
2.1	Der «Ham Spirit» . . . . .	12
2.2	Rufzeichen . . . . .	12
2.3	Die QSL-Karten . . . . .	12
2.4	UTC? . . . . .	13
<b>3</b>	<b>Funkverkehr</b>	<b>15</b>
3.1	Empfangsbeurteilung . . . . .	15
3.2	Abkürzungen . . . . .	16
3.2.1	Zahlen . . . . .	20
3.3	Die im Amateurfunk gebräuchlichsten Q-Codes . . . . .	20
3.4	QSOs . . . . .	22
3.4.1	Muster-QSO in CW . . . . .	23
3.4.2	Muster-QSO Phonie . . . . .	24
3.5	Übertragungsverfahren . . . . .	25
<b>4</b>	<b>Frequenzen</b>	<b>27</b>
4.1	Amateur-Frequenzbänder . . . . .	27
4.1.1	Einteilungsempfehlung der Kurzwellenbänder . . . . .	27
4.1.2	Für Inhaber einer HB-Amateurfunkprüfung . . . . .	29
4.2	Frequenzbereiche . . . . .	30
4.3	Notfunk . . . . .	31
4.3.1	Funkbetrieb . . . . .	31
4.3.2	Notfunkfrequenzen . . . . .	32
4.3.3	Notfallmeldung . . . . .	32
4.3.4	Wichtige Telefonnummern HB . . . . .	32
4.3.5	Vorrangregeln . . . . .	32
4.4	Zeichensender . . . . .	32
4.4.1	Baken-Frequenzen . . . . .	33
4.4.2	Ein-Buchstaben-Baken . . . . .	34
4.4.3	Zeitzeichen-Frequenzen auf Kurzwelle . . . . .	34
4.5	Verfahrenspezifische Frequenzen . . . . .	35
4.5.1	QRP-Frequenzen . . . . .	35

## Inhaltsverzeichnis

4.5.2	QRS-Frequenzen CW	36
4.5.3	Frequenzen für PSK	36
4.5.4	SSTV- und FAX-Frequenzen	36
4.5.5	Pactor-Mailboxen	36
4.6	Spezielle Aktivitäten	37
4.6.1	Schweizer Amateurfunkaktivitäten	37
4.6.2	SOTA-Frequenzen	38
4.6.3	IOTA-Frequenzen	38
4.6.4	Flugfunk	38
4.7	Funkdienste	38
4.7.1	Radio-Frequenzen auf Kurzwelle	38
4.7.2	Deutscher Wetterdienst	39
4.7.3	Volmet-Frequenzen auf Kurzwelle	39
<b>5</b>	<b>Wellenausbreitung</b>	<b>41</b>
5.1	Die Ionosphäre	41
5.1.1	D-Schicht	42
5.1.2	E-Schicht	42
5.1.3	F-Schicht	42
5.2	Arten der Wellenausbreitung	42
5.2.1	Bodenwelle	42
5.2.2	Raumwelle	43
5.2.3	Space Wave	43
5.3	QRN – Störungen in der Atmosphäre	43
5.3.1	Blitze	43
5.4	QRM – Von Menschen verursachte Störungen	44
<b>6</b>	<b>Modulation</b>	<b>45</b>
6.1	Analoge Modulation	46
6.1.1	AM	46
6.1.2	FM	47
6.1.3	SSB	48
6.2	Digitale Modulation	48
6.2.1	ASK	49
6.2.2	FSK, AFSK, MFSK	49
6.2.3	PM	50
<b>7</b>	<b>Übertragungsverfahren</b>	<b>53</b>
7.1	CW	53
7.2	RTTY	53
7.2.1	PSK31	53
7.2.2	Olivia	54
7.2.3	Pactor	54
7.2.4	SSTV	55
7.2.5	DAB/DRM	55
7.2.6	Weitere Übertragungsverfahren	55
<b>8</b>	<b>Antennen</b>	<b>57</b>
8.1	Dipol	57

8.2	Longwire . . . . .	57
8.3	Groundplane . . . . .	57
8.4	Logger . . . . .	58
8.5	Yagi . . . . .	58
8.6	Magnetantenne . . . . .	58
8.7	Antennenkabel . . . . .	59
8.7.1	Dämpfung . . . . .	59
8.7.2	Koaxialkabel . . . . .	59
8.7.3	Bandleitung . . . . .	60
<b>9</b>	<b>Rufzeichen</b>	<b>61</b>
9.1	Schweizer Rufzeichen HBn und HEn . . . . .	61
9.2	Rufzeichenbildung der verschiedenen Funkdienste nach ITU . . . . .	61
9.2.1	Allgemein . . . . .	61
9.2.2	Flugfunk . . . . .	62
9.2.3	Genauere Zuordnung der Rufzeichen . . . . .	63
9.3	Kurzbeschrieb der Funkdienste . . . . .	64
<b>10</b>	<b>Glossar</b>	<b>67</b>
<b>11</b>	<b>Internetseiten</b>	<b>79</b>
<b>12</b>	<b>Programme</b>	<b>81</b>
12.1	Linux . . . . .	81
12.2	Windows . . . . .	81
<b>13</b>	<b>Bildnachweis</b>	<b>83</b>
<b>14</b>	<b>Notizen</b>	<b>85</b>
	<b>GNU Free Documentation License</b>	<b>87</b>



# 1 Vorwort

Das Ziel dieses Behelfs ist es, wichtige Informationen in kompakter Form bereitzustellen, speziell für mobilen oder portablen Einsatz<sup>1</sup> (Ermöglicht wird dies auch durch die bereitgestellten Anhänge, wofür wir uns bedanken). Er ist aus den Grund entstanden, dass schlicht und einfach die Notwendigkeit daran bestand, aber noch nichts dergleichen existierte.

## 1.1 Lizenz

Frei zugängliches Wissen ist die Zukunft, wie auch die Wikipedia beweist. Aus diesem Grund steht dieser Behelf (inklusive Grafiken) und unter der GFDL, der GNU Free Documentation License. Das heisst unter anderem, dass er auch abgeändert und weiterverwendet werden darf (etwa für andere deutschsprachige Länder), unter der Bedingung, dass er weiterhin unter dieser Lizenz stehen muss. Genaueres unter ›[GNU Free Documentation License, Seite 87](#)‹.

## 1.2 Prüfung

 Amateurfunk-Lehrgang von Eckart Moltrecht. Drei Bücher, auch online verfügbar: [dj4uf.de](http://dj4uf.de)

Dieser Behelf ist primär als Nachschlagewerk und nicht zur Vorbereitung für die HB3- oder HB9-Prüfung gedacht! Dafür ist spezielle Literatur besser geeignet. Die USKA bietet zum Beispiel eine CD mit Prüfungsfragen an.

## 1.3 Typografie

 PDF-Dokument über Typografie: «typokurz – Einige wichtige typografische Regeln» von Christoph Bier, [zvisionwelt.wordpress.com/downloads/](http://zvisionwelt.wordpress.com/downloads/)

Damit Informationen schneller gefunden werden können, wurden bestimmte Textteile hervorgehoben. Stichwörter, die im Glossar erklärt werden, werden rot und mit der Seitenzahl direkt nach dem Doppelpunkt geschrieben (Beispiel: ›[RIT:75](#)‹). Für Begriffe, die im Text näher erklärt werden, wird die ausführliche Schreibweise verwendet (Beispiel: ›[Antennen, Seite 57](#)‹). Interessante weiterführende Literatur wird mit dem Buchsymbol (siehe oben) markiert. Beispiele (etwa bei Rufzeichen) werden **grün und in Monospace** geschrieben.

Ausserdem wurde für eine bessere Lesbarkeit Wert auf korrekte Typografie gelegt (siehe Literaturhinweis), also etwa zwischen Bindestrichen, Gedankenstrichen und Minuszeichen unterschieden und «Schweizer Anführungszeichen» verwendet.

---

<sup>1</sup>Am praktischsten ist er im Format A5.

## 1.4 Ergänzungen und Korrekturen

... sind herzlich willkommen. Der Behelf kann auch direkt auf GitHub<sup>2</sup> verändert werden. Mails werden unter [simon.eu@gmail.com](mailto:simon.eu@gmail.com) entgegengenommen. Ansprechperson: Simon Eugster.

## 1.5 Letzte Änderungen

Kurze Liste der Änderungen seit den letzten Versionen:

- Feb 13 Umstellung auf LaTeX; Ergänzungen zu Koaxkabel, Bandleitung, Notruf, QSL-Karten, Karten RU/UK
- v8.1 Links klickbar im PDF, Korrekturen und Ergänzungen, Bandplan aktualisiert, Raumwelle ergänzt, neu: Übersicht über verschiedene Frequenzbereiche
- v8 Glossar/Tone Call, Glossar/Echolink – 8.1 Factor-Frequenzen, Ein-Buchstaben-Baken, Zeitzeichen auf HF

---

<sup>2</sup><https://github.com/hb4ff/Amateurfunkbehelf>

## 2 Was ist Amateurfunk?

Hierzu ein kurzes Zitat:

Stell Dir vor, wie gering das Licht einer Taschenlampe ist. Die Leistung von ca. 3 Watt reicht knapp, um damit nachts einige Meter weit zu leuchten. Kannst Du Dir auch vorstellen, dass man mit diesen 3 Watt Leistung eine Funkverbindung über Hunderte oder sogar Tausende von Kilometer herstellen kann? Man hat dabei den Eindruck, die Physik überlistet zu haben, denn das funktioniert tatsächlich, Faszination pur.

— <http://www.uska.ch>, 2008

Amateurfunk – dazu gehören Elektronik, Sport, Computer, Kultur, Katastrophenhilfe (Stichwort New Orleans), weltweite Verbindungen, ... (die Liste könnte man beinahe beliebig weiterführen).

Amateurfunk ist ein Hobby, das auf der ganzen Welt anzutreffen ist – in den einen Ländern häufiger, in anderen wie China aufgrund politischer Umstände eher selten. Es ist ein sehr vielseitiges Hobby. An erster Linie steht natürlich die Technik, die die drahtlose Übertragung erst ermöglicht. Amateure erlangen daher schnell viel Wissen auf diesem Gebiet.

Ums Experimentieren kommt man kaum herum. Nur schon die sich ständig wechselnden Ausbreitungsbedingungen verändern die Reichweite, die man auf bestimmten Frequenzbändern erzielen kann, auf HF von wenigen hundert bis zu mehreren tausend Kilometern.

Regelmässig finden auf verschiedenen Bändern Contests statt, bei denen gilt, möglichst viele Verbindungen herzustellen. Je nach Art des Contests werden die Bedingungen auch erschwert, indem etwa nur tragbare Ausrüstung erlaubt ist.

Eine weitere Aktivität ist die sogenannte Fuchsjagd. Hier werden in einem Gelände Sender verteilt, die wie bei einem OL möglichst schnell gefunden werden müssen. Erschwerend kommt jedoch hinzu, dass die Positionen nicht auf der Karte vermerkt sind, sondern selber durch Peilungen mit tragbaren Richtantennen bestimmt werden müssen.

Ein wichtiger Punkt ist der sogenannte «Ham Spirit».

Amateurfunker sind übrigens die Einzigen, die Sender selber bauen und ohne externe Prüfung in Betrieb nehmen dürfen!

## 2.1 Der «Ham Spirit»

Im Jahre 1928 schrieb Paul M. Segal, w9eea, den «Amateur's Code», der Amateurfunker beschreibt:

### *The Amateur's Code*

*The Radio Amateur is:*

*Considerate* ... never knowingly operates in such a way as to lessen the pleasure of others.

*Loyal* ... offers loyalty, encouragement and support to other amateurs, local clubs, and his or her national radio amateur association.

*Progressive* ... with knowledge abreast of science, a well-built and efficient station and operation above reproach.

*Friendly* ... slow and patient operating when requested; friendly advice and counsel to the beginner; kindly assistance, cooperation and consideration for the interest of others. These are the hallmarks of the amateur spirit.

*Balanced* ... radio is an avocation, never interfering with duties owed to family, job, school, or community.

*Patriotic* ... station and skill always ready for service to country and community.

## 2.2 Rufzeichen

Jeder lizenzierte Amateurfunker hat ein weltweit einzigartiges Rufzeichen (Siehe [›Rufzeichen, Seite 61](#)), genau wie Flugzeuge oder Schiffe. Schweizer Rufzeichen beginnen normalerweise mit **hb3** (geringere Anzahl Frequenzbänder) oder (CEPT-Ausweis) **hb9**. Des Weiteren werden **hb4**-Rufzeichen für Militärstationen und andere für spezielle Anlässe ausgestellt. **hb0**-Rufzeichen werden in Liechtenstein verwendet.

## 2.3 Die QSL-Karten

QSL-Karten stammen aus den Anfängen des Funkverkehrs; die ersten wurden um 1920 versendet. Wenn es glückte, mit einem anderen Funker eine Verbindung aufzubauen – was damals keine Selbstverständlichkeit war, nur schon aufgrund der geringeren Anzahl an Amateurfunkern –, wurden als Empfangsbestätigung QSL-Karten per Post ausgetauscht. (QSL ist einer von vielen Q-Codes (siehe [›Die im Amateurfunk gebräuchlichsten Q-Codes, Seite 20](#)), welche vor allem in CW der Abkürzung des Funkverkehrs dienen; er bedeutet «Empfangsbestätigung».)

Dieser Brauch hat sich gehalten, und so ist es auch heute noch üblich, QSOs mit QSL-Karten zu bestätigen. Da jede individuell und teils aufwändig gestaltet ist, sind sie beliebte Sammlerobjekte. Karten aus Ländern mit wenigen Amateurfunkern sind natürlich entsprechend begehrt, aber auch solche von «DX-peditions», Expeditionen in entfernte Gegenden wie beispielsweise der Antarktis.

Auf der Vorderseite ist meist das Rufzeichen und dazu eine Grafik oder ein Foto der eigenen Station oder der Umgebung abgedruckt. Die Rückseite wird vor dem Versand ausgefüllt. Notwendige Informationen sind Rufzeichen von Sender und Empfänger, Datum und Zeit

in UTC, Empfangsort, Frequenzband und eventuell genaue Frequenz mit Übertragungsverfahren, Empfangsqualität (Rapport, siehe ›RST, Seite 15), Empfangsgerät, Antenne, Gruss und Unterschrift. Der Ort kann auch mit einem ›Maidenhead-Locator:71 angegeben werden.

Der Austausch der QSL-Karten erfolgt via Post direkt an den Operator, über einen Manager oder *via Büro*, d. h. über einen Verein.<sup>1</sup>

**Direktversand VIA DIRECT** oder **VIA CBA** CBA steht für *Call Book Address*. Für den direkten Versand hinterlegt man seine Adressangaben in einem Callbook wie QRZ.com, wo auch andere Rufzeichen nachgeschlagen werden können. Die QSL-Karte wird dann direkt an diese Adresse gesendet.

**Büro VIA BURO** Via Büro sendet man QSL-Karten an den Verein<sup>2</sup>, welcher diese dann (in grösseren Mengen) ans Büro des jeweiligen Landes weiterleitet. Dafür ist entweder Mitgliedschaft notwendig, oder es wird ein gewisser Betrag verlangt. Dies gilt sowohl für den Versand als auch für den Empfang. Ist man selbst nicht Mitglied, der Empfänger möchte die QSL-Karte aber via Büro empfangen, sendet man sie ans jeweilige Landesbüro.

**Manager VIA callsign** Die QSL-Karte wird über den Manager mit Rufzeichen **callsign** an den Empfänger weitergeleitet. Dies wird oft bei DXpeditions so gehandhabt aufgrund der grossen Anzahl anfallender Verbindungen. Um die Antwortkosten zu decken, wird oft auch um ein Antwortcouvert gebeten. Möglichkeiten sind:

- **SASE** oder **SAE**, für *Self-addressed (stamped) envelope*: Der QSL-Karte wird ein an sich selbst adressiertes vorfrankiertes Couvert beigelet
- **IAS** oder **IRC**, für *Internationaler Antwortschein* oder *International Reply Coupon*: Damit kann am Schalter ein bis 20 Gramm schwerer Luftpostbrief ins Ausland aufgegeben werden. Der Vorteil gegenüber vorfrankierten Couverts ist, dass keine Marken des jeweiligen Landes benötigt werden. In der Schweiz kostet ein IAS bei der Post 2 CHF.
- **GS** für *Greenstamps* sind vor allem in den USA bekannt und bezeichnen 1-Dollar-Noten. Üblicherweise werden 1 bis 2 GS verlangt.

Weniger üblich sind Empfangsbestätigungen auf VHF, besonders Phonie-Verbindungen über Relais.

## 2.4 UTC?

Würde jeder beim Funken die Ortszeit verwenden (Logbuch, QSL-Karte, ...), gäbe dies ein riesiges Durcheinander. Daher werden alle Zeiten in der Standard-Zeit UTC (Coordinated Universal Time) angegeben. Die UTC findet auch zum Beispiel auf der Internationalen Raumstation ISS, in der Antarktis und in der Luft- und Seefahrt.

<sup>1</sup>Siehe auch [http://w5ue.com/QSLing\\_101\\_v2.pdf](http://w5ue.com/QSLing_101_v2.pdf) für ausführlichere Informationen.

<sup>2</sup>In der Schweiz ist dies die USKA, in Deutschland der DARC, in Österreich der ÖVSV. Eine Liste von Büros findet man auf [iaru.org/qsL-bureaus.html](http://iaru.org/qsL-bureaus.html).

## 2 Was ist Amateurfunk?

In der Schweiz ist die Ortszeit während der Winterzeit UTC+1, während des Sommers UTC+2. Im Sommer entspricht 18:00 Ortszeit (also 18:00 UTC+2) folglich 16:00 UTC.

Unsere Ortszeit wird auch als **MEZ** (Mittleuropäische Zeit) oder **MESZ** (Mittleuropäische Sommerzeit) bezeichnet, bzw. auf Englisch **CET** und **CEST**. In der Schweiz spricht man auch gerne von HB Time, abgekürzt HBT.

## 3 Funkverkehr

### 3.1 Empfangsbeurteilung

Die Empfangsbeurteilung, der sogenannte Signalrapport, der zwischen zwei Amateurstationen ausgetauscht wird, erfolgt im System «RST».

**R** Readability (Lesbarkeit)  
**S** Signal Strength (Signalstärke)  
**T** Tone Quality (Tonqualität)

Die Skala für die Beurteilung der Lesbarkeit eines Signals reicht von 1 bis 5, diejenige für die Stärke und Tonqualität eines Signals jeweils von 1 bis 9.

	R – Lesbarkeit	S – Signalstärke	T – Tonqualität
1	Nicht lesbar	Kaum hörbar	Äusserst rauer Wechselstromton
2	Zeitweise lesbar	Sehr schwach hörbar	Rauer Wechselstromton
3	Schwer lesbar	Schwach hörbar	Wechselstromton, leicht klingend
4	Lesbar	Ausreichend hörbar	Gleichgerichteter Wechselstromton, schlecht gefiltert
5	Gut lesbar	Mässig hörbar	Musikalisch modulierter Ton
6		Gut hörbar	Trillerton
7		Mässig stark hörbar	Unstabiler Gleichstromton
8		Stark hörbar	Stabiler Gleichstromton mit etwas Brummodulation
9		Äusserst stark hörbar	Reiner Gleichstromton

Je nach Übertragungsverfahren werden Teile weggelassen, bei Voice-Verbindungen etwa die Tonqualität. Für Beispiele siehe ›Muster-QSO in CW, Seite 23 und ›Muster-QSO Phonie, Seite 24.

## 3.2 Abkürzungen

Die im Amateurfunk gebräuchlichen Abkürzungen dienen dazu, den Informationsaustausch effizienter zu gestalten. Die am häufigsten verwendeten Abkürzungen sind:

<b>Abkürzung</b>	<b>Bedeutung</b>	<b>Übersetzung</b>
ABT	about	ungefähr
AGN	again	wieder, nochmals
AM	amplitude modulation	Amplitudenmodulation
ANI	any	irgendein
ANT	antenna	Antenne
B4	before	vor, vorher
BCNU	be seeing you	es würde mich freuen, dich wieder zu treffen
BK	break	Unterbrechung, unterbreche
BTR	better	besser
CFM	confirm	bestätige, ich bestätige
CONDX	conditions	Bedingungen
CONGRATS	congratulations	Glückwunsch
CPI / CPY	copy	aufnehmen
CQ	come quick	Allgemeiner Anruf
CS	callsign	Rufzeichen
CUAGN	see you again	Auf Wiederhören
CUL	see you later	Bis bald
CW	continuous wave	Sinuswelle, Morsetelegraphie
DE	de (franz.)	von
DR	dear	liebe, lieber
DWN	down	unten, nach unten
DX	long distance	grosse Entfernung
ELE	elements	Elemente
ES		und
FB	fine business	wunderbar
FER	for	für
FM	from	von
FM	frequency modulation	Frequenzmodulation
FR	for	für
FRD	friend	Freund

<b>Abkürzung</b>	<b>Bedeutung</b>	<b>Übersetzung</b>
FRM	from	von
GA	good afternoon	Guten Tag (Nachmittag)
GB	goodbye	Auf Wiederhören
GD	good day	Guten Tag
GE	good evening	Guten Abend
GL	good luck	Viel Glück
GM	good morning	Guten Morgen
GN	good night	Gute Nacht
GND	ground	Masse, Erdung
GP		Groundplane-Antenne
GUD	good	gut
HAM	ham	Funkamateu r
HF	high frequency	Kurzwe l l e, Hochfrequenz
HI		Ich lache
HPE	hope	Ich hoffe
HR	here	hier
HRD	heard	hörte, gehört
HV	have	haben, Ich habe
HW	how	wie
K		kommen
KEY, KY	key	Morsetaste
LBR		Lieber
LID		Schlechter Funker
LIS	licensed	lizenziert
LP	long path	Langer Weg
LSB	lower side band	Unteres Seitenband
LSN	listen	hören, höre
LW	long wire	Langer Draht
MGR	manager	Manager
MIC, MIKE	microphone	Mikrofon
MIN	minute	Minute
MNI	many	viel
MRI	merry	fröhlich

### 3 Funkverkehr

<b>Abkürzung</b>	<b>Bedeutung</b>	<b>Übersetzung</b>
MSG	message	Nachricht
MTR	meter	Meter, Messgerät
NIL	not in log	Nicht im Log
NIL		Nichts
NITE	night	Nacht
NR	near	nahe, In der Nähe von
NR	number	Nummer
NW	now	jetzt
OB	old boy	Alter Junge
OM	old man	Funkamateurl
OP	operator	Funker
OT	old timer	Langjähriger Funker
PEP	peak envelope power	Spitzenleistung (z. B. Input PEP = 200 W, Output PEP = 100 W)
PFX	prefix	Präfix
PSE	please	bitte
PSED	pleased	erfreut
PWR	power	Leistung
R	roger	verstanden
RCD, RCVD	received	erhalten, bekommen
RIG		Stationsausrüstung
RPRT	report	Rapport
RPT	repeat	wiederhole, ich wiederhole
RST	readability, strength, tone	Lesbarkeit, Signalstärke, Tonqualität
RX	receiver	Empfänger
SKED	schedule	Verabredung
SN	soon	bald
SP	short path	Kurzer Weg
SRI	sorry	Entschuldigung
SUM	some	etwas
SWL	short wave listener	Höramateur
SWR	standing wave ratio	Stehwellenverhältnis
TEMP	temperature	Temperatur

<b>Abkürzung</b>	<b>Bedeutung</b>	<b>Übersetzung</b>
TKS, TNX	thanks	Danke
TRX	transceiver	Sendeempfänger
TU	thank you	Danke
TX	transmitter	Sender
U	you	Sie, du
UFB	ultra fine business	ganz ausgezeichnet
UNLIS	unlicensed	Nicht lizenziert, Schwarzfunkler
UP	up	oben, nach oben
UR	your	dein
URS	yours	Grüsse
USB	upper side band	Oberes Seitenband
UTC	universal time coordinated	Weltzeit
VIA	via	über, via
VY	very	sehr
WID	with	mit
WKD	worked	arbeitete, gearbeitet
WX	weather	Wetter
XCUS	excuse	entschuldige
XMAS	Christmas	Weihnachten
XPECT	expect	erwarten
XYL	ex-young lady	Ehefrau
YDAY	yesterday	gestern
YL	young lady	Funkamateurin
2	to	zu, nach
4	for	für
33		Viele Grüße (zwischen (X)YL)
55		Viel Erfolg
72		Viele Grüße (zwischen QRP-Stationen)
73		Viele Grüße
88	love and kisses	Liebe und Küsse (zwischen OM und YL)
99	keep out	Verschwinde

### 3.2.1 Zahlen

«Lange» Zahlen wie 0 und 9 werden oft abgekürzt, wenn klar ist, dass das Zeichen eine Zahl ist (etwa beim Report ist RST immer eine dreistellige Nummer). Abkürzungen für die restlichen Zahlen sind nur sehr selten anzutreffen.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
a	u	v	4	e	6	b	d	n	t

Beispiele: **rst 599 5nn**, **pwr 1tt w**

(die RST-Nummer wird oft erst beim zweiten Mal abgekürzt, damit es auch von OMs gelesen werden kann, die das System noch nicht kennen)

## 3.3 Die im Amateurfunk gebräuchlichsten Q-Codes

Q-Codes dienen, wie die Abkürzungen, zum effizienteren Informationsaustausch. Sie werden vor allem im Bereich Dienstverkehr (Aufrechterhaltung der Verbindung, ...) verwendet.

Einigen Q-Codes kann ein bejahender oder verneinender Sinn gegeben werden, indem unmittelbar nach der Abkürzung «c» oder «no» übermittelt wird: **qsk c**, **qsk no**

Die Bedeutung von Q-Codes kann durch Ergänzungen wie Rufzeichen, Ortsnamen, Zeit- und Frequenzangaben etc. erweitert werden. (qrx 1600 14024). Die Stellen, wo solche ergänzende Angaben eingefügt werden, sind in der nachfolgenden Liste mit drei Punkten (...) bezeichnet.

Die Q-Codes werden zu Fragen, wenn ihnen ein Fragezeichen folgt. Die nachfolgende Liste führt die Bedeutung der Q-Codes sowohl als Frage wie auch als Antwort oder Mitteilung auf: **qsx?**, **qsx up 5 to 10**

Jenen Q-Codes, die mehrere numerierte Bedeutungen haben, ist die entsprechende Nummer unmittelbar nachgestellt. **qsa1**, **qrk3**

Abk.	Frage	Antwort
QRA	Wie ist der Name Ihrer Radio-station?	Der Name meiner Radiostation ist ...
QRB	In welcher Entfernung von meiner Station befinden Sie sich ungefähr?	Die Entfernung zwischen unseren Stationen beträgt ungefähr ... Seemeilen (oder Kilometer)
QRG	Wollen Sie mir meine genaue Frequenz (oder die genaue Frequenz von ...) mitteilen?	Ihre genaue Frequenz (oder die genaue Frequenz von ...) ist ... kHz (oder MHz)
QRH	Schwankt meine Frequenz?	Ihre Frequenz schwankt
QRI	Wie ist der Ton meiner Aussendung?	Der Ton Ihrer Aussendung ist 1: gut 2: veränderlich 3: schlecht
QRK	Wie ist die Verständlichkeit meiner Zeichen (oder der Zeichen von ...)?	Die Verständlichkeit Ihrer Zeichen (oder der Zeichen von ...) ist 1: schlecht 2: mangelhaft 3: ausreichend 4: gut 5: ausgezeichnet

### 3.3 Die im Amateurfunk gebräuchlichsten Q-Codes

<b>Abk.</b>	<b>Frage</b>	<b>Antwort</b>
QRL	Sind Sie beschäftigt?	Ich bin beschäftigt (oder: ich bin mit ... beschäftigt). Bitte nicht stören.
QRM	Werden Sie gestört?	Ich werde gestört. oder: Ich werde 1: gar nicht 2: schwach 3: mässig 4: stark 5: sehr stark gestört
QRN	Werden Sie durch atmosphärische Störungen beeinträchtigt?	Ich werde durch atmosphärische Störungen beeinträchtigt. oder: Ich werde 1: gar nicht 2: schwach 3: mässig 4: stark 5: sehr stark durch atmosphärische Störungen beeinträchtigt.
QRO	Soll ich die Sendeleistung erhöhen?	Erhöhen Sie die Sendeleistung.
QRP	Soll ich die Sendeleistung vermindern?	Vermindern Sie die Sendeleistung.
QRQ	Soll ich schneller geben?	Geben Sie schneller (... Wörter in der Minute)
QRS	Soll ich langsamer geben?	Geben Sie langsamer (... Wörter in der Minute)
QRT	Soll ich die Übermittlung einstellen?	Stellen Sie die Übermittlung ein.
QRU	Haben Sie etwas für mich?	Ich habe nichts für Sie.
QRV	Sind Sie bereit?	Ich bin bereit.
QRX	Wann werden Sie mich wieder rufen?	Ich werde Sie um ... Uhr (auf ... kHz [oder MHz]) wieder rufen
QRZ	Von wem werde ich gerufen?	Sie werden von ... (auf ... kHz [oder MHz]) gerufen.
QSA	Wie ist die Stärke meiner Zeichen (oder der Zeichen von ...)?	Die Stärke Ihrer Zeichen (oder der Zeichen von ...) ist 1: kaum hörbar 2: schwach 3: ziemlich gut 4: gut 5: sehr gut
QSB	Schwankt die Stärke meiner Zeichen?	Die Stärke Ihrer Zeichen schwankt.
QSD	Ist mein Tasterspiel mangelhaft?	Ihr Tasterspiel ist mangelhaft.

Abk.	Frage	Antwort
QSP	Werden Sie an ... vermitteln?	Ich werde an ... vermitteln.
QSL	Können Sie mir Empfangsbestätigung geben?	Ich gebe Ihnen Empfangsbestätigung
QSO	Können Sie mit ... unmittelbar (oder durch Vermittlung) verkehren?	Ich kann mit ... unmittelbar (oder durch Vermittlung von) verkehren.
QST	Inoffiziell. Benutzt durch die ARRL (American Radio Relay League)	Allgemeiner Aufruf, der einer Nachricht an alle Radioamateure und ARRL-Mitglieder vorausgeht.
QSV	Soll ich eine Reihe V auf dieser Frequenz senden?	Senden Sie eine Reihe V auf dieser Frequenz (oder auf ... kHz [oder MHz])
QSX	Werden Sie Rufzeichen auf der Frequenz ... hören?	Ich höre Rufzeichen auf der Frequenz ...
QSY	Soll ich zum Senden auf eine andere Frequenz übergehen?	Gehen Sie auf eine andere Frequenz über (oder auf ... kHz [oder MHz]).
QSZ	Soll ich jedes Wort oder jede Gruppe mehrmals geben?	Geben Sie jedes Wort oder jede Gruppe zweimal (oder ... mal).
QTC	Wie viele Telegramme haben Sie?	Ich habe ... Telegramme für Sie (oder für ...)
QTH	Wie ist Ihr Standort nach Breite und Länge (oder nach jeder anderen Angabe)?	Mein Standort ist ... Breite, ... Länge (oder nach jeder anderen Angabe).
QTR	Welches ist die genaue Uhrzeit?	Es ist genau ... Uhr

### 3.4 QSOs

Grundsätzlich gibt es drei Möglichkeiten, ein QSO mit anderen Funkamateuren zu fahren:

- Eigener CQ-Ruf
- Antwort auf CQ-Ruf einer anderen Station
- Bitte um Aufnahme in ein laufendes QSO

In QSOs werden wichtige Informationen wie Rufzeichen, Name, qth oder RST bevorzugt mehrmals – in CW je nachdem auch langsamer – gegeben, damit sie mit grösserer Sicherheit korrekt aufgenommen werden können.

Beim Mitschreiben empfiehlt es sich, wichtige Informationen wie Rufzeichen, Name und qth zu unterstreichen, damit man beim Antworten nicht lange danach suchen muss.

Um unsere Zeit in UTC umzurechnen, zieht man während der Winterzeit eine, während der Sommerzeit zwei Stunden ab.

**Wichtig:** Die folgenden Muster-QSOs sind nicht eigentlich Muster! Ein QSO zwischen Funkamateuren läuft abgesehen von diesem Grundriss mehr oder weniger nach Lust und Laune ab.

### 3.4.1 Muster-QSO in CW

#### Frequenzsuche und Anfrage, ob diese besetzt ist:

qr!?' (Am besten zweimal fragen)

#### CQ-Ruf

cq cq cq de *HB4FF HB4FF HB4FF* pse k

HB4FF de HB9DVT HB9DVT pse k

#### 1. Durchgang (Begrüßung, Signalrapport, Vorstellung)

*HB9DVT de HB4FF =*

gm dr om es mni tnx fer call =

ur rst is *579 579 =*

my name is *martin martin* es my qth is nr *thun thun =*

hw cpi? *HB9DVT de HB4FF k*

HB4FF de HB9DVT =

r cpi all =

tu fer fb rpt es info =

rst is 559 559 =

name is thomas thomas qth is nr aarau nr aarau

=

hw? HB4FF de HB9DVT k

#### 2. Durchgang (Stationseinrichtung, Wetter, Sonstiges)

*HB9DVT de HB4FF =*

r vy gud cpi dr *thomas =*

mni tnx =

my rig is *ft-1000mp* pwr abt *100 w =*

ant is *dipole =*

wx is *overcast* wid temp *16 c =*

hw? *HB9DVT de HB4FF k*

r dr martin es mni tks fer info =

rig hr is ft-890 pwr is 100 w es ant is r5 vertical =

wx is sunny es temp abt 19 c =

nw dr martin qru? HB9DVT de HB4FF k

#### 3. Durchgang (Bedankung, Verabschiedung)

*HB9DVT de HB4FF =*

ok dr *thomas* mni tnx fer ufb qso =

hpe cuagn sn es my qsl sure via *buro/direct =*

best 73 es gb = *HB9DVT de HB4FF +*

HB4FF de HB9DVT =

tu fer nice qso dr martin =

my qsl also ok via buro =

gud dx es best wishes =

vy 73 cu HB4FF de HB9DVT ++<sup>a</sup>

<sup>a</sup>+ (ar) und ++ (sk) werden bei Verbindungsende in dieser Reihenfolge gegeben. Zwischen den Buchstaben *a* und *r* bzw. *s* und *k* ist – wie beim SOS – keine Pause.

### 3.4.2 Muster-QSO Phonie

#### **Frequenzsuche und Anfrage, ob diese besetzt ist:**

Ist diese Frequenz belegt?

Is this frequency in use? (Am besten zweimal fragen)

#### **CQ-Ruf**

CQ CQ CQ allgemeiner Anruf von HB4FF Hotel Bravo Vier Foxtrott Foxtrott HB4FF

*CQ CQ CQ this is HB4FF Hotel Bravo Four Foxtrott Foxtrott HB4FF*

#### **1. Durchgang (Begrüßung, Signalrapport, Vorstellung)**

HB9DVT von HB4FF = Guten Tag lieber OM und vielen Dank für den Anruf.

Ihr Rapport ist 5 und 9, ein ganz gutes Signal. Mein Name ist ... und der Standort ist ...

Zurück zu Ihnen = HB9DVT von HB4FF bitte kommen

*HB9DVT this is HB4FF = Very good Morning dear OM and many thanks for the call.*

*Your signal is 5 and 9, fine modulation. My name is ... and the qth is ...*

*Back to you = HB9DVT this is HB4FF over*

#### **2. Durchgang (Stationseinrichtung, Wetter, Sonstiges)**

HB9DVT von HB4FF = Vielen Dank für die Informationen lieber ... (sein Name). Mein Sender ist ein Yaesu FT-1000MP mit etwa 100 W Leistung. Die Antenne ist ein Breitbanddipol. Das Wetter ist ... (sonnig, bewölkt, Regen). Die Temperatur etwa ... Grad. Wie ist das angekommen? HB9DVT von HB4FF bitte kommen

*HB9DVT this is HB4FF = many thanks for the information dear ... (his name). My*

*transceiver is a Yaesu FT-1000MP, the power is 100 Watt. The antenna is a broadband*

*dipol. The weather is ... (sunny, cloudy, rain). Temperature is abt ... degrees celsius.*

*How do you copy? HB9DVT this is HB4FF over*

#### **3. Durchgang (Bedankung, Verabschiedung)**

HB9DVT von HB4FF = alles klar lieber ... (sein Name). Vielen Dank für die Verbindung.

Ich hoffe, wir treffen uns wieder einmal auf der Frequenz. Meine QSL Karte wird via Büro versendet. Alles Gute und bis zum nächsten Mal. Es verabschiedet sich HB4FF Operator

... (mein Vorname).

*HB9DVT this is HB4FF = all o.k. dear ... (sein Name). Many thanks for the qso. I hope*

*to meet you again on the frequency. QSL Card is o.k. via Buro. All the best and hope to*

*meet you again.*

Beste 73, tschüss.

*73 and good luck. Bye bye*

## 3.5 Übertragungsverfahren

Die im Amateurfunk gebräuchlichsten Übertragungsverfahren sind:

<b>Betriebsart</b>	<b>Abkürzung</b>	<b>Bezeichnung</b>
<b>Morselegraphie</b>	CW (Continuous wave)	A1A
<b>Telefonie</b>		
Amplitudenmodulation	AM	A3E
Einseitenbandmodulation	SSB (LSB/USB)	J3E
Frequenzmodulation	FM	F3E
<b>Digitale Übertragungsverfahren</b>		
Funkfernreiben	RTTY (Radio teletype)	F1B, J2B
Faksimile	FAX	F1C, J3C
Packet Radio	PR	F1B
Standbildfernsehen	SSTV (Slow scan TV)	J2C
Amateurfernsehen	ATV (Amateur TV)	C3F

Die Erklärung zu diesen und weiteren Bezeichnungen findet man in den Bakom-Vorschriften unter RR AP 1: Abschnitt II, Sendarten.



# 4 Frequenzen

## 4.1 Amateur-Frequenzbänder

### 4.1.1 Einteilungsempfehlung der Kurzwellenbänder

Die Pläne werden für drei Regionen erstellt; Region 1 (Europa), Region 2 (Amerika) und Region 3 (Asien). Die maximale Bandbreite sollte nicht überschritten werden. Die folgende Tabelle entspricht dem Bandplan 2011 von [iaru.org](http://iaru.org) für die Region 1.

Automatische (unbeaufsichtigte) Stationen sind nur in den dafür vorgesehenen Frequenzbereichen erlaubt.

Legende: **CW** Morse, **NB** Schmalband, **WB** Alle Betriebsarten, -- Senden nicht erlaubt

<b>Band</b>	<b>f (kHz)</b>	<b>Bandbr.</b>	<b>für</b>	<b>Bemerkungen</b>
<b>LW</b>	135.7–137.8	200 Hz	NB	Ink. QRSS1
<b>160 m</b>	1810–1838	200 Hz	CW	QRP-Zentrum auf 1836 kHz
	1838–1840	500 Hz	CW	
	1838–1840	500 Hz	NB	
	1840–1843	2700 Hz	WB	+ Digital
	1843–2000	2700 Hz	WB	
<b>80 m</b>	3500–3510	200 Hz	CW	interkontinentale QSOs bevorzugt
	3510–3560	200 Hz	CW	Contest bevorzugt, QRS auf 3555 kHz
	3560–3580	200 Hz	CW	QRP auf 3560 kHz
	3580–3600	500 Hz	NB	3590–3600 kHz: Unbeaufsichtigte Stationen
	3600–3650	2700 Hz	NB	Telefonie-Contest bevorzugt, SSB auf 3630 kHz
	3650–3700	2700 Hz	WB	3690 kHz: QRP-Anrufrequenz
	3700–3800	2700 Hz	WB	Telefonie-Contestbereich bevorzugt. 3735 kHz: Bilder, <b>3760 kHz: Notruffrequenz</b>
	3775–3800	2700 Hz	WB	Priorität für interkontinentale Verbindungen
<b>40 m</b>	7000–7040	200 Hz	CW	7030 kHz: QRP-Anrufrequenz
	7040–7050	500 Hz	NB	Unbeaufsichtigte Stationen ab 7047 kHz
	7050–7060	2700 Hz	WB	Unbeaufsichtigt bis 7053 kHz
	7060–7100	2700 Hz	WB	SSB-Contest bevorzugt, Aufruf auf 7070 kHz, QRP auf 7090 kHz
	7100–7130	2700 Hz	WB	<b>7110 kHz: Notruffrequenz</b>
	7130–7200	2700 Hz	WB	SSB-Contest bevorzugt, Bilder auf 7165 kHz
	7175–7200	2700 Hz	WB	Interkontinental bevorzugt

#### 4 Frequenzen

Band	f (kHz)	Bandbr.	für	Bemerkungen
<b>30 m</b>	10 100–10 140	200 Hz	CW	10 116 kHz: QRP-Anrufrequenz
	10 140–10 150	500 Hz	NB	
<b>20 m</b>	14 000–14 070	200 Hz	CW	QRS auf 14 055 kHz, QRP auf 14 060 kHz
	14 070–14 099	500 Hz	NB	Unbeaufsichtigt ab 14 089 kHz
	14 099–14 101		--	Bakenfrequenz exklusive
	14 101–14 125	2700 Hz	WB	Unbeaufsichtigt bis 14 112 kHz
	14 125–14 300	2700 Hz	WB	SSB-Contest bevorzugt, Voice auf 14 130 kHz. Dxpeditions auf 14 195±5 kHz, Bilder auf 14 230 kHz. QRP-SSB auf 14 285 kHz.
	14 300–14 350	2700 Hz	WB	<b>14 300 kHz: Notrufrequenz</b>
	14 190–14 200	2700 Hz	WB	14 195 ± 5 MHz: Dxpeditionen
	14 300–14 350	2700 Hz	WB	14 230 kHz: SSTV/Fax-Anrufrequenz
	<b>17 m</b>	18 068–18 095	200 Hz	CW
18 095–18 109		500 Hz	NB	Unbeaufsichtigt ab 18 105 kHz
18 109–18 111			--	Bakenfrequenz – exklusive
18 111–18 120		2700 Hz	WB	Unbeaufsichtigt
18 120–18 168		2700 Hz	WB	QRP-SSB auf 18 130 kHz, Voice auf 18 150 kHz. <b>18 160 kHz: Notrufrequenz</b>
<b>15 m</b>	21 000–21 070	200 Hz	CW	QRP auf 21 055 kHz, QRS auf 21 060 kHz
	21 070–21 110	500 Hz	NB	Unbeaufsichtigt ab 21 090 kHz
	21 110–21 120	500 Hz	WB	Unbeaufsichtigte Stationen erlaubt
	21 120–21 149	200 Hz	NB	
	21 149–21 151		--	Bakenfrequenz – exklusive
	21 151–21 450	2700 Hz	WB	Sprache auf 21 180 kHz, QRP-SSB auf 21 285 kHz. Bilder auf 21 340 kHz, <b>21 360 kHz: Notrufrequenz</b>
<b>12 m</b>	24 890–24 915	200 Hz	CW	24 906 kHz: QRP-Frequenz
	24 915–24 929	500 Hz	NB	Unbeaufsichtigt ab 24 925 kHz
	24 929–24 931	200 Hz	--	Bakenfrequenz – exklusive
	24 931–24 990	2700 Hz	WB	Unbeaufsichtigt bis 24 940 kHz
<b>10 m</b>	28 000–28 070	200 Hz	CW	QRS auf 28 055 kHz, QRP auf 28 060 kHz
	28 070–28 190	500 Hz	NB	Unbeaufsichtigt auf 28 120+30 kHz
	28 190–28 225		--	Baken; regional bis 28 199 kHz
	28 225–28 320	2700 Hz	WB	Baken bis 28 300 kHz, danach unbeaufsichtigt
	28 320–29 100	2700 Hz	WB	QRP-SSB: 28 360 kHz. Bilder: 28 680 kHz.
	29 100–29 200	6000 Hz	WB	Simplex-FM, 10-kHz-Kanäle (29 110–29 290 kHz)
	29 200–29 300	6000 Hz	WB	Unbeaufsichtigte Stationen
	29 300–29 510	6000 Hz	WB	Satelliten-Downlink exklusive
	29 510–29 520		--	Schutzkanal
29 520–29 700	6000 Hz	WB	FM: Aufruf auf 29 600 kHz, Relais ab 29 610 kHz	

Dass vom 160 m-Band ausgehend jeweils die zweifache Frequenz wieder in einem Amateurfunkband liegt (80 m, 40 m, 20 m, 10 m), kommt nicht von ungefähr – so lagen die Oberwellen, die von älteren Geräten manchmal erzeugt wurden, wieder innerhalb eines Amateurfunkbandes und störte nur andere Amateurfunker.

### 4.1.2 Für Inhaber einer HB-Amateurfunkprüfung

<b>HB3-Lizenz</b>		<b>HB9-Lizenz</b>	
1.810—2.000	MHz	135.7—137.8	kHz
3.500—3.800	MHz	1.810—2.000	MHz
21.000—21.450	MHz	3.500—3.800	MHz
28.000—29.600	MHz	7.000—7.200	MHz
144.000—146.000	MHz	10.100—10.150	MHz
430.000—440.000	MHz	14.000—14.350	MHz
		18.068—18.168	MHz
		21.000—21.450	MHz
		24.890—24.990	MHz
		28.000—29.700	MHz
		50.000—52.000	MHz
		144—146	MHz
		430—440	MHz
		1.240—1.300	GHz
		2.300—2.450	GHz
		5.650—5.850	GHz
		10.000—10.500	GHz

Auf Bakenfrequenzen ist der Sendebetrieb nicht gestattet, und auf den [Notruffrequenzen, Seite 32](#) sollte nur im Notfall gesendet werden.

Weitere Informationen (unter anderem zum Verwendungszweck und zur maximalen Leistung von Frequenzbändern) findet man in den Bakom-Vorschriften, Artikel 6.

## 4.2 Frequenzbereiche

Über dem EHF-Band beginnt der Infrarotbereich (1...400 THz bzw. 0.74...300  $\mu\text{m}$ ) und danach das sichtbare Licht (400...790 THz, 390...790 nm).

Frequenz	Wellenlänge	Verwendung
ELF 3...30 Hz	$10^4 \dots 10^5$ km	Bereich der Gehirnströme (Alpha-Wellen bis 13 Hz, Beta-Wellen bis 30 Hz)
SLF 30...300 Hz	$10^3 \dots 10^4$ km	(Einweg-)Kommunikation zu U-Booten. Elektromagnetische Frequenzen dieser Wellenlänge können bis etwa 300 m unter Wasser empfangen werden (bei 15 kHz nur noch um 20 m). <sup>1</sup> Zum Empfang ziehen U-Boote ein langes Antennenkabel hinter sich her. Aufgrund der tiefen Frequenz (geringe Bandbreite) können nur wenige Informationen übertragen werden. Frequenzen der einzigen 3 Sender: 76 Hz (USA: Wisconsin und Michigan), 82 Hz (RU, Murmansk). Sie verwenden mehrere Kilometer lange Antennen.
ULF 300...3000 Hz	100...1000 km	Wird vor allem auf geringe Distanzen in Bergwerken verwendet.
VLF 3...30 kHz	10...100 km	Zur Kommunikation mit U-Booten, die sich nahe der Wasseroberfläche befinden. Die Signale können 10 bis 40 m unter der Wasseroberfläche empfangen werden. Bis etwa 10 kHz sind <a href="#">Whistler:78</a> hörbar.
LF 30...300 kHz	1...10 km	Zeitzeichensender für Funkuhren (40 bis 80 kHz; DCF77 mit 77.5 kHz, 50 kW), Deutscher Wetterdienst (147.3 kHz, 50 Bd, 85 Hz Shift), Langwellenrundfunk (148.5 bis 283.5 kHz).
MF 300...3000 kHz	100...1000 m	See-Notfunk auf 500 kHz, AM-Rundfunk (526.5 bis 1606.5 kHz). Übergang von Boden- zu Raumwellen.
HF 3...30 MHz	10...100 m	Militär (Navy). <a href="#">Raumwellen:74</a> -Bereich. Die Ausbreitungsbedingungen hängen stark vom Zustand der Ionosphäre ab (siehe Kapitel über <a href="#">Wellenausbreitung, Seite 41</a> ). Mittlere Reichweite zur je idealen Tageszeit: 2500 km (18 MHz), 3500 km (10 MHz), 2000 km (7 MHz), 2500 km (3.5 MHz).
VHF 30...300 MHz	1...10 m	FM-Rundfunk, Flugfunk, Fernsehen, Militär. VHF wird von der Atmosphäre praktisch nicht reflektiert.
UHF 300...3000 MHz	10...100 cm	Mikrowellen und WLAN um 2.4 GHz (802.11), Handys (GSM, UMTS). Die Wellen werden bereits an Objekten (Hauswänden zum Beispiel) reflektiert.

<sup>1</sup>Aus Wikipedia:Längstwelle

Frequenz	Wellenlänge	Verwendung
SHF 30...30 GHz	1...10 cm	WLAN auf 5 GHz (802.11a), Satellitenkommunikation, Radar im Luftverkehr <sup>2</sup> und für Lenk Waffen. Frequenzen um 22.2 GHz werden von Wasserdampf stark absorbiert. <sup>3</sup>
EHF 30...300 GHz	1...10 mm	Datenlinks zwischen zwei Punkten, amerikanisches Active Denial System (unschädliche, aber schmerzhaftes Waffe). Frequenzen bei 60 und 118.75 GHz werden von Sauerstoff absorbiert, 183.31 und 325.153 GHz von Wasserdampf

## 4.3 Notfunk

 [de.wikipedia.org/wiki/Notfunk](https://de.wikipedia.org/wiki/Notfunk)

In Not- oder Katastrophenfällen kann Amateurfunk zur Unterstützung eingesetzt werden. So können auch in Gebieten, die ansonsten von der Kommunikation abgeschnitten sind, zu Koordinations- und Kommunikationszwecken Verbindungen nach draussen aufgebaut werden. Bei Empfang eines Notrufes sollte dieser an Notdienste weitergeleitet werden; gegebenenfalls nach den Koordinaten fragen!

Notzeichen (SOS bzw. *Mayday*, von einem Relais weitergeleitet: DDD SOS bzw. *Relay Mayday*) und Dringlichkeitszeichen (XXX bzw. *Pan*) dürfen von Amateurfunkern nicht eingesetzt werden.

### 4.3.1 Funkbetrieb

1. Funkamateure sind in ihrer Gesamtheit keine Einsatzorganisation, sondern stellen sich einzeln und organisiert in den Dienst der Öffentlichkeit.
2. Meldet euch im Notfall auf den Notruffrequenzen QRV und sendet nur wenn nötig; es gilt der Grundsatz Funkstille, bis man angesprochen wird
3. Hört euer nächstes Relais, Simplexfrequenzen und HF-Frequenzen ab
4. Keine Q-Codes und keine Abkürzungen verwenden
5. Versucht, allfällige Emotionen zu beherrschen
6. Befolgt die Anweisungen einer Leitstation

<sup>2</sup>Radar kann generell auf allen Frequenzen verwendet werden, für unterschiedliche Einsatzzwecke. Niederschlagsradar beispielsweise verwendet Wellenlängen um 3–10 cm.

<sup>3</sup>Resonanzabsorption von Wasser: Wikipedia:Resonanzabsorption

### 4.3.2 Notfunkfrequenzen

Die folgenden Frequenzen sind die von der IARU empfohlenen Aktivitätszentren für Notfunk.

<b>Band</b>	<b>Frequenz</b>	<b>Details</b>
<b>80 m</b>	3760 kHz	Region 1
<b>40 m</b>	7060 kHz	Region 1
<b>20 m</b>	14 300 kHz	
<b>17 m</b>	18 160 kHz	
<b>15 m</b>	21 360 kHz	
<b>11 m</b>	27 065 kHz	CB-Notfunk (Kanal 9)
<b>2 m</b>	144 260 kHz	USB
	145 500 kHz	FM, Für mobile Stationen
	145 525 kHz	FM
	145 550 kHz	FM
<b>70 cm</b>	433 500 kHz	Internationale Aufruffrequenz

### 4.3.3 Notfallmeldung

<b>Wer</b>	Name und Standort des Melders
<b>Wo</b>	QTH des Notfalls (Ortschaft, Koordinaten)
<b>Was</b>	Ereignis, welche Hilfe ist nötig?
<b>Wie viele</b>	Betroffene Personen
<b>Welche</b>	Verletzungen, Schäden

### 4.3.4 Wichtige Telefonnummern HB

Notfallnummer	<b>112</b>
Polizei	<b>117</b>
Feuerwehr	<b>118</b>
Ambulanz	<b>144</b>
Vergiftung	<b>145</b>
Rega	<b>1414</b>
Air-Glacier	<b>1415</b>

### 4.3.5 Vorrangregeln

Notfunkverkehr *vor* Verkehr betreffend Ausfall öffentlicher Kommunikationsmittel *vor* regulärem Amateurfunk.

## 4.4 Zeichensender

### 4.4.1 Baken-Frequenzen

**NCDXF-Bakenfrequenzen** Von der Northern California DX Foundation wurden auf allen Kontinenten insgesamt 18 Baken verteilt, die auf den folgenden fünf Frequenzbändern regelmässig ihr Rufzeichen senden:

<b>Band</b>	<b>Frequenz</b>
20 m	14 100 MHz
17 m	18 110 MHz
15 m	21 150 MHz
12 m	24 930 MHz
10 m	28 200 MHz

Damit in alle Richtungen gleich viel Leistung abgestrahlt wird, werden vertikale Antennen verwendet.

Die Baken senden in den ihnen zugeteilten 10 Sekunden zuerst ihr eigenes Rufzeichen und danach vier «Striche» von je einer Sekunde Dauer. Der erste wird mit 100 W gesendet, der zweite mit 10 W, der dritte mit einem Watt und der vierte mit 0.1 Watt. So kann man sich in etwa ein Bild davon machen, wie die aktuellen Ausbreitungsbedingungen sind. Der Sendeplan der Baken sieht folgendermassen aus:

<b>RZ</b>	<b>Land</b>	<b>Frequenz, Sendezeit nach voller Stunde</b>					<b>km</b>
		14 100 kHz	18 110 kHz	21 150 kHz	24 930 kHz	28 200 kHz	
UN	4u1un	00, 03 ...	+ 10 s	+ 20 s	+ 30 s	+ 40 s	6050
Kanada	ve8at	+ 10 s	+ 20 s	+ 30 s	+ 40 s	+ 50 s	4550
USA	w6wx	+ 20 s	+ 30 s	+ 40 s	+ 50 s	01, 04 ...	9050
Hawaii	kh6wo	+ 30 s	+ 40 s	+ 50 s	01, 04 ...	+ 10 s	11 890
Neuseeland	zl6b	+ 40 s	+ 50 s	01, 04 ...	+ 10 s	+ 20 s	18 680
Australien	vk6rbp	+ 50 s	01, 04 ...	+ 10 s	+ 20 s	+ 30 s	14 050
Japan	ja2igy	01, 04 ...	+ 10 s	+ 20 s	+ 30 s	+ 40 s	9390
Russland	rr9o	+ 10 s	+ 20 s	+ 30 s	+ 40 s	+ 50 s	4900
Hong Kong	vr2b	+ 20 s	+ 30 s	+ 40 s	+ 50 s	02, 05 ...	9300
Sri Lanka	4s7b	+ 30 s	+ 40 s	+ 50 s	02, 05 ...	+ 10 s	8250
Südafrika	zs6dn	+ 40 s	+ 50 s	02, 05 ...	+ 10 s	+ 20 s	8780
Kenia	5z4b	+ 50 s	02, 05 ...	+ 10 s	+ 20 s	+ 30 s	6780
Israel	4x6tu	02, 05 ...	+ 10 s	+ 20 s	+ 30 s	+ 40 s	3100
Finnland	oh2b	+ 10 s	+ 20 s	+ 30 s	+ 40 s	+ 50 s	1570
Madeira	cs3b	+ 20 s	+ 30 s	+ 40 s	+ 50 s	00, 03 ...	2750
Argentinien	lu4aa	+ 30 s	+ 40 s	+ 50 s	00, 03 ...	+ 10 s	11 400
Peru	oa4b	+ 40 s	+ 50 s	00, 03 ...	+ 10 s	+ 20 s	10 600
Venezuela	yv5b	+ 50 s	00, 03 ...	+ 10 s	+ 20 s	+ 30 s	7950

## 4 Frequenzen

**Bake DK0WCY** sendet von Scheggerott aus (QTH JO44VQ) auf 10 144 MHz rund um die Uhr in CW, RTTY und PSK31 (siehe dk0wcy.de).

**5-Mhz-Baken** in der Nähe:

5195.0 kHz DRA5 (Scheggerott)  
5269.5 kHz VO1MRC  
5290.0 kHz GB3RAL (nr Didcot) / GB3WES (Cumbria) / GB3ORK (Orkney)

### 4.4.2 Ein-Buchstaben-Baken

 Dokument der Bandwacht: [iarums-r1.org/bandwacht/diverses/baken.pdf](http://iarums-r1.org/bandwacht/diverses/baken.pdf)

Auf einigen Frequenzen, unter anderem auf 7039 kHz, hat das Russische Militär Baken stationiert, die fortlaufend den selben Buchstaben im Morsecode senden. Über die Sendeleistung ist nichts bekannt, die Standorte hingegen konnten bestimmt werden.

Bekannte Frequenzen (nach dem Bandwacht-Dokument) sind in kHz: 3070, 3088, 3090, 3564, 3649, 3658, 3699, 4558, 5154, 7039, 8495, 10 872, 13 258, 13 528, 16 332, 17 016 und 20 048.

Buchstabe	Kyrillisch	Standort
c	ц	Москва (Moskau)
d	л	Одеса (Odessa; Ukraine)
f	ф	Владивосток (Wladiwostok)
k	к	Хабаровск (Chabarowsk)
l	л	Санкт-Петербург (Sankt Petersburg)
m	м	Магадан (Magadan)
o	о	Москва
p	п	Калининград (Kaliningrad)
r	я	Ижевск (Ischewsk)
s	с	Архангелск (Archangelsk)
u	у	Мурманск (Murmansk)
v	ж	Хива (Chiwa; Usbekistan)
ü	ю	Холмск (Kholmск)
z	з	?

### 4.4.3 Zeitzeichen-Frequenzen auf Kurzwelle

Eine aktuelle Liste ist unter Anderem unter Wikipedia:Zeitzeichensender und auf [smeter.net](http://smeter.net)<sup>4</sup> zu finden.

Da die meisten Zeitzeichensender von einem Standort aus gleich auf mehreren Frequenzen senden, kann man sich so einen Überblick über die Ausbreitungsbedingungen schaffen. In Europa ist RWM gut erreichbar.

<sup>4</sup><http://www.smeter.net/stations/hf-time-frequency.php>

Call	Frequenzen kHz	Power [kW]	Beschreibung
WWV	2500	2.5	Colorado, USA, vom NIST (National Institute of Standards and Technology). Zeitinformationen werden auch in Voice ausgegeben. <sup>5</sup>
	5000	10	
	10 000	10	
	15 000	10	
	20 000	2.5	
WWVH	2500	5	Hawaii, USA. (NIST; wie oben.) <sup>6</sup>
	5000	10	
	10 000	10	
	15 000	10	
CHU	3330	3	Ottawa, Kanada. Bis Ende 2008 wurde auf 7335 kHz statt 7850 kHz gesendet. <sup>7</sup>
	7850	10	
	14 670	3	
RWM	4996	5	Moskau, Russland. Ein Sendepan befindet sich auf der Englischen Wikipedia:RWM.
	9996	8	
	14996	8	
YVTO	5000	1	Venezuela. Nur Voice.

## 4.5 Verfahrensspezifische Frequenzen

### 4.5.1 QRP-Frequenzen

Auf diesen Frequenzen wird mit verringerter Leistung ( $\leq 5$  W) gesendet.

CW	SSB
1 810 kHz	1 843 kHz
3 560 kHz	3 690 kHz
7 030 kHz	7 060 kHz
10 106 kHz	—
14 060 kHz	14 285 kHz
18 106 kHz	18 130 kHz
21 060 kHz	21 285 kHz
24 906 kHz	24 950 kHz
28 060 kHz	28 360 kHz

<sup>5</sup>Siehe <http://www.nist.gov/pml/div688/grp40/wwv.cfm>

<sup>6</sup>Siehe <http://tf.nist.gov/timefreq/stations/wwvh.htm>

<sup>7</sup>Siehe [http://www.nrc-cnrc.gc.ca/eng/services/time/short\\_wave.html](http://www.nrc-cnrc.gc.ca/eng/services/time/short_wave.html)

## 4 Frequenzen

### 4.5.2 QRS-Frequenzen CW

Auf diesen Frequenzen (plus 5 kHz aufwärts) wird etwas langsamer gemorst. Sie sind speziell für Einsteiger sind sie empfehlenswert.

<b>QRS</b>
3555 kHz
7055 kHz
7155 kHz
14 055 kHz
21 055 kHz
28 055 kHz

### 4.5.3 Frequenzen für PSK

Die folgenden Frequenzen werden häufig für PSK verwendet und sind daher eine gute Wahl als Aufruffrequenz.

<b>Frequenz</b>	<b>Region</b>	<b>Frequenz</b>
1838 kHz		14 070 kHz
3580 kHz		18 100 kHz
7035 kHz	Region 1/3	21 080 kHz
7071 kHz	USA	24 920 kHz
7080 kHz	Region 2	28 070 kHz
10 142 kHz		28 120 kHz

### 4.5.4 SSTV- und FAX-Frequenzen

<b>Frequenz</b>
3730 kHz
7040 kHz
14 230 kHz
21 340 kHz
28 680 kHz

### 4.5.5 Pactor-Mailboxen

**HB9AK** bei JN47FE scannt die Frequenzen 7051.5, 10145.9, 14110.4 und 18115.9 kHz.

**HB9HAI** bei JN46VU scannt alle Frequenzen von 3.5 bis 28 MHz.

**HB9IAC** bei JN36DF scannt 3582–3586, 7038–7040, 10 142–10 146, 14 068–14 076, 21 072–21 083 und 28 087–28 103 kHz.

**HB9XQ** bei JN36PV scannt 3613, 7054 und 14 119 kHz.

**HB9MM** bei JN36EH scannt 3605.5, 7053.0, 10 145.0 und 14 109.2 kHz.

## 4.6 Spezielle Aktivitäten

### 4.6.1 Schweizer Amateurfunkaktivitäten

Siehe auch: <http://funkperlen.wordpress.com/2010/11/22/schweizer-runden/>

<b>HBT<sup>8</sup></b>	<b>Wochentag</b>	<b>Frequenz</b>	<b>Region, Mode</b>
20:15 Uhr	Letzter Sonntag im Monat	145.6625 MHz	Rheintal
10:30 Uhr	Sonntag	51.490 MHz	Schweiz; FM
10:45 Uhr	Sonntag	50.163 MHz	Schweiz; USB
24 h	Täglich	14.347 MHz	RARES (Russian Amateur Radio Emergency Service, RA3RES), Notruf-frequenz
08:00 Uhr	Werktags	14.335 MHz	Australienrunde
24 h	Täglich	14.292 MHz	RARES-Meetings; SSB/CW
12:30 Uhr	Werktags	14.317 MHz	Auslandsschweizer
23:00 Uhr	Sommer	14.172 MHz	Seeräuberrunde
22:00 Uhr	Winter	14.172 MHz	Seeräuberrunde
08:45 Uhr	Jeden 2. Sonntag	3775 MHz	USKA News
09:00 Uhr	Sonntag	3775 MHz	Schweizer-Runde
10:00 Uhr	Sonntag	3710 MHz	Flughafenrunde FHR
18:15 Uhr	Täglich	3747.5 MHz	Bernerrunde
20:30 Uhr	Sonntag	3695 MHz	Rheintal
24 h	Täglich	3637 MHz	Chaotentrunde
19:00 Uhr	Montag	3574 kHz	Morseübungssendung vom HTC, 40–140 BpM (8–28 wpm)
20:05 Uhr	Montag	1991 MHz	Montagsrunde, Zürich

<sup>8</sup>Abkürzung für HB Time, also Lokalzeit in der Schweiz

## 4.6.2 SOTA-Frequenzen

Berg-Aktivitäten (Funk von Berg zu Berg) finden auf folgenden SOTA-Vorzugsfrequenzen statt:

<b>CW</b>	28 060	24 906	21 060	18 096	14 060	10 106	7030	3560	kHz
<b>SSB</b>	28 365	24 950	21 285	18 130	14 285	—	7090	3690	kHz

## 4.6.3 IOTA-Frequenzen

Insel-Aktivitäten finden auf folgenden IOTA-Vorzugsfrequenzen statt:

<b>CW</b>	28 040	24 920	21 040	18 098	14 040	10 115	7030	3530	kHz
<b>SSB</b>	28 560	28 460	24 950	21 260	18 128	14 260	7055	3755	kHz

Diese Frequenzen müssen für Verbindungen zwischen Inseln freigehalten werden.

## 4.6.4 Flugfunk

Auf VHF/UHF werden für Flugfunk (AM!) folgende Frequenzen verwendet:

Frequenz		Verwendung	
118	— 137 MHz	zivil	
138	— 144 MHz	mil	
241.5	— 386 MHz	mil/ziv	

Flugfunk darf in der Schweiz mitgehört werden.

## 4.7 Funkdienste

### 4.7.1 Radio-Frequenzen auf Kurzwelle

Folgende Rundfunkbänder sind für Radiosender auf Kurzwelle vorgesehen:

Band	Frequenz
<b>49 m</b>	5950—6200 kHz
<b>41 m</b>	7100—7300 kHz
<b>31 m</b>	9500—9900 kHz
<b>25 m</b>	11 650—12 050 kHz
<b>19 m</b>	13 600—13 800 kHz
<b>16 m</b>	15 100—15 600 kHz
<b>13 m</b>	21 450—21 850 kHz
<b>11 m</b>	25 670—26 100 kHz

Die meisten Stationen senden jeweils nur zu bestimmten Tageszeiten. Ein Sendeplan ist zum Beispiel auf [www.fading.de](http://www.fading.de) zu finden.

### 4.7.2 Deutscher Wetterdienst

Der Deutsche Wetterdienst sendet Informationen zum Seewetter auf 4583, 7646 und 10 100.8 kHz (RTTY, F1B, 50 Bd, 450 Hz Shift, invertiert) und Wetterkarten auf 3855, 7880 und 13882.5 kHz (Faksimile, F1C). Über RTTY werden abwechslungsweise codierte Wetterdaten für Computerprogramme und Klartext gesendet.

### 4.7.3 Volmet-Frequenzen auf Kurzwelle

Auf VOLMET-Frequenzen werden meteorologische Informationen, die für Start/Landung auf Flugplätzen benötigt werden, übertragen.

<b>Gebiet</b>	<b>Frequenz</b>	<b>UTC</b>	<b>Station</b>	<b>Call</b>	<b>Land</b>
<b>Africa</b>	10 057 kHz	25, 55	Brazzville	TNL	CGO
<b>Europa</b>	3413 kHz	00, 30	Shannon	EIP	IRL
	5505 kHz	00, 30	Shannon	EIP	IRL
	8957 kHz	00, 30	Shannon	EIP	IRL
	1326 kHz	00, 30	Shannon	EIP	IRL
<b>North Atlantic</b>	3485 kHz	00, 30	New York	WSY70	USA
	6604 kHz	20, 50	Gander	VFG	CAN
	10 051 kHz				
	13 270 kHz				



# 5 Wellenausbreitung

Elektromagnetische Wellen breiten sich nicht überall gleich gut und auf die selbe Art und Weise aus. Die Frequenzwahl ist daher entscheidend für erfolgreiche Verbindungen.

Mit hohen Frequenzen kommt man grundsätzlich weiter als mit tiefen Frequenzen. Bei Nacht ist die  $\text{MUF} > 72$ , bedingt durch die dünnere F<sub>2</sub>-Schicht, geringer.

## 5.1 Die Ionosphäre

Die Ionosphäre ist für HF-Funk von grosser Bedeutung. An ihr werden elektromagnetische Wellen reflektiert und gedämpft, und weltweiter Empfang wird erst möglich. Sie verändert sich mit der Sonneneinstrahlung und dem elfjährigen Sonnenfleckenzyklus.

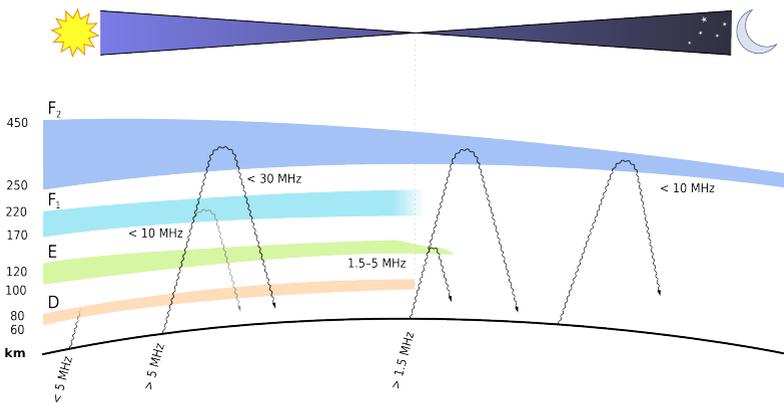


Abbildung 5.1: Aufbau der Ionosphäre und reflektierende Eigenschaften der Schichten

Insgesamt besteht die Ionosphäre aus drei Schichten, die D-, E- und F-Schichten genannt werden. Die D-Schicht dämpft, die E-Schicht reflektiert tiefere Frequenzen und die F-Schicht höhere. Bei Sonneneinstrahlung (d. h. am Tag) werden Moleküle in der Ionosphäre durch Röntgen- und EUV<sup>1</sup>-Strahlung ionisiert. Eine weitere Rolle spielt die Sonnenfleckenzahl, die sich 2007 in einem Minimum befand und alle 11 Jahre ein Maximum erreicht. Je mehr Sonnenflecken vorhanden sind, desto stärker wird die Ionosphäre bei Sonneneinstrahlung ionisiert. Der Einfluss der Sonnenflecken ist nicht zu vernachlässigen; so sind HF-Frequenzen

<sup>1</sup>EUV: Extreme ultraviolette Strahlung mit Wellenlängen von 14 bis 80 nm

ab etwa 20 MHz während eines Minimums nicht verwendbar, in einem Maximum jedoch können weltweite Verbindungen beinahe den ganzen Tag entstehen.

### 5.1.1 D-Schicht

Die unterste der ionisierten Schichten existiert nur am Tag und reflektiert keine Signale. Tiefe Frequenzen unter 5 MHz werden so stark gedämpft, dass das 80-m- und das 160-m-Band nicht mehr benutzbar ist, auf höhere Frequenzen hat es keine grossen Auswirkungen.

Nach Sonnenuntergang verschwindet die D-Schicht sehr schnell, da die Ionen aufgrund der hohen Konzentration schnell wieder rekombinieren.

Bei sehr starker Sonnenaktivität kann der sogenannte *Mögel-Dellinger-Effekt* auftreten. Dann ist die D-Schicht so stark ionisiert, dass das gesamte HF-Band für einige Minuten bis Stunden mehr oder weniger tot ist.

### 5.1.2 E-Schicht

Tagsüber dämpft die E-Schicht Frequenzen über 5 MHz, da die Ionenkonzentration für eine Reflexion zu gering ist. Tiefere Frequenzen werden reflektiert, müssen aber zuerst die D-Schicht passieren. Die Ionisierung befindet sich um die Mittagszeit in einem Maximum und verringert sich danach wieder langsam.

Nach Sonnenuntergang rekombiniert die E-Schicht innerhalb ungefähr einer Stunde nahezu vollständig. Innerhalb dieser Stunde kann sie für kurze Verbindungen über 500 km genutzt werden, da das 80-m- und 160-m-Band dann nicht mehr durch die D-Schicht gesperrt ist.

Im Sommer tritt manchmal manchmal die *Sporadische E-Schicht* ( $E_s$ ) auf. Es ist nicht klar, wie sie entsteht. An ihr wird sogar VHF reflektiert, was Überreichweiten und hohe Signalstärken ermöglicht. HF wird an einer tieferen Schicht als sonst reflektiert und erlaubt so Verbindungen über kürzere Distanzen von unter 500 km (*Short Skip*).

### 5.1.3 F-Schicht

Die F-Schicht ist die wichtigste für HF. Sie besteht am Tag aus zwei verschiedenen Schichten: Der  $F_1$ - und der  $F_2$ -Schicht. In der  $F_1$ -Schicht werden neue Ionen gebildet, die stärkste Ionenkonzentration befindet sich in der  $F_2$ -Schicht.

Da sich in der Region der  $F_2$ -Schicht nur noch wenige Gasmoleküle befinden, benötigen die Ionen sehr lange zur Rekombination. Sie besteht darum auch während der Nacht, die Stärke nimmt aber ab und somit auch die  $\text{MUF}$ :72.

## 5.2 Arten der Wellenausbreitung

### 5.2.1 Bodenwelle

Die Bodenwelle (*Ground Wave*) hat bei LF eine Reichweite von über 400 km<sup>2</sup>, bei HF reicht sie jedoch auf 80 m knapp 150, auf 10 m nur noch um die 30 Kilometer weit. Sie bewegt sich in der Troposphäre über dem Boden und wird hauptsächlich vom Boden gedämpft. Dabei wirken sich zum Beispiel dichte Vegetation (Wald), trockener Boden und stark bebaute Gebiete negativ auf die Reichweite aus, was aber zum Beispiel bei militärischen Einsätzen gewünscht sein kann. Gut leitende Untergründe wie Wasser führen zu grösseren Reichweiten.

<sup>2</sup>Bei gebirgigem Gelände etwa die Hälfte, bei Ozeanen u. ä. mehr als das Zweifache.

### 5.2.2 Raumwelle

Mit der Raumwelle (*Sky Wave*), die wie die Bodenwelle von jeder HF-Antenne erzeugt wird, ist es möglich, durch (Mehrfach-)Reflexionen an der Ionosphäre grössere Distanzen zu überbrücken. Pro Hop (Reflexion auf der Erde) können mehrere hundert Kilometer zurückgelegt werden, sogar bei Nacht noch über 500. Bei jeder Reflexion wird das Signal gedämpft.

Je flacher der Abstrahlwinkel der Antenne ist, desto höhere Frequenzen kann man verwenden und desto weiter kommt man mit einem Hop. Umgekehrt sollte für eine Nahverbindung eine tiefe Frequenz und ein steiler Abstrahlwinkel über 30° gewählt werden.

Für Verbindungen über weite Entfernungen eignen sich die Stunden um Sonnenauf- und -untergang am besten, da zu dieser Zeit die F-Schicht zwischen den Stationen gut aufgebaut ist. Beispiel: Bei Verbindungen in die USA gegen den Mittag wäre dort Nacht und die F-Schicht sehr dünn, so dass diese Frequenzen nicht reflektiert würden. Um Sonnenuntergang wird die F-Schicht hier langsam abgebaut, über dem Atlantik ist sie am stärksten, und in den USA wird sie gerade aufgebaut.

Die Raumwelle wird ab VHF zur Space Wave.

### 5.2.3 Space Wave

Die *Space Wave* tritt ab VHF aufwärts auf. Sie bewegt sich quasi-optisch, also ungefähr bis zum Horizont, da sie kaum gebeugt wird und dann im All verloren geht. Allerdings wird sie zum Beispiel an Bergen reflektiert und von Wäldern und Häusern gedämpft, wodurch ihre Reichweite um einiges eingeschränkt wird.

## 5.3 QRN – Störungen in der Atmosphäre

Vor allem unterhalb des 20-m-Bandes können atmosphärische Störungen eine solche Stärke erreichen, dass Gegenstationen trotz hoher Signalstärke nur noch schlecht hörbar sind. Im Sommer nimmt das QRN aufgrund häufigerer Blitzentladungen zu.

### 5.3.1 Blitze

Während der Entladung eines Blitzes entsteht ein elektromagnetischer Puls, da sich während einer kurzen Zeit extreme Spannungsänderungen vollziehen und gewaltige Ströme fließen. Solche Störungen lassen sich in sehr weiter Distanz noch messen. Mit speziellen Systemen ist es sogar möglich, die Blitze zu orten. So können ungefähr 95% der Blitze festgehalten werden.

Die von Blitzen erzeugten Signale werden *Spherics*, *Tweaks* oder *Whistler* genannt, je nachdem, wie weit sie «gereist» sind. Spherics erzeugen im Wasserfalldiagramm nur Striche, Tweaks leicht gebogene Striche und Whistler hinterlassen Kurven, da Frequenzen höherer Wellenlänge schneller sind und so früher ankommen. Tweaks und Whistler sind als Pfeifton hörbar, dessen Frequenz sich ändert. Bei Tweaks dauert dies ein paar Hundertstelskunden, Whistler wandern entlang des Erdmagnetfeldes und sind aufgrund der noch grösseren zurückgelegten Distanz länger hörbar – bis mehrere Sekunden lang. Spherics sind als kurzes Knacken hörbar.

Entladungen, die sich in der Nähe ereignen, erzeugen Störungen über das ganze Spektrum, hörbar in den unteren Bändern als starkes Knacken, in den oberen als kurz stark erhöhtes Rauschen.

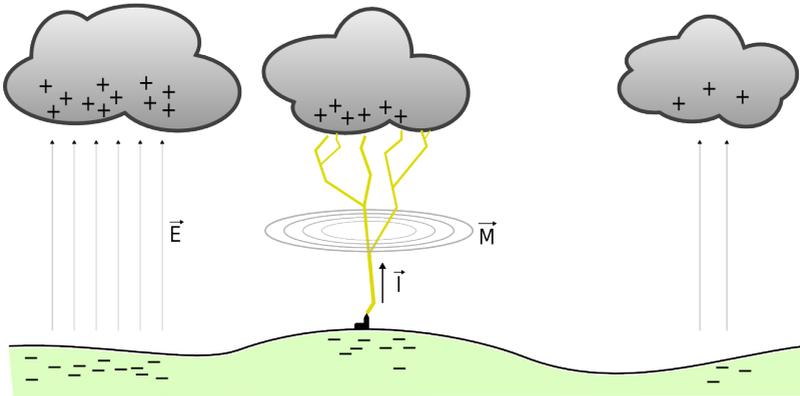


Abbildung 5.2: Entladung eines Blitzes: Bei einem Gewitter besteht durch den Ladungsunterschied zwischen Wolke und Erde ein elektrisches Feld. Bei einem Blitz fließen Elektronen (d. h. ein starker Strom) zur hier positiv geladenen Wolke, dadurch entsteht kurzfristig ein starkes magnetisches Feld.



Abbildung 5.3: Störung durch einen Blitz auf 21 MHz (Dauer des Ausschnittes: 2 Sekunden)

## 5.4 QRM – Von Menschen verursachte Störungen

QRM kann viele Ursachen haben. Auf Bändern mit hohem Funkverkehr können es ganz einfach andere Stationen sein, die so weit entfernt sind, dass sie nicht mehr verstanden, aber dennoch empfangen werden können und so den eigenen Funkverkehr stören.

Eine andere häufige Störungsursache sind elektrische Geräte wie Computer, die in der Nähe laufen.

## 6 Modulation

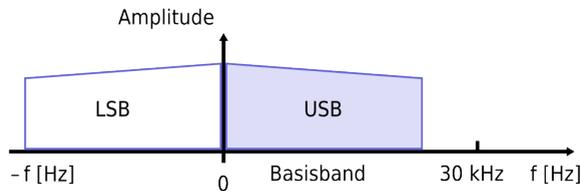
📖 «Modulationsverfahren zur Sprachübertragung» von Florian B. Wörter (PDF)

📖 Formeln zu AM, FM und PM: Formelsammlung

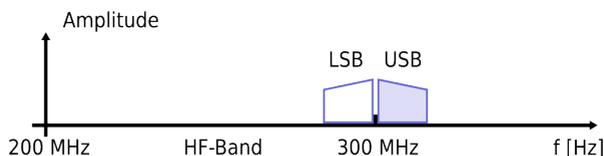
Um ein Signal über Funk zu übertragen, wird es moduliert. Dabei werden von einem Trägersignal Frequenz, Amplitude und/oder Phase durch das Nutzsignal verändert. Die verschiedenen Varianten haben dabei eigene Vor- und Nachteile.

Ganz am Anfang hat man grundsätzlich ein Signal im Basisband. Das kann sowohl ein Sprachsignal als auch ein digitales Signal sein, mit Frequenzen im Bereich zwischen 0 und 30 kHz (für Satelliten werden noch höhere verwendet, bei der Sprachübertragung geht man im Amateurfunk meist nur bis 3 kHz). In den folgenden Grafiken wird ein Sprachsignal amplitudenmoduliert.

Das Sprachsignal befindet sich zunächst im Basisband stellt das USB dar. Das LSB existiert noch nicht, da es negative Frequenzen in der Praxis nicht gibt.



Nun nimmt man eine hochfrequente Trägerschwingung zur Hilfe. Das Signal wird auf sie aufgeprägt (zum Beispiel amplitudenmoduliert), indem man gewisse Eigenschaften (je nachdem die Amplitude, Frequenz oder Phase) der Trägerschwingung proportional zum Signal verändert. So wird das Basisband in den gewünschten Hochfrequenzkanal verschoben.



## 6 Modulation

Während der Amplitudenmodulation wird noch das LSB erzeugt, und es entsteht das Doppelseitenband, das die zweifache NF-Bandbreite aufweist. Da das LSB eine Spiegelung ist, ist es jedoch unnötig und wird etwa bei SSB herausgefiltert.

Man unterscheidet zwischen analogen und digitalen Signalen. Digitale Signale sind zeitdiskret, es wird zwischen festgelegten Zuständen (wie 0/1) gewechselt. Analoge Signale sind zeitkontinuierlich.

### 6.1 Analoge Modulation

#### 6.1.1 AM

Bei der Amplitudenmodulation wird auf die Amplitude eingewirkt. Im Frequenzspektrum wird der Träger als Peak und die beiden Seitenbänder – die die selben Informationen enthalten – sichtbar. Auf dem Träger liegt der grösste Teil der Leistung. Der maximale Wirkungsgrad beträgt (bei einem Modulationsgrad von 1) 17 %.



Abbildung 6.1: Amplitudenmodulation, vereinfacht dargestellt. Das (verschobene) Signal ist schwarz, der Träger orange dargestellt.

Der Modulationsgrad eines AM-Signals ist definiert als das Verhältnis der Amplitude des Signals zur Amplitude des Trägers:

$$m = \frac{S_M}{S_T}$$

Ist der Modulationsgrad grösser als eins, wird das Signal übermoduliert und es treten Verzerrungen auf.

AM wird von den meisten Rundfunksendern im HF-Band verwendet.

Die meisten modernen Amateurfunkgeräte bieten immer noch die Amplitudenmodulation an. Die Aufbereitung der AM geschieht jedoch schon in den Vorstufen des Sendeteils, daher ist die Leistung in der Regel auf 25 % gegenüber LSB/USB reduziert, um die Endstufe nicht zu überlasten und auch die Linearität zu gewährleisten.

In «echten» AM-Sendern wurde die Modulation bei der Endstufe selbst vorgenommen, und diese konnte im C-Betrieb mit wesentlich grösserer Leistung arbeiten. Dieser scheinbare Vorteil ändert aber nichts an der schlechten Energieeffizienz von AM gegenüber SSB.

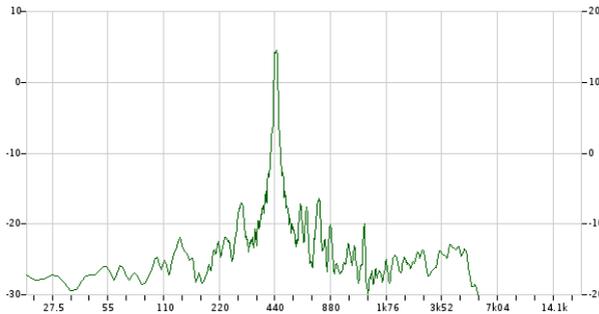


Abbildung 6.2: AM-Signal mit dem typischen Peak des Trägersignals

AM wird im Amateurfunk kaum noch verwendet. Es gibt noch einige AM-Runden im 80m-Band von OMs, die alte Geräte restaurieren und auch betreiben. Auch im 10m-Band bei 29 MHz sind meist amerikanische OMs in AM aktiv (dort spricht man von «Wintageradios»).

Im kommerziellen und auch militärischen Flugfunkverkehr im VHF- und UHF-Bereich wird nach wie vor AM verwendet. Der Grund dafür ist vor allem die Beibehaltung einer Kompatibilität mit älteren Ausrüstungen. Ein weiterer Grund ist die Gewährleistung der Verständlichkeit, wenn z. B. zwei Benutzer gleichzeitig sprechen; dies würde mit FM nicht so sein und könnte zu fatalen Missverständnissen führen. Auf Kurzwelle wird der Flugfunk in USB betrieben, allerdings in einem festen Kanalraster in kHz-Schritten.

Im CB-Funk wurde lange Zeit nur AM gesendet und das Kanalraster entsprechend in 10-kHz-Schritten ausgelegt. Heute wird da vorwiegend in FM im gleichen Kanalraster gearbeitet, oder aber auch in SSB mit Umschaltung LSB/USB. Im «illegalen» CB-Bereich oberhalb 27 405 kHz wird vorwiegend in USB mit 5-kHz-Raster gearbeitet.

## 6.1.2 FM

Bei der Frequenzmodulation wird auf die Frequenz eingewirkt. Hier wird die Frequenz selber moduliert, was das Signal relativ unanfällig gegenüber Störungen der Amplitude (wie kurze Signalstärkenschwankungen) macht. Mit FM werden die meisten heutigen Radiosendungen moduliert, wie auch Funk auf VHF/UHF.

Bei FM gewinnt immer das stärkere Signal, d. h. wenn zwei Stationen auf der selben Frequenz senden, hört man den schwächeren nicht. Bei ähnlicher Signalstärke stören sie sich gegenseitig, und man versteht gar nichts. Deshalb wird im Flugfunk auch immer noch AM verwendet.

Auf HF kann man mit modernen Transceivern zwar FM senden, was prinzipiell nach dem FMG auch erlaubt wäre. In den Bandplänen, die von den Amateuren selbst ausgearbeitet wurden, ist das jedoch nicht vorgesehen. Einzig im 10m-Band oberhalb etwa 29.5 MHz wird exklusiv in FM gearbeitet, und es gibt dort auch Relais-Stationen mit 100 kHz Abstand zwischen RX und TX (z. B. Relais hb9hd auf 29 660 kHz TX bzw. 29 560 kHz RX).

## 6 Modulation

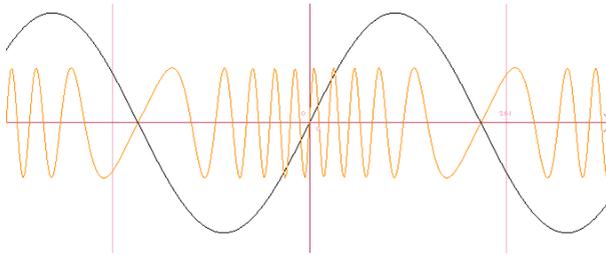


Abbildung 6.3: Vereinfachte Darstellung von Frequenzmodulation. Das Signal ist schwarz, der Träger orange dargestellt

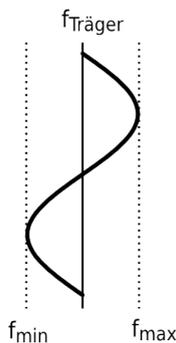


Abbildung 6.4: Sinusförmiges Signal, dieses Mal in der Wasserfalldarstellung. Hier wird die ursprüngliche Signalform wieder sichtbar.

### 6.1.3 SSB

Single Side Band; hier wird nur das untere (Lower Side Band, LSB) bzw. das obere Seitenband (Upper Side Band, USB) verwendet, was mit 2.7 kHz (**AF-Bandbreite:67**) weniger als der Hälfte der von AM benötigten Bandbreite entspricht. Da zudem auch der Träger herausgefiltert wird, benötigt man so nur einen Sechstel der Leistung, die für AM notwendig wäre.

Unterhalb von 10 MHz wird meist LSB verwendet, darüber USB.

SSB findet bevorzugt auf dem HF-Frequenzband Verwendung.

## 6.2 Digitale Modulation

Seit einigen Jahren wird auch für Sprechfunk vermehrt digitale Modulation (vor allem QPSK) erprobt und auch angewendet. Hier wird das analoge Sprachsignal abgetastet und so digital codiert. Danach steht ein digitaler Datenstrom zur Verfügung. Dies ermöglicht

auch weltweites Routing übers Internet. Es scheint, dass sich der D-Star-Standard von Icom diesbezüglich durchsetzt.

Heute dominieren sogenannte OFDM-Verfahren, wo innerhalb eines Kanals eine Vielzahl von PSK-, QPSK- oder QAM-modulierte Träger übertragen werden, auf denen dann die erforderlichen Biströme verteilt sind. Ein Beispiel ist DRM auf KW/MW-Rundfunk.

Die Vorteile sind eine klare Modulation wie in FM, eine relative Unempfindlichkeit gegen Verzerrungen durch die Ionosphäre und ein sauberes Spektrum. Es ist damit auch möglich, Standbilder oder grössere Datenmengen zu übertragen. Diese Verfahren werden durch einen PC oder von Standalone-Geräten (z. B. von AOR), die an die Mike- und NF-Buchsen angeschlossen werden, erzeugt und demoduliert.

### 6.2.1 ASK

Das *Amplitude Shift Keying* (Amplitudenumtastung) wird für digitale Übertragungen nur noch selten verwendet. Der Nachteil bei ASK ist die unsichere Übertragung bei schlechten Verhältnissen, da eine kleinere Amplitude und ein plötzlich schwächer ankommendes Signal schwer zu unterscheiden sind.

Die einfachste Art von ASK ist das *On-Off Keying* (OOK), das unter anderem von LF-Zeitzeichensendern wie HBG auf 75 kHz eingesetzt wird.

### 6.2.2 FSK, AFSK, MFSK

*Frequency Shift Keying* (Frequenzumtastung) ist «digitale» Frequenzmodulation. Bei FSK wird direkt die Frequenz des HF-Signals verändert, bei AFSK wird das Audiosignal umgetastet und auf HF aufmoduliert. In der Wasserfalldarstellung ergibt sich so ein Bild wie in Grafik 7.1 (RTTY-Wasserfall).

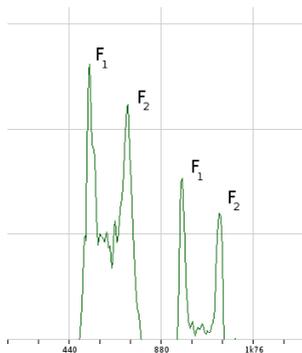


Abbildung 6.5: Zwei schmalbandige FSK-Signale, Spektrumanalyse

Bei MFSK (*Multiple Frequency Shift Keying*) wird zwischen mehreren verschiedenen Frequenzen umgetastet. MFSK wird zum Beispiel bei Olivia benutzt.

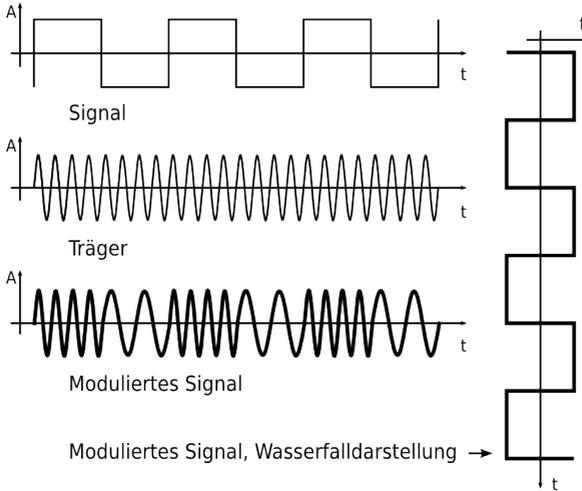


Abbildung 6.6: Modulation eines digitalen Signals (0 und 1). Die Amplitude wird im Wasserfalldiagramm wieder sichtbar.

### 6.2.3 PM

Bei der Phasenmodulation (*Phase Modulation*) wird auf die Phase eingewirkt. Eine vereinfachte Form ist das Binary Phase Shift Keying (BPSK), bei dem zwischen zwei Zuständen (0 und 1) gewechselt wird. Beim Wechsel wird die Phase um  $180^\circ$  gedreht, d. h. die Sinuskurve wird um eine halbe Schwingung ( $\pi$ ) verschoben. Phasenmodulation wird für analoge Übertragungen kaum eingesetzt, eignet sich für Digitales sehr gut.

Beim Phasenwechsel (in Grafik 6.7 um  $180^\circ$ ) entsteht während dem Phasenwechsel für kurze Zeit eine höhere Frequenz (und somit eine höhere Bandbreite), da die beiden Punkte verbunden werden müssen (1). Eine senkrechte Verbindung würde aber zu einer sehr hohen Frequenz führen (2). Möglich wäre zum Beispiel die Kurve 3, die sich durch den Widerstand von Kabel etc. (steigt mit höherer Frequenz) automatisch ergibt. Bei PSK31 wird das Signal beim Übergang zusätzlich noch abgeschwächt.

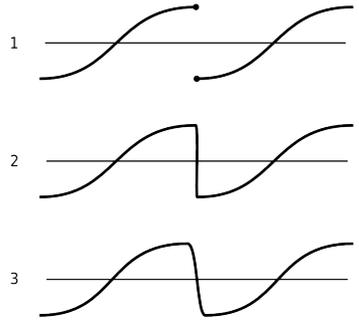


Abbildung 6.7: Phasenmodulation: Phasenwechsel um  $180^\circ$

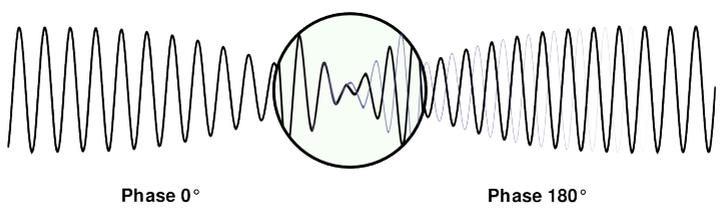


Abbildung 6.8: PSK: Die Phase wird um  $180^\circ$  gedreht



## 7 Übertragungsverfahren

Im vorherigen Kapitel über Modulation wurde beschrieben, auf welche Arten ein Signal über Funk übertragen werden kann. Dieses Kapitel beschreibt nun Methoden, wie man überhaupt zum Signal kommt. Anhand eines Beispiels: Das Signal **01101** könnte, mit FSK moduliert, so übertragen werden, dass auf zwei Frequenzen **a** und **b** in der Reihenfolge **abbab** gesendet wird. Mit PSK moduliert könnte der Phasenwinkel folgendermassen ändern:  $0^\circ-180^\circ-180^\circ-0^\circ-180^\circ$ . Was die Zeichenfolge **01101** aber bedeutet, wird erst eine Stufe höher, durch das Übertragungsverfahren, festgelegt.

Heute existieren hunderte verschiedener Übertragungserfahren. Hier ein kleiner Ausschnitt davon:

### 7.1 CW

CW (A1A) steht für *Continuous Wave* und wird im Amateurfunk als Synonym für Morsecode verwendet. Die Informationen werden nicht durch das Signal an sich, sondern durch Rhythmus und Pausen übertragen. Da nur ein Trägersignal verwendet wird, ist die Bandbreite mit etwa 300 Hz relativ gering. So sind DX-Verbindungen auf andere Kontinente bei guten Ausbreitungsbedingungen mit wenigen mW möglich.

Die häufiger verwendeten Zeichen sind kürzer, damit die Übertragung effizienter ausfällt. Daneben existieren viele internationale und lokale Abkürzungen.

*Angabe:* Frequenz

### 7.2 RTTY

Radio Teletype war vor PSK31 das am meisten verwendete digitale Übertragungsverfahren unter Amateurfunkern, da sie einfach zu Übermitteln und zu decodieren ist. Ein durch **FSK**, [Seite 49](#) bzw. AFSK bedingter Nachteil ist die Bandbreite von mehreren 100 Hz: Sie benötigt mehr Leistung und belegt einen grösseren Teil des Frequenzbandes als andere digitale Verfahren. Die Zeichen werden mit dem Baudot-Code codiert. Er wurde von Émile Baudot für ein Telegrafengerät entwickelt, das mit fünf Fingern bedient werden kann. Einzelne Zeichen haben immer eine Länge von 5 Bit, womit 32 verschiedene Zeichen möglich sind. Da dies für das Alphabet zu wenige sind, wird ein Umschaltcode verwendet, der zwischen der Buchstaben- und der Zahlentabelle wechselt. Geht dieser bei der Übertragung verloren, werden falsche Zeichen angezeigt. Es ist ausserdem möglich, mit invertierter Polarisation zu senden, dann sind Mark und Space vertauscht.

Im Amateurfunk verwendet man standardmässig eine Baudrate von 45.45 Bd und kleinen Shifts von etwa 180 Hz. Der Deutsche Wetterdienst sendet mit 50 Bd.

*Angaben:* Mittelfrequenz, Shift, Baudrate, Polarisation

#### 7.2.1 PSK31

## 7 Übertragungsverfahren

Dieses digitale Übertragungsverfahren existiert erst seit wenigen Jahren. Es wurde von Peter Martinez, g3plx, für den Amateurfunk entwickelt. Anders als andere moderne Übertragungsverfahren soll es keine fehlerfreie Übertragung garantieren, da man mit solchen Verfahren bei schlechten Verbindungsverhältnissen statt nur bruchstückhaftem Text schnell gar nichts mehr empfangen kann. In dieser Hinsicht ist PSK31 gut mit CW vergleichbar, da auch mit schwierigen Verhältnissen noch Verbindungen zustande gebracht werden können. Mit 50 wpm entspricht die Übertragungsgeschwindigkeit der durchschnittlichen Anschlagsrate bei der Tastatur.

Durch die sehr geringe Bandbreite (etwa 32 Hz, weniger als CW!), die der Übertragungsrate von 31.25 Bits/s entspricht, kann mit kleiner Leistung über weite Distanzen gesendet werden. Ermöglicht wird dies durch die Phasenmodulation.



Abbildung 7.1: RTTY-Wasserfall

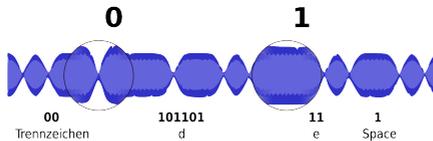


Abbildung 7.2: Ausschnitt eines PSK31-Datenstroms

Die Zeichen werden in Varicode, einer weiteren Entwicklung von g3plx, übermittelt. Sie haben, je nach Häufigkeit (in englischem Text), eine unterschiedliche Länge. Ein Wechsel zwischen zwei Phasen steht für eine 0, eine gleichbleibende Phase für eine 1. Zwei aufeinander folgende Nullen werden als Trennzeichen zwischen zwei Zeichen verwendet.

In Grafik 7.2 wird der Text «de» mit PSK31 übermittelt. Das d wird durch 101101 codiert, das e durch 11. Die folgende 1 ergibt einen Leerschlag.

Die Weiterentwicklung QPSK31 ermöglicht mit Quadratur-Phasenmodulation eine schnellere Übertragung. Das Signal wird dabei um ein Vielfaches von 90 Grad verschoben, was vier mögliche Zustände ergibt.

*Angabe: Frequenz*

### 7.2.2 Olivia

Ein neueres MFSK-Verfahren. Die Übertragung ist selbst dann noch möglich, wenn das Signal 10 dB unter dem Rauschpegel liegt. Je nach Anzahl Tönen (2 bis 256) beansprucht diese Übertragungsart eine Bandbreite von 125 bis 2000 Hz.

### 7.2.3 Pactor

Mit PACTOR, einer Weiterentwicklung der digitalen Betriebsart Amtor, ist es möglich, auch bei schlechten Verhältnissen fehlerfrei Daten zu übertragen, da dann zu robusteren

Übertragungsverfahren gewechselt wird. Ausserdem kann man auf Mailboxen zugreifen und so mobil Mails abrufen.

Version I überträgt 100–200 bits/s, PACTOR-IV bis 5512 bits/s ohne Kompression. Anders als das offene PACTOR sind PACTOR-II und höher allerdings proprietär, das heisst, die genaue Implementierung ist unbekannt, wodurch Modems nur durch den Entwickler SCS hergestellt werden können (und diese deshalb auch entsprechend teurer sind).

Die Daten werden bei PACTOR mittels **FSK**, Seite 49 übertragen, bei PACTOR-II und höher mit verschiedenen PSK-Varianten (siehe **PM**, Seite 50). Bevorzugte Baudraten sind 300 Bd auf HF, 1200 Bd auf VHF/UHF, 9600 Bd auf UHF.

*Angaben:* Frequenz, Baudrate

### 7.2.4 SSTV

Bei diesem etwas spezielleren computergestützten Verfahren (Slow Scan Television) werden Bilder ausgetauscht. Sie haben üblicherweise 256 Zeilen, dies kann jedoch zwischen den verschiedenen Formaten variieren.

*Angaben:* Frequenz, Format

### 7.2.5 DAB/DRM

DAB (Digital Audio Broadcasting) und DRM (Digital Radio Mondiale) sind Verfahren zur digitalen Übertragung von Daten (speziell Radiosendungen). Sie basieren beide – wie übrigens auch ADSL – auf OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplex*), also der gleichzeitigen Übertragung von mehreren hundert (bei DAB bis 1536) PSK-Strömen. Die Signale sind ungefähr 10 kHz breit bei DRM bzw. etwa 1.5 MHz bei DAB. Neben Ton können über verschiedene Dienste auch andere Daten übertragen werden. Das *MOT* (Multimedia Object Transfer Protocol) etwa ermöglicht die Verteilung von Dateien. So werden parallel zu Radiosendungen komplette Internetseiten mit News übertragen (BWS, Broadcast Webpage System). Per *DLS* (Dynamic Label Service) werden Informationen zur Laufenden Sendung (Name des Stücks, Interpret) übermittelt.

DRM wird auf HF eingesetzt, auf VHF/UHF verwendet man (noch) DAB. DRM+ (DRM für VHF/UHF) hätte hier jedoch einige Vorteile wie bessere Qualität und die Möglichkeit, einzelne Stationen auszusenden; so könnten kleinere Stationen ihre Sendemasten beibehalten.

Nachteilig ist bei Taschenradios der durch die Decodierung bedingte hohe Stromverbrauch.

### 7.2.6 Weitere Übertragungsverfahren

ATV (Amateur Television), Clover, DATV (Digital Amateur Television), FAX, G-TOR, Hell, JT65, MT63, Packet Radio, SITOR (Simplex Teleprinting Over Radio)



## 8 Antennen

 Kurzwellen-Drahtantennen Praktikum von Max Rüeegger, HB9ACC. Quelle: htc.ch

### 8.1 Dipol

Ein Dipol besteht grundsätzlich aus zwei gestreckten Antennendrähten, die zusammen die Länge  $\lambda/2$  (oder ein ganzzahliges Vielfaches davon) ergeben. Sie werden mittig mit hochfrequentem Wechselstrom gespeisen. Der Dipol kann auf der Grundfrequenz und auf ganzzahligen Vielfachen davon betrieben werden.

Neben dem offenen Dipol (Impedanz 50–75 Ohm) existieren noch weitere Varianten wie die *Inverted Vee*, die von einem Antennenmast auf beide Seiten heruntergespannt wird, und verschieden geformte Loops wie der breitbandigere Faltdipol oder der Quad Loop. Loops (*Schleifenantennen*) haben eine höhere Impedanz (240–300 Ohm) und werden aus einem  $\lambda$  langen Antennenkabel geformt.

Beim Loop gilt: Je grösser die von der Antenne überdeckte Fläche, desto besser.

### 8.2 Longwire

Einfache Kabel, die am Ende gespeisen werden (und nicht mittig wie der Dipol). Diese hochomigen Antennen benötigen eine Erdung als Gegengewicht und eine symmetrische Speiseleitung (zum Beispiel eine sogenannte Hühnerleiter).

### 8.3 Groundplane

Die Groundplane-Antenne besteht aus einem Strahler und einem Gegengewicht. Der vertikale Strahler wird in Längen von  $\lambda/2$ ,  $\lambda/4$  und  $\frac{5}{8}\lambda$  gebaut. Die  $\frac{5}{8}\lambda$  eignet sich aufgrund des flacheren Abstrahlwinkels gut für DX-Verbindungen, während die  $\lambda/4$  einen steilen Abstrahlwinkel aufweist.

Als Gegengewicht verwendet man sogenannte Radials (da sie radial von der Antenne weggehen) mit der Länge des Strahlers. Je nachdem werden sie in die Erde vergraben oder über dem Boden gespannt. Werden sie ungefähr einen Meter über dem Boden gehalten, kann der Gewinn unter Umständen um 3 S-Stufen steigen.

Die Impedanz beträgt 36 Ohm, kann aber mit den Radials verändert werden (etwa auf 50 Ohm).

Für mobile VHF/UHF-Antennen kann z. B. das Auto als Gegengewicht verwendet werden.

## 8.4 Logper

Da sie sich auf verschiedenen Bändern einsetzen lassen, wird die Logper-Antenne (auch LPDA, Logarithmic-Periodic Dipole Array, genannt) immer beliebter. Sie ist aus unterschiedlich grossen, gegengleich verdrahteten Dipolen aufgebaut. Beim Senden sucht sich jede Frequenz den passenden Dipol; das vordere Element wirkt als Direktor und das hintere als Reflektor. So sind immer ungefähr drei bis vier Elemente aktiv. Eine Logper ist somit aus der Sicht einer Frequenz eine Dreielement-Antenne und weist auch einen ähnlichen Gewinn auf.

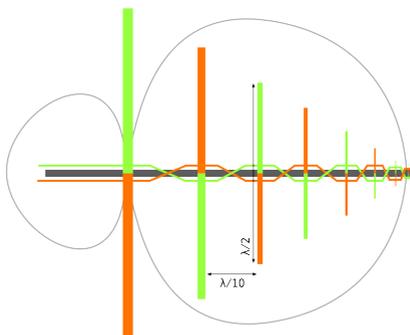


Abbildung 8.1: Aufbau, Stromverteilung und Abstrahlungsdiagramm einer Logper.

Für einen besseren Gewinn oder eine grössere Bandbreite muss die Logper länger sein. Aufgrund der Grösse wird sie im Amateurfunk praktisch nur für VHF/UHF eingesetzt, bei militärischen Einrichtungen sind auch Logper-Antennen für HF zu sehen.

## 8.5 Yagi

Yagis (eigentlich Yagi-Uda-Array; erfunden wurde sie vom Japaner Uda, Yagi übersetzte den Artikel nur zuerst nach Englisch) oder *Beams* werden vor allem im Bereich VHF/UHF verwendet. Sie sind eher schmalbandige Richtstrahlantennen und bestehen aus einem Strahler – ein einfacher Dipol –, einem Reflektor und aus mindestens einem Direktor. Die Direktoren, die in die gewünschte Abstrahlrichtung zeigen, sind etwa  $0.05 \lambda$  kürzer, der Reflektor auf der anderen Seite ungefähr  $0.05 \lambda$  länger. Ein dreielementiges Yagi hat einen Gewinn von etwa 5 dB, mit weiteren Elementen sind bis 20 dB erreichbar.

Auf älteren Hausdächern sieht man teilweise noch Yagis für den Fernsehempfang.

Mit Yagis kann man aufgrund der Richtwirkung in eine bestimmte Richtung besser senden und empfangen.

## 8.6 Magnetantenne

Anders als herkömmliche Antennen arbeitet die Magnetantenne mit dem magnetischen Anteil des elektromagnetischen Signals. Sie lässt sich mit Durchmessern um einen Meter

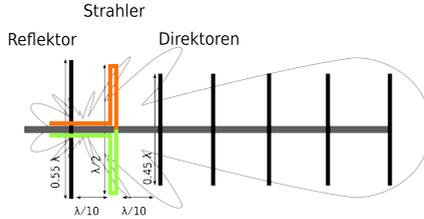


Abbildung 8.2: Aufbau, Stromverteilung und Strahlungsdiagramm einer Yagi.

sehr platzsparend bauen und eignet sich daher gut für dicht besiedelte Gebiete. Ein Nachteil ist jedoch, dass sie sehr schmalbandig ist und sogar bei Frequenzwechslern innerhalb eines Bandes nachgestellt werden muss.

Ab einem Umfang von mehr als  $\lambda/10$  spricht man wieder von einer elektromagnetischen Antenne, da der elektrische Teil dann wieder zunimmt.

## 8.7 Antennenkabel

### 8.7.1 Dämpfung

Dämpfung tritt sowohl im Kabel als auch bei Steckverbindungen auf. Der Verlust bei gecrimpten (geklemmten) Verbindungen ist etwas geringer als bei gelöteten.

### 8.7.2 Koaxialkabel

Koaxialkabel, oder kurz Koaxkabel, ist aufgebaut aus einem meist kupfernen Innenleiter, der von einem Aussenleiter umgeben ist; beide werden durch ein Dielektrikum getrennt. Der Wellenwiderstand der Leitung hängt vom Verhältnis der Leiterdurchmesser  $\frac{D}{d}$  und der Permittivität  $\epsilon_r$  des Dielektrikas ab.

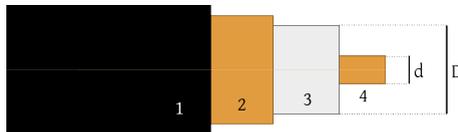


Abbildung 8.3: Aufbau von Koaxialkabel. **1:** Isolation. **2:** Aussenleiter (Abschirmung). **3:** Dielektrikum (Isolator). **4:** Innenleiter (Seele). *Simon A. Eugster, 2013. GFDL 1.3, cc-by-sa 3.0*

Auch die Ausbreitungsgeschwindigkeit im Koaxialkabel ist von  $\epsilon_r$  abhängig, sie beträgt:

$$v = \epsilon_r^{-\frac{1}{2}} c$$

Mit steigendem Aussendurchmesser  $D$  sinkt die Dämpfung.

## 8 Antennen

In der folgenden Tabelle ist zu häufigen Kabeltypen der Wellenwiderstand  $Z_W$  und der Verkürzungsfaktor  $k_v$  angegeben.

Kabeltyp	$Z_W$	$k_v$	Dämpfung pro 100 m	
			10 MHz	100 MHz
RG-8/U	50 $\Omega$		1.8 dB	6.7 dB
RG-58	50 $\Omega$	0.66	4.1 dB	15.0 dB
RG-59	75 $\Omega$	0.66	3.6 dB	11.2 dB
RG-213/U	50 $\Omega$	0.66	1.8 dB	6.7 dB

### 8.7.3 Bandleitung

Die Bandleitung (auch als *Hühnerleiter* bekannt) dient zum Anschluss von symmetrischen Antennen wie Dipolen und Yagis. Sie besteht aus zwei einfachen Leitern mit Durchmesser  $d$ , die durch ein Isolationsmaterial mit Permittivität  $\epsilon_r$  in einem konstanten Abstand  $a$  parallel zueinander geführt werden. Der Vorteil hiervon ist, dass bei symmetrischen Antennen keine Impedanzanpassung notwendig ist, falls die Funkstation symmetrische Kabel unterstützt. Beim Übergang von Koaxkabel zu Bandleitung wird ein Balun benötigt.

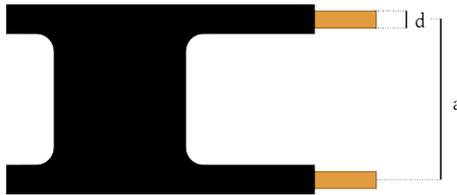


Abbildung 8.4: **d**: Leiterdurchmesser. **a**: Abstand.

Der Wellenwiderstand berechnet sich mit:

$$Z_W = \frac{120 \Omega}{\sqrt{\epsilon_r}} \operatorname{acosh}\left(\frac{a}{d}\right)$$

und ist häufig 450  $\Omega$  oder 600  $\Omega$ .

# 9 Rufzeichen

## 9.1 Schweizer Rufzeichen HBn und HEn

Rufzeichen	Verwendung
HB9	Normales Präfix für lizenzierte Amateurfunker in der Schweiz.
HB9x(x)	<i>Oldtimer</i> der 60er-Jahre (z. B. Rudolf Stuber mit HB9T) oder <i>Klubstationen</i> .
HB0	Amateurfunker aus Lichtenstein. (Internet: TLD .li, bei Autokennzeichen FL)
HB4	Station der Schweizer Armee.
HB3	Einsteigerlizenz
HB2	Dieses Präfix wurde 2000 und 2003 verwendet, als Kantone ihr 200-Jahre-Jubiläum feierten.
HB5	Nur wenige Stationen
HE7	Spezielles Präfix
HE9xxx	Rufzeichen für Zuhörer. Sie wurden von der PTT vergeben.

## 9.2 Rufzeichenbildung der verschiedenen Funkdienste nach ITU

### 9.2.1 Allgemein

Zur Bildung von Rufzeichen können die 26 Buchstaben des Alphabets und, in den nachstehend angegebenen Fällen, auch die Ziffern verwendet werden. Ausgenommen sind Buchstaben mit Akzent.

Die beiden ersten Zeichen oder, in bestimmten Fällen, das erste Zeichen eines Rufzeichens dienen bzw. dient der Kennzeichnung der Nationalität. Bei den mit B, F, G, I, K, M, N, R und W beginnenden Rufzeichen wird nur das erste Zeichen für die Kennzeichnung der Nationalität benötigt.

In der folgenden Tabelle gilt a: Buchstabe, 9: Zahl, x: Buchstabe oder Zahl.

Stationsart	Rufzeichen
Land-/Fixstationen	xxa, xxa9, xxa99, xxa999
Mobile Landstationen	xa9999, xxa9999, xxaa9999
Mobiler Seefunk	xxaa, xxaa9, xxaa99, xa999, xxa9999
Mobiler Flugfunk	xxxxa, xaaaa, x9999
Amateurfunk	xx9a, xx9xa, xx9xxa, xx9xxxxa, a9a, a9xa, a9xxa, a9xxxxa
Weltraumfunkdienste	xx99, xx999 (Ziffer nach Buchstabe darf nicht 0 oder 1 sein)

### 9.2.2 Flugfunk

Abgekürzte Rufzeichen werden durch das erste und die beiden letzten Zeichen des Rufzeichens gebildet. Beispiele:

- HB-IMJ abgekürzt: H-MJ
- HB-ISB abgekürzt: H-SB

Rufzeichen werden abgekürzt, sobald das Flugzeug bzw. der Helikopter von der Gegenstelle (zum Beispiel dem Tower) identifiziert ist.

Flugzeuge können auch nach der Fluggesellschaft benannt werden, mit nachfolgender Flugnummer. Abgekürzte Rufzeichen sind hier nicht zulässig. Beispiele:

- SWISS 100
- SPEEDBIRD 2342

Rettungsgerätefunkstellen von Flugzeugen bestehen aus dem vollständigen Rufzeichen des Flugzeuges (zivile Immatriculation) und nur einer Ziffer ausser 0 oder 1. Beispiel: HB-XAD 3

Bodenfunkstellen werden mit dem Namen des Flughafens oder der geografische Name des Ortes, dem nötigenfalls ein geeignetes Wort folgt, das den Zweck der Bodenfunkstelle angibt, bezeichnet. Beispiele:

- ZURICH TOWER
- ZURICH APPROACH

Der Dienst wird folgendermassen bezeichnet:

Name	Beschreibung
TOWER	Platzverkehrsleitung
GROUND	Bodenverkehrsleitung
RADIO	Bodenfunkstelle
APRON	Vorfeldkontrolle
RADAR	Radar (allgemein)
CONTROL	Bezirksverkehrsleitung (ohne Radar)

Name	Beschreibung
APPROACH	Anflugleitung (ohne Radar)
ARRIVAL	Anflugleitung (mit Radar)
PRECISION	Präzisionsanflugradar
DEPARTURE	Abflugleitung (mit Radar)
DELIVERY	ATC <sup>1</sup> -Freigaben
DELTA/TERMINAL	ATC-Freigaben CH (Lufträume D/C <sup>2</sup> )
INFORMATION	Fluginformationsdienst
AERODROME	Flugplatzinformationsdienst (AFIS)
DISPATCH	Flugdienstberatungsstelle
HOMER	Peilstelle

### 9.2.3 Genauere Zuordnung der Rufzeichen

In der Schweiz werden Rufzeichen heutzutage der Reihe nach vergeben, in einigen grösseren Ländern jedoch nach Region: So wird ersichtlich, wo der Funker die Lizenz bekommen hat. Dies ist beispielsweise in England, Russland und Kanada der Fall. In Russland gibt die Zahl die Region an und der Buchstabe danach das *Oblast* (Verwaltungsbezirk).<sup>3</sup>

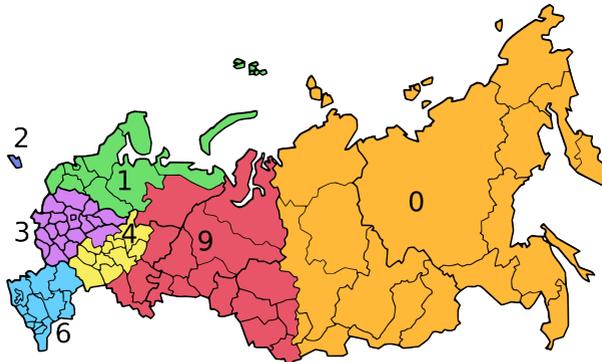


Abbildung 9.1: Grobe Einteilung der Amateurfunk-Rufzeichen in Russland. *Chris Rovulo, GFDL 1.2, cc-by-sa 3.0*

<sup>1</sup>Air Traffic Control, Flugverkehrsleitung

<sup>2</sup>Lufträume D und C dürfen ohne Bewilligung nicht betreten werden. Für den Luftraum C ist jeweils eine separate Bewilligung notwendig, auch wenn man sich bereits im Flugraum D befindet.

<sup>3</sup>Genauere Informationen dazu auf der Englischen Wikipedia: [Amateur\\_radio\\_call\\_signs\\_of\\_Russia](https://en.wikipedia.org/wiki/Amateur_radio_call_signs_of_Russia).

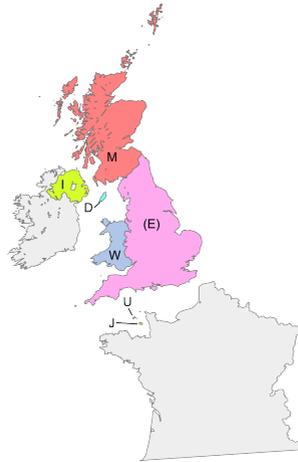


Abbildung 9.2: Amateur-Rufzeichen in den UK. *Adambro, PD*

### 9.3 Kurzbeschreibung der Funkdienste

**Fixed Service** Dienst zwischen zwei festgelegten fixen Bodenstationen

**Fixed—Satellite Service** Dienst zwischen Erdstation, wenn einer oder mehrere Satelliten benutzt werden

**Mobile Service** Dienst zwischen mobilen und Landstationen oder zwischen mobilen Stationen

**Mobile—Satellite Service** Dienst zwischen mobilen Erdstationen und einer oder mehreren Weltraumstationen oder zwischen Weltraumstationen

**Maritime Mobile Service** Ein mobiler Dienst zwischen Küstenstationen und Schiffstationen oder zwischen Schiffstationen

**Maritime Mobile—Satellite Service** Ein mobiler satellitengestützter Dienst, bei welchem sich mobile Erdstationen auf Schiffen befinden

**Port-Operations Service** Ein mobiler Seefunk-Dienst in einem oder in der Nähe eines Hafens, zwischen Küstenstationen und Schiffstationen oder zwischen Schiffstationen

**Aeronautical Mobile Service** Ein mobiler Dienst zwischen Flugbodenstationen und Luftfahrzeugen oder zwischen Luftfahrzeugen

**Broadcasting Service** Ein Dienst, bei welchem die Aussendungen für den direkten Empfang bei der Bevölkerung vorgesehen sind

**Radio Amateur Service** Amateurfunk, wird von privaten Personen als Hobby betrieben



## 10 Glossar

### AF

Audio Frequency, Töne im hörbaren Bereich. Auch NF (Niederfrequenz) genannt.

Im Amateurfunk werden oftmals nur Frequenzen von 300 bis 3000 Hz übertragen, da dies für die Verständigung ausreichend ist und nicht übermässig viel Platz im Spektrum verschwendet. Die Bandbreite beträgt für ein solches Sprachsignal auf SSB  $3000 \text{ Hz} - 300 \text{ Hz} = 2700 \text{ Hz}$ .

### AGC

Der *Automatic Gain Control* hält die AF auf einer bestimmten Stärke. Dies kann bei digitalen Übertragungsverfahren (RTTY, PSK) nützlich sein, da die Lautstärke konstant bleibt, bei CW ist er jedoch eher hinderlich, da während einer Sendepause das Rauschen gleich stark ist wie sonst das Signal.

### AM

Siehe ›[Amplitudenmodulation](#), Seite 46

### APRS

Automatic Position and Recording System – ein Zusammenspiel von GPS und Packet Radio.

144.800 MHz

### Bake

Baken (wie zum Beispiel die ›[NCDXF-Baken](#), Seite 33) senden immer auf einer bestimmten Frequenz. So kann man sich ein Bild der aktuellen Ausbreitungsbedingungen machen.

Software: BeaconSee

### Balun

Übergang von symmetrisch auf asymmetrisch (balanced – unbalanced). Beispiel: Übergang eines Dipols (symmetrisch) auf ein Koaxialkabel (asymmetrisch).

### Beam

Anderer Name für eine ›[Yagi-Antenne](#), Seite 58.

### Betriebsart

Die Betriebsart (also die Art, wie man Funkbetrieb macht) beinhaltet verschiedene Eigenschaften wie Verkehrsart (Simplex, Duplex, ...), Modulation (AM, FM, ...) und Übertragungsverfahren.

### BFO

Der *Beat Frequency Oscillator* generiert eine Trägerfrequenz, die bei Bedarf der ZF beigemischt wird. Beispielsweise wird dies bei CW oder SSB benötigt.

Im folgenden Beispiel wird ein CW-Signal dargestellt.

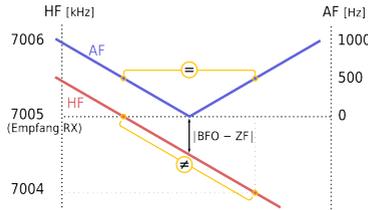


Abbildung 10.1: Grosse Bandbreite: Ein CW-Signal auf 7005 kHz hat die selbe NF-Tonhöhe wie ein Signal auf 7004 kHz.

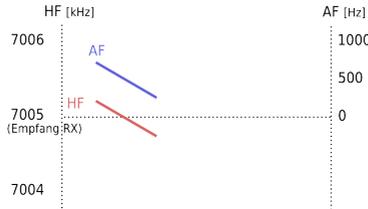


Abbildung 10.2: Bei einer Bandbreite von 0.5 kHz verschwindet dieses Problem.

$f_d = |f_{BFO} - f_{ZF}|$  lässt sich beim Empfänger meist direkt einstellen. Ein Signal, das direkt auf der Empfangsfrequenz liegt, wird dann mit dieser NF hörbar gemacht. Andernfalls wird der Abstand zur Eingangsfrequenz addiert oder subtrahiert:  $|f_d + (f_{Signal} - f_{RX})|$ .

Das ist auch der Grund, warum beim Scannen eines CW-Bandes die einen Signale höher, die andern tiefer werden. Beim Empfang eines breiten Spektrums haben zwei Signale, die  $2 \times f_d$  auseinander liegen, die selbe AF-Tonhöhe! Darum verschwinden einige Signale beim verringern der Bandbreite, da sie zwar die eingestellte  $f_d$ -Tonhöhe haben, aber um die zweifache  $f_d$ -Frequenz weiter unten liegen. Sobald die Bandbreite unter  $2 \times f_d$  liegt, hat man diese Probleme nicht mehr.

## Bodenwelle

Der Teil einer elektromagnetischen Welle, der sich über den Boden ausbreitet. Siehe [›Bodenwelle, Seite 42.](#)

## CB

Abkürzung für *Citizen Band*. Auf diesem HF-Band um 27 MHz kann, ähnlich wie bei PMR, ohne Lizenz gefunkt werden.

## CTCSS

CTCSS (*Continuous Tone Code Squelch System*) moduliert einen NF-Ton unter 300 Hz ([›Subaudio-Ton:76](#)) mit dem FM-Träger. CTCSS wird gerne von Relais benutzt, da damit ungewollte Aktivierungen, z. B. von Radars oder durch Nebenaussendungen anderer Stationen, verhindert werden können: Es öffnet nur, wenn der richtige Ton moduliert wird.

Insgesamt werden 50 verschiedene Töne von 67 bis 254.1 Hz verwendet.

## Dämpfung

Die Dämpfung bzw. Verstärkung (Kabel, Antenne, ...) wird in Dezibel (dB) angegeben. Für Koaxialkabel gilt der Wert jeweils für 100 m.

## DCS

DCS (Digital Code Squelch) funktioniert ähnlich wie [›CTCSS:69](#): Der Empfänger wird geöffnet, sobald das richtige Signal am HF-Eingang liegt. DCS arbeitet jedoch mit einem FSK-Stream im Subaudio-Bereich, mit dem Daten (bzw. bestimmte Codes) übertragen werden. Das System ist so weniger störanfällig.

## Dezibel

Es können sowohl relative Angaben zur Verstärkung bzw. Dämpfung als auch absolute bei Pegeln verwendet werden. dB-Werte sind addierbar, was die Errechnung des Gesamtgewinnes aus Antenne, Kabel- und Steckerverlust vereinfacht. Bei der Angabe von Leistungspegeln gilt:

$$a_{\text{dBm}} = 10 \cdot \log \frac{P}{P_{\text{ref}}}$$

Für Spannungspegel:

$$a_{\text{dB}\mu\text{V}} = 20 \cdot \log \frac{U}{U_{\text{ref}}}$$

Eine Verstärkung der Leistung um 3 dB bedeutet eine Leistungsverdoppelung. Zwei Antennen mit je 3 dB Gewinn erbringen zusammen einen Gewinn von  $3 + 3 = 6$  dB (also das Vierfache).

Nähere Beschreibung in der Formelsammlung.

## DTMF

DTMF (Dual Tone Multiple Frequency), auch MFV – Mehrfrequenzwahlverfahren – genannt, wird zum aktivieren von Relais und für die Auswahl von [›Echolink:69-Repeater](#)n verwendet. Die meisten EL-Relais verlangen zuerst einen \*, um EL zu aktivieren, bevor die Node-Nummer eingegeben wird. Die Raute (#) beendet die Verbindung wieder.

## Dipol

Ein Antennendraht der Länge  $\lambda/2$ . Siehe [›Dipol, Seite 57](#).

## Doppelsuper

Empfänger mit zwei Zwischenfrequenzen: Eine hohe erste ZF, die die Spiegelfrequenz unterdrückt, und eine zweite tiefe ZF, die eine gute Trennschärfe erlaubt.

## Echolink

 [www.echolink.org](http://www.echolink.org) – Webauftritt von Echolink

Mit Echolink lassen sich Funkverbindungen zwischen zwei Benutzern «übers Internet» erstellen. Auf das Echolink-System kann man entweder vom PC aus<sup>1</sup> (VoIP-ähnlich) oder über ein Relais, das Echolink (EL) unterstützt, zugreifen.

Sowohl Benutzer am PC als auch Relais bekommen eine ID zugewiesen. Zwischen zwei IDs kann eine Verbindung hergestellt werden; PC-Benutzer können so direkt angesprochen werden, auch über Funk.

Ein häufiger Verwendungszweck von Echolink ist die Erstellung einer Verbindung zwischen zwei Relais, die beliebig weit voneinander entfernt sein können, da Verbindungen zwischen zwei IDs digital übers Internet erfolgt.

### **Input**

Nummer	Verbindet mit dem gewählten Node
#	Unterbricht die aktive Verbindung
*	Stationsinfo, wenn nicht verbunden
0	Verbindet mit zufälliger Station jeden Typs
1	Verbindet mit zufälligem -L (Link) oder -R (Repeater)
2	Verbindet mit zufälligem Konferenzserver
3	Verbindet mit zufälligem Benutzer
06 Nr.	Statusinfo zur gewählten Nummer
8	Gibt die Rufzeichen der verbundenen Stationen aus
9	Wiederwahl zu zuletzt gewählter Station

## **FM**

Siehe [›Frequenzmodulation, Seite 47](#).

## **FRS**

Family Radio Service; Amerikanisches PMR.

## **Fuchsjagd**

Amateurfunkpeilen. Ähnlich wie bei einem OL müssen Sender, die auf einer bestimmten Frequenz senden, gefunden werden. Durch mehrere Peilungen können sie geortet und auf einer Karte eingetragen werden. (Siehe Formelsammlung.)

## **Ground wave**

Siehe [›Bodenwelle, Seite 42](#).

## **Histogramm**

Das Histogramm zeigt zu einem bestimmten Zeitpunkt die Frequenzanteile an. Beispiel: [›Histogramm eines AM-Signals, Seite 47](#). Auf der x-Achse liegt die Frequenz, auf der y-Achse die Signalstärke.

Siehe auch [›Spektrum:75](#).

<sup>1</sup>Software ist momentan nur für Windows erhältlich.

## Hochpass

Filter aus Kondensatoren und Spulen, das hohe Frequenzen passieren lässt. Wird auch eingesetzt, um den 50-Hz-Brumm der Steckdose zu entfernen.

## ITU

Die *International Telecommunication Union*, auf Deutsch Internationale Fernmeldeunion.

## Koax

Koaxialkabel (siehe »[Koaxialkabel](#), Seite 59) wird für die Übertragung der Signale zwischen Antenne und Empfänger verwendet. Die gebräuchlichsten Arten sind RG58 (5.8 mm Durchmesser) und RG213 (10.3 mm Durchmesser).

Für Amateurfunk verwendet man eigentlich nur 50-Ω-Kabel. 75-Ohmiges wird im Fernsehbereich eingesetzt. Bei höheren Frequenzen wird aufgrund des »[Skin-Effektes](#):75 dickeres Kabel (RG213) eingesetzt.

## Koax-Steckverbindungen

Häufige Steckverbindungen: BNC, N und UHF/PL. BNC findet man oft an RG58-Kabel, N wird eher für das dicke RG213 verwendet (VHF/UHF). PL-Stecker sind nur für Frequenzen bis ungefähr 200 MHz geeignet.

## Kyrillisch

Im kyrillischen Alphabet haben «unsere» Buchstaben eine andere Bedeutung. In folgender Tabelle jeweils links der kyrillische Buchstabe und rechts das lateinische Morsezeichen (die Morsezeichen sind in den Bakom-Vorschriften angegeben).

А а	а	К к	к	Х х	h
Б б	б	Л л	l	Ц ц	c
В в	w	М м	m	Ч ч	ö
Г г	g	Н н	n	Ш ш	ch
Д д	d	О о	o	Щ щ	q
Е е	e	П п	p	Ъ ъ	x
Ё ё	e	Р р	r	Ы ы	y
Ж ж	v	С с	s	Ь ь	x
З з	z	Т т	t	Э э	é
И и	i	У у	u	Ю ю	ü
Й й	j	Ф ф	f	Я я	ä

## LUF

Die Lowest Usable Frequency ist die tiefste Frequenz, die zwischen zwei Punkten genutzt werden kann. Sie ist von der Ionisierung der D- und E-Schicht und daher auch von der Tageszeit abhängig.

## Maidenhead-Locator

Im Amateurfunk wird für die Positionsangabe ein eigenes System verwendet. Die Welt wird in  $18 \times 18$  Grössfelder (*Fields*, A...R),  $10 \times 10$  Grossfelder (*Squares*, 0...9) und  $24 \times 24$  Kleinfelder (*Subsquares*, a...x) unterteilt, feinere Unterteilungen sind möglich. Das erste Zeichen gibt jeweils die Länge an, das zweite die Breite. Beispiel: JN47qh

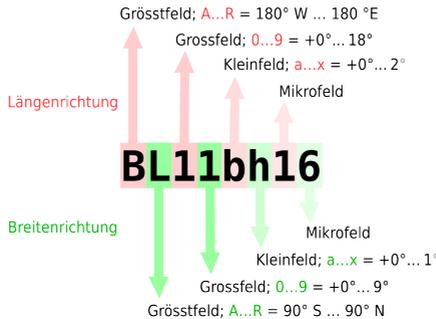


Abbildung 10.3: Aufbau des Maidenhead-Locators. *Oona, 2007; [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Maidenhead\\_QTH-Locator\\_erklärt.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Maidenhead_QTH-Locator_erklärt.svg). PD.*

## Modulationsindex

Verhältnis von Hubfrequenz zur maximalen Niederfrequenz

## MUF

Die Maximal Usable Frequency liegt wenig unter der höchsten Frequenz, die an der F-Schicht der Ionosphäre noch reflektiert wird. Tagsüber ist sie höher als bei Nacht. Ausserdem ist sie abhängig vom Abstrahlwinkel: Bei sehr guten Bedingungen und einem Abstrahlwinkel um  $0^\circ$  können Frequenzen von bis zu 70 MHz reflektiert werden.

Sonden, die die MUF messen, senden ein Signal zur Erde, das dann reflektiert wird. Da es senkrecht auf die Ionosphäre auftrifft, ist die so erhaltene MUF niedriger. Die  $0^\circ$ -MUF kann daraus hochgerechnet werden – für das  $F_2$ -Band beträgt sie das 2.5- bis 3.5-fache.

Für die Schweiz gibt der Bund Prognosen für die MUF heraus.<sup>2</sup>

## Netzeinströmung

Beim Senden kann es geschehen, dass ein Teil der Energie ins Stromnetz einströmt und so zu Störungen anderer Geräte führt. Dies kann verhindert werden, indem man das Stromkabel um einen Ferritring wickelt. Grundsätzlich gilt: Je mehr Windungen, desto besser, aber ein Viertel des Ferrites sollte frei bleiben.

## NF

Siehe [AF:67](#).

<sup>2</sup>Siehe [http://www.vtg.admin.ch/internet/vtg/de/home/dienstleistung/funk/aktuelle\\_prognosen.html](http://www.vtg.admin.ch/internet/vtg/de/home/dienstleistung/funk/aktuelle_prognosen.html)

## Notchfilter

Ein Notchfilter (Saugkreis) filtert eine HF-Frequenz heraus.

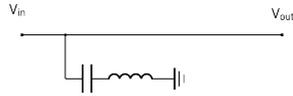


Abbildung 10.4: Einfacher Notchfilter: Serieschwingkreis

Nach dem selben Prinzip funktionieren einstellbare, schmalbandigere Notchfilter später im Empfänger. Dies ist vor allem nützlich, wenn eine andere Station stört.

Ein einfacher Notchfilter lässt sich mit einer Spule und einem Kondensator realisieren, die in Serie geschaltet und zwischen Antenne und Erde gehängt werden. Für den NF-Bereich wird anstelle einer Spule ein Widerstand eingebaut, da für tiefe Frequenzen eine grosse Induktivität notwendig wäre.

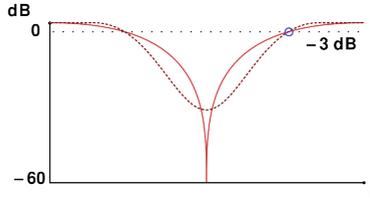


Abbildung 10.5: Dämpfungskurven: Notchfilter und (gestrichelt) Bandsperre

## Öffnungswinkel

Der Öffnungswinkel einer Antenne ist der Winkelabstand zwischen zwei Punkten, bei denen der Gewinn um 3 dB abgefallen ist. Ein Yagi hat einen kleineren Öffnungswinkel als ein Dipol.

## Ortung

Positionsbestimmung eines Signals durch zwei oder mehr [Peilungen:73](#).

## Peilung

Richtungsbestimmung eines Signals. Für [Fuchsjagden:70](#) wird dazu meist eine Loop verwendet, für HF werden stationäre Peiler mit mehreren GPs, in einem Kreis angeordnet, eingesetzt.

## Pile-up

Ein Effekt, der bei speziellen Stationen oder bei Contests auftritt, wenn mehrere Stationen mit einer bestimmten eine Verbindung herstellen möchten.

## PMR

PMR (*Private Mobile Radio*) bezeichnet den «Funk für Jedermann»: Hier darf ohne Amateurfunklizenz gefunkt werden. Auf den PMR-Geräten sind 8 verschiedene Kanäle verfügbar, auf denen mit FM und halbem Hub (für eine geringere Leistungsaufnahme und höhere Kanaldichte) gefunkt wird.

Auf den PMR-Frequenzen (446–446.1 MHz) dürfen alle geprüften PMR-Handfunkgeräte mit bis zu 500 mW senden. Amateurfunkgeräte sind normalerweise nicht für diese Kanäle geprüft und erlauben es darum im unmodifizierten Zustand auch nicht, dort zu funken.

## Polarisation

Bei Antennen unterscheidet man zwischen horizontaler und vertikaler Polarisation des elektrischen Feldes. Für einen optimalen Empfang sollte die Polarisation zweier Stationen übereinstimmen. Dipole sind grundsätzlich horizontal, GPs vertikal polarisiert.

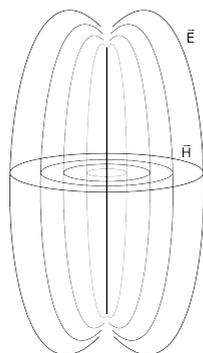


Abbildung 10.6: GP, vertikal polarisiert

## QRN

QRN entsteht durch atmosphärische Störungen wie Gewitter (Blitze sind auf dem gesamten Spektrum hörbar!) und kann den Funkverkehr erheblich beeinträchtigen. Andererseits kann genau dies zum Beispiel auch zum Zählen von Blitzen verwendet werden.

Nicht zu verwechseln mit QRM (*man-made noise*), Störungen, die etwa durch ein schlechtes Netzteil (Brummtön) oder diverse elektrische Geräte hervorgerufen werden können.

## Raumwelle

Elektromagnetische Wellen, die an der Ionosphäre reflektiert werden. Siehe »Raumwelle, Seite 43.

## Rauschsperr

Squelch

## Relaisstation

Ein Relais dient als Zwischenstation, vor allem auf VHF/UHF, und leitet Nachrichten weiter. Dies geschieht meist so, dass das Relais (zum Beispiel auf dem Schilthorn) auf einer Frequenz empfängt und dies um einige kHz versetzt gleich wieder aussendet; so sind auch Verbindungen über den Berg möglich.

## RG-58

Koaxialkabeltyp, der gerne für HF eingesetzt wird. Der Wellenwiderstand beträgt  $58 \Omega$  und der Verkürzungsfaktor 0.66.

## RIT

Das *Receiver Incremental Tuning* (auch *Clarifier* genannt) wird eingesetzt, wenn eine empfangene Station keinen stabilen Sender hat und sich dessen Frequenz langsam verändert (die von ihm empfangene Frequenz jedoch nicht!). Beim RIT wird nur die Eingangsfrequenz verstellt; so ist es möglich, auf der selben Frequenz zu senden, aber etwas daneben zu hören.

RIT wird oft auch von raren DX-peditionen gebraucht, welche nach dem CQ-Ruf z. B. «up 2» geben (das heisst, sie wollen, dass man sie 2 kHz weiter oben ruft, um das Pile-up besser in den Griff zu bekommen).

## Schwund

Wird von einem Signal mehr als eine Reflexion empfangen, führt das zu starken Schwankungen der Signalstärke.

## Sferics

Kommt von *atmospherics*. ›Blitze, Seite 43

## Signal-Rausch-Abstand

SNR. Siehe Formelsammlung.

## Skin-Effekt

Ein Leiter (zum Beispiel ein Kupferkabel) zeigt bei Gleichstrom eine gleichmässige Stromverteilung. Bei Wechselstrom werden die Elektronen aufgrund des Magnetfeldes, das durch die Mitte des Leiters geht, nach aussen verdrängt. So steigt der Widerstand etwa bei 10 MHz bereits um das 10-fache an (Kupferdraht,  $1 \text{ mm}^2$ ). Abhilfe schafft Litzendraht (mehrere feine Drähte haben leicht bessere Eigenschaften) oder, noch besser, ein dickerer Leiter.

## Sky wave

›Raumwelle, Seite 43

## Spektrogramm

Ein Spektrogramm zeigt den zeitlichen Verlauf des ›Histogramms:70. Die Signalstärke wird statt auf einer eigenen Achse mit der Farbe repräsentiert; so wird eine Achse frei für die Zeit.

Das Spektrogramm eignet sich gut dafür, sich eine Übersicht über ein breites Frequenzband zu verschaffen. So findet es speziell bei Programmen für digitale Übertragungsverfahren wie PSK31 Verwendung, da so einzelne PSK-Signale schnell erkannt werden können.

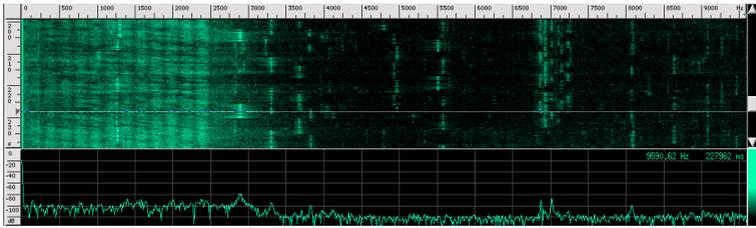


Abbildung 10.7: Spektrogramm auf 7 MHz, Breite 10 kHz. Es sind mehrere CW-Kanäle – und bei höherer Vergrößerung die einzelnen Zeichen – erkennbar. Darunter das Histogramm bei  $t = 228$  s. (Screenshot aus Baudline)

Berechnet wird das Spektrogramm mittels FFT (*Fast Fourier Transformation*). Frequenz und Zeit können dabei aufgrund der Unschärferelation nicht gleichzeitig exakt bestimmt werden.

## Sperrkreis

Der Sperrkreis (Parallelschwingkreis) hat eine andere Dämpfungskurve als der [Notchfilter:73](#). Sie werden oft zusammen verwendet.

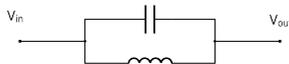


Abbildung 10.8: Schaltschema einer Bandsperre

## Squelch

Der Squelch (Rauschsperre) sperrt den NF-Verstärker, solange das Signal im ZF-Verstärker einen bestimmten, einstellbaren Wert nicht überschreitet. So ist der Empfang etwas angenehmer (speziell für FM), da bei Sendepausen kein Rauschen hörbar ist, und bei Handfunkgeräten wird die Betriebsdauer verlängert. Bei schwachen Signalen, die unter dem Rauschpegel liegen, funktioniert der Squelch nicht (bzw. sperrt immer).

Bei oft benutzten Relais kann man zudem mit einem [Subaudio-Ton:76](#) arbeiten, der am Gerät eingestellt wird. Der Empfänger verstärkt dann nur empfangene Ausstrahlungen, die diesen CTCSS-Ton enthalten (*Tone Squelch*). Die Frequenzen dieser «privaten» CTCSS-Töne werden untereinander ausgetauscht.

Die Rauschsperre findet vor allem bei FM Einsatz, da das Rauschen lauter als das Sprachsignal ist. Bei AM wird sie zum Sperren von Störungen verwendet.

## SSB

Single-Sideband, die eine Seite (ohne Träger) eines AM-Signals. (*USB* und *LSB* für *Upper/Lower Sideband*.) Siehe [SSB, Seite 48](#).

## Subaudio-Ton

Ein Ton, dessen Frequenz unterhalb der hörbaren Frequenzen ([›AF:67](#)) liegt. Er kann etwa zur Datenübertragung mitgesendet werden.

## SWR

Stehwellenverhältnis, auch VSWR für Vorwärts-SWR. Je höher das SWR, desto mehr Leistung wird von der Antenne zurückgeworfen und geht als Wärme verloren. Es wird berechnet, indem man die maximale durch die minimale Leistung teilt:

$$\text{SWR} = \frac{U_{\text{hin}} + U_{\text{rck}}}{U_{\text{hin}} - U_{\text{rck}}}$$

## Tiefpass

Wie ein Hochpass, lässt aber tiefe Frequenzen passieren. Siehe Formelsammlung.

## Tone Call

Auch *T-Call* genannt. Ein Ton mit einer Frequenz von 1750 Hz, der zum Aktivieren von Relais verwendet werden kann.

## Tote Zone

Die tote Zone ist ein Bereich zwischen dem Ende der Bodenwelle und dem ersten Auftreffen der reflektierten Raumwelle, in dem ein Signal nicht empfangen werden kann.

## Tuner

Ein Gerät, das die Ausgangsimpedanz des Senders an die Impedanz der Antenne anpasst, um so eine optimale Leistungsübertragung zu ermöglichen.

## Überlagerungsempfänger

Auch *Superhet* (für *Superheterodynempfänger*) genannt. In diesen Empfängern wird die Eingangsfrequenz zuerst mit dem (anpassbaren) Lokaloszillator (LO) auf eine fixe [›Zwischenfrequenz:78](#) gemischt – für HF meist 455 kHz oder 470 kHz, für VHF 10.7 MHz –, wo das Signal dann gefiltert werden kann. Der Vorteil ist, dass für die fixe Zwischenfrequenz fixe Schaltkreise für Verstärkung und Filterung gebaut und verwendet werden können.

Die Zwischenfrequenz beträgt  $f_{ZF} = |f_{LO} - f_e|$ . Da das Vorzeichen wegfällt, wird also ohne Eingangsfilter, wie in Grafik 10.9 dargestellt, auch der Teil des Spektrums, der auf der «anderen Seite» der Oszillatorfrequenz liegt, auf die Zwischenfrequenz abgebildet. Dieser Teil wird als Spiegelfrequenz bezeichnet. (Siehe auch [›BFO, Seite 67.](#))

## Übertragungsverfahren

Bezeichnet die Art, wie etwas übertragen wird. Als Beispiel: CW, SSTV, PSK31. Siehe [›Übertragungsverfahren, Seite 53](#) und [›Betriebsart:67.](#)

## UTC

*Universal Time Coordinated*, Weltzeit, ohne Sommer- und Winterzeit. Siehe [›UTC?, Seite 13.](#)

## Verkürzungsfaktor

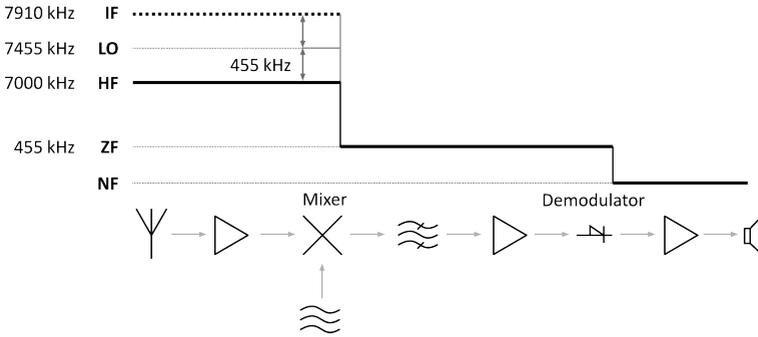


Abbildung 10.9: Blockschaltbild eines Überlagerungsempfängers.

Elektromagnetische Signale bewegen sich nur im luftleeren Raum mit Lichtgeschwindigkeit fort. In anderen Materialien (speziell Antennendraht und -Kabel) ist die Fortbewegungsgeschwindigkeit niedriger, daher muss zum Beispiel die Drahtlänge eines 80-m-Dipols um einen Meter verkürzt werden.

### Verstärkung

›Dämpfung:69

### Wasserfalldiagramm

Synonym für ›Spektrum:75.

### Whistler

Von Blitzen erzeugtes Störgeräusch; Siehe ›Blitze, Seite 43.

### Yagi

Eine ›Yagi, Seite 58 ist eine Richtantenne.

### Zwischenfrequenz

Die Zwischenfrequenz (ZF) ist der Abstand von der Oszillatorfrequenz (Lokaloszillator, LO) zur Eingangsfrequenz bzw. von der Oszillator- zur Spiegelfrequenz.

$$f_{ZF} = |f_{LO} - f_e|$$

Professionelle Geräte verwenden teils zwei Zwischenfrequenzen, siehe ›Doppelsuper:69.

# 11 Internetseiten

**ham.granjow.net** Die Seite zu diesem Behelf.

**USKA** Union Schweizerischer Kurzwellen-Amateure. Anlaufstelle für zukünftige Amateur-funker. [www.uska.ch](http://www.uska.ch)

**IARU** International Amateur Radio Union. [www.iaru.org](http://www.iaru.org)

**Wikipedia** <http://de.wikipedia.org>

**Bakom** [www.bakom.ch](http://www.bakom.ch)

**CEPT** [www.cept.org](http://www.cept.org)

**Weaksignals** Diverse Programme wie Spectran für den Amateurfunk. [www.weaksignals.com](http://www.weaksignals.com)

**PSKmail** <http://pskmail.wikispaces.com>



# 12 Programme

## 12.1 Linux

**Baudline** Sehr umfangreiche Spektrumanalyse mit vielen Anzeigen (wie Spektrum, Wasserfall, Durchschnitt) und Einstellungsmöglichkeiten wie ein Rauschfilter. Beispiel: [::Grafik 12](#), RTTY-Wasserfall.

**extcalc** Rechner, der auch zur grafischen Darstellung von Modulationen verwendet werden kann. Unterstützt Integral etc. Beispiel: [::Grafik 4](#) zur Amplitudenmodulation.

**FFTE Explorer** Spektrumanalyse mit der Möglichkeit, gewisse Signale zu generieren und zu modulieren (AM/FM). [www.arachnoid.com](http://www.arachnoid.com)

Auf der Seite sind ausserdem weitere interessante Programme zu finden wie eines zum lokalisieren von Satelliten oder zum generieren von Tönen.

**japa** (JACK and ALSA Perceptual Analyser) Spektrumanalyse (z. B. [::Grafik 5](#), AM-Signal mit dem typischen Peak des Trägersignals). [www.kokkinizita.net/linuxaudio/](http://www.kokkinizita.net/linuxaudio/)

**jaaa** (JACK and ALSA Audio Analyser) Ähnlich wie japa, selber Link.

**Audacity** Audio-Editor. Auch für Mac und Windows verfügbar. Beispiel: [::Grafik 13](#), Ausschnitt eines PSK31-Datenstroms. [www.audacity.de](http://www.audacity.de)

## 12.2 Windows

Die folgenden Programme laufen mit Wine auch unter Linux.

**SpecLab 2000** Wasserfall- und andere Diagramme, Analysemöglichkeiten

**4nec2** Antennensimulationsprogramm. <http://home.ict.nl/~arivoors/>

**Great Circular Maps** Projiziert ein Maidenhead-Locator-Netz auf die Erdkugel. <http://hem.passagen.se/sm3gsj/gcm/download.htm>



## 13 Bildnachweis

ANJA BALLSCHMIETER [Deutschland]: Amateurfunk-Logo auf der Titelseite

OONA [Finnland]: Grafik 21

SIMON A. EUGSTER: Restliche Grafiken. Die Zeichnungen wurden mit dem freien Vektorgrafikprogramm Inkscape erstellt. [www.inkscape.org](http://www.inkscape.org)



## 14 Notizen



# GNU Free Documentation License

Version 1.3, 3 November 2008  
Copyright © 2000, 2001, 2002, 2007, 2008 Free  
Software Foundation, Inc.

<<http://fsf.org/>>

Everyone is permitted to copy and distribute  
verbatim copies of this license document, but  
changing it is not allowed.

## Preamble

The purpose of this License is to make a manual, textbook, or other functional and useful document “free” in the sense of freedom: to assure everyone the effective freedom to copy and redistribute it, with or without modifying it, either commercially or noncommercially. Secondly, this License preserves for the author and publisher a way to get credit for their work, while not being considered responsible for modifications made by others.

This License is a kind of “copyleft”, which means that derivative works of the document must themselves be free in the same sense. It complements the GNU General Public License, which is a copyleft license designed for free software.

We have designed this License in order to use it for manuals for free software, because free software needs free documentation: a free program should come with manuals providing the same freedoms that the software does. But this License is not limited to software manuals; it can be used for any textual work, regardless of subject matter or whether it is published as a printed book. We recommend this License principally for works whose purpose is instruction or reference.

## 1. APPLICABILITY AND DEFINITIONS

This License applies to any manual or other work, in any medium, that contains a notice placed by the copyright holder saying it can be distributed under the terms of this License. Such a notice grants a world-wide, royalty-free license, unlimited in duration, to use that work under the conditions stated herein. The “**Document**”, below, refers to any such manual or work. Any member of the public is a licensee, and is addressed as “**you**”. You accept the license if you copy, modify or distribute the work in a way requiring permission under copyright law.

A “**Modified Version**” of the Document means any work containing the Document or a portion of it, either copied verbatim, or with modifications and/or translated into another language.

A “**Secondary Section**” is a named appendix or a front-matter section of the Document that deals exclusively with the relationship of the publishers or authors of the Document to the Document’s overall subject (or to related matters) and contains nothing that could fall

directly within that overall subject. (Thus, if the Document is in part a textbook of mathematics, a Secondary Section may not explain any mathematics.) The relationship could be a matter of historical connection with the subject or with related matters, or of legal, commercial, philosophical, ethical or political position regarding them.

The “**Invariant Sections**” are certain Secondary Sections whose titles are designated, as being those of Invariant Sections, in the notice that says that the Document is released under this License. If a section does not fit the above definition of Secondary then it is not allowed to be designated as Invariant. The Document may contain zero Invariant Sections. If the Document does not identify any Invariant Sections then there are none.

The “**Cover Texts**” are certain short passages of text that are listed, as Front-Cover Texts or Back-Cover Texts, in the notice that says that the Document is released under this License. A Front-Cover Text may be at most 5 words, and a Back-Cover Text may be at most 25 words.

A “**Transparent**” copy of the Document means a machine-readable copy, represented in a format whose specification is available to the general public, that is suitable for revising the document straightforwardly with generic text editors or (for images composed of pixels) generic paint programs or (for drawings) some widely available drawing editor, and that is suitable for input to text formatters or for automatic translation to a variety of formats suitable for input to text formatters. A copy made in an otherwise Transparent file format whose markup, or absence of markup, has been arranged to thwart or discourage subsequent modification by readers is not Transparent. An image format is not Transparent if used for any substantial amount of text. A copy that is not “Transparent” is called “**Opaque**”.

Examples of suitable formats for Transparent copies include plain ASCII without markup, Texinfo input format, LaTeX input format, SGML or XML using a publicly available DTD, and standard-conforming simple HTML, PostScript or PDF designed for human modification. Examples of transparent image formats include PNG, XCF and JPG. Opaque formats include proprietary formats that can be read and edited only by proprietary word processors, SGML or XML for which the DTD and/or processing tools are not generally available, and the machine-generated HTML, PostScript or PDF produced by some word processors for output purposes only.

The “**Title Page**” means, for a printed book, the title page itself, plus such following pages as are needed to hold, legibly, the material this License requires to appear in the title page. For works in formats which do not have any title page as such, “Title Page” means the text near the most prominent appearance of the work’s title, preceding the beginning of the body of the text.

The “**publisher**” means any person or entity that distributes copies of the Document to the public.

A section “**Entitled XYZ**” means a named subunit of the Document whose title either is precisely XYZ

## 14 Notizen

or contains XYZ in parentheses following text that translates XYZ in another language. (Here XYZ stands for a specific section name mentioned below, such as "Acknowledgements", "Dedications", "Endorsements", or "History".) To "Preserve the Title" of such a section when you modify the Document means that it remains a section "Entitled XYZ" according to this definition.

The Document may include Warranty Disclaimers next to the notice which states that this License applies to the Document. These Warranty Disclaimers are considered to be included by reference in this License, but only as regards disclaiming warranties; any other implication that these Warranty Disclaimers may have is void and has no effect on the meaning of this License.

### 2. VERBATIM COPYING

You may copy and distribute the Document in any medium, either commercially or noncommercially, provided that this License, the copyright notices, and the license notice saying this License applies to the Document are reproduced in all copies, and that you add no other conditions whatsoever to those of this License. You may not use technical measures to obstruct or control the reading or further copying of the copies you make or distribute. However, you may accept compensation in exchange for copies. If you distribute a large enough number of copies you must also follow the conditions in section 3.

You may also lend copies, under the same conditions stated above, and you may publicly display copies.

### 3. COPYING IN QUANTITY

If you publish printed copies (or copies in media that commonly have printed covers) of the Document, numbering more than 100, and the Document's license notice requires Cover Texts, you must enclose the copies in covers that carry, clearly and legibly, all these Cover Texts: Front-Cover Texts on the front cover, and Back-Cover Texts on the back cover. Both covers must also clearly and legibly identify you as the publisher of these copies. The front cover must present the full title with all words of the title equally prominent and visible. You may add other material on the covers in addition. Copying with changes limited to the covers, as long as they preserve the title of the Document and satisfy these conditions, can be treated as verbatim copying in other respects.

If the required texts for either cover are too voluminous to fit legibly, you should put the first ones listed (as many as fit reasonably) on the actual cover, and continue the rest onto adjacent pages.

If you publish or distribute Opaque copies of the Document numbering more than 100, you must either include a machine-readable Transparent copy along with each Opaque copy, or state in or with each Opaque copy a computer-network location from which the general network-using public has access to download using public-standard network protocols a complete Transparent copy of the Document, free of added material. If you use the latter option, you must take reasonably prudent steps, when you begin distribution of Opaque copies in quantity, to ensure that this Transparent copy will remain thus accessible at the stated location until at least one year after the last time you distribute an Opaque copy (directly or through your agents or retailers) of that edition to the public.

It is requested, but not required, that you contact the authors of the Document well before redistributing any large number of copies, to give them a chance to provide you with an updated version of the Document.

### 4. MODIFICATIONS

You may copy and distribute a Modified Version of the Document under the conditions of sections 2 and 3 above, provided that you release the Modified Version under precisely this License, with the Modified Version filling the role of the Document, thus licensing distribution and modification of the Modified Version to whoever possesses a copy of it. In addition, you must do these things in the Modified Version:

- A. Use in the Title Page (and on the covers, if any) a title distinct from that of the Document, and from those of previous versions (which should, if there were any, be listed in the History section of the Document). You may use the same title as a previous version if the original publisher of that version gives permission.
- B. List on the Title Page, as authors, one or more persons or entities responsible for authorship of the modifications in the Modified Version, together with at least five of the principal authors of the Document (all of its principal authors, if it has fewer than five), unless they release you from this requirement.
- C. State on the Title page the name of the publisher of the Modified Version, as the publisher.
- D. Preserve all the copyright notices of the Document.
- E. Add an appropriate copyright notice for your modifications adjacent to the other copyright notices.
- F. Include, immediately after the copyright notices, a license notice giving the public permission to use the Modified Version under the terms of this License, in the form shown in the Addendum below.
- G. Preserve in that license notice the full lists of Invariant Sections and required Cover Texts given in the Document's license notice.
- H. Include an unaltered copy of this License.
- I. Preserve the section Entitled "History", Preserve its Title, and add to it an item stating at least the title, year, new authors, and publisher of the Modified Version as given on the Title Page. If there is no section Entitled "History" in the Document, create one stating the title, year, authors, and publisher of the Document as given on its Title Page, then add an item describing the Modified Version as stated in the previous sentence.
- J. Preserve the network location, if any, given in the Document for public access to a Transparent copy of the Document, and likewise the network locations given in the Document for previous versions it was based on. These may be placed in the "History" section. You may omit a network location for a work that was published at least four years before the Document itself, or if the original publisher of the version it refers to gives permission.
- K. For any section Entitled "Acknowledgements" or "Dedications", Preserve the Title of the section, and preserve in the section all the substance and tone of each of the contributor acknowledgements and/or dedications given therein.

- L. Preserve all the Invariant Sections of the Document, unaltered in their text and in their titles. Section numbers or the equivalent are not considered part of the section titles.
- M. Delete any section Entitled "Endorsements". Such a section may not be included in the Modified Version.
- N. Do not retitle any existing section to be Entitled "Endorsements" or to conflict in title with any Invariant Section.
- O. Preserve any Warranty Disclaimers.

If the Modified Version includes new front-matter sections or appendices that qualify as Secondary Sections and contain no material copied from the Document, you may at your option designate some or all of these sections as invariant. To do this, add their titles to the list of Invariant Sections in the Modified Version's license notice. These titles must be distinct from any other section titles.

You may add a section Entitled "Endorsements", provided it contains nothing but endorsements of your Modified Version by various parties—for example, statements of peer review or that the text has been approved by an organization as the authoritative definition of a standard.

You may add a passage of up to five words as a Front-Cover Text, and a passage of up to 25 words as a Back-Cover Text, to the end of the list of Cover Texts in the Modified Version. Only one passage of Front-Cover Text and one of Back-Cover Text may be added by (or through arrangements made by) any one entity. If the Document already includes a cover text for the same cover, previously added by you or by arrangement made by the same entity you are acting on behalf of, you may not add another; but you may replace the old one, on explicit permission from the previous publisher that added the old one.

The author(s) and publisher(s) of the Document do not by this License give permission to use their names for publicity or to assert or imply endorsement of any Modified Version.

## 5. COMBINING DOCUMENTS

You may combine the Document with other documents released under this License, under the terms defined in section 4 above for modified versions, provided that you include in the combination all of the Invariant Sections of all of the original documents, unmodified, and list them all as Invariant Sections of your combined work in its license notice, and that you preserve all their Warranty Disclaimers.

The combined work need only contain one copy of this License, and multiple identical Invariant Sections may be replaced with a single copy. If there are multiple Invariant Sections with the same name but different contents, make the title of each such section unique by adding at the end of it, in parentheses, the name of the original author or publisher of that section if known, or else a unique number. Make the same adjustment to the section titles in the list of Invariant Sections in the license notice of the combined work.

In the combination, you must combine any sections Entitled "History" in the various original documents, forming one section Entitled "History"; likewise combine any sections Entitled "Acknowledgements", and any sections Entitled "Dedications". You must delete all sections Entitled "Endorsements".

## 6. COLLECTIONS OF DOCUMENTS

You may make a collection consisting of the Document and other documents released under this License, and replace the individual copies of this License in the various documents with a single copy that is included in the collection, provided that you follow the rules of this License for verbatim copying of each of the documents in all other respects.

You may extract a single document from such a collection, and distribute it individually under this License, provided you insert a copy of this License into the extracted document, and follow this License in all other respects regarding verbatim copying of that document.

## 7. AGGREGATION WITH INDEPENDENT WORKS

A compilation of the Document or its derivatives with other separate and independent documents or works, in or on a volume of a storage or distribution medium, is called an "aggregate" if the copyright resulting from the compilation is not used to limit the legal rights of the compilation's users beyond what the individual works permit. When the Document is included in an aggregate, this License does not apply to the other works in the aggregate which are not themselves derivative works of the Document.

If the Cover Text requirement of section 3 is applicable to these copies of the Document, then if the Document is less than one half of the entire aggregate, the Document's Cover Texts may be placed on covers that bracket the Document within the aggregate, or the electronic equivalent of covers if the Document is in electronic form. Otherwise they must appear on printed covers that bracket the whole aggregate.

## 8. TRANSLATION

Translation is considered a kind of modification, so you may distribute translations of the Document under the terms of section 4. Replacing Invariant Sections with translations requires special permission from their copyright holders, but you may include translations of some or all Invariant Sections in addition to the original versions of these Invariant Sections. You may include a translation of this License, and all the license notices in the Document, and any Warranty Disclaimers, provided that you also include the original English version of this License and the original versions of those notices and disclaimers. In case of a disagreement between the translation and the original version of this License or a notice or disclaimer, the original version will prevail.

If a section in the Document is Entitled "Acknowledgements", "Dedications", or "History", the requirement (section 4) to Preserve its Title (section 1) will typically require changing the actual title.

## 9. TERMINATION

You may not copy, modify, sublicense, or distribute the Document except as expressly provided under this License. Any attempt otherwise to copy, modify, sublicense, or distribute it is void, and will automatically terminate your rights under this License.

However, if you cease all violation of this License, then your license from a particular copyright holder is reinstated (a) provisionally, unless and until the copyright holder explicitly and finally terminates your license, and (b) permanently, if the copyright holder fails to notify you of the violation by some reasonable means prior to 60 days after the cessation.

Moreover, your license from a particular copyright holder is reinstated permanently if the copyright holder notifies you of the violation by some reasonable means, this is the first time you have received notice of violation of this License (for any work) from that

copyright holder, and you cure the violation prior to 30 days after your receipt of the notice.

Termination of your rights under this section does not terminate the licenses of parties who have received copies or rights from you under this License. If your rights have been terminated and not permanently reinstated, receipt of a copy of some or all of the same material does not give you any rights to use it.

## 10. FUTURE REVISIONS OF THIS LICENSE

The Free Software Foundation may publish new, revised versions of the GNU Free Documentation License from time to time. Such new versions will be similar in spirit to the present version, but may differ in detail to address new problems or concerns. See <http://www.gnu.org/copyleft/>.

Each version of the License is given a distinguishing version number. If the Document specifies that a particular numbered version of this License "or any later version" applies to it, you have the option of following the terms and conditions either of that specified version or of any later version that has been published (not as a draft) by the Free Software Foundation. If the Document does not specify a version number of this License, you may choose any version ever published (not as a draft) by the Free Software Foundation. If the Document specifies that a proxy can decide which future versions of this License can be used, that proxy's public statement of acceptance of a version permanently authorizes you to choose that version for the Document.

## 11. RELICENSING

"Massive Multiauthor Collaboration Site" (or "MMC Site") means any World Wide Web server that publishes copyrightable works and also provides prominent facilities for anybody to edit those works. A public wiki that anybody can edit is an example of such a server. A "Massive Multiauthor Collaboration" (or "MMC") contained in the site means any set of copyrightable works thus published on the MMC site.

"CC-BY-SA" means the Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 license published by Creative Commons Corporation, a not-for-profit corporation with a principal place of business in San Francisco, California, as well as future copyleft versions of that license published by that same organization.

"Incorporate" means to publish or republish a Document, in whole or in part, as part of another Document.

An MMC is "eligible for relicensing" if it is licensed under this License, and if all works that were first published under this License somewhere other than this

MMC, and subsequently incorporated in whole or in part into the MMC, (1) had no cover texts or invariant sections, and (2) were thus incorporated prior to November 1, 2008.

The operator of an MMC Site may republish an MMC contained in the site under CC-BY-SA on the same site at any time before August 1, 2009, provided the MMC is eligible for relicensing.

## ADDENDUM: How to use this License for your documents

To use this License in a document you have written, include a copy of the License in the document and put the following copyright and license notices just after the title page:

Copyright © YEAR YOUR NAME. Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.3 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts. A copy of the license is included in the section entitled "GNU Free Documentation License".

If you have Invariant Sections, Front-Cover Texts and Back-Cover Texts, replace the "with ... Texts." line with this:

with the Invariant Sections being LIST THEIR TITLES, with the Front-Cover Texts being LIST, and with the Back-Cover Texts being LIST.

If you have Invariant Sections without Cover Texts, or some other combination of the three, merge those two alternatives to suit the situation.

If your document contains nontrivial examples of program code, we recommend releasing these examples in parallel under your choice of free software license, such as the GNU General Public License, to permit their use in free software.