



Gerd Klawitter

**Langwellen-
und
Längstwellenfunk**

Gerd Klawitter

Langwellen- und Längstwellenfunk

Scannen, edit en grafische bewerkingen: PE1ABR



Siebel Verlag

Klawitter, Gerd:

Langwellen- und Längstwellenfunk / Gerd Klawitter. –

Meckenheim : Siebel, 1991

ISBN 3-922221-48-3

ISBN 3-922221-48-3

1. Auflage 1991

© Copyright: Siebel Verlag GmbH, Meckenheim, 1991

Sämtliche Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung, Verbreitung und Übersetzung vorbehalten.

Kein Teil des Buches darf in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm, elektronische Datenverarbeitung bzw. Datenspeicherung oder andere Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages vervielfältigt, verarbeitet oder verbreitet werden.

Herstellung: betz-druck gmbh, Darmstadt-Arheilgen

1. Inhaltsverzeichnis

2.	Vorwort	5
3.	Das Frequenzspektrum des Lang- und Längstwellenbereichs	7
4.	Die Ausbreitung der Lang- und Längstwellen	9
4.1.	Allgemeines	9
4.2.	Die Reichweite und die Empfangsfeldstärke	10
4.3.	Die Ausbreitung der Längstwellen	12
4.3.1.	Die Ausbreitung der Längstwellen in der Atmosphäre	12
4.3.2.	Die Ausbreitung der Längstwellen im Wasser	13
4.4.	Die Ausbreitung der Langwellen	14
5.	Historische Betrachtungen	15
5.1.	Heinrich Hertz	16
5.2.	Marconi	20
5.3.	Slaby, Arco und Braun	20
5.4.	Die Großsendestation Nauen	21
5.4.1.	Die Antennenanlagen in Nauen	22
5.5.	Die Langwellenstation in Königswusterhausen (1915–1945)	24
5.6.	Der Längstwellensender „Goliath“	24
5.7.	Die Lang- und Längstwellenstation Mainflingen (ab 1951)	25
6.	Der extreme Längstwellenbereich (ELF)	26
6.1.	Die militärische Nutzung des ELF-Bereichs	26
6.2.	Erdbebenvorhersage mittels ELF	27
7.	Auf der Längstwelle betriebene Funkdienste	28
7.1	Navigationsverfahren auf der Längstwelle	28
7.1.1	Das OMEGA-Navigationssystem	28
7.1.2.	Das ALPHA-Navigationssystem	35
7.2.	Zeitzeichensender	36
7.3.	Die militärische Nutzung der Längstwelle	45
7.3.1.	Eindringtiefen in Wasser	45
7.3.2.	VLF-Funkeinrichtungen von Unterseebooten	45
7.3.3.	VLF-Marinesendefunkstellen	46
7.3.4.	Marinesendefunkstelle Saterland-Ramsloh der Deutschen Bundesmarine ...	46
7.3.5.	Das amerikanische Längstwellensendernetz zur Führung von U-Booten	47
8.	Funkdienste auf Langwelle	48
8.1.	Navigationsverfahren auf der Langwelle	48
8.1.1.	LORAN-C	48
8.1.2.	Das Decca-Navigationssystem	54
8.1.3.	Funkfeuer	62
8.1.3.1.	Flugfunkfeuer	62
8.1.3.2.	Seefunkfeuer	62
8.2.	Langwellenrundfunk	64
8.3.	Seefunkdienste	76
8.3.1.	NAVTEX	76
8.4.	Wetterfunkdienste	78

8.5.	Presseagenturen	80
8.6.	Botschaftsfunk	82
8.7.	LOWFERS	82
9.	VLF- und LF-Empfänger für den professionellen Einsatz	83
10.	Die Empfangspraxis	85
10.1.	Empfänger und Konverter	85
10.2.	Antennen	87
10.3.	Welche Sender/Funkdienste kann man tatsächlich empfangen?	87
11.	Frequenzliste 9 – 524 kHz	90
12.	Abkürzungsverzeichnis	123
13.	Literatur- und Quellennachweis	124
14.	Leserservice	125

2. Vorwort

Betrachtet man aufmerksam das Literaturangebot auf dem Funksektor, so stellt man schnell fest, daß es über das Thema Lang- und Längstwellenfunk zum gegenwärtigen Zeitpunkt kaum aktuelle Bücher auf dem Markt zu kaufen gibt. Man ist fast geneigt zu glauben, daß die Langwelle heutzutage gar nicht mehr existiert. Nimmt man den Begriff „Langwelle“ in den Mund, so wird man sogar häufig von oben herab leicht abfällig und mitleidsvoll belächelt, geht es im heutigen Zeitalter der Satellitenkommunikation doch vielmehr um Tausende von Megahertz, um die Zentimeter- und die Mikrowellen.

Hat die Langwelle Mitleid verdient? Wohl kaum, eher steht ihr eine gehörige Portion Respekt zu. Immerhin spielten sich die ersten Gehversuche unserer funkenden Großväter doch im Langwellenbereich ab. Erst durch die Beherrschung der Langwelle haben unsere Vorfahren gelernt, mit Funkfrequenzen im Mittelwellen- und Kurzwellenbereich umzugehen.

Und wenn Sie nun noch das Frequenzverzeichnis am Ende dieses Buches durchblättern, so stellen Sie unschwer fest, wer die wirklichen Funkgiganten sind: Wo sonst im Funkspektrum ballen sich auf einem doch so minimalen Bereich der Radioskala derart zahlreiche Sender mit jeweils mehr als einem Megawatt Sendeleistung?! Wo sonst sind 300 m hohe Sendemasten keine Seltenheit mehr?!

Unterhalb von rund 90 kHz trifft man fast ausschließlich auf militärisch genutzte Sender. Die Seestreitkräfte zahlreicher Nationen stellen die Fernmeldeverbindungen zu ihren getaucht fahrenden Unterseebooten mit Hilfe der Längstwelle her.

Die Lang- und Längstwellen sind wegen der sehr konstanten Ausbreitung und der damit verbundenen besonderen Zuverlässigkeit beim Empfang von besonderem Interesse. Man kann mit nur einer Frequenz, ohne die Notwendigkeit des lästigen Wechsels zwischen mehreren Frequenzen, wie etwa im Kurzwellenbereich erforderlich, weltweite Fernmeldeverbindungen herstellen. Die sehr weitreichende Bodenwelle und auch die von der unteren Ionosphäre reflektierte Raumwelle sind weniger von der Tages- und Jahreszeit sowie kaum von Störungen abhängig, als die kürzeren Wellen der höheren Frequenzbereiche. Da auch die Phase der empfangenen Wellen sehr konstant und regelmäßig ist, werden die Frequenzbänder der Lang- und Längstwellen für Navigations-, Normalfrequenz- und Präzisionszeit-Systeme verwendet. Ihre Eigenschaft, in leitende Medien annehmbar einzudringen und nichtleitende Materialien zu durchdringen, macht sie für nautische und militärische Fernmeldeverbindungen sehr geeignet. Nachteilig wirkt sich allerdings die relativ geringe, zur Verfügung stehende Bandbreite für die Modulation aus. Die großen Wellenlängen, die für diesen Frequenzbereich charakteristisch sind, erfordern für die Sender einen großen Aufwand, der sich physikalisch bedingt besonders bei hohen und großen Antennen auswirkt.

Die Literatur über die Lang- und Längstwellen, ihre Anwendung und Ausbreitung, ist sehr umfangreich. Ihre umfassende und vollkommene Behandlung ist nahezu unmöglich, so daß dem Leser nur einige, wenige ausgesuchte Quellen benannt werden können, die aber teilweise sehr reichhaltig und vielfältig sind.

Für die bereitwillig gewährte Unterstützung in Form von Informationsmaterial und Ratschlägen bei der Vorbereitung und dem Verfassen des vorliegenden Buches bin ich den folgenden Behörden, Firmen und Personen zu großem Dank verpflichtet:

DEBEG GmbH, Hamburg,

Deutsches Hydrographisches Institut, Hamburg,

HAGENUK, Kiel

Racal-Decca Marine Navigation Ltd, New Malden, G.B.,

Rohde & Schwarz, München

US Küstenwache, Washington D.C., USA,

Valery N. Ostroverkh, Karaganda, UdSSR.

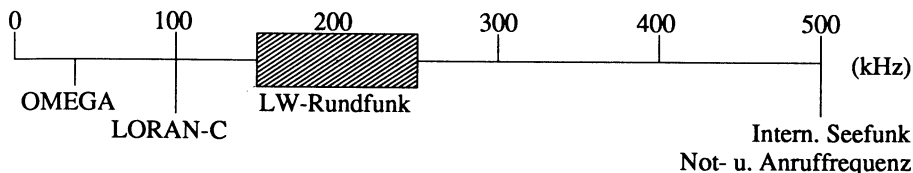
Gerd Klawitter, Coesfeld im März 1991

Scannen, edit en grafische bewerkingen: PE1ABR

Titelbild: Teilansicht der VLF-Marinesendefunkstelle Saterland-Ramsloh
(Foto: TelefunkenSystemTechnik)

3. Das Frequenzspektrum des Lang- und Längstwellenbereichs

- 0 – 3 kHz : ELF-Bereich („Extreme low frequencies“) Extreme Längswelle
- 3 – 30 kHz : VLF-Bereich („Very low frequencies“) Längswelle
- 30 – 300 kHz : LF-Bereich („Low frequencies“) Langwelle
- 300 – 3000 kHz : MF-Bereich („Medium frequencies“) Mittelwelle



Frequenzbereich-Zuweisungen der Bundesrepublik Deutschland

- 0,00 – 9,00 kHz Nicht zugewiesen
- 9,00 – 14,00 kHz Navigationsfunkdienste
- 14,00 – 19,95 kHz Feste Funkdienste u. bewegliche Seefunkdienste
- 19,95 – 20,05 kHz Normalfrequenz- u. Zeitzeichensender
- 20,05 – 70,00 kHz Feste Funkdienste u. bewegliche Seefunkdienste
- 70,00 – 72,00 kHz Navigationsfunkdienste
- 72,00 – 84,00 kHz Feste Funkdienste u. bewegliche Seefunkdienste
- 84,00 – 86,00 kHz Navigationsfunkdienste
- 86,00 – 90,00 kHz Feste Funkdienste u. bewegliche Seefunkdienste
- 90,00 – 110,00 kHz Navigationsfunkdienste
- 110,00 – 112,00 kHz Feste Funkdienste u. bewegliche Seefunkdienste
- 112,00 – 115,00 kHz Navigationsfunkdienste
- 115,00 – 126,00 kHz Feste Funkdienste, bewegliche Seefunkdienste u. Navigationsfunkdienste
- 126,00 – 129,00 kHz Navigationsfunkdienste
- 129,00 – 148,50 kHz Feste Funkdienste u. bewegliche Seefunkdienste
- 148,50 – 255,00 kHz Rundfunkdienste
- 255,00 – 283,50 kHz Rundfunkdienste u. Navigationsfunkdienste

283,50 – 315,00 kHz	Navigationsfunkdienste
315,00 – 325,00 kHz	Flug- u. Seenavigationsfunkdienste
325,00 – 405,00 kHz	Flugnavigationsfunkdienste
405,00 – 415,00 kHz	Navigationsfunkdienste
415,00 – 495,00 kHz	Flugnavigationsfunkdienste u. bewegliche Seefunkdienste
495,00 – 505,00 kHz	Bewegliche Funkdienste

Besonderheiten und Ausnahmeregelungen:

Für Induktionsfunktanlagen (z.B. Personenruf-Funktanlagen, Schwerhörigenanlagen, Garagenöffnungen u.a.m.) können Frequenzen aus dem Bereich 5 – 135 kHz zugeteilt werden.

Die Frequenz 460 ± 5 kHz gilt in der Bundesrepublik Deutschland als geschützte Zwischenfrequenz.

4. Die Ausbreitung der Lang- und Längstwellen

4.1. Allgemeines

Die Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen im Bereich von 10 bis 300 kHz entsprechend 30 bis 1 km Wellenlänge zeichnet sich durch eine außerordentlich hohe Stabilität der Phase und Amplitude aus. Bei der Reflexion der Wellen an der D- und E-Schicht der Ionosphäre erfolgt eine sehr geringe Dämpfung, so daß sie sich über sehr große Entfernungen auszubreiten vermögen.

Bereits in den ersten Jahren der Funktechnik wurde die Wellenausbreitung für diese Frequenzen experimentell und theoretisch untersucht. Da man zu jener Zeit aber noch ohne Röhren auskommen mußte, konnte man damals noch keine höheren Frequenzen mit einer für den praktischen Funkverkehr benötigten höheren Leistung erzeugen. Bekannt sind daher viele Tatsachen und Erfahrungen über die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen. Diese alleine reichen aber nicht aus, um genaue Vorhersagen, insbesondere für Gebiete, sowie für Tages- und Jahreszeiten mit komplexen Ausbreitungsbedingungen, zu ermöglichen.

In den ersten Jahren des Funks glaubte man, daß Langwellen auf ihrem Ausbreitungsweg entlang der Erdoberfläche gebeugt würden.

Ferner schloß man aus dem relativ geringen Unterschied der Feldstärken bei Tag und bei Nacht, daß die Ionosphäre nicht oder nur unerheblich an der Wellenausbreitung beteiligt sei. Daraus wiederum entstand der Glaube, daß sich die langen Wellen ausschließlich über die sehr weit reichende Bodenwelle ausbreiten.

Mit Hilfe der Beugungstheorie nach Van der Pol und Bremer und damit angestellter Berechnungen gelangte man sogar zu der Erkenntnis, daß Funkverbindungen über Lang- und Längstwellen über größere Entfernungen kaum möglich sein dürften. Immerhin ergaben die Berechnungen, daß die ermittelten Werte der Empfangsfeldstärke deutlich unter denen der hohen Störfeldstärken des atmosphärischen Rauschens, das im langwelligen Teil des elektromagnetischen Spektrums als Folge andauernder Gewitterentladungen in der Atmosphäre der ganzen Welt (mit einem Maximum in den Tropen) entsteht, besonders ausgeprägt ist.

Aus diesen Erkenntnissen folgerte man, daß die Ionosphäre sowohl bei Tag als auch bei Nacht einen deutlichen Einfluß auf die Ausbreitung von Lang- und Längstwellen habe. Fortan bezog man bei weiteren Untersuchungen der Ausbreitung der Lang- und Längstwellen nun auch die Raumwelle in die Betrachtungen mit ein.

Etwa seit Anfang der sechziger Jahre wurde bei der Entwicklung eines mathematischen Modells für die präzise Vorhersage der Ausbreitung von Lang- und Längstwellen eine beachtenswerte, theoretische Arbeit vollbracht, wobei eine besonders wichtige Rolle die Funkverbindung zu getauchten Unterseebooten spielt.

Die Wellenausbreitung erfolgt bei Lang- und Längstwellen im wesentlichen in dem Raum zwischen der Oberfläche der Erde und den unteren Schichten der Ionosphäre. Bei einer Längstwellenausbreitung befindet sich die Höhe des sphärischen Hohlleiters bereits in der Größenordnung der verwendeten Wellenlängen. Man kann daher den Raum zwischen

der Ionosphäre und der Erdoberfläche als Wellenleiter betrachten. Die Darstellung des Ausbreitungsmechanismus könnte folglich anhand der beiden folgenden beiden Modelle dargestellt werden:

(1) Das erste Modell stützt sich auf die Gesetze der Strahlenoptik, also auf die Anwendung der geometrischen Optik.

Es liegen hier allerdings besondere Bedingungen vor. So ist beispielsweise der Krümmungsradius der Strahlenbahnen in der Ionosphäre klein gegen die Wellenlänge. Die Brechzahl hingegen ist groß gegen die Wellenlänge. Der strahlenoptische Lösungsansatz ist damit, besonders im Bereich der längeren Wellen, nicht anwendbar.

(2) Das zweite Modell stützt sich auf die Gesetzmäßigkeiten der Wellenoptik. Hier kommt man zu einer wellenleiterartig geführten Duct-Ausbreitung zwischen der Erdoberfläche und der Ionosphäre. Deren Berechnungsverfahren und -grundlagen können aus der Hohlleiter-Theorie aus dem Bereich der Höchstfrequenzen übernommen werden. Da diese Theorie von der Bildung unterschiedlicher Wellentypen oder Modes ausgeht, wird sie auch als die „Mode-Theorie“ bezeichnet. Die Berechnungen nach der Mode-Theorie erfordern allerdings einen immens hohen Rechneraufwand, was sich leider sehr nachteilig auswirkt. Sie liefert dafür aber präzise Ergebnisse, die weitestgehend mit der tatsächlichen Wellenausbreitung übereinstimmen.

Es hat sich gezeigt, daß erst bei Frequenzen oberhalb 70 kHz die Berechnung der Reichweite mit Hilfe der strahlenoptischen Lösung den rationelleren Weg darstellt, da in diesem Fall die Zahl der für die Berechnung benötigten Wellentypen schon sehr groß ist.

4.2. Die Reichweite und die Empfangsfeldstärke

Sommerfeld stellte im Jahre 1909 für das Strahlungsfeld einer kurzen Vertikalantenne ($l < \lambda$), welche auf ebener Erde mit der endlichen Leitfähigkeit und der endlichen Dielektrizitätskonstanten aufgestellt ist, die nachfolgende Beziehung für die von der Antenne abgestrahlte Feldstärke E auf:

$$E = E_0 \cdot F(\rho) \quad [1]$$

E_0 ist die Feldstärke im freien Raum bei einer Erdoberfläche mit theoretisch unendlich guter Leitfähigkeit $\sigma = \infty$.

$F(\rho)$ stellt die Dämpfungsfunktion dar, in der das Argument ρ als sog. „numerische“ Entfernung eine Funktion der tatsächlichen Wellenlänge, der Wellenlänge λ , der Konstanten der Erdoberfläche, der Leitfähigkeit und der Dielektrizitätskonstanten ist.

Bezogen auf einen Elementardipol beträgt der Gewinn einer elektrisch kurzen Antenne im Raum $G = 1,5$. Die Antenne steht in der Praxis aber auf einer Grenzfläche (der Erde), so daß die Abstrahlung nur in den oberen Raum erfolgen kann. Der Gewinn eines elektrischen Vertikalstrahlers über einer unendlich gut leitenden Erde beträgt daher $G = 3$.

Für die Freiraumfeldstärke erhält man folgende Gleichung:

$$E = \frac{1}{d} \cdot \sqrt{30 P_s G_s} \quad (V/m) \quad [2]$$

E_0 = Freiraumfeldstärke in $\mu V/m$

P_s = abgestrahlte Leistung in kW

d = Entfernung zwischen Sender und Empfänger in km

G_s = Gewinn der Sendeantenne

Die abgestrahlte Leistung erhält man aus der Gleichung:

$$P = 1,11 \cdot 10^{-5} \cdot E_0^2 \cdot d^2 \quad [3]$$

Um die Feldstärke in dB über 1 $\mu V/m$ zu erhalten, ist die folgende logarithmische Schreibweise anzuwenden:

$$F = 109,54 + 10 \log P - 20 \log d \quad [dB \text{ rel } 1 \mu V/m] \quad [4]$$

Die sich aus der Gleichung ergebenden Werte gelten für die Abstrahlung im freien Raum. Der Einfluß der dämpfenden Erdoberfläche und deren Krümmung bleiben unberücksichtigt.

Austin–Cohen entwickelten um 1910 nach Entstehen der ersten Längswellen-Großsender eine halbempirische Formel („Austinsche Formel“), die den Einfluß der Erdoberfläche und deren Krümmung mit berücksichtigte:

$$E = \frac{K}{d} \sqrt{P_s} \cdot F(d) \cdot \exp \left[-\frac{A}{L \sqrt{2} \cdot d} \right] \quad [5]$$

Dem mit der Mathematik weniger vertrauten Leser mag diese Formel auf den ersten Blick Furcht und Respekt einflößen. Die Bestandteile sind jedoch überschaubar:

Der erste Faktor mit der Konstanten K, in die das gewählte Maßsystem und der Antennengewinn eingehen, stellt nichts anderes dar als die Freiraumfeldstärke E_0 bei einer Sendeleistung P_s .

$F(d)$ berücksichtigt die Erdkrümmung.

Der letzte Faktor mit der Exponentialfunktion beschreibt das Abklingen der Feldstärke in Abhängigkeit der Entfernung d vom Sender, wobei das Abklingen mit steigender Wellenlänge langsamer erfolgt, so daß im Nenner der e-Funktion die Wellenlänge λ als Quadratwurzel enthalten ist.

Ferner beinhaltet die Formel noch die Absorptionskonstante A, die von der Bodenbeschaffenheit (Salz- oder Süßwasser, feuchter oder trockener Boden, Flachland oder Gebirge) abhängt.

4.3. Die Ausbreitung der Längswellen

Bezogen auf ihre technische und praktische Anwendung sind Längswellen elektromagnetische Wellen im Bereich von 10 bis 50 kHz, entsprechend 30 bis 6 km Wellenlänge.

Die Abstrahlung von Längswellen erfolgt überwiegend von auf dem Erdboden stehenden, vertikal polarisierten Antennen. Die Wellen breiten sich radial in einem sphärischen Hohlleiter aus, der unten von der Erdoberfläche und oben von der Ionosphäre begrenzt wird. Die Wellen breiten sich wegen der relativ geringen Dämpfung an der Erdoberfläche und an der Ionosphäre über sehr große Entfernungen aus. Längswellen dringen tiefer in Gewässer ein als höhere Frequenzen und eignen sich daher für Funkverbindungen zu getauchten Unterseebooten. Selektive Schwunderscheinungen, wie man sie in höheren Frequenzbereichen kennt, sind bei Längswellen nicht gegeben. Auch Störungen der Ionosphäre und durch nukleare Explosionen (NEMP) beeinflussen die Wellenausbreitung, besonders im Nahbereich, kaum. Die Frequenz-, Phasen- und Amplitudenkonstanz ist bei der Längswellenausbreitung bei gleichbleibenden Ausbreitungsbedingungen sehr hoch.

Atmosphärisches Rauschen, das insbesondere von Gewitterentladungen und Blitzen verursacht wird, ist bei Längswellen hingegen sehr stark vertreten. Diese Einflüsse können nur durch leistungsstarke Längswellensender und den daraus folgenden sehr hohen Empfangsfeldstärken ausgeglichen werden.

4.3.1. Die Ausbreitung der Längswellen in der Atmosphäre

Wie bereits erwähnt, sind die Ausbreitungsbedingungen im Längswellenbereich im allgemeinen recht konstant. Es gibt aber dennoch Größen, die Änderungen der Empfangsfeldstärken hervorrufen. Beobachtet werden folgende Effekte:

Änderung der Feldstärke in Abhängigkeit der Entfernung

Die Grenzflächen des sphärischen Hohlleiters, die Erde und die Ionosphäre, beeinflussen durch ihre physikalischen Gegebenheiten die Längswellenausbreitung. In diesem sphärischen Hohlleiter entstehen, je nach dem Abstand der beiden Grenzflächen zueinander, ausbreitungsfähige Wellentypen. Das Wellenfeld ist stark abhängig von den Veränderungen seiner Randbedingungen bei der Ausbreitung in Abhängigkeit der Entfernung. Tages- und jahreszeitlich bedingte Änderungen in der Höhe des sphärischen Wellenleiters verursachen deutliche Variationen der Feldstärke.

Sogar bei konstanten Ausbreitungsbedingungen entstehen durch die physikalischen Eigenschaften der Längswelle mehr oder weniger starke Interferenzzonen, innerhalb derer sich die Wellenanteile gegenseitig überlagern oder sogar auslöschen. Hierdurch treten schwundähnliche Schwankungen der Feldstärke in Abhängigkeit der Frequenz und der Entfernung auf.

Änderung der Feldstärke in Abhängigkeit der Zeit

Mit der Tages- und Nachtzeit sowie der Jahreszeit ändert sich die Leitfähigkeit der Erdoberfläche und der D- und E-Schicht der Ionosphäre, sowie die Höhe des sphärischen Wellenleiters. Die Folge ist eine Änderung der Feldstärke am Empfangsort. Durchläuft die Längswelle zusätzlich noch eine Dämmerungszone, also einen Übergangsbereich von der Tages- zur Nachtzone oder umgekehrt, so trifft sie in beiden Zonen die Ionosphäre in unterschiedlichen Höhen an. Auch das beeinflusst die Empfangsfeldstärke sehr deutlich. Von oben auf die Ionosphäre eindringende, von der Sonne ausgesandte Partikel bzw. ein Röntgenstrahlausbruch, verändern ebenfalls die Höhe der Ionosphärenschicht(en) und beeinflussen ebenfalls die Längswellenausbreitung in negativer Weise. Schließlich sei noch die Stärke und Richtung des Erdmagnetfeldes genannt, die gleichfalls Wirkungen auf die Wellenausbreitung zeigen.

In den letzten Jahren wurde mit Hilfe aufwendiger Rechnerprogramme, die alle diese Einflußgrößen erfassen, eine annähernd exakte Reichweitenberechnung für Längswellensignale ermöglicht, vorausgesetzt, man kennt die Daten des zu versorgenden Gebietes und die benutzten Empfangsanlagen.

4.3.2. Die Ausbreitung der Längswellen im Wasser

Wegen seiner relativ guten Leitfähigkeit ist Seewasser ein weniger geeignetes Medium für die Übertragung von elektromagnetischen Wellen. Ausschließlich Wellen mit sehr niedrigen Frequenzen (ELF und VLF) dringen derart tief in das Seewasser ein, daß ein brauchbarer Funkempfang unter Wasser ermöglicht wird.

Nicht nur die Sendefrequenz, sondern auch die elektrischen Eigenschaften des Seewassers sind entscheidend für die Eindringtiefe. Grundsätzlich kann gesagt werden, daß die Eindringtiefe mit abnehmender Frequenz steigt.

Bei der Ausbreitung einer senkrecht polarisierten, ebenen elektromagnetischen Welle über einem Medium von endlicher Leitfähigkeit (in diesem Fall das Seewasser), vermindert sich die Wellenfront in einer Größenordnung, die von der Leitfähigkeit des Mediums abhängig ist. Die Komponente des elektrischen Feldes liegt dabei in Ausbreitungsrichtung und das magnetische Feld quer zur Grenze Luft/See. Der aus beiden Anteilen bestehende sogenannte Poyntingsche Strahlungsvektor zeigt nach unten. Das elektromagnetische Feld breitet sich daher unter exponentieller Abschwächung ebenfalls nach unten aus.

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit ist im Wasser im Vergleich zum Freiraum wesentlich niedriger, und zwar in erster Linie durch die um den Faktor 80 größere Dielektrizitätskonstante des Seewassers. Das hat zur Folge, daß die Wellenlänge im Wasser deutlich kleiner wird. Die Größenordnung ist wiederum deutlich abhängig von der elektrischen Leitfähigkeit des Wassers, die ihrerseits vom Salzgehalt und der Wassertemperatur abhängt.

Für die Wellenausbreitung im Seewasser gilt die nachfolgende Regel:

- Die Eindringtiefe verringert sich bei konstanter Leitfähigkeit des Wassers und zunehmender Frequenz.
- Die Leitfähigkeit des Seewassers steigt mit zunehmender Temperatur und zunehmendem Salzgehalt. Mit dieser zunehmenden Leitfähigkeit sinkt gleichzeitig die Eindringtiefe.

In der Praxis geht man von Eindringtiefen von etwa 10 bis 20 Metern aus (z.B. Nordsee im Winter). In der Ostsee ist wegen des geringeren Salzgehaltes eine größere Eindringtiefe möglich (bis zu 30 Meter).

4.4. Die Ausbreitung der Langwellen

Langwellen sind elektromagnetische Wellen im Frequenzbereich von 30 bis 300 kHz entsprechend 10 bis 1 km Wellenlänge.

Tagsüber ist bei einer Langwellenausbreitung ausschließlich der Bodenwellenanteil empfangbar, da der Raumwellenanteil wegen zu geringer Ionisation der D-Region nicht von dieser reflektiert wird. Bis zur E- oder gar F-Schicht vermögen Langwellen nicht vorzudringen. Erst nachts beim Verschwinden der D-Region steht den langwelligen Radiosignalen der Weg bis zur F2-Schicht bzw. zu Resten der E-Schicht frei, so daß sie dort reflektiert werden können. Bei der Langwellenausbreitung kommt es somit bei Eintritt der Dunkelheit zu einer bedeutenden Reichweitensteigerung. Das ist auch der Grund, warum Langwellenrundfunksender ihre Leistung bei Nacht herabsetzen oder die tagsüber mit einer Rundstrahlcharakteristik betriebenen Antennenanlagen auf Richtcharakteristik umschalten. Täten sie es nicht, so käme es in vielen Fällen zu erheblichen gegenseitigen Interferenzen untereinander.

Die Entfernung, in der bei Nacht die Raum- und Bodenwelle etwa gleich stark sind, es also zu Schwunderscheinungen kommt, liegt bei etwa 300 bis 400 km.

5. Historische Betrachtungen

Als unsere Großväter und Urgroßväter die ersten Gehversuche mit Funkanlagen unternahmen, taten sie es zunächst mit Sendern, die sie im Langwellenbereich betrieben. 100 bis 200 kHz waren und sind überschaubare, beherrschbare Dimensionen.

Als eigentlicher Entdecker der elektromagnetischen Wellen muß der britische Physiker Maxwell angesehen werden, der im Jahr 1864 deren Existenz aus seiner Feldtheorie gefolgert hatte (Abb. 5.1.).

Die Theorie praktisch nachzuweisen, regte 15 Jahre später (1879) die Akademie der Wissenschaften zu Berlin an. Sie schrieb diese Aufgabe öffentlich als Preisarbeit aus.

(65) The complete equations of electromotive force on a moving conductor may now be written as follows:—

Equations of Electromotive Force.

$$\begin{aligned} P &= \mu \left(\gamma \frac{dy}{dt} - \beta \frac{dz}{dt} \right) - \frac{dF}{dt} - \frac{d\psi}{dx} \\ Q &= \mu \left(\alpha \frac{dz}{dt} - \gamma \frac{dx}{dt} \right) - \frac{dG}{dt} - \frac{d\psi}{dy} \\ R &= \mu \left(\beta \frac{dx}{dt} - \alpha \frac{dy}{dt} \right) - \frac{dH}{dt} - \frac{d\psi}{dz} \end{aligned} \dots\dots\dots (D).$$

The first term on the right-hand side of each equation represents the electromotive force arising from the motion of the conductor itself. This electromotive force is perpendicular to the direction of motion and to the lines of magnetic force; and if a parallelogram be drawn whose sides represent in direction and magnitude the velocity of the conductor and the magnetic induction at that point of the field, then the area of the parallelogram will represent the electromotive force due to the motion of the conductor, and the direction of the force is perpendicular to the plane of the parallelogram.

The second term in each equation indicates the effect of changes in the position or strength of magnets or currents in the field.

The third term shews the effect of the electric potential ψ . It has no effect in causing a circulating current in a closed circuit. It indicates the existence of a force urging the electricity to or from certain definite points in the field.

Abb. 5.1.: Eine der Maxwell'schen Gleichungen (in 3 Komponenten)

5.1. Heinrich Hertz (1857–1894)

Heinrich Hertz, der im Jahre 1884 auf den Lehrstuhl für Experimentalphysik in Karlsruhe berufen worden war, beschäftigte sich in den vier Jahren seiner Tätigkeit in Karlsruhe fast ausschließlich mit Angelegenheiten der Elektrodynamik. Sein Hauptziel war es, die Richtigkeit der Maxwellschen Differentialgleichungen anhand eines praktischen Experimentes nachzuweisen.

Daßer dabei als Ergebnis die Preisarbeit der Akademie der Wissenschaften zu Berlin löste, war eher purer Zufall.

Im Herbst 1886 trat dieser glückliche Zufall anlässlich der Vorbereitung eines Vorlesungsexperiments ein.

Hertz konstruierte eine drahtlose Funkstrecke, dessen Sender mit Hilfe der Entladung sogenannter Leydenscherscher Flaschen arbeitete. Eine Leydenschersche Flasche war im Prinzip nichts anderes als eine spezielle Form eines Kondensators. Die Sendeantenne bestand aus einem 2,6 m langen und 2 mm starken Kupferdraht mit kapazitiver Belastung an den Enden durch „Conductoren“ (Abb. 5.3.).



Abb. 5.2.: Heinrich Hertz

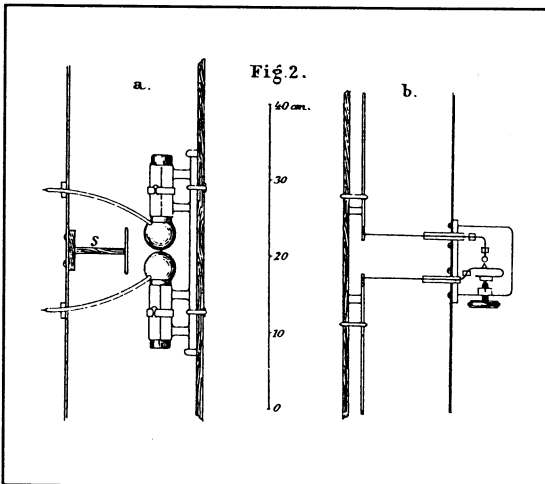


Abb. 5.3.: Die von Hertz verwendete Sende- und Empfangsanlage (Originalzeichnungen von Heinrich Hertz)

Als Empfangsantenne verwendete Hertz einen quadratischen Rahmen mit einer Seitenlänge von rund 75 cm und einer Drahtstärke von wiederum 2 mm. Nachdem anfangs die Sende- und Empfangsantennen zunächst dicht nebeneinander platziert waren, vergrößerte Hertz nach und nach den Abstand bis auf 15 m. Eine größere Distanz ließ der Hörsaal nicht zu.

Bei diesen Versuchen hatte Hertz „Erscheinungen beobachtet, welche eine Reflexion der Inductionswirkung von den Wänden des Gebäudes anzuzeigen schienen. [...] Prüfte ich Funken im secundären Leiter in sehr grossen Entfernungen vom

primären Leiter, woselbst die Funken schon äusserst schwach waren, so bemerkte ich, dass in den meisten Lagen des secundären Kreises die Funken wieder sehr deutlich zunahmen, wenn ich mich einer festen Wand näherte, um dann in unmittelbarer Nähe derselben fast plötzlich zu verschwinden. Die einfachste Erklärung schien mir diese, anzunehmen, dass die sich wellenförmig ausbreitende Inductionswirkung von den Wänden reflectiert würde, und dass die zurückgeworfenen Wellen die ankommenden in gewissen Entfernungen verstärkten, in anderen schwächten, indem durch die Interferenz beider stehende Wellen im Luftraum sich ausbildeten. Indem ich die Bedingungen mehr und mehr günstig gestaltete, trat die Erscheinung mehr und mehr hervor, und die gegebene Deutung wurde immer wahrscheinlicher" [1]. Um der Stirnwand des Hörsaales „noch mehr den Charakter einer leitenden Fläche zu ertheilen, wurde an derselben ein Zinkblech von 4 m Höhe und 2 m Breite befestigt. [...] Gegenüber der Mitte dieser Wand in 13 m Abstand von derselben, also in 2 m Abstand von der Gegenwand, wurde der primäre Leiter aufgestellt" [1].

Der Empfänger war von der Wand zum Erreger hin verschiebbar. Deutlich sichtbar waren durch sein Funkenspiel Knoten und Bäuche des Interferenzfeldes, mit dessen Hilfe eine Wellenlänge von rund 9 m bestimmt werden konnte.

Hertz multiplizierte die Wellenlänge mit der errechneten Schwingungsdauer und erhielt dadurch die Ausbreitungsgeschwindigkeit „welche der des Lichtes verwandt ist“.

Um die Verwandtschaft der elektromagnetischen Welle mit Lichtwellen noch deutlicher nachweisen zu können, baute er anschließend einen erheblich kleineren Erreger. Dieser konnte Funkwellen von 60 cm Länge (50 MHz) erzeugen.

Ähnlich der Bündelung von Lichtstrahlen, ordnete er den Erreger- und Empfängerdipol in die Brennnlinie je eines parabolischen Hohlspiegels an (Abb. 5.4.). „Soll der Hohlspiegel die Fernwirkung recht concentriren, so ist es vorteilhaft, seine Brennweite so klein als möglich zu wählen. Soll aber nicht die directe Welle die Wirkung der reflectierten sogleich wieder aufheben, so darf die Brennweite auch nicht viel weniger als ein Viertel der Wellenlänge betragen. Ich wählte deshalb als Brennweite 12 cm und stellte den Hohlspiegel her, indem ich ein Zinkblech von 2 m Länge, 2 m Breite und 2 mm Dicke über ein Holzgestell von genauer Krümmung in die gewünschte Gestalt bog. Die Höhe des Spiegels ergab sich so zu 2 m, die Breite seiner Öffnung zu 1,2 m, seine Tiefe zu 0,7 m. [...] Die Drähte, welche die Entladung zuführten, liess ich den Spiegel durchsetzen; das Inductorium und die Elemente befanden sich demnach hinter dem Spiegel und störten nicht.“

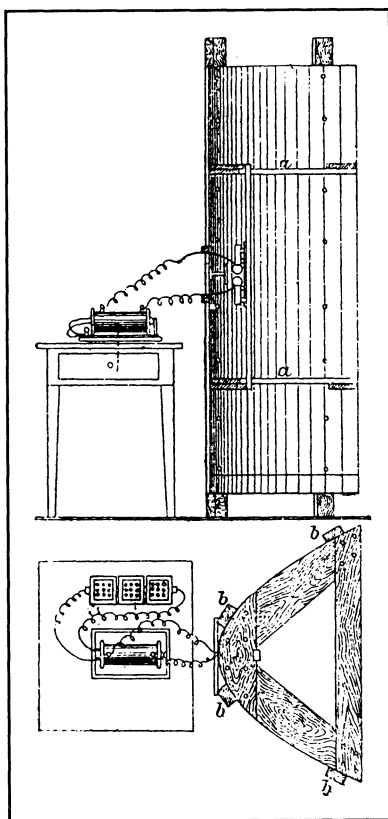


Abb. 5.4.: Hertz' UHF-Sender mit Induktor und Parabolspiegel

Die Empfangsseite war ähnlich aufgebaut, wobei auch dort beide vom Empfangsdipol „zur Funkenstrecke führenden Drähte auf dem kürzesten Weg die Wandung des Spiegels isoliert durchsetzten. Die Funkenstrecke befand sich alsdann unmittelbar hinter dem Spiegel, und der Beobachter konnte sie einstellen und betrachten, ohne den Lauf der Wellen zu stören. [...] Die größte Entfernung, bis zu welcher ich unter Benutzung einer Thüröffnung den Strahl verfolgte, betrug 16 m". [3]

Die Betrachtung der Funkenstrecke auf der Empfangsseite erfolgte rein visuell mittels einer Lupe („Funkenmikrometer"). Mit dieser Anordnung hatte Hertz die erste Richtfunkverbindung der Welt in Betrieb genommen.

Mit Hilfe des Hohlspiegels werden „die Wellen zusammengehalten und treten als kräftig dahineilender Strahl aus. Wir können ihn durch Drehen des Spiegels in verschiedene Richtungen senden, wir können durch Aufsuchung des Weges, welchen er nimmt, seine geradlinige Ausbreitung erweisen." [4] Stellt man in die gerade Verbindungslinie der Spiegel senkrecht zur Richtung des Strahles einen Schirm von Zinkblech von 2 m Höhe und 1 m Breite, so verlöschen die sekundären Funken vollständig. [...] Isolatoren halten den Strahl nicht auf, durch eine Holzwand oder eine hölzerne Thür geht er hindurch. [...] Dreht man die optische Achse des gebenden Spiegels nach rechts oder links um etwa 10° aus der richtigen Lage, so werden die sekundären Funken schwach, bei einer Drehung um etwa 150° verlöschen sie" [3].

„Dass unser Strahl durch Transversalschwingungen gebildet wird und geradlinig polarisiert im Sinne der Optik ist, daran haben wir freilich schon nach der Art, in welcher wir ihn erzeugen, keinen Zweifel. Wir können die Thatsache aber auch durch den Versuch erweisen. Drehen wir unseren empfangenen Spiegel um den Strahl als Achse, bis seine Brennpunktlinie und somit auch der sekundäre Leiter in die horizontale Lage gelangt, so verschwinden die sekundären Funken mehr und mehr, und wir erhalten bei gekreuzter Lage der beiden Brennpunktlinien keine Funken, selbst wenn wir die beiden Spiegel auf geringe Entfernung zusammenrücken. [...] Ich ließ nun den achteckigen Hohlrahmen von 2 m Höhe und 2 m Breite herstellen und denselben mit Kupferdrähten von 1 mm Dicke bespannen, alle Drähte waren einander parallel und jeder stand von seinem Nachbarn um 3 cm ab. Wurden jetzt die beiden Spiegel mit parallelen Brennpunktlinien aufgestellt und der Drahtschirm senkrecht zum Strahl so in denselben eingeschoben, dass die Richtung der Drähte die Richtung der Brennpunktlinien senkrecht kreuzte, so beeinträchtigte der Schirm die sekundären Funken so gut wie gar nicht. Wurde aber der Schirm dem Strahl in solcher Weise entgegengestellt, dass seine Drähte den Brennpunktlinien parallel waren, so fing der Strahl vollständig ab" [3].

Nun fehlte nur noch die Bestätigung des Reflexionsgesetzes. Hertz stellte dazu „die beiden Hohlspiegel so nebeneinander, daß ihre Öffnungen nach derselben Seite blickten, und dass ihre Achsen auf einen etwa 3 m vor ihnen liegenden Punkt convergierten. Die Funkenstrecke des empfangenen Spiegels blieb selbstredend dunkel. Nunmehr stellte ich eine ebene verticale Wand aus dünnem Zinkblech von 2 m Höhe und 2 m Breite im Kreuzungspunkt der Achsen so auf, dass sie senkrecht auf der Mittellinie der Achsen stand. Ich erhielt einen lebhaften Funkenstrom, herrührend von dem von der Wand reflectirten Strahle. Der Funkenstrom erlosch, sobald die Wand um eine verticale Achse um etwa 15° nach der einen oder anderen Seite aus der richtigen Lage herausgedreht wurde" [3]. „Wir können den reflectirten Strahl verfolgen und uns überzeugen, dass die Gesetze der Reflexion die der Reflexion des Lichtes sind" [4].

„Um zu versuchen, ob eine Brechung des Strahles beim Übertritt aus Luft in ein anderes isolierendes Medium nachzuweisen wäre, liess ich ein grösseres Prisma aus sogenanntem Hartpech, einer asphaltartigen Masse, herstellen. Die Grundfläche war ein gleichschenkeliges Dreieck von 1,2 m Schenkellänge und einem brechenden Winkel von nahezu 30°. Die Höhe des ganzen Prismas, dessen brechende Kante vertical gestellt wurde, betrug 1,5 m. Da das Prisma aber ungefähr 12 Centner wog und als Ganzes zu schwer beweglich gewesen wäre, so war es aus drei übereinander gestellten Theilen von je 0,5 m Höhe zusammengesetzt“ [3].

Hertz errechnete aus dem beobachteten Ablenkungswinkel der Funkwelle einen Brechungsindex von 1,69. Dieser Wert ähnelte annähernd dem Wert nach Maxwell's Theorie aus der Dielektrizitätskonstante, womit das Ziel der Preisaufgabe (Beweis der Maxwell'schen Gleichungen) erreicht war. Damit war Hertz am Zielpunkt seiner Forschung angelangt. Er glaubte, daß Nachrichtenverbindungen, wie wir sie heute kennen, mit seiner Versuchsanordnung – auch wenn sie verbessert worden wäre – niemals erreicht werden können. Wer kauert sich schon mit adaptierten Augen im Dunkeln vor ein Mikroskop, um Funken zu beobachten? Zumal die Funkenstrecke auch bei optimaler Elektrodenentfernung unter Atmosphärendruck erst bei einer Spannung von ca. 300 Volt ansprach.

Zwar hatte Hertz auch nach anderen Nachweismitteln für Hochfrequenz gesucht (auch nach Froschschenkelpräparaten, einem zur damaligen Zeit durchaus üblichen Nachweismittel für geringe elektrische Ladungen), bekannt waren sie ihm aber nie.

Eine deutliche Steigerung der Empfindlichkeit des Empfängers und einer damit verbundenen Vergrößerung der überbrückbaren Entfernung wurde mit dem von E. Branly 1890 in Paris entwickelten „Kohärer“ (oder auch „Fritter“ genannt) erreicht.

Der Kohärer bestand aus einem Glasröhrchen, das an beiden Enden jeweils eine Elektrode besaß. Gefüllt war das Glasröhrchen mit feinem Metallpulver. Trafen elektromagnetische Wellen auf den Kohärer, so backte das Metallpulver zusammen. Der ursprünglich hohe Widerstand zwischen den beiden Elektroden des Kohärsers verringerte sich dadurch deutlich. Der Widerstand blieb jedoch noch gering, selbst wenn anschließend gar keine elektromagnetischen Wellen mehr auf ihn einwirkten. Die im Kohärer enthaltenen Metallspäne mußten daher ständig wieder lockergeklopft werden, was mit dem Klöppel einer elektrischen Klingel geschah, die ihrerseits ihren Strom über den Kohärer bezog und folglich dann klingelte, wenn eine elektromagnetische Welle eintraf.

Branly erkannte übrigens auch, daß die Größe des „Luftdrahtes“ (so nannte man damals die Antennen) sehr entscheidend für das gute Zusammenspiel Sender/Empfänger war.

Der Engländer E. Lodge, der von Branlys Versuchen gelesen hatte, wiederholte dessen Versuche und entdeckte dabei ein weiteres, bisher unbekanntes Phänomen: Die Resonanz elektrischer Schwingkreise. Damit sah sich Lodge erstmals in der Lage, die verwendeten „Luftdrähte“ der benutzten Sendefrequenz entsprechend anzupassen (zu dimensionieren).

5.2. Marconi (1874–1937)

Ein Italiener namens Guglielmo Marchese Marconi baute das System sogar so weit aus, daß er damit einen Hügel in seiner italienischen Heimat überwinden konnte. Da trotz dieses für damalige Zeiten großartigen Erfolges weder die italienische Regierung, noch sein wohlhabender Vater irgendein Interesse an Marconis Sende- und Empfangssystem zeigten, wanderte Marconi verdrossen nach England aus. Daß er gerade England wählte, hatte seinen Grund: Seine aus einer irisch-schottischen Familie stammende Mutter hatte Kontakte zum bekannten britischen Patentanwalt Sir W. Peece hergestellt, der schnell die Bedeutung von Marconis Erfindung für die Verbindung zu den Kolonien und den britischen Handels- und Kriegsschiffen erkannte. 1897 befand sich bereits das Patent in Marconis Händen. Mit spektakulären Reichweitenrekorden machte er fortan laufend auf sich aufmerksam. Zunächst überwand er 1898 den „Giants Causeway“ von England nach Irland, 1899 überbrückte er den Ärmelkanal, und 1901 stellte er eine Funkverbindung vom französischen Festland zur 175 km entfernten französischen Mittelmeerinsel Korsika her.

Ohne länger zu zögern, beschloß Marconi als nächstes die Überquerung des Nordatlantiks. In Poldhu (Cornwall), England errichtete er im selben Jahr eine Sendestation mit rund 20 kW Sendeleistung auf der Frequenz 300 kHz. Die Antennenanlage bestand aus vier 49 Meter hohen quadratisch zueinander angeordneten Holzmasten. Von Mastspitze zu Mastspitze waren Befestigungsseile gespannt, von denen aus ein Netz bestehend aus 50 Drähten zum Sender geführt waren, der mittig zwischen den vier Masten plazierte war. Die Antenne ähnelte somit einer vierseitigen auf die Spitze gestellten Pyramide.

Die Empfangsantenne im 3540 km entfernten Neufundland war weniger aufwendig. Ein schlichter Draht wurde von einem Papierdrachen in die Höhe gezogen. Der erste Versuch am 12. Dezember 1901 war sofort von Erfolg gekrönt [6].

5.3. Slaby, Arco und Braun

Zum kleinen Kreis der Beobachter Marconis gehörte seit jeher der Deutsche Adolf Slaby (1849–1913), Professor an der Technischen Hochschule in Berlin-Charlottenburg. Slaby hatte selber bereits zahlreiche erfolglose ähnliche Versuche mit der drahtlosen Telegrafie hinter sich und wollte zu jener Zeit eigentlich aufgeben. Marconis Riesenerfolge gaben ihm jedoch neuen Auftrieb. Mit Unterstützung des technisch sehr interessierten Kaisers Wilhelm II. setzte Slaby daher in Berlin seine Arbeiten gemeinsam mit seinem Assistenten Graf Georg Wilhelm von Arco fort: Bereits am 7.10.1897 gelang Slaby und Arco eine Funkverbindung zwischen Berlin-Schöneberg (Tempelhofer Feld) und Rangsdorf in der Nähe Berlins (Distanz 21 km). Als Antennenträger dienten Fesselballone mit 300–500 m langen Drahtseilen. Im Frühjahr 1898 überbrückte Slaby eine Strecke von 60 km (Berlin–Jüterborg).

Ein weiterer Forscher auf dem Gebiet der Funktelegrafie war der an der Universität Straßburg lehrende deutsche Physiker Karl Ferdinand Braun (1850–1918), nach dem die von ihm entwickelte „Braun’sche Röhre“ benannt ist.

Slaby und Arco arbeiteten in der von Emil Rathenau 1898 gegründeten funkentelegrafischen Abteilung der „Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft (AEG)“. Braun fand zunächst industrielle Unterstützung durch die Firma „Funkentelegraphie GmbH“ in Köln und im Jahre 1898 durch die „Gesellschaft für Telegraphie ohne Draht-System Prof. Braun und Siemens & Halske GmbH“ („Telebraun“). Beide Firmen bzw. Forschergruppen (AEG und Telebraun) arbeiteten damals unabhängig voneinander und tauschten möglichst keine Erfahrungen und Erkenntnisse aus. Wiederum war es Kaiser Wilhelm II., der beide Gruppen mit sanftem Druck vereinigte, um das Optimum an Erfahrung und Arbeiten zu erreichen. Der gemeinsame Firmenname lautete fortan „Gesellschaft für drahtlose Telegrafie“ oder kurz: „Telefunken“. AEG und Siemens besaßen jeweils 48 Prozent Anteil an Telefunken, waren damit jeder für sich allein nicht handlungs- und entscheidungsfähig. Die restlichen entscheidenden 4 Prozent Anteil besaß Kaiser Wilhelm II., der mit seinem geringen Anteil den bereits vorstehend genannten „sanften Druck“ ausüben konnte. Man sagt übrigens, daß es einfacher war, die beiden Firmen zusammenzuschließen als die in den beiden Firmen tätigen und ziemlich verbohrteten Forscher zur Zusammenarbeit zu bewegen.

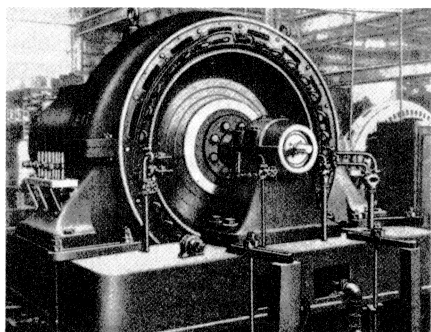
Daß diese Vereinigung dringend nötig war, stellte man mit einem Blick nach England leicht fest: Marconi hatte dort im April 1900 die „Wireless Telegraph and Signal Company (Marconi Company)“ gegründet und sich zu einem cleveren Geschäftsmann entwickelt. Er verkaufte Funkanlagen für Schiffseigner, verband aber mit dem Verkauf der Funkanlagen, daß mit seinen Funkanlagen nur mit Stationen an Land Kontakt aufgenommen werden dürfte, deren Eigner wiederum Marconi hieß.

1905 kehrte Kaiser Wilhelm II. mit dem HAPAG-Dampfer „Hamburg“ von einer Mittelmeerkreuzfahrt zurück. Vom Ärmelkanal aus wollte seine Majestät einen Funkanspruch über die Marconi-Station auf der Insel Borkum absetzen. Da die Hamburg aber eine Telefunken-Station an Bord hatte, blieb Kaiser Wilhelm II. auf seinem Funkanspruch hängen. Der hierüber natürlich sehr verärgerte Kaiser war so erbost, daß er nach seiner Rückkehr prompt den Bau einer eigenen Telefunken-Küstenfunkstation anordnete, was zum Bau des noch heute arbeitenden „Norddeich Radio“ führte.

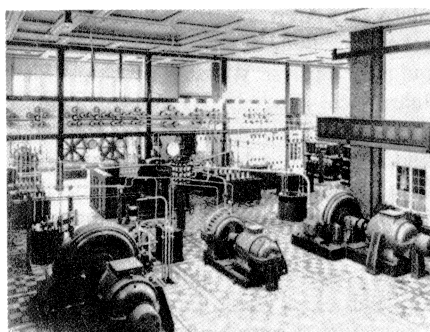
1906 wurde der unhaltbare Zustand mit den beiden Monopolisten Marconi und Telefunken anläßlich einer internationalen Funkkonferenz beendet. Das Nobelpreiskomitee in Stockholm überreichte 1909 Braun und Marconi gemeinsam den Nobelpreis für Physik „in Anerkennung ihrer Verdienste um die Entwicklung der Telegrafie ohne Draht“ und erreichte damit nebenbei sogar, daß sich zwei Kontrahenten nach Jahren des Zwists wieder die Hände reichten.

5.4. Die Großsendestation Nauen

1906 war auch das Jahr, in dem die Telefunken-Versuchstation Nauen errichtet worden ist. In den Jahren 1906–1909 wurden mit einem Braunschens Sender 3000 km Reichweiten erzielt. Der von Prof. Max Wien (Danzig) entwickelte Löschfunktensender ermöglichte in den Jahren 1909 bis 1911 sogar Funkverbindungen mit den 5000 km entfernten deutschen Kolonien Kamerun und Togo.



*Abb. 5.5.: Ein HF-Generator in Nauen
(Quelle: Rundfunk der DDR)*



*Abb. 5.6.: Der Maschinenaal in Nauen
im Jahre 1922 (Quelle: Rundfunk d. DDR)*

1911 wurde die Versuchstation zur dauerhaften Betriebsstation. Eine 1912 vergrößerte Löschfunkenanlage mit 100 kW Sendeleistung ermöglichte 8000 km Entfernung zu überbrücken: Mittelfrika und Nordamerika kamen greifbar nahe.

Während des ersten Weltkrieges konnte die erste Verbindung mit Windhuk in Deutsch-Südwestafrika hergestellt werden.

Von 1913 bis 1915 wurden die Löschfunken sender durch Hochfrequenzmaschinen sender ersetzt. Hochfrequenzmaschinen sind gewöhnlichen Stromgeneratoren vergleichbar, die in jedem Kraftwerk Dienst tun (Abb. 5.5.). Während die Kraftwerksgeneratoren Wechselstrom mit 50 Hz produzieren, lieferten die Nauener Hochfrequenzmaschinen Wechselstrom mit einer Frequenz zwischen 6000 und 10.000 Hz. Und das mit 100 kW und 200 kW Leistung. Durch gegeneinandergeschaltete, gleichstromgesättigte Transformatoren wurde diese Frequenz so über einen Primärkreis verzerrt, daß über einen abgestimmten Kreis hohe Leistung bis zur fünffachen Frequenz entnommen werden konnte. Später schaltete man sogar manchmal mehrere Vervielfacher hintereinander [7]. 1920 kamen zwei Hochfrequenzmaschinen mit 400 kW Leistung hinzu. Von nun an war mit 20.000 km Reichweite praktisch jeder Punkt der Erde erreichbar (Abb. 5.6.).

5.4.1. Die Antennenanlagen in Nauen

1906 wurde in Nauen die erste Schirmantenne an einem freistehenden, senkrecht gehaltenen, dreieckigen Stahlgittermast errichtet, ein Weltwunder der Technik aus der Sicht damaliger Zeit. Der Mast stand mit einer Spitze auf einem 40 cm hohen Marmorblock, um ihn elektrisch gegen den Erdboden zu isolieren. Die Isolation war aber sehr unzureichend und wurde bald gegen drei große massive Glaskörper von je 10 cm Stärke ersetzt. Diese wiederum sprangen sehr leicht bei Temperaturdifferenzen. Seit 1914 wurden massive Hartporzellankörper angewandt, später fanden Steatitisolatoren Verwendung (Abb. 5.7.).

Die Antenne war äußerlich wie ein riesiger Regenschirm ohne Textilbespannung anzusehen – mit dem Mast in der Mitte und zahlreichen rundum abgehenden Drähten. Der Antennenschirm einschließlich der Abspannungen am Erdboden besaß einen Durchmesser von 400 m (Abb. 5.8.).

1909 wurde der Schirm auf 600 m Durchmesser vergrößert. Zur Abspannung fanden zwölf 30 m hohe Holzmasten Verwendung.

1911 wurde der zentrale Mittelmast auf 200 m aufgestockt, kam aber im Frühjahr 1912 infolge eines Orkans bereits wieder zu Fall. Im Winter 1912/13 wurde ein neuer 260 m hoher Mast in Betrieb genommen. Ergänzt wurde der Mast durch zwei 120 m hohe Hilfsmaste (Abb. 5.9.).

Der Nauener Endausbau schließlich (Abb. 5.10.) wies zwei Antennenanlagen mit zusammen zwei 260 m hohen, sieben 210 m hohen und zwei 180 m hohen Masten auf. Bei einer Sendefrequenz von 20 kHz konnte jede der beiden Antennen 500 kW HF-Leistung abstrahlen.

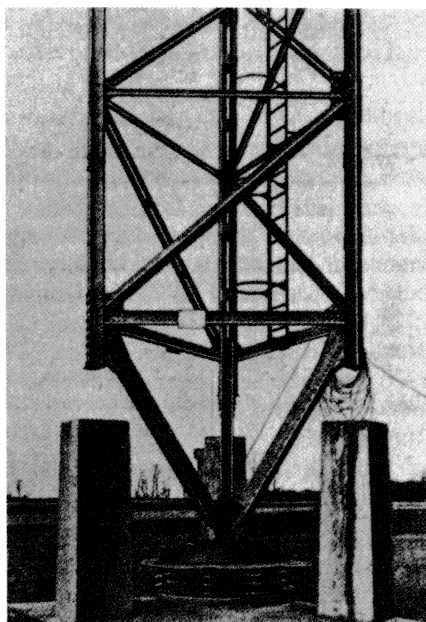


Abb. 5.7.: Fußpunktisolator des 100 m Mastes in Nauen (Quelle: Rundfunk der DDR)

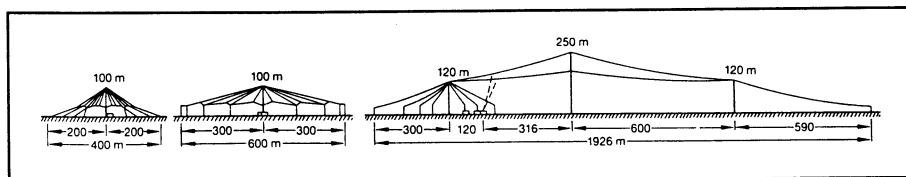


Abb. 5.8.: Die wachsende Antennenanlage in Nauen 1906 bis 1909 (links), 1909 bis 1911 (Mitte), 1911 bis 1916 (rechts)

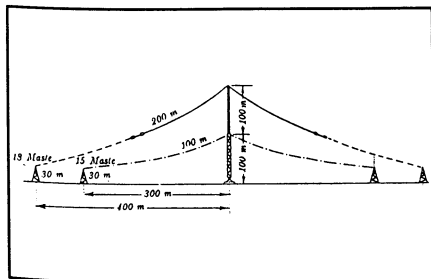


Abb. 5.9.: Vergrößerte Schirmantenne in Nauen (1912)

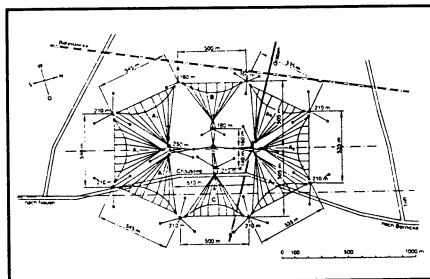


Abb. 5.10.: Antennenanlage in Nauen (Draufsicht)

5.5. Die Langwellenstation in Königswusterhausen (1915–1945)

Für die Militärbehörden errichtete die Firma Telefunken 1916 die „Großfunkenstelle Königswusterhausen“ (südlich von Berlin) mit einem 70 kW-Löschfunktensender, der im Frequenzbereich 37 bis 86 kHz arbeitete, sowie zwei weitere Sender, die den Frequenzbereich 54 bis 177 kHz (ein 5 kW-Sender von Telefunken und ein 32 kW-Sender von Lorenz) abdeckten [8]. 1919 übernahm die Deutsche Reichspost die Sendeanlage für den Inlands-, später auch für den Auslandsverkehr. Königswusterhausen wurde auch von 1925 bis 1927 Standort des „Deutschlandsenders“, der die Programme des Berliner Rundfunksenders und der Deutschen Welle mit anfangs 1,5 kW Sendeleistung übertrug. 1926 wurde die Leistung auf 5 kW erhöht. 1927 wurde 4 km südöstlich von Königswusterhausen nahe des Ortes Zeesen eine weitere Sendeanlage mit einem 30 kW starken Rundfunksender errichtet, der fortan als „Deutschlandsender“ genutzt worden ist. 1931 erfolgte eine weitere Leistungserhöhung auf 60 kW. Die Sendeantenne bestand aus einer an zwei 210 m hohen abgespannten Eisengittermasten befestigten T-Antenne.

Später errichtete man in Herzberg an der Elster drei Langwellensender mit jeweils 165 kW Leistung. Jene Station konnte wahlweise mit 165 kW Leistung (1 Sender), 330 kW Leistung (2 Sender in Betrieb) oder 500 kW Leistung (alle Sender in Betrieb) strahlen.

Die Firma Telefunken führte in dieser Zeit ein Experiment mit einem in zweierlei Hinsicht bis heute einmaligen Rekord durch. Sie sendete mit einer Längstwellenstation, deren Antenne 1000 m hoch senkrecht in den Himmel ragen sollte.

Gehalten wurden die Antennenseile von einem unbemannten Hubschrauber, dessen Antrieb aus einem elektrischen Drehstrommotor bestand (!), der seinerseits seinen Strom über die Antennenseile bezog. Das Experiment mißlang jedoch an einer Stelle, als der Hubschrauber eine Höhe von 750 m erreicht hatte. Auf den Antennenseilen hatten sich elektrostatische Aufladungen gebildet, die bestimmte Sicherungen ansprechen ließen, wodurch der Hubschrauber mehr oder minder unsanft zur Landung gezwungen worden ist [7].

5.6. Der Längstwellensender „Goliath“

Um alle U-Boote der deutschen Kriegsmarine an jedem beliebigen Punkt der Erde erreichen zu können, wurde die Fa. C. Lorenz AG gegen Ende des zweiten Weltkrieges beauftragt, einen Längstwellensender für den Frequenzbereich von 15 kHz bis 60 kHz mit 1000 kW Strahlungsleistung und hohem Antennenwirkungsgrad zu entwerfen und zu errichten.

Da man die Tragmasten bei Längstwellensendeantennen nicht so hoch bauen kann wie man sie gerne hätte, muß man insbesondere bei niedrigen Frequenzen von einem sehr niedrigen Strahlungswiderstand ausgehen. Das erforderte zwangsläufig sehr große Dachantennen mit mehreren getrennten Niederführungen und ausgedehnten Erdnetzen in einem Gelände, das besonders gute Erdbodeneigenschaften haben sollte.

Man fand das passende Gelände in Kalbe an der Milde, zwischen Gardelegen und Stendal (frühere DDR) im wasserreichen Grund des Elbuferstromtales: Der Erdwiderstand liegt dort zwischen 30 und 60 Ohm/m.

Die Dachantenne der im Jahre 1943 in Betrieb gesetzten Station überdeckte eine Fläche von 4 km² und bestand aus 50 km Stahl-Alu-Halbbröhreisen. Die statische Gesamtkapazität der Antenne betrug 113.000 pF. Das Erdnetz umfaßte 360 km feuerverzinktes Bandeisen. Jede der vier Antennenabstimmspulen hatte eine Höhe von 5 m, einen Durchmesser von 3,50 m und ein Gewicht von 5 t. Die gesamte Anlage beanspruchte bei einer Versorgungsspannung von 200 kV einen Strom von mehr als 2500 A. Nicht ohne Grund trug die Station daher den Namen „Sender Goliath“.

Obwohl Goliath überwiegend für Telegrafiebetrieb gedacht war, konnte er oberhalb 35 kHz auch mit Hellschreib-Tastung (Faksimile) und mit Telefonie moduliert werden.

Bei Kriegsende wurde der Steuersender gesprengt. Die restlichen Bestandteile der Station wurden demontiert und in der Sowjetunion wiederaufgebaut [9,10].

5.7. Die Lang- und Längstwellenstation Mainflingen (ab 1951)

Alle bis hierher genannten Lang- und Längstwellenstationen befinden sich seit dem Ende des 2. Weltkriegs auf dem Territorium der ehemaligen DDR. Zwar hatte nach 1945 die Lang- und Längswelle an Bedeutung verloren, für Presse-, Wirtschafts-, Sport- und Diplomatenfunkdienste innerhalb der Bundesrepublik Deutschland und dem benachbarten europäischen Ausland war die Langwelle aber dennoch nach wie vor unentbehrlich.

Im Jahr 1949 begann die Deutsche Bundespost daher in Mainflingen südlich von Frankfurt a.M. eine Langwellenstation zu errichten, die zwischen 1951 und 1953 ihren Betrieb aufnahm.

Auf einem nur 50 ha großen Gelände befinden sich sechs Telegrafiesender mit Leistungen von 50 kW bzw. 60 kW. Acht Masten mit Höhen von 100 bis 200 m tragen vier T-Antennen und zwei Dreieckflächenantennen (Abb. 5.11.).

Die Verwendung der Sendeanlage bitten wir in den Buchabschnitten 7.2., 8.4., 8.5. und 8.6. nachzulesen.

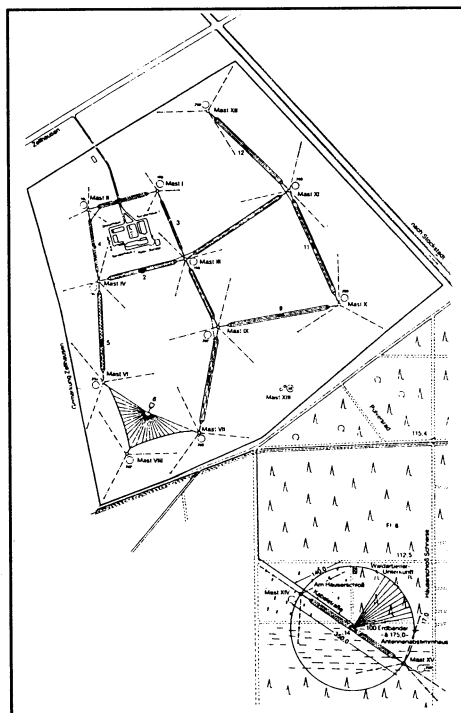


Abb. 5.11.: Langwellen-Antennenanlage in Mainflingen

6. Der extreme Längstwellenbereich (ELF)

Unter dem extremen Längstwellenbereich ist der Frequenzbereich von 0 bis 3 kHz zu verstehen.

6.1. Die militärische Nutzung des ELF-Bereichs

Bevor Sie diesen Abschnitt des Buches studieren, sollten Sie eigentlich zunächst die Abschnitte 4.3.2. und 7.3. lesen, die sich mit der militärischen Nutzung des Längstwellenbereiches (VLF-Bereich) befassen. In jenen Abschnitten wurde deutlich, daß für eine Funkverbindung zu getauchten Unterseebooten ausschließlich Funkwellen sehr niedriger Frequenz geeignet sind. Ein Blick in das am Ende des Buches befindliche Frequenzverzeichnis bestätigt diese These: Der Bereich unterhalb von etwa 40 kHz wird nahezu ausschließlich von den Seestreitkräften genutzt.

Die US Marine ist in den 60er Jahren versuchsweise sogar noch einen gewaltigen Schritt weitergegangen. Der Grund waren die damals erstmalig in Dienst gestellten atomargetriebenen Polaris-Boote, die in wesentlich größeren Wassertiefen agier(ten) als alle anderen bis dahin bekannten militärischen Unterseeboote. Prompt mußte auch ein Funksystem her, daß die Polarisboote in jenen großen Tiefen erreichte. In der Nähe des Michigan-Sees im Norden der USA nahe der Grenze zu Kanada hat die US Navy in den Bundesstaaten Wisconsin und Michigan in äußerst dünnbesiedelten Landstrichen damals zwei Sendestationen errichtet, die auf sage und schreibe nurmehr 76 Hz (in Worten: „sechundsiebzig Hertz!!“) arbeitete. Eine weitere Sendefrequenz bewegte sich um etwa 300 Hz. Das Projekt mit dem Namen „Sanguine“ (später hieß es in abgemagerter Form „Seafarer“) umfaßte Sendeanlagen mit 2,3 Megawatt HF-Leistung. Die Schenkellänge der vier sternförmig verlaufenden Antennen beläuft sich auf kolossale rund 10 km. In die Wälder im Escabana River State Forest wurden dazu entsprechend benötigte 30 Meter breite Schneisen geschlagen, um die Antennendrähte an den 17 Meter hohen Masten absolut gradlinig aufhängen zu können. Eine regelrechte Nachrichtenübermittlung war mit diesen Stationen angesichts der extrem niedrigen Sendefrequenzen kaum möglich. Die Stationen dien(ten) in erster Linie zum „Anklopfen“, also zur Mitteilung an die Polaris-U-Boote aufzusteigen, damit diese dann in geringerer Tauchtiefe Nachrichten von herkömmlichen VLF-Stationen entgegennehmen konnten.

Die Eindringtiefe in Salzwasser konnte mit Hilfe der beiden Stationen auf rund 100 bis 140 Meter vergrößert werden. Unter Verwendung entsprechend empfindlicher Funkempfänger soll die Eindringtiefe sogar „bis zum Grund“ gereicht haben.

Was sich bis hierher rein technisch las, rief in den USA allerdings Forscher auf den Plan, die um eine große Gefährdung für das menschliche Leben fürchteten. Immerhin pflanzen sich über die menschlichen Nerven ebenfalls elektrische Signale sehr niedriger Frequenz fort, die vom Grundsatz her genauso gut als ELF-Signale bezeichnet werden könnten. Jeder neurologische Facharzt beweist das tagtäglich bei Verwendung des Elektroenzephalogramms (EEG). Auch dort werden lediglich eine Vielzahl von Elektroden (= Antennen) auf dem Kopf des Patienten befestigt (rein äußerlich), und mit Hilfe eines

Schreibgerätes werden die empfangenen Signale in Form von Gehirnstromkurven aufgezeichnet. Die Vermutung lag daher sehr nahe, daß die Funksignale von „Sanguine“ bzw. „Seafarer“ unter Umständen das menschliche Nervensystem der in der Nähe der Stationen wohnenden oder tätigen Bürger neurologisch beeinflussen könnte.

Präsident Carter ließ unter dem Druck der Öffentlichkeit den Bau von „Seafarer“ im Jahre 1978 stoppen und forderte von der US Navy die Erarbeitung neuer Spezifikationen. Der dem Pentagon wohlgesonnenere Präsident Reagan setzte 1981 den Weiterbau von „Seafarer“ fort, nun allerdings unter der Projektbezeichnung „ELF“.

„ELF“ ist mittlerweile mit den beiden Stationen in Clam Lake, Wisconsin und im Chequamegon Nationalpark fertiggestellt. Bis auf Testsendungen mit geringer Sendeleistung sind beide Stationen bis heute jedoch noch nicht richtig in Betrieb gegangen.

6.2. Erdbebenvorhersage mittels ELF

Seit jeher versucht der Mensch krampfhaft, Naturkatastrophen vorhersagen zu können, um Ihnen aus dem Weg zu gehen oder zumindest die zu erwartenden Schäden begrenzen zu können. Dazu gehören natürlich auch Erdbeben. Die Wissenschaft hat es zwar ermöglicht, Gebiete der Erde als mehr oder weniger erdbebengefährdet zu selektieren, was bereits als ein wesentlicher Schritt in die richtige Richtung bezeichnet werden kann. Wann ein Erdbeben sich hingegen zeitlich exakt ereignet, weiß bis heute aber niemand. Statistiker vermögen bestenfalls eine Wahrscheinlichkeit für das zeitliche Auftreten eines Erdbebens errechnen können.

Tieren wird nachgesagt, daß sie dem Menschen in dieser Hinsicht weit überlegen sein sollen. Unmittelbar vor dem Auftreten eines Erdbebens zeigen bestimmte Tierarten eine auffällige Unruhe, die mit dem Drang einhergeht, das mutmaßliche Gebiet des Epizentrums fluchtartig zu verlassen. Was die Tiere dazu führt, ist nicht gänzlich geklärt, es könnten Längswellen mit sehr niedrigen Frequenzen sein.

In China ist das nachfolgend beschriebene Experiment mehrfach unternommen worden, was diese Theorie bestätigen könnte:

In einem erdbebengefährdeten Gebiet sind Elektroden in das Erdreich eingegraben worden – die eine bestand aus Kohle, die andere aus Blei. Die Eingrabungstiefe betrug etwa 2 Meter, der Elektrodenabstand belief sich auf rund 20 Meter. Ein Längswellenempfänger mit daran angeschlossenen Schreiber nutzte die beiden Elektroden als Antennen. Es konnte nachgewiesen werden, daß kurz vor dem Auftreten eines Erdbebens heftige elektrische Schwingungen im Frequenzbereich 10 bis 1500 Hz zu verzeichnen waren. Allem Anschein nach dürften diese Schwingungen auf Reibungen und für Menschen unmerkliches Zittern in der Erdkruste zurückzuführen sein.

Nicht völlig klar ist dabei, ob die Tiere das eigentliche Zittern der Erdkruste zu ihrer Unruhe veranlaßt oder ob es die gleichzeitig auftretenden elektrischen Wellen sehr niedriger Frequenz sind, die die Tiere im Gegensatz zu den Menschen u.U. registrieren können. Letzteres ist ebenfalls nicht völlig von der Hand zu weisen, denn schließlich pflanzen sich in den menschlichen Nerven ebenfalls elektrische Wellen sehr geringer Frequenz und Intensität fort, was tagtäglich in jeder neurologischen Klinik mit dem EEG (Elektroenzephalogramm) nachgewiesen wird.

7. Auf der Längstwelle betriebene Funkdienste

7.1. Navigationsverfahren auf der Längstwelle

7.1.1. Das OMEGA-Navigationssystem

OMEGA ist das neueste und auch vorerst letzte erdgebundene Funknavigationssystem. Um das deutlich genug herauszustellen, gab man ihm den „letzten“ Buchstaben des griechischen Alphabets als Namen.

Im Gegensatz zu LORAN-A, LORAN-C und Decca ist OMEGA weltweit lückenlos nutzbar. Der Vater des OMEGA-Systems ist die US Marine, die in den siebziger Jahren ein weltweites Navigationssystem für ihre U-Boote benötigte. Quasi als Nebeneffekt ist OMEGA auch für zivile Nutzer überall verfügbar.

OMEGA arbeitet mit nur acht weltweit verteilten Sendern:

Standort	Buchstabe	Stationstypische Frequenz
Norwegen	A	12,1 kHz
Liberia	B	12,0 kHz
Hawaii	C	11,8 kHz
N. Dakota, USA	D	13,1 kHz
La Réunion	E	12,3 kHz
Argentinien	F	12,9 kHz
Australien	G	13,0 kHz
Japan	H	12,8 kHz

Die Stationen senden in einem zeitlich äußerst präzise festgelegten Wechsel auf fünf verschiedenen Sendefrequenzen. Mit Hilfe von OMEGA ist es möglich, überall auf der Erde eine Positionsbestimmung auf 4 Seemeilen genau durchzuführen.

Alle acht OMEGA-Stationen senden gemeinsam auf 10,2 kHz, 11,05 kHz, 11,33 kHz und 13,6 kHz. Außerdem sendet jede OMEGA-Station noch auf einer nur ihr selbst eigenen stationstypischen Frequenz (siehe oben). Das ganze geschieht in einem raffiniert ausgeklügelten Wechsel in einer Weise, daß niemals zwei oder mehr Stationen gleichzeitig die gleiche Frequenz benutzen.

Das OMEGA-Prinzip

Um das OMEGA-Prinzip besser verstehen zu können, muß man sich zunächst vor Augen halten, daß von jeder OMEGA-Station ein sinusförmiges Funksignal ausgeht, das eine Frequenz von – sagen wir – 10,2 kHz hat. Anfangs verläßt die positive Halbwelle die Antenne, anschließend die negative. Es folgt wieder eine positive, dann wieder eine negative u.s.w. Bis eine vollständige HF-Schwingung die Antenne verlassen hat, vergeht

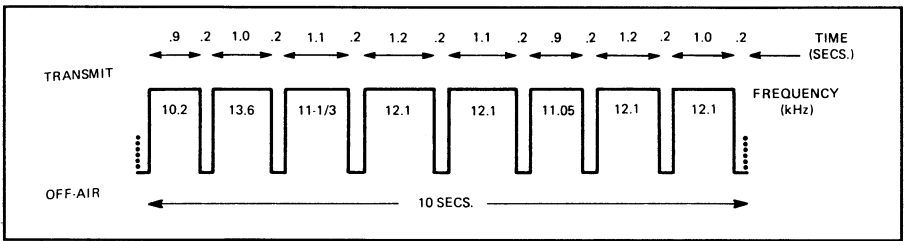


Abb.7.1.: Das 20-Sekunden-Sendeschema der OMEGA-Station A

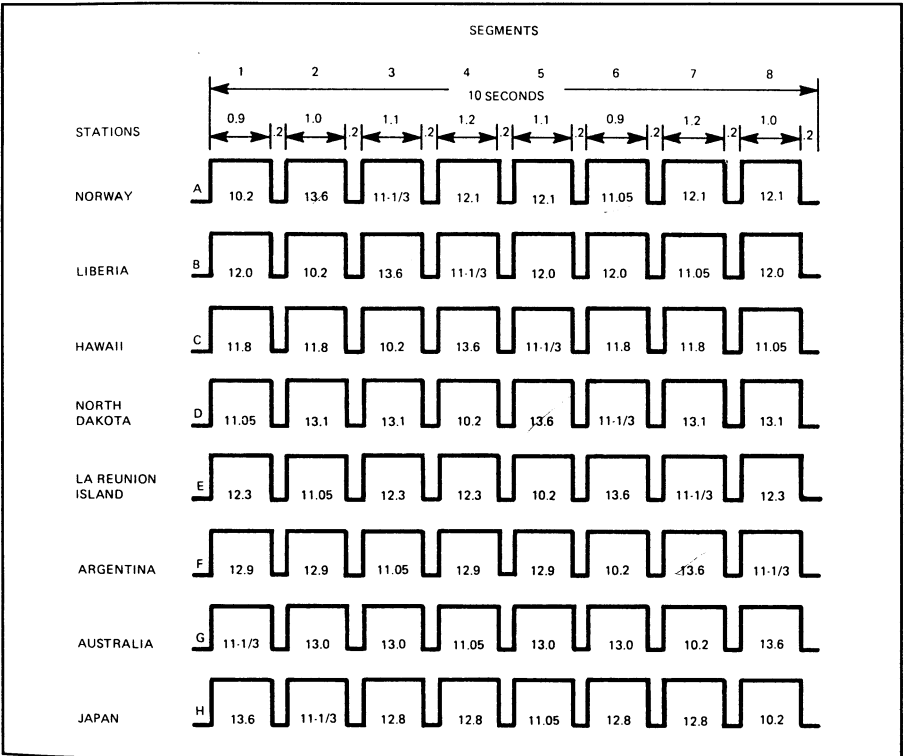


Abb.7.2.: Das Sendeschema aller OMEGA-Stationen

eine Zeit von $1:10200 \text{ sec}^{-1} = 0,000098$ Sekunden oder 98 Mikrosekunden. In dieser Zeit legt die Schwingung im freien Raum eine Entfernung von genau 16 Seemeilen zurück.

Nun ein paar Betrachtungen zu den Abbildungen 7.3. und 7.4.: Oben sehen wir zwei volle Schwingungen, wie sie die Antenne verlassen. Befindet sich ein Funkempfänger unmittelbar am Antennenstandort der OMEGA-Station, so empfängt er den Sinus so, wie er sich am Ausgang der Antenne darstellt. In unserem Fall liegt demnach keinerlei „Phasenverschiebung“ vor. Lassen wir den Empfänger (das Schiff oder das Flugzeug) nun zu einem Ort wandern, der in der Abb. 7.4. mit X gekennzeichnet ist (Abb. 7.3. Beispiel c): Um den Empfänger zu erreichen, benötigt das Funksignal eine gewisse – wenn auch

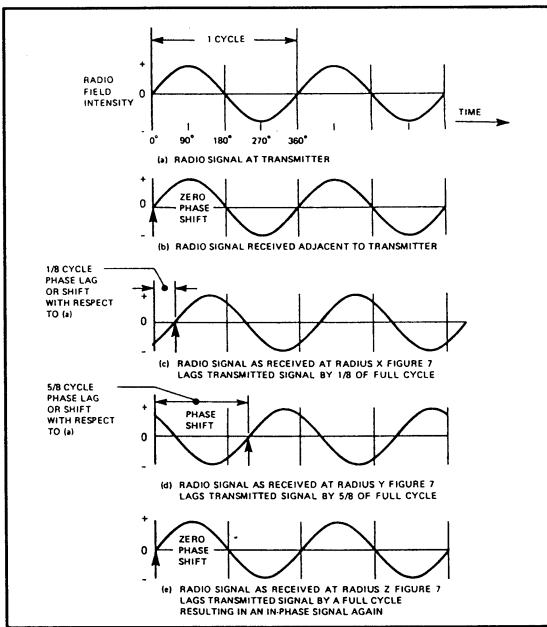


Abb. 7.3.: Die Signalphase in Abhängigkeit der Entfernung zum Sender

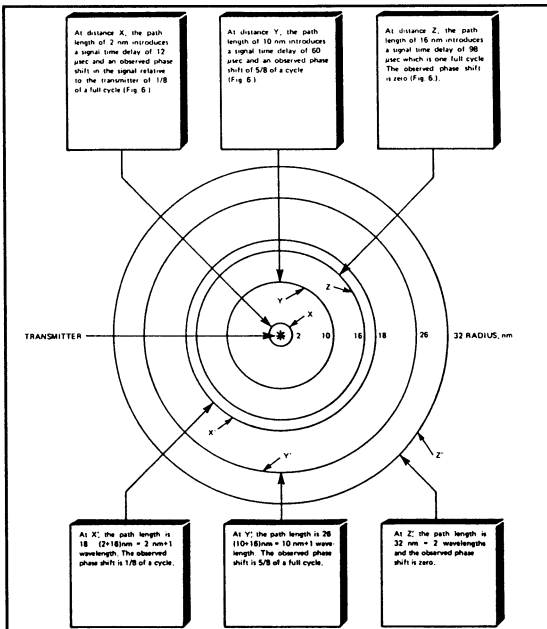


Abb. 7.4.: Die Signalphase in Abhängigkeit der Entfernung zum Sender

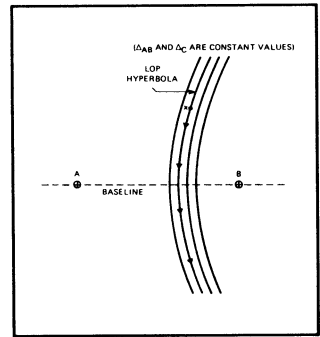


Abb. 7.5.: Konstante relative Phase entlang einer Line of Position (LOP)

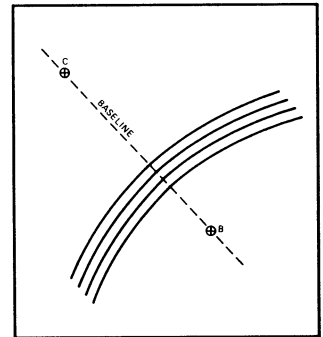


Abb. 7.7.: Messung des Phasenunterschiedes von einem weiteren Senderpaar

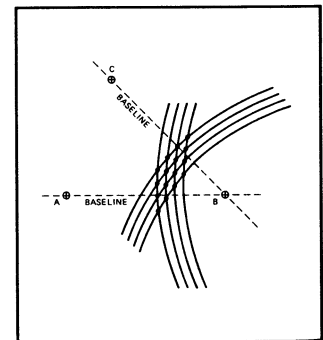


Abb. 7.8.: Schnittpunkt der LOPs aus zwei Sendersystemen

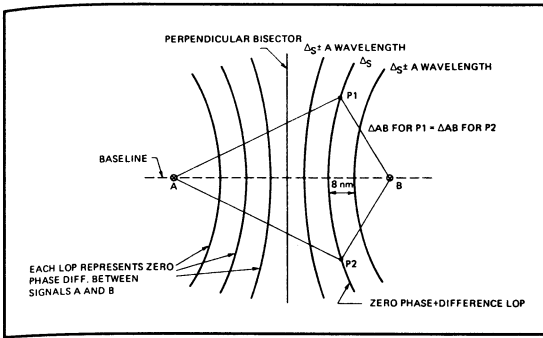


Abb. 7.6.: Hyperbelanordnung

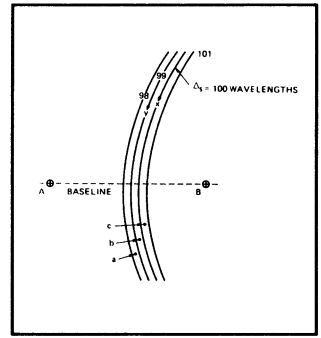


Abb. 7.9.: Die Hyperbellinien stellen bestimmte Wellenlängen dar

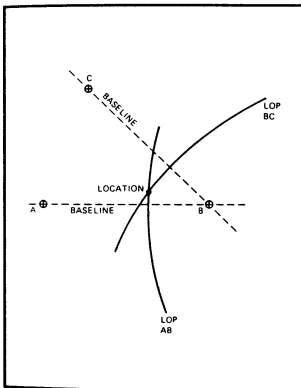


Abb. 7.10.: Empfängerstandort am Schnittpunkt von zwei LOPs

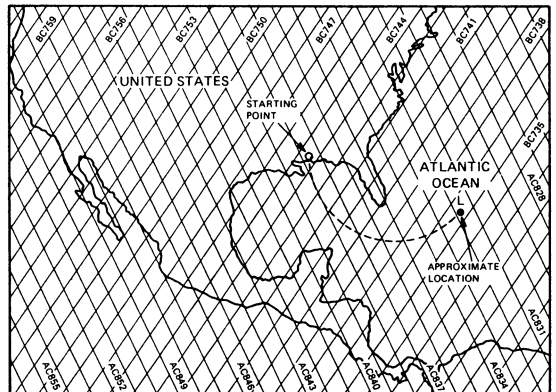


Abb. 7.11.: Ausschnitt aus der Karte, die die Hauptstraßen AC und BC darstellt

extrem kurze – Zeit. Was bedeutet das für den Ort X? Verläßt eine Schwingung die Sendeantenne mit 0° , so hat den Empfänger in dem Moment noch nicht einmal die vorherige Schwingung vollständig erreicht. In unserem Fall fehlt noch das letzte Achtel der Schwingung. Eine volle Wellenlänge beträgt bei 10,2 kHz – wie schon erwähnt – 16 Seemeilen. Der Empfänger ist demnach ein Achtel von 16 sm = 2 Seemeilen von der OMEGA-Station entfernt.

Ein weiteres Beispiel: Punkt Y in Abb. 7.4. (siehe dazu Abb. 7.3., Beispiel d): Dem Empfänger fehlen hier noch fünf Achtel der vorherigen Schwingung. Er ist somit $\frac{5}{8} \times 16 \text{ sm} = 10 \text{ sm}$ von der OMEGA-Station entfernt.

Und schließlich noch ein Beispiel: Punkt Z in Abb. 7.4. (dazu Abb. 7.3., Beispiel e): Dem Empfänger steht noch eine volle Schwingung aus, obwohl schon wieder eine völlig neue Schwingung die OMEGA-Station verläßt. Der Empfänger ist somit eine volle Wellen-

länge = 16 sm von der OMEGA-Station entfernt. Entfernt er sich noch weiter vom 16-sm-Kreis (Abb. 7.4.), so erreicht man Orte (X'), wo ein Achtel der vorherigen Schwingung fehlen: Der Empfänger könnte hier nicht unterscheiden, ob er sich 2 sm oder $16 + 2 \text{ sm} = 18 \text{ sm}$ von der OMEGA-Station entfernt befindet. Die analogen Probleme treten bei $Y' = Y$ oder $Z' = Z$ auf. Wir sehen, daß sich alle 16 Seemeilen das Phasenbild wiederholt.

Nun mißt man in der Praxis allerdings keine Signallaufzeiten, sondern Phasendifferenzen der Signale von zwei gleichzeitig empfangenen OMEGA-Stationen. Betrachten wir dazu Abb. 7.5. und 7.6. und nennen die beiden Stationen schlicht A und B. Hier tritt der Effekt auf, daß in der Nähe der Basislinie (kürzeste Verbindungslinie zwischen den beiden Stationen) die Schwingungen von A und B gleich sind, also Phasengleichheit vorliegt. Diese Linien der Phasengleichheit werden Standlinien LOP (Line of Position) genannt.

Ein Navigator hat zu Beginn seiner Reise den OMEGA-Empfänger einzuschalten, den sicherlich bekannten Abfahrtsort einzuprogrammieren, während der Reise den Empfänger stets eingeschaltet zu lassen, und das „Überfahren“ solcher LOPs mitzuzählen (was automatisch im Empfänger geschieht). Dieses Verfahren ist mit einem weiteren OMEGA-Sender durchzuspielen (wir nennen ihn hier C), und wir erhalten das in Abb. 7.8. dargestellte Rautensystem. Die Bereiche zwischen zwei LOPs nennen wir „Straßen“ (der offizielle amerikanische Ausdruck lautet „Lane“). In Prozenten wird ausgedrückt, wo man sich in einer Straße befindet. Punkt X in Abb. 7.9. befindet sich zum Beispiel bei Null CEC (centicycles) der 100sten Straße, Punkt Y bei Null CEC der 99sten Straße, Punkt a bei etwa 50 CEC der 98sten Straße, Punkt b bei etwa 50 CEC der 99sten Straße u.s.w.

Wie schon erwähnt, hat jede Straße in der Nähe der Basislinie etwa 8 sm Breite. Für Bereiche abseits der Basislinien gibt es Karten mit eingezeichneten LOPs, lassen Sie uns des besseren Verständnisses wegen aber immer in der Nähe der Basislinie bleiben! Würde man die Straßen zu Navigationszwecken in Weltkarten einzeichnen, erhielte man aufgrund der hohen Dichte der Straßen ein heilloses Wirrwarr von Strichen und Linien. Man faßt daher einhundert Straßen zu Hauptstraßen zusammen und erhält z.B. für den nordamerikanischen Kontinent das in Abb. 7.11. dargestellte Rautenmuster. Auch hierzu ein Beispiel: Unser Fahrzeug startet in der Hauptstraße AC837 (Phasenmessung bezogen auf OMEGA-Station A und C) und Hauptstraße BC 744. Wir enden im Kreuzungsbereich der Hauptstraßen AC 831/BC 736 – im Bermuda-Dreieck.

Wie vorstehend erwähnt, muß der OMEGA-Empfänger während der Reise immer eingeschaltet bleiben, um das Durchfahren der Straßen kontinuierlich mitzählen zu können. Was aber ist zu tun, wenn trotz aller Vorsicht der Empfänger doch einmal vorübergehend ausfällt?! Hier bedient man sich des folgenden Kniffs: Wie bekannt, beträgt die Straßen-

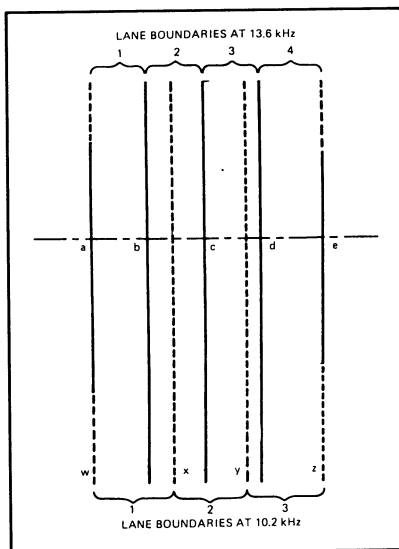


Abb. 7.12.: Straßenbreiten bei zwei verschiedenen OMEGA-Sendefrequenzen

breite bei 10,2 kHz genau 8 sm. Navigieren wir mit 13,6 kHz, so beträgt die Straßenbreite wegen der geänderten Wellenlänge 6 sm. Navigieren wir mit beiden Frequenzen gleichzeitig (siehe dazu Abb. 7.12.), so decken sich alle 24 sm die Straßengrenzen (man erinnere sich der Bruchrechnung: „kleinster gemeinsamer Nenner“!), und auf ± 12 sm läßt sich eine Position durchaus schon einmal mit dem Sextanten bestimmen. Ist auch das nicht möglich, so wählen wir das Frequenzpaar 10,2 kHz und $11 \frac{1}{3}$ kHz. Jetzt erhalten wir alle 72 sm gemeinsame Grenzen („kleinste gemeinsame Nenner“). Bei Kombination der Frequenzen $11 \frac{1}{3}$ kHz und 11,05 kHz beträgt die Distanz sogar 288 sm, und da es Orte solch gemeinsamer Grenzen nicht allzu häufig gibt, dürfte man auf solch einer Distanz den verlorenen Faden wohl wiederfinden.

Differential-OMEGA

Die mit OMEGA mögliche Standortbestimmung auf ± 4 sm reicht für transozeanische oder transkontinentale Seereisen bzw. Flüge völlig aus. Selbst wenn durch Unzulänglichkeiten in der Funkwellenausbreitung sich leicht fehlerhafte Standortbestimmungen ergeben sollten, so dürfte es in der Luft kaum zu Kollisionen kommen, da alle dicht beieinander fliegenden Flugzeuge den jeweils gleichen Unzulänglichkeiten in der Wellenausbreitung ausgesetzt sind und somit u.U. nur gemeinsam leicht vom Kurs abweichen.

Bei der Seefahrt in Küstennähe und zum Auffinden von kleineren Hafeneinfahrten hingegen ist eine genauere Standortbestimmung als ± 4 sm durchaus erstrebenswert. Hierfür gibt es sogenannte „Differential-OMEGA-Stationen“, die mit den nächstgelegenen üblichen OMEGA-Stationen im Umkreis von 50 sm eine Genauigkeit von 0,3 sm und im Umkreis von 500 sm eine Genauigkeit der Standortbestimmung von einer sm ermöglichen.

Der OMEGA-Navigationsempfänger

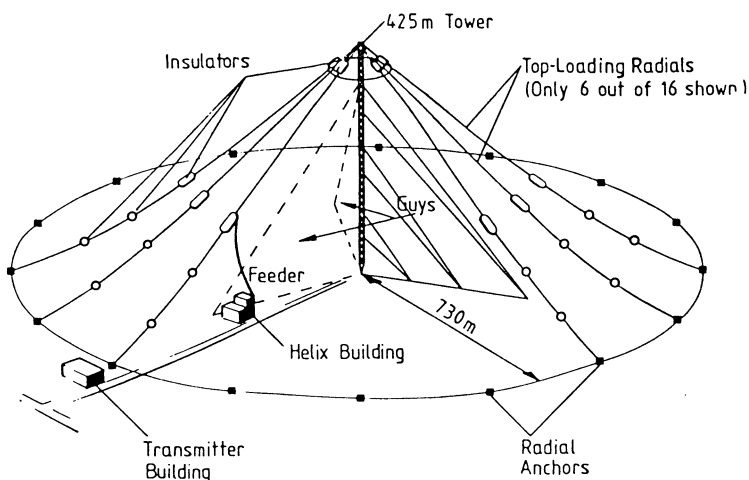
Nach all den vorgenannten Dingen erwartet man nun einen sehr aufwendigen und komplizierten Navigationsempfänger. Daß dem im Fall des vorliegenden Empfängers DEBEG 7442 nicht so ist, ist einerseits zunächst enttäuschend, für das Bedienpersonal, das tagtäglich damit umzugehen hat, aber hochehrfreulich. Und Letzteres ist schließlich das Entscheidende.

Was ist zu tun? Als erstes wird nach dem Einschalten des Empfängers eine OMEGA-Station – üblicherweise die nächstgelegene – für die Synchronisation gewählt. Dabei wird das im Empfänger erzeugte Zeitschema mit dem Zeitschema des OMEGA-Netzes (siehe Abb. 7.1. und 7.2.) entweder manuell oder automatisch in Einklang gebracht. Anschließend ist die Synchronisation sicherheitshalber über einen längeren Zeitraum zu beobachten. Danach sind die Stationen, die zur Bildung der für die Standortbestimmung ausgewählten Hyperbelscharen erforderlich sind, einzustellen und die Nummern der

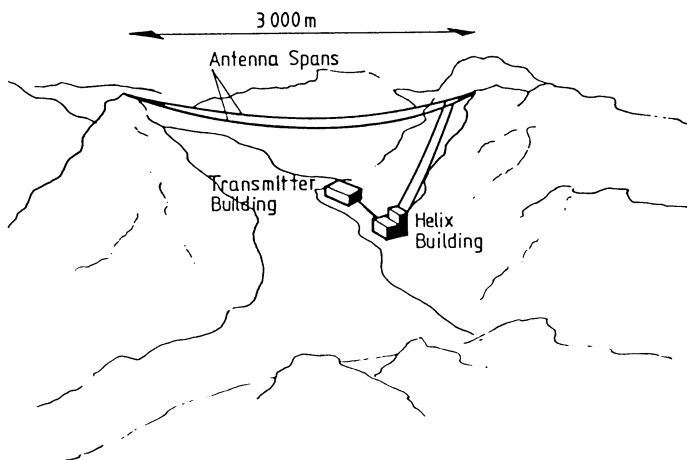


Abb. 7.13.: OMEGA-Empfänger DEBEG 7442

Nullhyperbeln („Hauptstraßen“) des Ausgangsstandortes einzugeben. Dazu sollte der eigene Standort auf ± 4 sm genau bekannt sein. Im Fall der vorliegenden rechnergestützten OMEGA-Navigationsanlage ist neben den geographischen Koordinaten des eigenen Standortes zusätzlich das Datum und die Weltzeit (UTC) einzugeben. Der Empfänger zeigt damit während der Reise laufend direkt die geographischen Koordinaten an. Die Verwendung von Seekarten mit OMEGA-Netzüberdruck (Abb. 7.11.) ist damit überflüssig geworden. Leichter geht es doch nun wirklich nicht, oder?!



TOP-LOADED MONOPOLE ANTENNA SYSTEM



FJORD-SPAN ANTENNA SYSTEM

7.1.2. Das ALPHA-Navigationssystem

Als das LORAN-C-System von den USA entwickelt und eingeführt worden war, bauten die Sowjets wenig später für ihre Zwecke ein dem LORAN-C-System ähnliches System auf (siehe auch Abschnitt 8.1.1.). Warum sollte das im Fall des OMEGA-Systems nicht anders sein?! Und das sogar, obwohl OMEGA weltweit – also auch in den UdSSR – ohne Einschränkung oder irgendeine Qualitätseinbuße genutzt werden kann. Sinnigerweise wird das sowjetische „OMEGA“-System hier als das „ALPHA“-System bezeichnet. Die westlichen Namensgeber wollten damit betonen, daß ihre Entwicklung bereits die Endstufe (Omega ist der letzte Buchstabe des griechischen Alphabets) erreicht habe, das sowjetische System (Alpha ist der erste Buchstabe des griechischen Alphabets) aber erst an der allerersten Stufe der technischen Entwicklung stehe.

ALPHA arbeitet mit drei Sendern, deren ungefähre Standorte wie folgt lauten:

45° Nord 38° Ost (etwa bei Krasnodar am Schwarzen Meer),

50° Nord 137° Ost (etwa bei Kamsomolsk-na-Amure am Pazifik),

54° Nord 83° Ost (etwa bei Nowosibirsk).

Die Sendefrequenzen betragen 11,905 kHz, 12,649 kHz und 14,881 kHz. Im Gegensatz zum 10-Sekunden-Takt bei OMEGA läuft ALPHA im 3,6-Sekunden-Takt. Die Sendeleistung der ALPHA-Sender beträgt rund 500 kW.

7.2. Zeitzeichensender

Zeitzeichensender strahlen Zeitimpulse höchster Genauigkeit für wissenschaftliche und technische Anwender aus. Auch für eine präzise Navigation ist es unerlässlich, stets über die exakte Zeit informiert zu sein.

Gerne wird der Vergleich benutzt, daß zum Beispiel die Uhren von Zeitzeichensendern eine Genauigkeit von mehr als 10^{-10} besitzen, oder anders ausgedrückt: Die Abweichung eines Zeitzeichensenders beträgt rund in 10^{10} Sekunden nur 1 Sekunde. Noch anders ausgedrückt: Sendet ein Zeitzeichensender 100.000.000.000 Sekunden lang (das entspricht nur ca. 3170 Jahren), so weicht der Sender in dieser Zeit um eine ganze Sekunde ab. Rein theoretisch, versteht sich, denn in der Praxis wartet natürlich kein Zeitzeichensender bis zur Nachregelung seiner Uhr solange, bis seine Uhr eine volle Sekunde abgewichen ist. Tatsächlich regelt der Zeitzeichensender schon beim Erkennen der allerkleinsten Abweichung seine Atomuhr nach.

Was nutzt nun diese wahnsinnige Präzision, wenn auf dem Weg vom Zeitzeichensender zum jeweiligen Empfänger die schöne Präzision vollends wieder verdorben wird?! Zwar legt das Licht und jede Radiowelle im luftleeren Raum in einer Sekunde die imposante Entfernung von rund 300.000 km zurück, aber bereits die Entfernung von auch nur wenigen tausend Kilometern Entfernung vom Sender zum Empfänger ruiniert die genannte Genauigkeit in erheblichem Maße. Eine Übertragung von Zeitsignalen über Kurzwelle scheidet – falls große Genauigkeit gefordert wird – wegen der mehrfachen und auch viel zu unregelmäßigen Reflexionen an der Ionosphäre und der Erdoberfläche völlig aus. Auch eine Satellitenübertragung bringt keine Lösung: Warum zweimal rund 36.000 km Weg (zum und vom Satelliten) zurücklegen, wenn der Sender und der Empfänger beispielsweise nur ca. 9000 km (das entspricht etwa der Entfernung Bundesrepublik Deutschland – Brasilien) überbrücken möchte?

Wäre nicht die beste Lösung eine gigantische Bohrmaschine, mit der man in der Bundesrepublik ein Loch derart schräg in die Erde bohrte, daß man am anderen Ende der Bohrung in Brasilien herauskäme (um bei unserem obigen Beispiel zu bleiben)? Natürlich ist so etwas Utopie, und wenn schon nicht der absolut kürzeste Weg realisierbar ist, so doch der zweitkürzeste: Eine Funkverbindung per Bodenwelle vom Sender zum Empfänger – eine Funkwelle, die sich möglichst dicht der Erdoberfläche, respektive der Meeresoberfläche anschmiegt. Hier bietet sich die Längswelle als prädestiniert an. Auch der untere Bereich der Langwelle, d.h. bis etwa 80 kHz, ist ebenso dafür geeignet.

Zeitzeichensender, die Wert darauf legen, daß ihr Produkt in aller kürzester Zeit den Empfänger erreicht, senden aus diesem Grund unterhalb von 80 kHz.

Alle weltweit auf der Lang- und Längswelle arbeitenden Zeitzeichensender sind in alphabetischer Länderreihenfolge mit ihren vollständigen Sendeschemata nachfolgend aufgelistet.

Bundesrepublik Deutschland (D)

Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Laboratorium 4.41, Bundesallee 100, 3300 Braunschweig

Station: DCF77 77,5 kHz

Sendeleistung: 50 kW

Senderstandort: Mainflingen

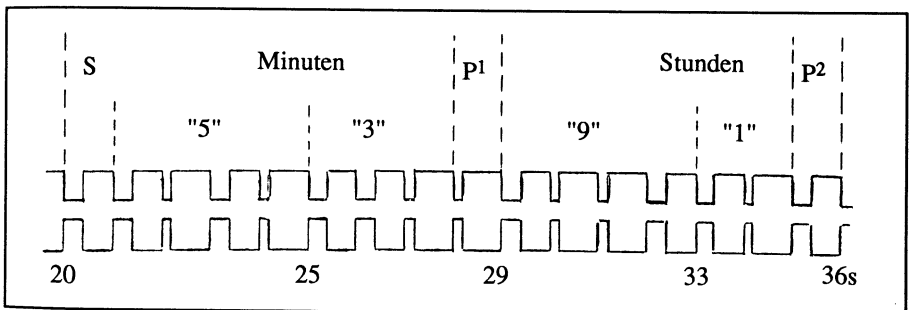
Geogr.Koordinaten: 50° 1' N, 9° 0' Ost

Sendezeit: ständig

Modulation: Zum Beginn jeder Sekunde (ausgenommen der 59sten) wird die Trägeramplitude für eine Dauer von 100 ms bzw. 200 ms auf etwa 25 Prozent Stärke reduziert.

Sendeschema: Mittels einer Zeitcodierung im BCD-Code wird die in der Bundesrepublik Deutschland gültige Zeit ausgesendet, und zwar das Jahr, der Monat, der Tag, die Stunde und Minute sowie der Wochentag. Die Zeitcodierung erfolgt durch Impulsverlängerung der Sekundenimpulse 20 bis 58 jeder Minute, wie im Diagramm ersichtlich. (100 ms = Binärschritt Null, 200 ms = Binärschritt Eins).

Ein Beispiel der Trägerhüllkurve für die Zeit 19.35 Uhr ist im nachfolgenden Bild dargestellt.



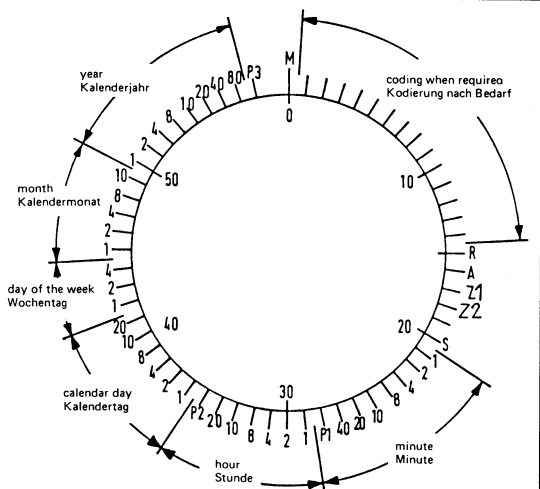
Schema der kodierten Zeitinformation

P1, P2, P3	Prüfbits
M	Minutenmarke
R	Aussendung erfolgt über Ausweichantenne

A	Ankündigung für Übergang
S	auf Sommerzeit oder zurück
	Startbit der kodierten Zeit-
	information (200 ms lang)

Z1, Z2 Während der Sommerzeit
200 ms lang; sonst 100 ms

Während der Normalzeit
200 ms lang;
Sommerzeit 100 ms



Großbritannien (G)

National Physical Laboratory, Div. of Electrical Science, Teddington, Middlesex W11 0LW, Großbritannien

Station: MSF 60 kHz

Sendeleistung: 50 kW

Geogr.Koordinaten: 52° 22' N, 1° 11' W

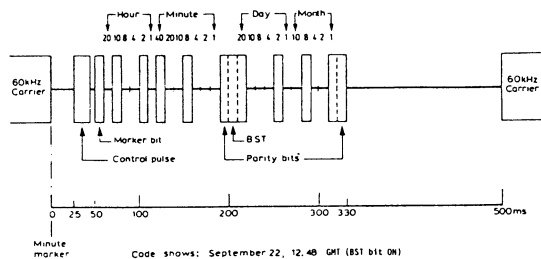
Sendezeiten: ständig; ausgenommen an jedem ersten Dienstag des Monats von 10.00 Uhr bis 14.00 Uhr UTC (während der Sommerzeit eine Stunde früher).

Modulation: A2B

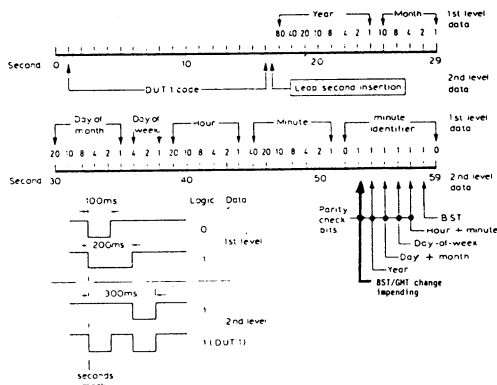
Sendeschema: Der Träger wird zu Beginn einer jeden Sekunde für 100 ms unterbrochen, zu Beginn einer jeden Minute für 500 ms. Während der minütlichen 500 ms langen Unterbrechung wird im BCD NRZ-Code mit einer Geschwindigkeit von 100 bit/s der Monat, die Stunde und die Minute codiert übertragen. Außerdem wird jeweils von der 17ten bis zur 59sten Sekunde jeder Minute im BCD PWM-Code mit einer Geschwindigkeit von 1 bit/s das Jahr, der Monat, der Tag des Monats, der Wochentag, die Stunde und die Minute codiert übertragen.

DUT1-Übertragung: CCIR-Code mittels Impulsverdoppelung

Die „schnelle“ Zeitcodierung im Minutenimpuls



Die „langsame“ Zeitcodierung zwischen den Sekunden 17 und 59



Japan (J)

Experimental Station JG2AS/JJF, Sanwa, Ibaraki

Postanschrift über: Frequency Standard Division, The Radio Research Laboratory, Ministry of Posts and Telecommunications, Koganei 184, Tokyo, Japan

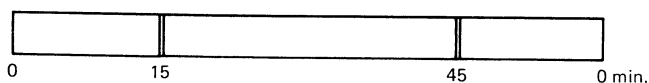
Station: JG2AS/JJF 40 kHz

Geogr.Koordinaten: 36° 11' N, 139° 51' Ost

Sendeleistung: 10 kW

Sendeschema: Zu Beginn einer jeden Sekunde wird für die Dauer von 500 ms die Trägerfrequenz gesendet. Der 59ste Impuls hat lediglich eine Länge von 100 ms. Siehe dazu auch die nachfolgenden Diagramme.

Hourly modulation schedule

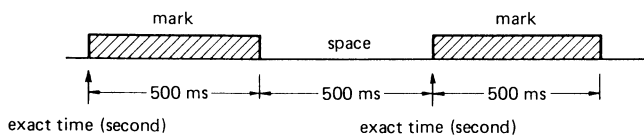


 second pulses

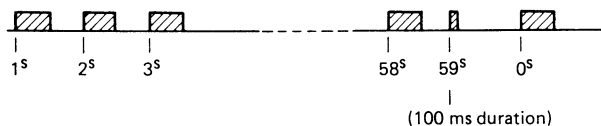
 call sign

Call sign: Three times by the Morse code

Wave form of second pulses



Identification of minute signal



Schweiz (SUI)

Observatoire de Neuchâtel, Rue de l'Observatoire 58, CH-2000 Neuchâtel, Schweiz

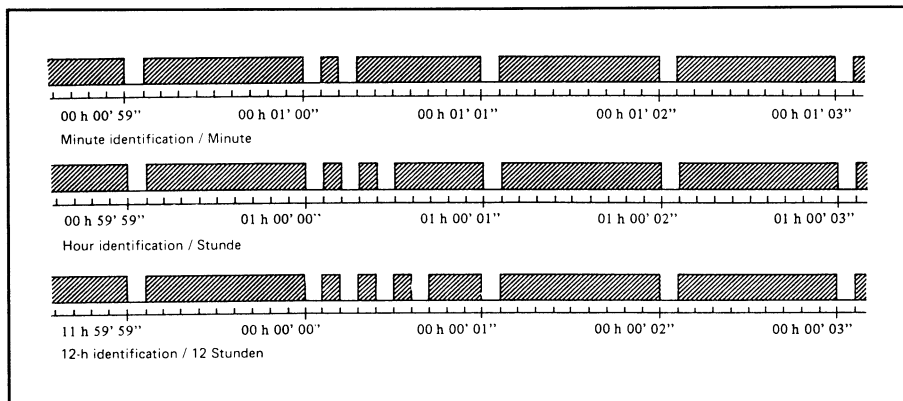
Station: HBG 75 kHz

Geogr.Koordinaten: 46° 24' N, 6° 15' Ost

Sendeleistung: 20 kW

Sendezeit: ständig

Sendeschema: wie im nachfolgenden Diagramm dargestellt



Der Träger wird zu Beginn jeder Sekunde für 100 ms unterbrochen (Negativmodulation). Zu Beginn einer jeden vollen Minute wird der Träger zweimal unterbrochen, zu Beginn einer vollen Stunde dreimal und zu Mitternacht Weltzeit viermal. Besondere codierte Signale zur Kenntlichmachung der Normal- bzw. der Sommerzeit sind ebenfalls in den Sendungen enthalten.

Tschechoslowakei (TCH)

Astronomical Institute, Budečská 6, 12023 Prag 2, CSFR

Station: OMA 50 50 kHz

Standort: Liblice

Geogr.Koordinaten: 50° 4' N, 14° 53' Ost

Sendeleistung: 7 kW

Sendezeit: Ständig

Wartungsunterbrechungen an jedem ersten Mittwoch im Monat von 06.00 Uhr bis 12.00 Uhr UTC. Während dieser Zeit ist ein Ersatzsender mit geringerer Sendeleistung und Standort Pödebrady in Betrieb.

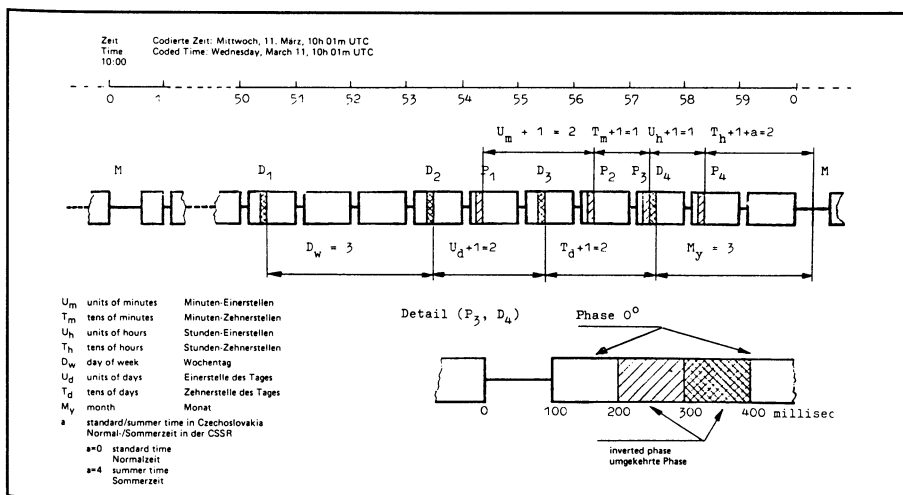
Sendeschema:

Der Träger ist amplituden- und phasengesteuert. Es handelt sich um negative Amplitudenmodulation. Das bedeutet, daß der Träger während der Sekundenimpulse für 100 ms unterbrochen wird. Die Minutenimpulse sind 500 ms lang. Die exakte Zeit liegt zu Beginn der Unterbrechung vor. Minütlich wird die Zeit in codierter Form gesendet. Die Tageszeit wird in Phasenumkehr des Trägers bestimmter Sekundenimpulse gesendet, und zwar zwischen 200 ms und 300 ms einiger Impulse. In jeder Minute werden 4 Phasenimpulse (P1 bis P4) ausgestrahlt. Zusammen mit den amplituden-gesteuerten Minutenimpulsen (M) werden 4 Zeitintervalle gebildet, die – gemessen in Sekunden – vier Daten darstellen: die Einerstellen der Minuten (UM), die Zehnerstellen der Minuten (TM), die Einerstellen der Stunden (UH) und die Zehnerstellen der Stunden (TH). Wie im Diagramm ersichtlich, wird die Dauer jeden Intervalls auf 1 Sekunde verlängert, so daß die Ziffer Null wie ein sekundliches Intervall gesendet werden kann. Um zwischen tschechoslowakischer Normal- und Sommerzeit unterscheiden zu können, wird das TH-Intervall im Fall der Sommerzeit um 4 Sekunden verlängert.

Eine Kalenderinformation (Tag der Woche, Monat und Tag des Monats) wird während vier weiterer Phasenumkehrintervalle gesendet. Dieses geschieht in bestimmten Sekunden zwischen 300 und 400 ms. Diese vier Phasenimpulse werden mit D1 bis D4 bezeichnet und bilden zusammen mit dem A1-Minutenimpuls (M) vier Zeitintervalle. Sie stellen – gemessen in Sekunden – vier Ziffern dar: Tag der Woche (1 für Montag, 2 für Dienstag u.s.w.), Einer und Zehner des Monatstages und die Ziffer des Monats (Januar = 1, Februar = 2, u.s.w.).

Siehe hierzu auch das unten im Diagramm dargestellte Beispiel.

Stationsrufzeichen und DUT1-Code werden nicht gesendet.



USA

Radio Station WWVB, 2000 East County Road, Fort Collins, Colorado 80524

Station: WWVB 60 kHz

Geogr.Koordinaten: 40° 40' N, 105° 3' W

Sendeleistung: 10 kW

Sendezeit: ständig

Sendeschema: Sekundenimpulse durch Reduzierung der Trägeramplitude (Negativmodulation). Es erfolgt eine Übertragung des Datums, der Zeit und des DUT1-Wertes im BCD-Code.

Sowjetunion (URS)

The State Committee of Standards of the Council of Ministers of the USSR, 9 Leninsky Prospekt, 117049 Moskau

Station: RBU 66,66 kHz

Standort: Moskau

Geogr.Koordinaten: 55° 48' N, 38° 18' Ost

Sendeleistung: 10 kW

Sendezeit: ständig
Wartungspausen jeden zweiten Dienstag im Monat 05.00 Uhr und 13.00 Uhr Weltzeit

Sendeschema siehe Diagramm

Station: RTZ 50 kHz

Standort: Irkutsk

Geogr.Koordinaten: 52° 26' N, 104° 02' Ost

Sendeleistung: 10 kW

Sendezeit: 01.00 Uhr – 24.00 Uhr UTC
Wartungspausen jeder 1., 3. und 4. Montag im Monat. Im Mai jeder 3., 4. und 5. Montag; jeweils von 00.00 bis 08.00 Uhr UTC.

Sendeschema: siehe Diagramm

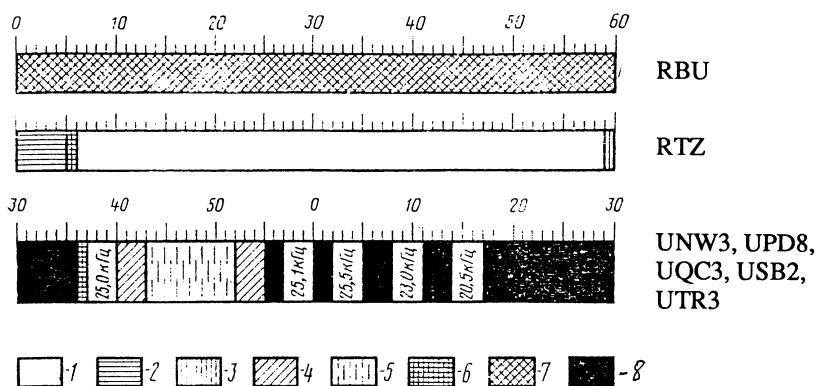
Station: RW166 200 kHz

Standort: Irkutsk

Geogr.Koordinaten: 52° 26' N, 104° 02' Ost

Sendeleistung: 40 kW

Sendezeit: 22.00 – 21.00 Uhr UTC
Wartungspausen an den drei letzten Montagen des Monats von 00.00 bis 09.00 Uhr UTC.



- 1: Trägersignal
- 2: Sekundensignale mit A1A-Modulation und DUT1+DUT1-Information
- 3: A2A-Signale mit 10 Hz-Modulation
- 4: A2A-Signale mit 40 Hz-Modulation
- 5: A2A-Signale mit 10 Hz, 1 Hz, 1/10 Hz und 1/60 Hz-Modulation
- 6: Rufzeichen im Morsecode
- 7: DXXXW-Signale (codierte Zeit)
- 8: Pause

Station: RW76 272 kHz
 Standort: Nowosibirsk
 Geogr.Koordinaten: 55° 04' N, 82° 58' Ost
 Sendeleistung: unbekannt
 Sendezeit: 22.00 – 20.00 Uhr
 Sendeschema: siehe Diagramm

Alle nachfolgenden Stationen senden gemeinsam auf den Frequenzen 25,0 kHz, 25,1 kHz, 25,5 kHz, 23,0 kHz und 20,5 kHz mit einer Sendeleistung von jeweils 300 kW:

Station: UTR3
 Standort: Gorki
 Geogr.Koordinaten: 56° 11' N, 43° 58' Ost
 Sendezeiten: 05.36 – 06.17 UTC
 13.36 – 14.17 UTC
 18.36 – 19.17 UTC

Station: UQC3
Standort: Khabarovsk
Geogr.Koordinaten: 48° 30' N, 134° 51' Ost
Sendezeiten: 00.36 – 01.17 UTC
06.36 – 07.17 UTC
17.36 – 18.17 TC

Station: UPD8
Standort: Archangelsk
Geogr.Koordinaten: 64° 24' N, 41° 32' Ost
Sendezeiten: 08.36 – 09.17 UTC
11.36 – 12.17 UTC

Station: USB2
Standort: Frunze
Geogr.Koordinaten: 43° 04' N, 73° 39' Ost
Sendezeiten: 04.36 – 05.17 UTC
09.36 – 10.17 UTC
20.36 – 21.17 UTC

Station: UNW3
Standort: Molodecno
Geogr.Koordinaten: 54° 26' N, 26° 48' Ost
Sendezeiten: 10.36 – 11.17 UTC
22.36 – 23.17 UTC

Besonderheit: Während der sowjetischen Sommerzeit erfolgen alle oben genannten Aussendungen eine Stunde später.

7.3. Die militärische Nutzung der Längstwelle

7.3.1. Eindringtiefen in Wasser

Bereits im Abschnitt 4.3.2. (Ausbreitung der Längswellen im Wasser) war die Bedeutung der Längswellen für die Seestreitkräfte zu erkennen, da die Längswellen unterhalb von 40 kHz die einzigen Funkwellen sind, die auch unter Wasser zu empfangen sind.

Wie im vorgenannten Buchabschnitt nachzulesen war, ist die Eindringtiefe von mehreren Faktoren abhängig:

- Vom Salzgehalt des Wassers (mit steigendem Salzgehalt sinkt die Eindringtiefe)
- Von der Wassertemperatur (mit steigender Temperatur sinkt die Eindringtiefe)
- Von der verwendeten Sendefrequenz (mit sinkender Frequenz steigt die Eindringtiefe)

Für die Nordsee beträgt die Eindringtiefe etwa 15–40 m, für die Ostsee mit ihrem etwas geringeren Salzgehalt kann man bis zu 50 m als realistische Tiefen betrachten. Versuche in Süßwasserseen haben sogar schon Eindringtiefen von bis zu 300 m erbracht.

7.3.2. VLF-Funkeinrichtungen von Unterseebooten

An Bord eines Unterseebootes ist bezüglich der VLF-Kommunikation nur ein spezieller, auf die Bedürfnisse eines Unterseebootes zugeschnittener VLF-LF-Empfänger vorhanden. Für die Senderichtung vom U-Boot zum Land werden Mittelwellen-, Kurzwellen- und/oder UKW-Sender verwendet, die aus taktischen Gründen natürlich nur im aufgetauchten Zustand des Bootes verwendet werden.

Die VLF-LF-Bordantenne des Unterseebootes besteht heutzutage aus einer kleinen Aktivantenne, vergleichbar mit einer Ferritantenne in einem Kofferradio. Die Antenne ist vielfach in einem wasserdichten Kunststoffgehäuse am Turmaufbau des Unterseebootes befestigt. Ebenfalls anzutreffen waren in der Vergangenheit VLF-LF-Bordantennen, die mit kleinen Bojen am U-Boot befestigt waren. Das eigentliche Unterseeboot konnte dabei vom Feind unerkannt in wesentlich größeren Tauchtiefen verbleiben. Nur der Luftballon mit der daran befestigten Empfangsantenne wurde vom Unterseeboot so weit hochgelassen (10 bis 20 Meter unter der Wasseroberfläche), daß ein brauchbarer Empfang möglich war, die Antenne aber dennoch nicht ohne weiteres von außerhalb des Wassers sichtbar war. Nachteilig wirkten sich dabei allerdings zwei Dinge aus:



Abb. 7.25.: VLF-LF Multichannel Empfänger GS7110 von Marconi. Frequenzbereich 10 bis 200 kHz.

- Wie jede Ferritantenne mußte die an der Boje befestigte Antenne zur Erlangung des optimalen Empfangs gedreht werden. Das aber war vom U-Boot aus nicht immer einwandfrei möglich.
- Mit jedem Meter Antennenzuleitung sank die am Bordempfänger ankommende Signalstärke. Ein Ausgleich konnte nur erreicht werden, indem entweder die Bojenantenne noch weiter in Richtung Wasseroberfläche aufgelassen wurde, oder indem das Unterseeboot seinerseits sich näher zur Antenne brachte.

Ebenfalls üblich waren kleine Rahmenantennen, die an einem kleinen Teleskopmast befestigt vom U-Boot nach oben hin ausgefahren werden konnten, was den gleichen Zweck bei besserer Steuerung der Antenne ermöglichte.

Das im Buchabschnitt 7.1.1. beschriebene OMEGA-Navigationsverfahren, welches im Frequenzbereich zwischen 10,2 und 13,1 kHz betrieben wird, ist übrigens nicht umsonst auf solch niedrigen Sendefrequenzen angesiedelt worden. Gerade die US Navy war es, die ein zuverlässiges Funknavigationsverfahren für ihre auf Tauchfahrt befindlichen Unterseeboote benötigte. Und nur OMEGA ist das einzige weltweit unter Wasser nutzbare Funknavigationsverfahren!

7.3.3. VLF-Marinesendefunkstellen

Die im Längstwellenbereich betriebenen Marinesendefunkstellen arbeiten mit Sendeleistungen, die oft ein Mehrfaches von 100 Kilowatt erreichen. Damit die Unterseeboote ihre Empfangsanlagen auf die von ihnen gewünschten Stationen einstellen können, senden fast alle VLF-Marinesendefunkstellen V-Schleifen im Klartext. Erst bei Übermittlung von Daten und Nachrichten erfolgt eine Verschlüsselung der Übertragung. Gesendet wird wegen der sehr niedrigen Trägerfrequenzen ausschließlich in Telegrafie, d.h. im Morsecode oder im Funkfernschreibverfahren.

Im Fall der zur NATO gehörigen Staaten kann jedes Unterseeboot eines NATO-Staates sich seine Meldungen über jede beliebige VLF-Station der NATO-Staaten übermitteln lassen. Konkret bedeutet das, daß die zur deutschen Bundesmarine gehörigen Unterseeboote sich während des Aufenthaltes in der Nord- und Ostsee zunächst durch die Marinesendefunkstelle Saterland-Ramsloh (Rufzeichen DHO38, siehe unten) im Emsland betreuen lassen. Bewegen sich die Unterseeboote im Bereich von Marinefunksendestellen anderer NATO-Staaten, so übernehmen diese Stationen die Funkversorgung.

7.3.4. Marinesendefunkstelle Saterland-Ramsloh der Deutschen Bundesmarine

Von der Firma TelefunkenSystemTechnik ist in Saterland-Ramsloh im Emsland eine große VLF-Sendefunkstelle erbaut worden, die das Funkrufzeichen DHO38 besitzt. Die Station besteht aus acht jeweils 353 Meter hohen Masten. Jeder Mast wird von einem eigenen 100 kW starken VLF-Sender gespeist. Unter Vollast betrieben arbeiten alle acht Sender synchron und erzeugen damit eine HF-Leistung von weit mehr als 800 kW. Wird

nur ein Teillastbetrieb gewünscht, so arbeiten nur so viele Sender wie nötig. Die Station besitzt dadurch den höchsten Wirkungsgrad aller bisher gebauten VLF-Sendestationen. Saterland-Ramsloh (siehe auch Titelbild dieses Buches) ist seit Dezember 1982 in Betrieb.

7.3.5. Das amerikanische Längswellensendernetz zur Führung von U-Booten

Die US Marine besitzt 6 weltweit verteilte Längswellenstationen mit der Station Cutler, Maine, USA als Hauptstation. Die Station befindet sich auf der Halbinsel Cutler mit hervorragend elektrisch leitendem Boden und dem Vorzug, fast rundum von Seewasser umgeben zu sein. Die Antenne besteht aus 25 Türmen mit Höhen von 245 m bis 300 m. Gespeist wird die Antenne von vier Sendern zu je 500 kW Leistung, die im Parallelbetrieb somit bis zu 2000 kW HF-Energie liefern können. Mit dem Stromverbrauch der Station (13.500 kW), könnte genausogut eine mittlere Stadt versorgt werden. Man sagt, daß der Sender direkt vom Pentagon aus getestet werden kann.

Die weiteren fünf Längswellenstationen der US Marine stammen noch aus der Zeit vor oder zu Beginn des zweiten Weltkrieges:

1. Pearl Harbour auf Hawaii,
2. Annapolis, Maryland,
3. Balboa, Panama-Kanalzone,
4. Jim Creek nahe Seattle, Washington und
6. Yoshami in Japan.

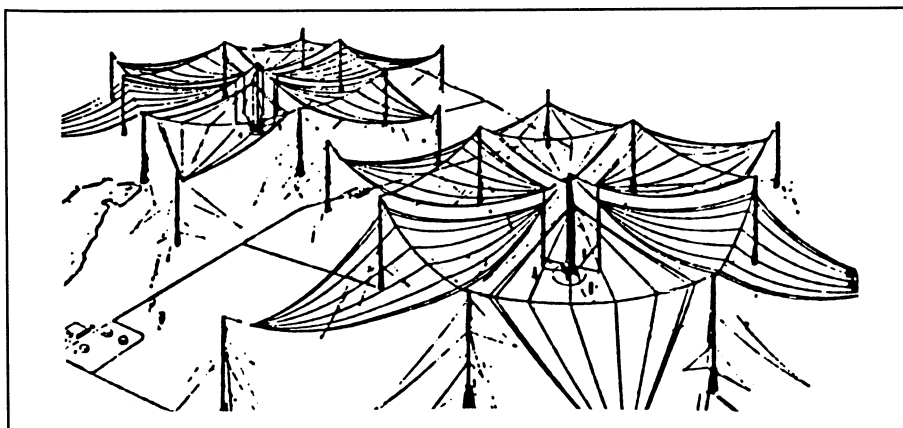


Abb. 7.26.: Schematische Darstellung der Antennenanlage der VLF-Station NAA der US Marine in Cutler, Maine, USA

8. Funkdienste auf Langwelle

8.1. Navigationsverfahren auf der Langwelle

8.1.1. LORAN-C

Das LORAN-C-System ist ein Hyperbelnavigationssystem. Für ein LORAN-C-Netz werden drei bis fünf Sender benötigt, die im Abstand von mehreren hundert Meilen auf dem Land aufgebaut sind. In einem LORAN-C-Netz wird eine Station als Hauptstation M (Master) und alle anderen als Nebenstationen (Secondary Stations) mit den Kennbuchstaben W (Whiskey), X (X-Ray), Y (Yankee) und Z (Zulu) bezeichnet. Die von den Nebenstationen ausgesendeten Impulse werden anhand der von der Leitstation ausgehenden Impulse synchronisiert.

In unserem grafischen Beispiel senden die Hauptstation M und die Nebenstation W synchronisierte Impulse in festen Zeitabständen. Der Bordempfänger mißt dabei die – wenn auch äußerst minimalen – Zeitunterschiede zwischen dem Eintreffen der von M und W ausgesandten Impulse. Diese Zeitdifferenz TD (Time Difference) wird in Mikrosekunden gemessen und an einer entsprechenden Anzeige des Bordgerätes abgelesen. In unserem Beispiel soll die angezeigte Zeitdifferenz $13370,0\text{ }\mu\text{s}$ betragen. In einer speziellen LORAN-C-Karte kann diese Zeitdifferenz als Positionslinie LOP (Line of Position) eingetragen werden. In der Praxis sind diese Linien schon in der Karte verzeichnet; man sucht sich nur die passende heraus bzw. interpoliert zwischen zwei naheliegenden LOPs. Im vorliegenden Fall befindet sich das Schiff irgendwo auf der 13370-LOP.

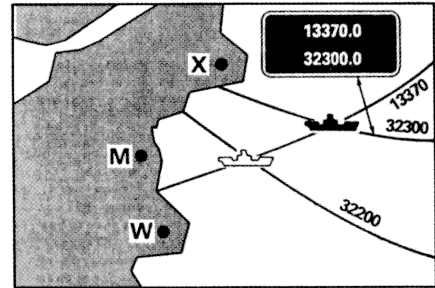
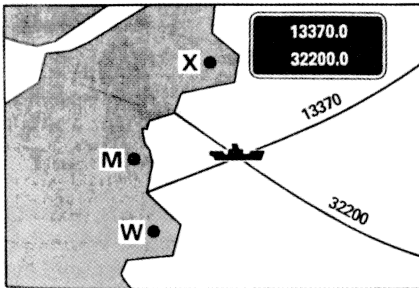
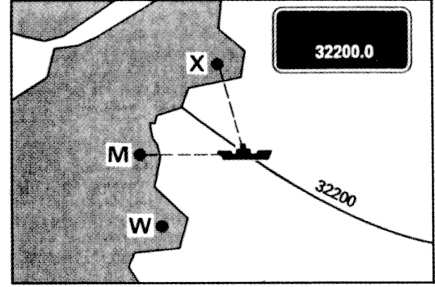
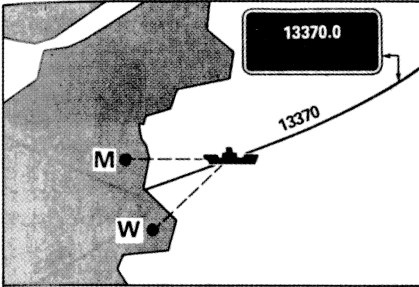
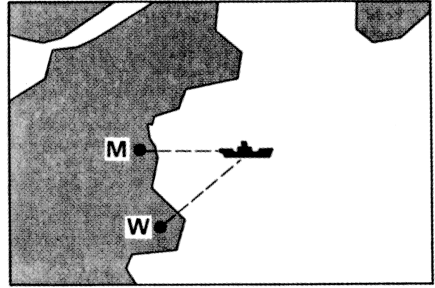
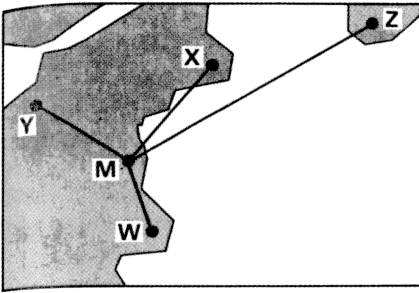
Anschließend wird das gleiche Zeremoniell mit Hilfe der M- und der X-Station durchgespielt. Hier beträgt in unserem Fall die Zeitdifferenz $32200,0\text{ }\mu\text{s}$. Auch dieser Wert bildet – eingetragen in eine LORAN-C-Karte – eine Positionslinie LOP. Das Schiff befindet sich irgendwo auf dieser 32200-LOP.

Die erste durch M und W ermittelte und die zweite durch M und X ermittelte LOP bilden einen Schnittpunkt, an dem sich das Schiff befindet.

Wenn man das Beispiel weiterverfolgt, so könnte zu einem späteren Zeitpunkt die Messung lauten: M-X-LOP: $32300\text{ }\mu\text{s}$, M-W-LOP: $13370\text{ }\mu\text{s}$. Das würde bedeuten, daß das Schiff entlang der 13370 M-W-LOP gefahren ist und sich nun am Schnittpunkt 13370/32300 befindet.

LORAN-C Systemdetails

LORAN-C-Sender arbeiten auf der Frequenz von exakt 100 kHz. Es werden codierte Impulssignale gesendet, um den Effekt der auf 100 kHz zwar unerheblichen, aber dennoch vorhandenen und unerwünschten Raumwellenausbreitung gering halten zu können. Die Raumwellenausbreitung ist bei Tag und Nacht sehr unterschiedlich. Hinzu kommen unterschiedliche Gegebenheiten in verschiedenen Bereichen der Erde, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll. Allgemein kann man jedoch davon ausgehen, daß die Raumwellensignale den Bodenwellensignalen auf 100 kHz etwa $35\text{ }\mu\text{s}$ bis $1000\text{ }\mu\text{s}$ zeitlich nachfolgen. Im ersten Fall überlappt die Raumwelle ihre eigene Bodenwelle. Im zweiten



Fall überlappt die Raumwelle die Bodenwelle des nächsten LORAN-C-Impulses. In jedem Fall aber kommt es zu Beeinträchtigungen des empfangenen Signals durch Fading und Veränderung der Impulsform. Größere Fehler oder Unsicherheiten in der Positionsbestimmung wären die unvermeidliche Folge, gelänge es nicht, diese Effekte zu beseitigen oder zumindest unbedeutend zu machen. Das Problem durch früh einfallende Raumwellen kann gelöst werden, indem die Zeitmessung unmittelbar zu Beginn des von der Bodenwelle übertragenen Impulses erfolgt und ein Impuls mit einer steilen Anstiegsflanke gewählt wird. Diese Impulsform erlaubt dem Empfänger zudem, einzelne Schwingungen des 100 kHz-Trägers zu identifizieren. Um das Problem mit den spät einfallenden Raumwellenimpulsen zu lösen, wird die Phase des 100 kHz-Trägers nach dem in Abb.8.8. dargestellten Muster laufend geändert. Darüberhinaus erhalten der Master und die Secondaries unterschiedliche Phasenlagen, so daß automatische LORAN-C-Empfänger hierdurch erkennen können, ob der Impuls vom Master oder von einem Secondary stammt.

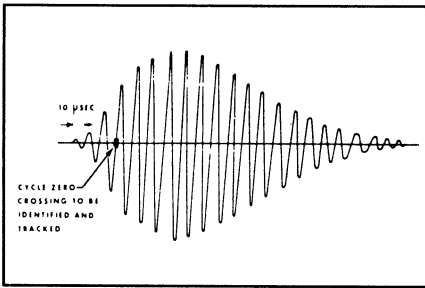


Abb. 8.7.: Ein einzelner LORAN-C Impuls

	MASTER	EACH SECONDARY
LORAN-C		
A GRI	++--++--	++++--
B GRI	+-++++--	++--++--

NOTE: (+) INDICATES ZERO DEGREE CARRIER PHASE
(-) INDICATES 180° CARRIER PHASE
LORAN-C INTERVALS A & B ALTERNATE IN TIME

Abb. 8.8.: Phasenlagen der LORAN-C Impulse

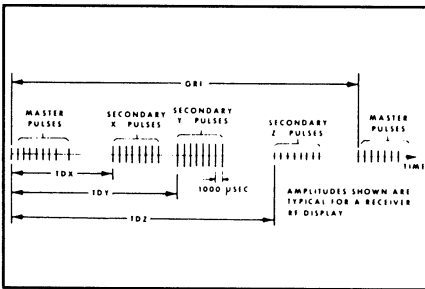


Abb. 8.9.: Beispiel für eine Impulsgruppe von einem LORAN-Netz mit 3 secondaries. Die Amplituden mögen der Signalstärke an einem möglichen Empfänger entsprechen.

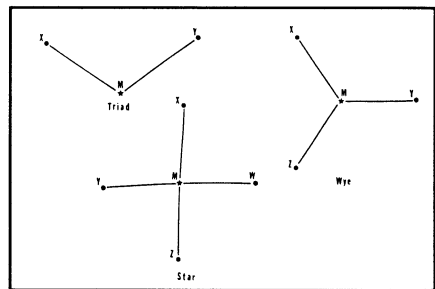


Abb. 8.10.: Senderanordnung in einem LORAN-C Netz mit 3, 5 oder 4 Sendern

Die LORAN-C-Sender strahlen allerdings nicht nur stets einen Impuls aus, sondern jeweils eine Gruppe von Impulsen nach festgelegten sogenannten Gruppen-Wiederholungsintervallen GRI (Group Repetition Interval). Für jedes LORAN-C-Netz wird ein anderer GRI gewählt. Der GRI wird derart bemessen, daß dem Master 10 ms und jedem Secondary 8 ms für seine Impulsgruppe zur Verfügung stehen. Hinzu kommen kleine Sendepausen zwischen diesen Gruppen, so daß sich die Master- und Secondaries-Gruppen auch im ungünstigsten Ausbreitungsfall nirgendwo im betreffenden Versorgungsgebiet überlappen können. Die Mindest-GRI ist damit direkt abhängig von der Anzahl der Stationen im Netz und dem räumlichen Abstand der Stationen zueinander. Schließlich werden die GRI noch mit Rücksicht auf benachbarte LORAN-C-Netze so gewählt, daß keine Kreuzinterferenzen entstehen. Als Kennung eines LORAN-C-Netzes wird die ihm eigene GRI (in Mikrosekunden) geteilt durch den Faktor 10 gewählt. In der Tabelle auf Seite 53 sind die gegenwärtig arbeitenden LORAN-C-Netze mit ihren GRI und Versorgungsbereichen verzeichnet, auf Abb. 8.14. ist die Erde mit den durch LORAN-C versorgten Gebieten dargestellt.

Wie bereits erwähnt, sendet jede Station pro GRI ihrerseits eine Gruppe von Impulsen. Die Masterstation sendet zunächst 8 Impulse mit Impulsabständen von 1000 μ s plus einem neunten Impuls, der 2000 μ s nach dem 8. Impuls folgt. Die Secondaries senden

In einem LORAN-C-Netz gibt es grundsätzlich immer eine Masterstation M. Hinzu kommen mindestens zwei Secondarystationen, die mit X und Y bezeichnet werden. Gibt es

Abb. 8.11.: LORAN-C Empfänger LR-770 von Kodak. Foto: DEBEG

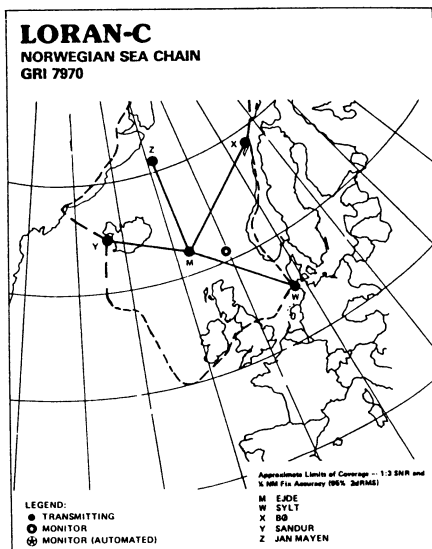


Abb. 8.13.: Das LORAN-C Netz in der Nordsee/Norwegischen See

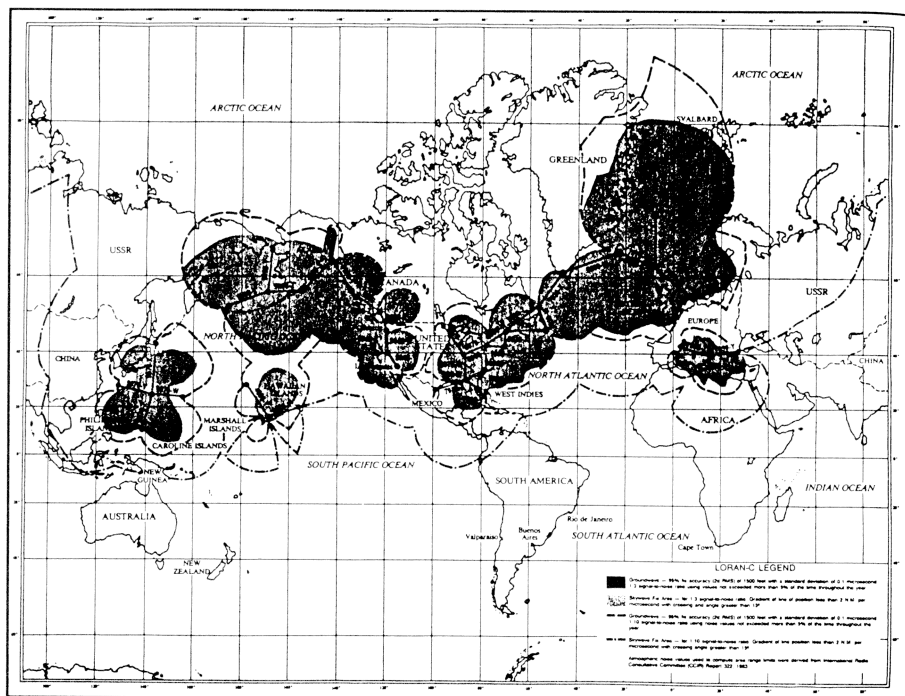


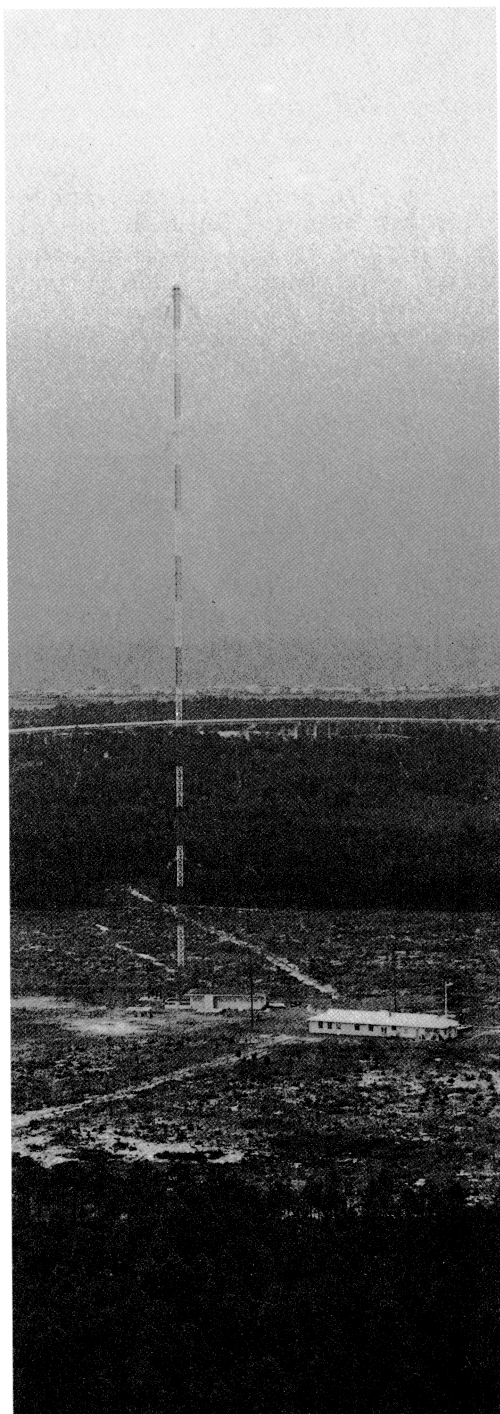
Abb. 8.14.: Durch LORAN-C versorgte Gebiete der Erde

Sowjetisches LORAN-C

In den ersten Jahren nach der Inbetriebnahme des LORAN-C-Netzes im Mittelmeer war dort ein LORAN-C-ähnliches Navigationssystem auf ebenfalls 100 kHz zu empfangen, das sich störend auf die Navigation im Mittelmeer auswirkte. Die Signale stammten aus der UdSSR und wechselten gelegentlich die Sendefrequenzen, die Phasencodierung und die Anzahl der gesendeten Impulse.

Es zeigte sich seinerzeit sehr schnell, daß auf sowjetischer Seite ebenfalls an einem LORAN-C-Navigationssystem experimentiert wurde. Inzwischen arbeiten in der Sowjetunion zwei LORAN-C-ähnliche (oder besser gesagt „identische“) Netze auf 100 kHz. Sie sind dem US amerikanischen LORAN-C-System sogar so ähnlich und damit synchronisierbar, daß ein LORAN-C-Bordgerätehersteller (Beukers) ein Gerät entwickelt hat, mit dem das LORAN-C-Netz der Norwegischen See (GRI 7970) und das westrussische Netz kombiniert und zuverlässig empfangen werden können.

LORAN-C-Netz Bezeichnung	GRI Kennziffer
Nord Pazifik	9990
Nordwest Pazifik	9970
US Ostküste	9960
US Westküste	9940
Große Seen (USA/Kanada)	8970
Mittelmeer	7990
Südwestküste USA	7980
Norwegische See	7970
Golf von Alaska	7960
Nordatlantik	7930
Kanadische Pazifikküste	5990
Kanadische Atlantikküste	5930
Zentral Pazifik	4990



*Abb. 8.15.: Die LORAN-C Station
in Carolina Beach, North Carolina,
USA*

Foto: US Coast Guard

8.1.2. Das Decca-Navigationssystem

Das Decca-Navigationssystem ist das älteste Funkortungsverfahren nach dem Hyperbelprinzip. Es kann von Schiffen und Flugzeugen für mittlere Entfernungen (ca. 250 sm) benutzt werden und verwendet Funkfrequenzen um etwa 100 kHz. Decca bietet eine Genauigkeit von besser als 0,1 sm. Es arbeitet mit ununterbrochen strahlenden Senderketten. Jede Decca-Kette besteht aus einem Leitsender (master) und drei Nebensendern (slave red, slave green, slave purple). In seltenen Fällen trifft man auch auf Decca-Ketten mit dem immer vorhandenen Leitsender und nur zwei Nebensendern. Im Gegensatz zu LORAN und OMEGA senden Decca-Stationen keine Impulse, sondern Dauerträger. Die Standortbestimmung erfolgt durch Vergleich der von zwei Decca-Sendern empfangenen Wellenzüge. Und hier taucht auch bereits das erste Problem auf: Da die Decca-Sender Dauerträger ausstrahlen, können sie nicht alle die gleiche Sendefrequenz verwenden. Täten sie es doch, so könnten auf der Empfängerseite die Wellenzüge der Sender nicht getrennt aufgenommen werden. Eine getrennte Aufnahme dieser Wellenzüge aber ist eine zwingende Voraussetzung zur Durchführung des Phasenvergleichs.

Was also ist zu tun? Ganz einfach: Innerhalb einer Decca-Kette sendet jeder Sender halt auf einer anderen Frequenz. Das aber nicht auf irgendwelchen, willkürlich gewählten Frequenzen in der Nähe von 100 kHz, sondern derart zwischen 70 kHz und 130 kHz, daß die Frequenzen in einem ganzzahligen Verhältnis zueinander stehen und zudem untereinander phasensynchronisiert sind. Auf diese Weise können die Sender auf der Empfängerseite getrennt aufgenommen und mit geringem zusätzlichen Aufwand (Mischer) auf eine gemeinsame Vergleichsfrequenz umgesetzt werden. Diese Vergleichsfrequenz wird schließlich zur Messung des Phasenunterschiedes herangezogen und damit die entsprechende Hyperbelstandlinie ermittelt.

Der Decca-Frequenzplan

Der vereinfachte Decca-Frequenzplan ist in der Tabelle 1 dargestellt.

Ausgehend von einer Grundfrequenz $1f$, die allerdings nirgendwo tatsächlich gesendet wird, strahlen die Purple-Sender auf der 5fachen, die Master-Sender auf der 6fachen, die Red-Sender auf der 8fachen und die Green-Sender auf der 9fachen Grundfrequenz.

Außerdem senden alle Decca-Sender noch eine „Orange-Frequenz“ aus, die 8,2mal der Grundfrequenz entspricht. Die Orange-Sender dienen zur Zonen-Identifikation und zur Übermittlung von Stationskontroll- und -statusinformationen. Für die eigentliche Navigation sind sie ohne Bedeutung.

Betrachten wir in der Tabelle 1 zuerst ausschließlich die Spalte der Master-Frequenzen. Die Abstände 0B, 1B, 2B, 3B usw. betragen immer rund 180 Hz. Die Frequenzen 0E, 1E, 2E, 3E usw. sind sogenannte „halbe Frequenzen“, die mittig zwischen zwei B-Frequenzen liegen, also nach unten und nach oben jeweils etwa 90 Hz Abstand zum nächsten Kanal besitzen.

Aus der Tabelle 2 ist ersichtlich, wie man die Frequenzen aller weiteren Decca-Ketten errechnen kann, die als Kennung weder den Buchstaben B noch E, sondern die Kennung A, C, D oder F besitzen. Ein Master-A-Kanal liegt immer 5 Hz unter einem Master-B-

Kanal, ein Master-C-Kanal immer 5 Hz über einem B-Kanal. Ein D-Kanal liegt 5 Hz unter einem E-Kanal, ein F-Kanal hingegen 5 Hz über einem Master-E-Kanal.

Was in der Tabelle 2 für die Decca-Ketten 5A bis 5F dargestellt ist, gilt analog für die Ketten 0B/0E bis 4B/4E und 6B/6E bis 10B. Ketten oberhalb 10B gibt es nicht.

Tabelle 1: Die Grundfrequenzen (B) und die „halben“ Frequenzen (E) in kHz

Kette	1f	5f Purple	6f Master	8f Red	8,2f Orange	9f Green
0B	14,01750	70,0875	84,1050	112,1400	114,9435	126,1575
0E	14,03250	70,1625	84,1950	112,2600	115,0665	126,2925
1B	14,04667	70,2333	84,2800	112,3733	115,1827	126,4200
1E	14,06167	70,3083	84,3700	112,4933	115,3057	126,5550
2B	14,07667	70,3833	84,4600	112,6133	115,4287	126,6900
2E	14,09167	70,4583	84,5500	112,7333	115,5517	126,8250
3B	14,10750	70,5375	84,6450	112,8600	115,6815	126,9675
3E	14,12250	70,6125	84,7350	112,9800	115,8045	127,1025
4B	14,13750	70,6875	84,8250	113,1000	115,9275	127,2375
4E	14,15250	70,7625	84,9150	113,2200	116,0505	127,3725
5B	14,16667	70,8333	85,0000	113,3333	116,1667	127,5000
5E	14,18167	70,9083	85,0900	113,4533	116,2897	127,6350
6B	14,19667	70,9833	85,1800	113,5733	116,4127	127,7700
6E	14,21167	71,0583	85,2700	113,6933	116,5357	127,9050
7B	14,22750	71,1375	85,3650	113,8200	116,6655	128,0475
7E	14,24250	71,2125	85,4550	113,9400	116,7885	128,1825
8B	14,25750	71,2875	85,5450	114,0600	116,9115	128,3175
8E	14,27250	71,3625	85,6350	114,1800	117,0345	128,4525
9B	14,28667	71,4333	85,7200	114,2930	117,1507	128,5800
9E	14,30167	71,5083	85,8100	114,4130	117,2737	128,7150
10B	14,31667	71,5833	85,9000	114,5330	117,3967	128,8500

Tabelle 2: Der Frequenzzusammenhang von A-B-C-D-E-F (in kHz) einer kompletten numerischen Gruppe

Kette	1f	5f Purple	6f Master	8f Red	8,2f Orange	9f Green
5A	14,16583	70,8292	84,9950	113,3266	116,1590	127,4925
5B	14,16667	70,8333	85,0000	113,3333	116,1667	127,5000
5C	14,16750	70,8375	85,0050	113,3400	116,1735	127,5075
5D	14,18083	70,9042	85,0850	113,4467	116,2828	127,6275
5E	14,18167	70,9083	85,0900	113,4533	116,2897	127,6350
5F	14,18250	70,9125	85,0950	113,4600	116,2695	127,6425

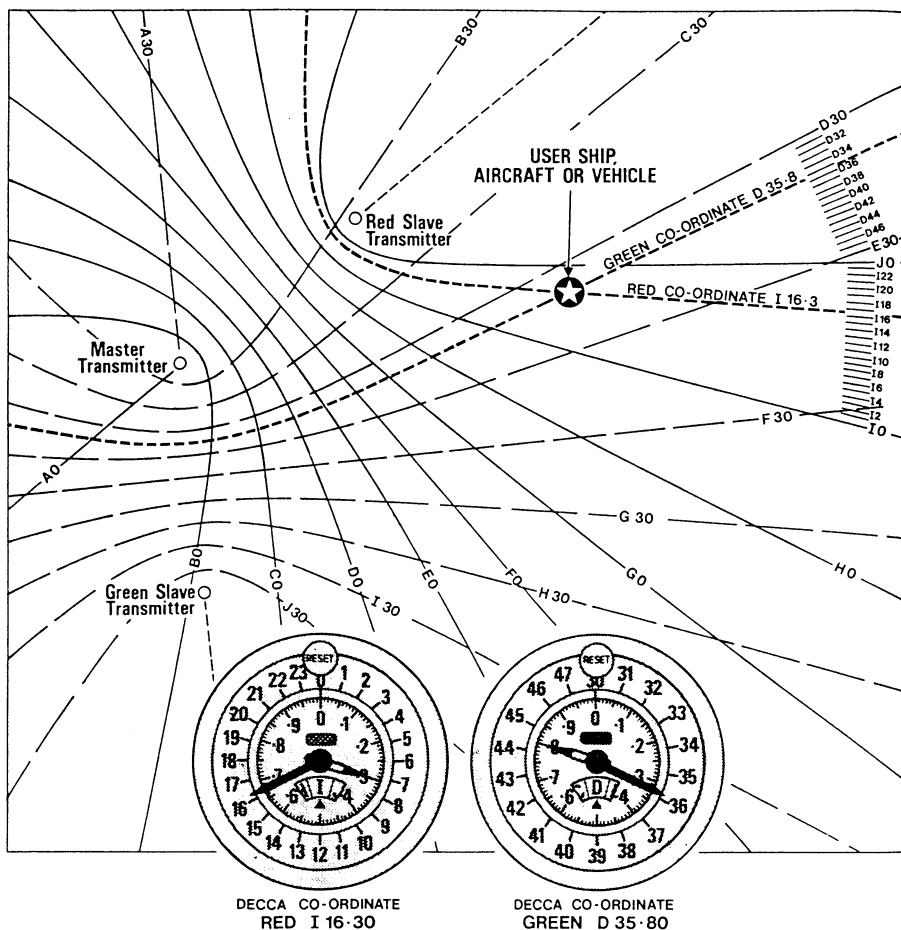


Abb. 8.16.: Schema der Positionsbestimmung mittels Decca

Zonen und Streifen

Die Hyperbeln gleicher Phase werden Nullhyperbeln genannt. Zwischen den Nullhyperbeln liegen die sogenannten Hyperbelstreifen („Lanes“) oder kurz Streifen genannt. Innerhalb der Streifen ist praktisch jede Phasendifferenz möglich. Da es zahlreiche Nullhyperbeln pro Decca-Senderpaar gibt, wurden die Streifen zwischen den Nullhyperbeln auf zehn Zonen aufgeteilt. Die Zonen haben die Bezeichnung B bis H. Durch eine angenäherte Standortbestimmung ist mit einem anderen Hyperbelverfahren zunächst festzustellen, in welcher Zone und in welchem Streifen dieser Zone man sich befindet. Das liest sich vielleicht schwieriger, als es sich in der Praxis darstellt, aber wenn ein Schiff in einem Hafen eine Reise beginnt, so beginnt es auch dort mit der Decca-Navigation. Und die Position des Abfahrthafens dürfte doch wohl bekannt sein?!

Wie man aus der Abbildung 8.16. ersieht, gibt es für die Kombination Nebensender grün–Nebensender rot (und auch andere Kombinationen) eine I-Zone. Diese und alle anderen „Nebensender-rot-Zonen“ erhalten den Zusatz Null (0). Die „Nebensender-grün-Zonen“ erhalten den Zusatz „30“, die „Nebensender-violett-Zonen“ würden den Zusatz „50“ erhalten. Der erste Streifen in der Zone D30 heißt folglich ebenfalls D30, es folgen D31, D32, D33 usw. D48 wäre im vorliegenden Beispiel identisch mit der ersten Nullhyperbel der Zone E30. Folglich wird der nächste Streifen nicht D48, sondern E30 genannt. In diesem Fall beinhaltet die Zone D30 18 Streifen. Andere Zonen können mehr oder auch weniger Streifen besitzen. Dafür gibt es keine feste Regel (siehe Zone I0, sie besitzt 24 Streifen in unserem Beispiel).

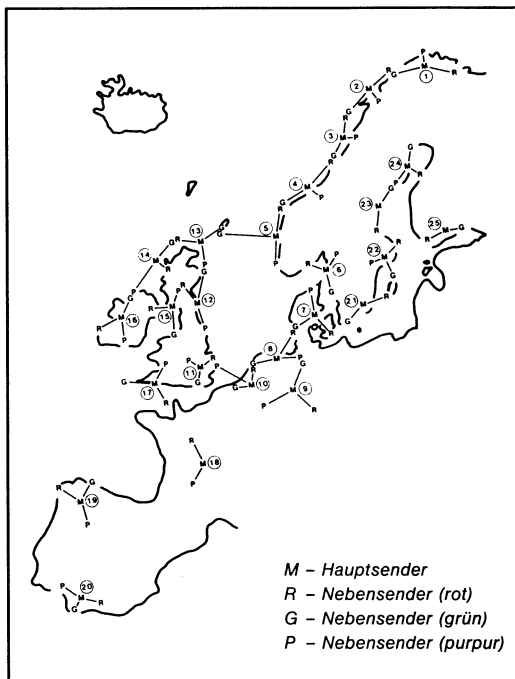


Abb. 8.17.: Decca-Ketten in Europa

Der Decca-Navigator-Empfänger

Bei Inbetriebnahme eines Decca-Empfängers sind zunächst im unteren Teil des Gerätes die Frequenzen der Sender der betreffenden Decca-Kette einzustellen. Hierzu sind aber keine tatsächlichen Frequenzen einzustellen, sondern es ist nur die Kennung der Decca-Kette, bestehend aus einer Kennziffer und einem Kennbuchstaben (siehe Tabelle 1) einzugeben. Auf diese Weise ist dem Empfänger bereits bekannt, welche drei oder vier Frequenzen er zu empfangen hat. Im oberen Teil des auf dem Foto dargestellten Empfängers („Mark 21“ von RA-CAL-Decca) befindet sich das eigentliche Navigationsteil mit den

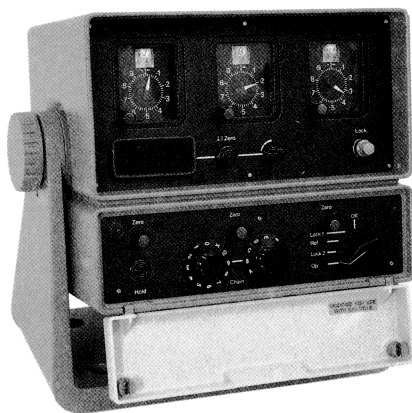


Abb. 8.18.: Decca-Empfänger Mark 21 von RA-CAL-Decca

drei sogenannten Decometern. Die Decometer zeigen selbsttätig die Zonenbuchstaben und die Streifennummern an. Wie bei einem Wasserzähler befindet sich darunter eine Zahlenscheibe mit Zeiger. Ein Zeiger deutet auf ein Hundertstel genau auf die Position innerhalb eines Streifens. Mit den angezeigten Werten kann man in spezielle Seekarten mit Hyperbelnetzüberdruck gehen und auf den präzisen Standort schließen. Es gibt auch die Möglichkeit, an den Decca-Navigator-Empfänger einen Trackplotter anzuschalten, der die Position und ggf. die bisherige Fahrtroute in der Seekarte markiert. Bedeutsam ist ein Trackplotter für Vermessungsschiffe, Kabelleger oder Tiefseebagger.

Mikroprozessorgesteuerte Decca-Navigationsanlagen ermöglichen heutzutage auch die direkte Ablesung des Längen- und Breitengrades ohne Darstellung der Daten der Decometer. Das Decca-Navigationsverfahren wird derzeit von ca. 25.000 Schiffen genutzt.



Abb. 8.19.: Decca-Empfänger MNS2000 von RACAL-Decca

Europäische Decca-Ketten

Kettenbezeichnung	Standort	Funktion	kHz
OA Südliche Ostseekette	Holmsjö, S	A Master	84,100
	Sandhammaren, S	B red	112,133
	Burgsvik, S	C green	126,150
	Alle v.g. Orte	orange	114,9363
4B Nördliche Ostseekette	Nynashamn, S	A Master	84,825
	Åland, FNL	B red	113,100
	Ar, S	C green	127,238
	Björkvik, S	D purple	70,688
	Alle v.g. Orte	orange	115,9275

Kettenbezeichnung	Standort	Funktion	kHz
8C Süd-Bottnische Kette	Njurunda, S	A Master	85,550
	Skutskar, S	B red	114,067
	Jarnas, S	C green	128,325
	Alle v.g. Orte	orange	116,9187
5F Nord-Bottnische Kette	Lovanger, S	A Master	85,095
	Gamla Karleby	B red	113,460
	Kallax, S	C green	127,6425
	Jarnas, S	D purple	70,9125
	Alle v.g. Orte	orange	116,2695
6E Finnische Meerbusen K.	Mäntsälä, FNL	A Master	85,270
	Padva, FNL	B red	113,693
	Sydänkylä, FNL	C green	127,905
	Alle v.g. Orte	orange	116,5357
10B Skagerrak Kette	Fjällbacka, S	A Master	85,900
	Jornfruland,NOR	B red	114,533
	Valda, S	C green	128,850
	Årjäng, S	D purple	71,583
	Alle v.g. Orte	orange	117,3967
0E Vestlandets Kette	Sotra, NOR	A Master	84,195
	Statt, NOR	B red	112,250
	Shetland Isles	C green	126,292
	Jaren, NOR	D purple	70,162
	Alle v.g Orte	orange	115,0665
4E Trøndelag-Kette	Skarøy, NOR	A Master	84,915
	Rörvik, NOR	B red	113,220
	Statt, NOR	C green	127,373
	Berkak, NOR	D purple	70,763
	Alle v.g. Orte	orange	116,0505
9E Helgeland Kette	Dønna, NOR	A Master	85,810
	Röst, NOR	B red	114,413
	Rörvik, NOR	C green	128,715
	Mo i Rana, NOR	D purple	71,508
	Alle v.g. Orte	orange	117,2737
3E Lofoten Kette	Andöya, NOR	A Master	84,735
	Torsvag, NOR	B red	112,980
	Röst, NOR	C green	127,103
	Narvik, NOR	D purple	70,613
	Alle v.g. Orte	orange	115,8045
7E Finnmark Kette	Reksunnjarga,NOR	A Master	85,455
	Virgasfjell, NOR	B red	113,933
	Fakken, NOR	C green	128,175
	Nordkapp, NOR	D purple	71,208
	Alle v.g. Orte	orange	116,7885

Kettenbezeichnung	Standort	Funktion	kHz
7B Dänische Kette	Samsø, DNK	A Master	86,365
	Möen, DNK	B red	113,820
	Eöjer, DNK	C green	128,047
	Hjorring, DNK	D purple	71,138
	Alle v.g. Orte	orange	116,6655
9B Friesische Kette	Finsterwolde, HOL	A Master	85,720
	Höyer, DNK	B red	114,293
	Heiloo, HOL	C green	128,580
	Zeven, D	D purple	71,433
	Alle v.g. Orte	orange	117,1507
2E Holland Kette	Gilze-Rijen, HOL	A Master	84,550
	Heiloo, HOL	B red	112,733
	Sas van Gent, HOL	C green	126,825
	Thorpeness, G	D purple	70,458
	Alle v.g. Orte	orange	115,5517
1B Südwest-Britische Kette	Bolberry Down, G	A Master	84,280
	Jersey, G	B red	112,373
	St. Mary's, G	C green	126,420
	Llancarfan, G	D purple	70,233
	Alle v.g. Orte	orange	115,1827
5B Englische Kette	Puckeridge, G	A Master	85,000
	Shotisham, G	B red	113,330
	East Hoathley, G	C green	127,500
	Wormleighton, G	D purple	70,830
	Alle v.g. Orte	orange	116,1667
6C Nord-Schottische Kette	Kirkwall, G	A Master	85,185
	Butt of Lewis, G	B red	113,580
	Lerwick, G	C green	127,778
	Peterhead, G	D purple	70,988
		orange	116,4195
3B Nord-Britische Kette	Kidsdale, G	A Master	84,645
	Clanrolla, G	B red	112,860
	Neston, G	C green	126,968
	Stirling, G	D purple	70,538
	Alle v.g. Orte	orange	115,6815
2A Nord-Humbrische Kette	Allerdean Greens	A Master	84,455
	Stirling, G	B red	112,607
	Peterhead, G	C green	126,683
	Burton Fleming, G	D purple	70,379
	Alle v.g. Orte	orange	115,4222
8E Hebriden Kette	Barra, G	A Master	85,635
	Kentra Moss, G	B red	114,180
	Butt of Lewis, G	C green	128,452

Kettenbezeichnung	Standort	Funktion	kHz
7D Irische Kette	Dungloe, IRL	D purple	71,362
	Alle v.g. Orte	orange	117,0345
	Galway, IRL	A Master	85,450
	Ballydavid, IRL	B red	113,933
	Dungloe, IRL	C green	128,175
	Youghal, IRL	D purple	71,208
4C Nordwest-Spanische Kette	Alle v.g. Orte	orange	116,7813
	San Juan de Rio	A Master	84,830
	Noya, E	B red	113,107
	Boal, E	C green	127,245
	Vitigudino, E	D purple	70,691
	Alle v.g. Orte	orange	115,9347
6A Süd-Spanische Kette	Setenil, E	A Master	85,175
	Padul, E	B red	113,566
	Los Barrios, E	C green	127,762
	Rociana, E	D purple	70,979
	Alle v.g. Orte	orange	116,4052

Neben den obengenannten europäischen Decca-Ketten bestehen noch in folgenden Gebieten der Erde ähnliche Decca-Ketten:

- In Südafrika,
- im Süden des Persischen Golfs,
- um Indien,
- in Japan,
- in Westaustralien und
- im Gebiet um Neufundland, Kanada.

Da die Sender dieser Decca-Ketten hier in Europa nicht zu empfangen sind, wird auf eine detaillierte Auflistung an dieser Stelle verzichtet.

8.1.3. Funkfeuer

Von allen Funknavigationssystemen gehört das Navigieren (= Peilen) mit Funkfeuern zu den ältesten und zugleich kostengünstigsten Navigationssystemen. Es gibt bei diesem Navigationssystem mehr Funkstationen als bei irgendeiner anderen Navigationshilfe, wenngleich die Anwendung – mit nur wenigen Ausnahmen – fast nur auf oder in der Nähe von Land möglich ist und die Bordpeiler eine hohe Empfindlichkeit gegen Störungen jeglicher Art aufweisen.

Funkfeuer arbeiten überwiegend im Frequenzbereich von 200 bis 450 kHz und 450 bis 800 kHz. Die Stationen arbeiten gewöhnlich mit einer Sendeleistung von 20 bis 250 Watt und erreichen damit Reichweiten von bis zu 200 km. Ausgesendet wird überwiegend ein Dauerträger, der in regelmäßigen Zeitabständen von einer Kennung im Morsecode unterbrochen wird. Die Kennung besteht aus einem bis drei Buchstaben, die auf den Standort des Funkfeuers schließen lassen. Moduliert sind die Kennungen mit einem 400 oder auch 1020 Hz-Ton.

8.1.3.1. Flugfunkfeuer

Flugfunkfeuer senden ununterbrochen rund um die Uhr. Derartige Funkfeuer sind verständlicherweise überwiegend im Landesinnern anzutreffen. Einzelheiten zu Flugfunkfeuern und den zugehörigen Bordgeräten bitten wir dem im Siebel Verlag veröffentlichten Buch „Flugfunk“ zu entnehmen (siehe Leserservice).

8.1.3.2. Seefunkfeuer

Die präzise Bezeichnung eines Seefunkfeuers lautet in der Seefahrt „Phare“. Das Seefunkfeuer Borkum heißt somit „Borkum Phare“. Seefunkfeuer senden selten alleine, sondern sind überwiegend zu Senderketten zusammengeschlossen. Wie aus der nachfolgenden Abbildung ersichtlich ist, haben sich beispielsweise die beiden Seefunkfeuer Kampen (Sylt) mit der Kennung RF und das Seefunkfeuer Großer Vogelsand mit der Kennung VS gemeinsam die Sendefrequenz 301,1 kHz geteilt. Gesendet wird abwechselnd, also zunächst RF, dann VS, wieder RF, dann wieder VS, nochmals RF und schließlich nochmals VS. Nach genau 6 Minuten hat jede Station dreimal gesendet, sodann beginnt ein neuer Kreislauf.

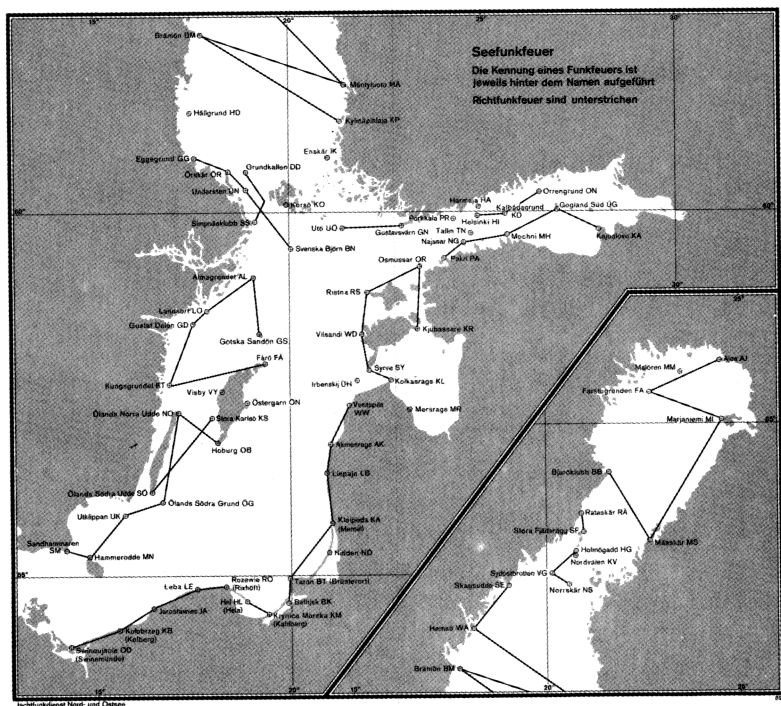
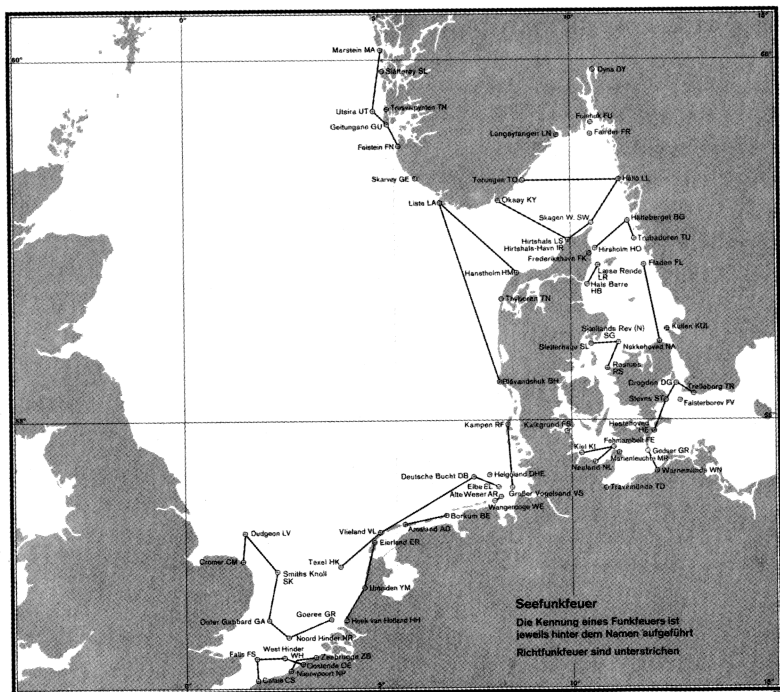
Die Kette auf 308 kHz mit Elbe (EL), Deutsche Bucht (DB), Vlieland (VL) und Texel (HK) haben sich die ihnen zustehenden 6 Minuten ein wenig anders aufgeteilt:

- | | |
|----------------------|---------------------|
| – 3 Minuten lang VL, | – 1 Minute lang HK, |
| – 1 Minute lang DB, | – 1 Minute lang EL. |

Beliebige andere Kombinationen in anderen Ketten sind möglich und denkbar. In jedem Fall aber gilt folgende Faustregel:

1. Die Sendezyklen dauern immer genau 6 Minuten, egal wie viele Seefunkfeuer zu einer Kette gehören.
2. Ein 6-Minuten-Zyklus beginnt immer genau zur vollen Stunde.

Abb. 8.20./8.21.: Seefunkfeuer in der Nord- und Ostsee. Aus: Jachtfunkdienst, Deutsches Hydrographisches Institut, Hamburg



8.2. Langwellenrundfunk

Wenngleich oftmals mitleidsvoll belächelt, so steht dem Langwellenrundfunk dennoch eine eminente Bedeutung zu, denn es ist der einzige Wellenbereich, der es ermöglicht, ein Land etwa von der Größe der Bundesrepublik Deutschland mit nur einem einzigen Sender vollständig zu versorgen. Und das nahezu, ohne daß der Empfang irgendwelchen tagesbedingten oder jahreszeitlichbedingten Schwankungen in der Wellenausbreitung ausgesetzt ist.

Wer die Frequenzliste am Schluß dieses Buches aufmerksam liest, wird zudem erkennen, daß es sich bei den Langwellenrundfunksendern um die gigantischsten Sender weltweit handelt. Wo sonst wird mit 1000 bis 2000 kW Sendeleistung gearbeitet?!

Nachfolgend sind in Länderreihenfolge alle derzeit aktiven Langwellenrundfunksender mit ihren Adressen und Sendezeiten aufgelistet. Sind innerhalb der aufgeführten Länder mehrere Langwellenrundfunksender aktiv, so sind diese in aufsteigender Frequenzreihenfolge sortiert.

Algerien (ALG)

Radiodiffusion-Télévision Algérienne, 21, Blvd. des Martyrs, Algier

Sender	: Bechar, 153 kHz
Sendeleistung	: 1000 kW
Sender	: Ouargla, 198 kHz
Sendeleistung	: 1000 kW
Sendezeit	: 24 Stunden täglich (Arabisches Programm)
Sender	: Tipaza, 254 kHz
Sendeleistung	: 1500 kW
Sendezeit	: 04.58 – 00.05 Uhr (Französisches Programm)

Bulgarien (BUL)

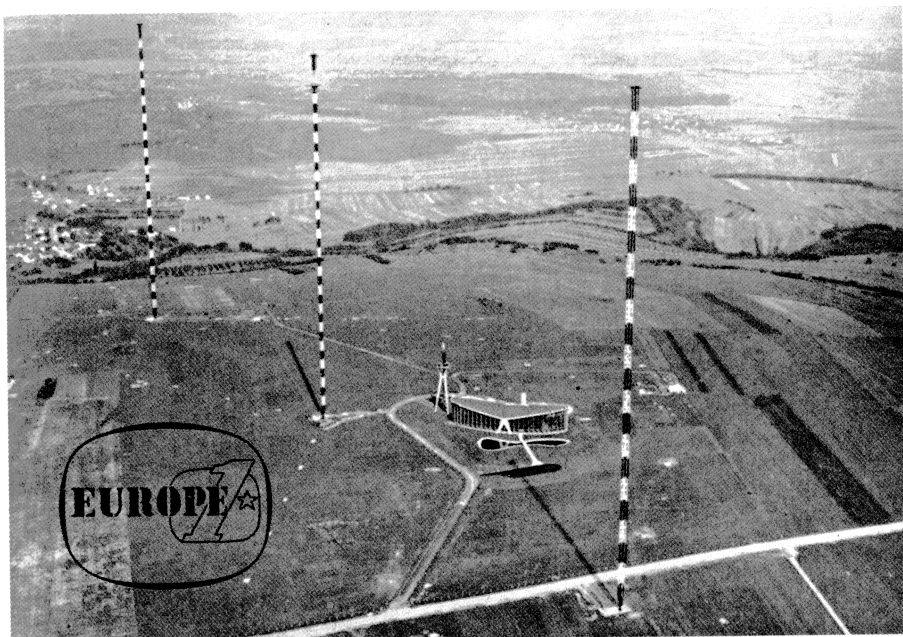
Bulgarian Radio, Bul. Dragan Cankov 4, 1421 Sofia 21

Sender	: Sofia, 263 kHz
Sendeleistung	: 500 kW
Sendezeit	: 24 Stunden täglich

Bundesrepublik Deutschland (D)

Deutschlandfunk, Raderberggürtel 40, 5000 Köln 51

Sender	: Donebach, 153 kHz
Sendeleistung	: 500 kW
Sender	: Aholming, 207 kHz
Sendeleistung	: 500 kW
Sendezeit	: 24 Stunden täglich



Europäische Rundfunk und Fernsehen AG, Europa Nr. 1, Postfach 111, 6600 Saarbrücken

Sender : Felsberg, 183 kHz
 Sendeleistung : 2000 kW
 Sendezeit : 04.00 – 22.00 Uhr, samstags und sonntags 24 Stunden täglich

Deutschlandsender („DS Kultur“), Nalepastr. 18-50, O-1160 Berlin

Sender : 177 kHz
 Sendeleistung : 750 kW
 Sendezeit : 24 Stunden täglich

Dänemark (DNK)

Danmarks Radio, Radio House, Rosenöms Allé 22, DK-1999 Frederiksberg C

Sender : Kalundborg, 243 kHz
 Sendeleistung : 300 kW
 Sendezeit : 05.00 Uhr (sonntags 07.00 Uhr) – 22.05 Uhr (samstags 22.30 Uhr)

Finnland (FNL)

Oy Yleisradio AB, Postfach 95, SF-00251 Helsinki

Sender : Lahti, 254 kHz
 Sendeleistung : 200 kW
 Sendezeit : 03.30 Uhr (sonntags 04.00 Uhr) – 22.05 Uhr (samstags u. sonntags 23.00 Uhr)

Frankreich (F)

Télédiffusion de France (TDF), 21/27 rue Barbès, F-92542 Montrouge Cédex

Sender : Allouis, 162 kHz
Sendeleistung : 2000 kW
Sendezeit : 24 Stunden täglich, außer dienstags 00.05 bis
03.58 Uhr

Großbritannien (G)

The British Broadcasting Corporation, Broadcasting House, London W1A 1AA

Sender : Burghead, 198 kHz
Sendeleistung : 50 kW
Sender : Droitwich, 198 kHz
Sendeleistung : 500 kW
Sender : Westerglen, 198 kHz
Sendeleistung : 50 kW
Sendezeit : ca. 05.55 – 00.40 Uhr (Programm von Radio 4)



Irland (IRL)

Atlantic 252, Mornington House, Summerhill Road, Trim Co, Meath

Sender : Clarkestown, 252 kHz
Sendeleistung : 600 kW (ab 18.00 UTC nur noch 100 kW)
Sendezeit : 06.00 – 01.00 Uhr

Island (ISL)

Ríkisútvarpid, Efstaleiti 1, 150 Reykjavík

Sender : Reykjavík, 207 kHz
Sendeleistung : 50 kW
Sender : Eidar, 207 kHz
Sendeleistung : 20 kW
Sendezeit : Montags bis Donnerstags 07.00 – 00.05 Uhr,
Freitags u. Samstags 07.00 – 01.00 Uhr,
Sonntags 08.00 – 00.55 Uhr

Italien (I)

RAI-Radiotelevisione Italiana, Via Cerda 19, I-90139 Palermo

Sender : Caltanissetta, 189 kHz
Sendeleistung : 10 kW
Sendezeit : 05.00 – 22.18 Uhr

Jordanien (JOR)

Jordan Radio & Television (JRT), P.O.Box 909, Amman

Sender : Al Karanah, 207 kHz
Sendeleistung : 1200 kW
Sendezeit : 03.30 – 23.30 Uhr

Luxemburg (LUX)

Radio-Télé-Luxembourg, Villa Louvigny, Parc Municipal, Luxembourg-Ville oder:
RTL, 22 Rue Bayard, F-75008 Paris, Frankreich

Sender : Junglinster
Sendeleistung : 2000 kW
Sendezeit : 24 Stunden täglich

Marokko (MRC)

Radiodiffusion Télévision Marocaine, 1, Rue El Brihi, Rabat

Sender : Azilal, 207 kHz
Sendeleistung : 800 kW
Sendezeit : 24 Stunden täglich

Radio Méditerranée Internationale (Radio Médi 1), 3 et 5, Rue Emsallah, Tanger

Sender : Nador, 171 kHz
Sendeleistung : 1200 kW
Sendezeit : 06.00 – 01.00 Uhr



اذاعة البحر الابيض المتوسط الدولية
RADIO MEDITERRANEE INTERNATIONALE (G.O. 1754 M)

Monaco (MCO)

Radio Monte Carlo, B.P. 128, Monte Carlo

Sender : Roumoules, 216 kHz (Der Sender steht auf französischem Gebiet!)
Sendeleistung : 1400 kW
Sendezeit : 04.00 – 00.05 Uhr

Mongolei (MNG)

Ulaanbaatar Radio, C.P.O. Box 365, Ulaanbaatar

Sender : Ulaanbaatar, 162 kHz
Sendeleistung : 1000 kW
Sender : Ulgil, 207 kHz
Sendeleistung : 60 kW
Sender : Dalanzadgad, 207 kHz
Sendeleistung : 150 kW
Sender : Choibalsan, 207 kHz
Sendeleistung : 150 kW
Sender : Altai, 225 kHz
Sendeleistung : 150 kW
Sendezeit : 22.00 – 16.00 Uhr

Norwegen (NOR)

Norsk Rikskringkasting, Postboks 220, N-9001 Tromsø

Sender : Tromsø, 153 kHz
Sendeleistung : 5 kW
Sendezeit : 24 Stunden täglich

Norsk Rikskringkasting, Bjørnst. Bjørnsons Pl. 1, N-0340 Oslo 3

Sender : Oslo, 216 kHz
Sendeleistung : 200 kW
Sendezeit : 24 Stunden täglich

Polen (POL)

Polskie Radio i Telewizja, ul. J.P. Woronicza 17, PL-00-950 Warschau

Sender : Warschau, 198 kHz
Sendeleistung : 200 kW
Sendezeit : 04.57 Uhr (Sonntags 05.57 Uhr) bis 23.00 Uhr (Freitags bis 24.00 Uhr, Samstags bis 01.00 Uhr)
Sender : Warschau, 225 kHz
Sendeleistung : 2000 kW
Sendezeit : 24 Stunden täglich

Rumänien (ROU)

Radioteleviziunea Română, Str. Nuferilor 60-62, 79756 Bukarest

Sender : Brasov, 153 kHz
Sendeleistung : 1200 kW
Sendezeit : 04.00 – 22.00 Uhr

Schweden (S)

Sveriges Riksradio AB, Radiohuset, Oxenstiernsgatan 20, S-105 10 Stockholm

Sender : Motala, 189 kHz
Sendeleistung : 300 kW
Sendezeit : Montags bis Freitags 04.50 – 23.10 Uhr,
Samstags 05.20 – 23.05 Uhr,
Sonntags 05.30 – 23.10 Uhr.

Tschechoslowakei (TCH)

Czechoslovak Radio, 12099 Prag 2, Vinohradska 12

Sender : Topolná, 270 kHz
Sendeleistung : 1500 kW
Sendezeit : 24 Stunden täglich

Türkei (TUR)

TRT Türkiye Radyo Televizyon Kurumu, Nevzat Tandoğan Caddesi 2, Kavaklıdere, Ankara

Sender : Ağrı, 162 kHz
Sendeleistung : 1000 kW
Sender : Ankara, 180 kHz
Sendeleistung : 1200 kW
Sendezeit : 05.00 – 23.00 Uhr
Sender : Etimesgut, 198 kHz
Sendeleistung : 120 kW
Sender : Erzurum, 245 kHz
Sendeleistung : 200 kW
Sendezeit : 03.00 – 23.00 Uhr

Sowjetunion (URS)

Radio Khabarovsk, ul. Lenina 71, 680013 Khabarovsk

Sender : Khabarovsk kray, 153 kHz
Sendeleistung : 1000 kW
Sendezeit : 15.00 – 19.00 Uhr, 19.59 – 15.00 Uhr
Sender : Birobidzhan, 216 kHz
Sendeleistung : 30 kW
Sendezeit : 19.59 – 15.03 Uhr
Sender : Khabarovsk kray, 270 kHz
Sendeleistung : 100 kW
Sendezeit : 19.59 – 16.00 Uhr

Radio Ufa, ul. Gafuri 9, 450076 Ufa

Sender : Ufa, 153 kHz
Sendeleistung : 500 kW
Sendezeit : 00.00 – 23.00 Uhr
Sender : Ufa, 198 kHz
Sendeleistung : 300 kW
Sendezeit : 00.00 – 23.00 Uhr

Radio Tashkent, Khorezmskaya 49, Tashkent, 700047 GSP

Sender : Tashkent, 162 kHz
Sendeleistung : 150 kW
Sendezeit : 00.00 – 19.03 Uhr
Sender : Tashkent
Sendeleistung : 500 kW
Sendezeit : 19.59 – 16.00 Uhr

Name und Anschrift der Radiostation unbekannt

Sender : Norilsk, 162 kHz
Sendeleistung : unbekannt
Sendezeit : 22.00 – 21.00 Uhr

USSR State Committee for Television and Radio Broadcasting, ulitsa Akademika
Koroleva 19, 127427 Moskau

Sender : Moskau, 171 kHz
Sendeleistung : 500 kW
Sendezeit : 02.00 – 01.00 Uhr
Sender : Moskau, 198 kHz
Sendeleistung : 100 kW
Sendezeit : 03.00 – 16.00 Uhr
Sender : Birobidzhan, 216 kHz
Sendeleistung : 30 kW
Sendezeit : 20.00 – 15.00 Uhr
Sender : Moskau, 261 kHz
Sendeleistung : 2000 kW
Sendezeit : 02.00 – 22.00 Uhr

Radio Minsk, ul. Makayonka 9, Minsk 220807

Sender : Minsk, 171 kHz
Sendeleistung : 1000 kW
Sendezeit : 02.00 – 01.00 Uhr
Sender : Minsk, 279 kHz
Sendeleistung : 500 kW
Sendezeit : 02.00 – 22.00 Uhr

Radio Kaliningrad, ul. Komsomolskaya 61, Kaliningrad

Sender : Kaliningrad, 171 kHz
Sendeleistung : 1000 kW
Sendezeit : 02.00 – 01.00 Uhr

Radio Lvov, ul. Vatutina 6, Lvov

Sender : Lvov, 171 kHz
Sendeleistung : 500 kW
Sendezeit : 02.00 – 01.00 Uhr

Radio Syktyvkar, Oktyabrskiy pr. 164, Syktyvkar 167610

Sender : Syktyvkar, 171 kHz
Sendeleistung : 300 kW
Sendezeit : 02.00 – 01.00 Uhr

Radio Krasnodar, ul. Radio 5, Krasnodar 350630

Sender : Krasnodar, 171 kHz
Sendeleistung : 1000 kW
Sendezeit : 02.00 – 01.00 Uhr

Radio Tomsk, ul. Batenkova 3, 634032 Tomsk

Sender : Tomsk, 171 kHz
Sendeleistung : unbekannt
Sendezeit : 22.00 – 18.00 Uhr

Radio Yakutsk, Dom Radio, Ordzhonikidze 48, Yakutsk 677892

Sender : Yakutsk, 171 kHz
Sendeleistung : 500 kW
Sendezeit : 20.00 – 16.00 Uhr

Radio Alma Ata, ul. Mira 175-A, Alma Ata 480013

Sender : Alma Ata, 180 kHz
Sendeleistung : 250 kW
Sendezeit : 00.00 – 19.30 Uhr
Besonderheit : Täglich in der Zeit von 06.30 bis 06.47 Uhr erfolgt eine Sendung
in deutscher Sprache
Sender : Alma Ata, 243 kHz
Sendeleistung : 500 kW
Sendezeit : 00.00 – 20.00 Uhr

Radio Aktyubinsk, ul. Lenina 43, 463000 Aktyubinsk

Sender : Aktyubinsk, 180 kHz
Sendeleistung : 150 kW
Sendezeit : 00.00 – 19.30 Uhr

Radio Chita, RTV Center, Box 45, 672090 Chita

Sender : Chita, 180 kHz
Sendeleistung : 150 kW
Sendezeit : 18.00 – 17.00 Uhr
Sender : Chita, 261 kHz
Sendeleistung : 1000 kW
Sendezeit : 19.59 – 16.00 Uhr

Radio Petropavlovsk-Kamchatskiy, ul. Sovetskaya 62, 683000 Petropavlovsk-Kamchatskiy

Sender : Petropavlovsk-Kamchatskiy, 180 kHz
Sendeleistung : 150 kW
Sendezeit : 17.59 – 17.00 Uhr

Radio Tbilisi, ul. Lenina 68, Tbilisi 380015

Sender : Tbilisi, 189 kHz
Sendeleistung : 500 kW
Sendezeit : 22.00 – 21.00 Uhr

Radio Blagoveshchensk

Sender : Blagoveshchensk, 189 kHz
Sendeleistung : 1000 kW
Sendezeit : 19.59 – 19.00
Sender : Blagoveshchensk, 207 kHz
Sendeleistung : 30 kW
Sendezeit : 21.00 – 18.00 Uhr

Radio Leningrad, ul. Rakova 27, Leningrad 191011

Sender : Leningrad, 198 kHz
Sendeleistung : 150 kW
Sendezeit : 03.00 – 16.00 Uhr (Sonntags 18.00 Uhr)
Sender : Leningrad, 234 kHz
Sendeleistung : 1000 kW
Sendezeit : 02.00 – 01.00 Uhr

Radio Frunze, Dom Radio, pr. Molodoy Gvardii 63, 720885 Frunze 10, GSP

Sender : Frunze, 198 kHz
Sendeleistung : 150 kW
Sendezeit : 00.00 – 20.00 Uhr

Radio Irkutsk, ul. Gorkogo 15, 664000 Irkutsk

Sender : Irkutsk, 198 kHz
Sendeleistung : 250 kW
Sendezeit : 22.00 – 18.00 Uhr
Sender : Irkutsk, 234 kHz
Sendezeit : 22.00 – 21.00 Uhr
Sender : Irkutsk, 281 kHz
Sendezeit : 22.00 – 17.00 Uhr

Dom Radio, ul. Komsomolskaya 209, 693000 Yuzhno-Sakhalinsk

Sender : Aleksandrovsk-Sakhalinsk, 198 kHz
Sendeleistung : 50 kW
Sendezeit : 17.59 – 17.00 Uhr
Sender : Yuzhno-Sakhalinsk, 279 kHz
Sendeleistung : 150 kW
Sendezeit : 18.55 – 18.00 Uhr

Radio Kiew, 26 Kreshchatik Ave, Kiew

Sender : Kiew, 207 kHz
Sendeleistung : 500 kW
Sendezeit : 02.56 – 01.45 Uhr

Radio Baku, ul. M. Guzeina 1, Baku 370011

Sender : Baku, 216 kHz
Sendeleistung : 500 kW
Sendezeit : 02.00 – 22.00 Uhr

Krasnoyarsk Radio TV Centre, Sovetskaya 128, 660001, Krasnoyarsk

Sender : Yeniseysk, 216 kHz
Sendeleistung : 300 kW
Sendezeit : 22.00 – 18.00 Uhr

Radio Kishinev, Strata Prerezhnikov 1, 277028 Kishinev

Sender : Kishinev, 234 kHz
Sendeleistung : 1000 kW
Sendezeit : 02.00 – 01.00 Uhr

Radio Tyumen, Telecenter, Permyakova 6, 625016 Tyumen

Sender : Surgut, 225 kHz
Sendeleistung : 150 kW
Sendezeit : 00.00 – 20.00 Uhr

Radio Arkhangelsk, ul. Popova 2, Arkhangelsk

Sender : Arkhangelsk, 234 kHz
Sendeleistung : 150 kW
Sendezeit : 02.00 – 01.00 Uhr

Radio Kuybyshev, ul. Sovyetskoy Armii 205, 443011 Kuybyshev

Sender : Kuybyshev, 234 kHz
Sendeleistung : 1200 kW
Sendezeit : 02.00 – 01.00 Uhr

Radio Yerevan, 5 Mravian Str., Yerevan 375025

Sender : Kamo, 234 kHz
Sendeleistung : 100 kW
Sendezeit : 02.00 – 01.00 Uhr
Sender : Yerevan, 252 kHz
Sendeleistung : 150 kW
Sendezeit : 02.00 – 01.00 Uhr

Radio Ashkhabad, Kurortnaya III, 744024 Ashkhabad

Sender : Mary, 234 kHz
Sendeleistung : 500 kW
Sendezeit : 02.00 – 01.00 Uhr
Sender : Ashkhabad, 279 kHz
Sendeleistung : 150 kW
Sendezeit : 00.00 – 23.00 Uhr

Radio Magadan, ul. Kommuny 8/12, 685000 Magadan-13

Sender : Magadan, 234 kHz
Sendeleistung : 1000 kW
Sendezeit : 17.00 – 16.00 Uhr

Radio Karaganda, ul. Voinov-Internacionalistov 14, 470061 Karaganda

Sender : Karaganda, 243 kHz
Sendeleistung : 100 kW
Sendezeit : 00.00 – 20.00 Uhr

Radio Vladivostok, ul. Uborevitsa 20-A, 690000 Vladivostok

Sender : Vladivostok, 243 kHz
Sendeleistung : 1000 kW
Sendezeit : 19.00 – 18.00 Uhr

Radio Kazan, ul. M. Gorkogo 15, 420015 Kazan

Sender : Kazan, 252 kHz
Sendeleistung : 150 kW
Sendezeit : 02.00 – 01.00 Uhr

Radio Dushanbé, Bekhzod 7A, 743013 Dushanbé

Sender : Dushanbé, 252 kHz
Sendeleistung : 300 kW
Sendezeit : 00.00 – 20.00 Uhr

Radio Novosibirsk, ul. Vertkovskaya 10, 630048 Novosibirsk

Sender : Novosibirsk, 270 kHz
Sendeleistung : 150 kW
Sendezeit : 22.00 – 20.00 Uhr

Radio Orenburg, Televizionniy pereulok 3, 460024 Orenburg

Sender : Orenburg, 270 kHz
Sendeleistung : 15 kW
Sendezeit : 00.00 – 20.00 Uhr

Radio Sverdlovsk, ul. Lunacharskogo 212, 620219 Sverdlovsk

Sender : Sverdlovsk, 279 kHz
Sendeleistung : 50 kW
Sendezeit : 00.00 – 20.00 Uhr

Radio Barnaul, Zmeinogorskiy Trakt 29, 656020 Barnaul

Sender : Barnaul, 279 kHz
Sendeleistung : 50 kW
Sendezeit : 22.59 – 21.00
Besonderheit : Jeden Samstag von 03.25 bis 03.55 Uhr wird ein deutschsprachiges Programm gesendet!

Radio Ulan Ude, Dom Radio, ul. Erbanova 7, 670000 Ulan Ude

Sender : Ulan Ude, 279 kHz
Sendeleistung : 150 kW
Sendezeit : 21.56 – 17.00 Uhr

8.3. Seefunkdienste

Der Frequenzbereich von 415 bis 495 kHz sowie von 505 bis 526,5 kHz ist dem sogenannten „Beweglichen Seefunkdiensten“ reserviert. Absichtlich ist hier die internationale Not- und Anruf Frequenz 500 kHz ausgespart worden, diese Frequenz genießt ganz besonderen Schutz. Ferner gilt in Deutschland die Frequenz 460 kHz $\pm$ 5 kHz als geschützte Zwischenfrequenz, weil fast alle in Deutschland betriebenen Radioempfänger mit LW-, MW- und KW-Bereichen diese Frequenz als Zwischenfrequenz nutzen.

Seefunkdienste im obengenannten Frequenzbereich senden ausschließlich in Telegrafie, d.h. per Morsetelegrafie oder per Funkfernschreiber. Die Sendeleistung der betreffenden Küstenfunkstellen bewegt sich gewöhnlich zwischen 1 kW und 5 kW. Damit lassen sich in der Praxis Entfernungen von bis zu 500 km, im günstigsten Fall 1000 km überbrücken, so daß die Anwendung etwa mit der Grenzwelle vergleichbar ist.

8.3.1. NAVTEX

NAVTEX ist ein Funkfernschreibverfahren für die Schifffahrt, das auf 518 kHz arbeitet. Zahlreiche Küstenfunkstationen nehmen am NAVTEX-System teil (siehe Frequenzverzeichnis). Die betreffenden Küstenfunkstationen übermitteln in feststehenden Zeitintervallen Meldungen an die Seefahrer.

Jeder am NAVTEX-System teilnehmenden Küstenfunkstelle ist ein Kennbuchstabe zugeteilt worden. Ein NAVTEX-Benutzer braucht an seinem Bordgerät daher nur den Kennbuchstaben der Küstenfunkstelle eingeben, von der er seine Informationen beziehen möchte.

ROGALAND RADIO 820211 1015Z
FORECAST FOR SKAGERACK AND THE
COAST LINDSNES-SWEDISH BORDER:

INCREASING TO SOUTHWEST STRONG
BREEZE TWELVE M/S IN
WESTERN AREAS SOME RAIN AND
DRIZZLE FOG OR POOR VIS.
FRIDAY SOME SHOWERS MAINLY GOOD
VIS
NNNN

Abb. 8.22.: Beispiel einer NAVTEX-Meldung von Rogaland Radio

Die von den NAVTEX-Stationen übermittelten Meldungen wurden in 13 Rubriken unterteilt, die ihrerseits wiederum Kennbuchstaben erhalten haben:

- A: Nautische Warnnachrichten
- B: Sturmwarnungen
- C: Eisberichte
- D: Erstinformationen für Seenotfälle
- E: Wettervorhersagen
- F: Informationen der Lotsendienste
- G: Informationen über Decca
- H: Informationen über LORAN
- I: Informationen über OMEGA
- J: Informationen über SATNAV
- K: Informationen über sonstige elektronische Navigationsverfahren

L: Nautische Warnnachrichten (bei Bedarf in Ergänzung zu A)

Z: QRU (Es liegen keine Meldungen vor)

Dem Kennbuchstaben der Küstenfunkstelle und dem Kennbuchstaben der Meldung folgen zwei Kennziffern zwischen 01 und 99 zur Bezeichnung der laufenden Nachrichtennummer. Dringende Meldungen werden stets mit der Kennziffer 00 eingeleitet.

NAVTEX hat den Vorteil gegenüber anderen Systemen, daß niemand an Bord oder am Empfänger anwesend sein muß, wenn die Meldung übermittelt wird. Mit Hilfe von speziellen Geräten ist es möglich, die gewünschte Küstenfunkstation einzugeben und den Kennbuchstaben der Meldungsart einzugeben. Erfolgt die Meldung von der betreffenden Station, so druckt der Empfänger selbstständig den Text auf einem Papierstreifen aus, der dann bei Bedarf gelesen werden kann.

Technische Fakten zum NAVTEX-System:

Frequenz : 518 kHz

Modulation : F1B (spezielle Art von FEC)

Frequenzshifts : 85 Hz über und 85 Hz unter 518 kHz = 170 Hz



Abb. 8.23.: NAVTEX-TELEX-Morse-Decoder MS32TP der Fa. MS Electronic GmbH, 8069 Gerolsbach

8.4. Wetterfunkdienste

Wie bei den Nachrichtenagenturen, so nutzen auch Wetterdienste zur Nachrichtenübertragung den Funkweg. Bei Übertragungen in das Ausland geschieht die Übermittlung über die Kurzwelle, bei einer Inlandsversorgung oftmals über Langwellensender.

Nachfolgend sind alle weltweit aktiven Wetterdienste aufgelistet, soweit sie Langwellensender betreiben. Es sind nicht nur reine Wetterdienste aufgelistet, sondern auch Küstenfunkstellen, sofern sie über ihre unterhalb von 500 kHz betriebenen Sender Wettermeldungen verbreiten.

Ausführliche Informationen zu diesem Thema finden Sie in unserem Buch „**Wetterfunk**“ (siehe Leserservice am Ende des Buches).

Azoren (AZR)

Küstenfunkstation der portugiesischen Marine in Horta

Station: CTH 516 kHz
Sendart: A1A/CW

Bundesrepublik Deutschland (D)

Deutscher Wetterdienst (DWD), Zentralamt, Frankfurter Str. 135, 6050 Offenbach

Station: DDH47 147,3 kHz
Senderstandort: Pinneberg
Sendeleistung: 10 kW
Sendart: A1A/CW (Aussendungen für die Seefahrt)

Station: DCF37 117,4 kHz
Senderstandort: Mainflingen
Sendeleistung: 50 kW
Sendart: FAX 120 Rpm (Flugwetterdienst)

Station: DCF54 134,2 kHz
Senderstandort: Mainflingen
Sendeleistung: 50 kW
Sendart: FAX 120 Rpm (allgemeiner Wetterdienst)

Großbritannien (G)

Ministry of Defence, Naval Oceanography and Meteorology, 8th Floor, Lacon House, London SW1A 2EU

Station: GLO20 80,3 kHz
Sendart: A1A/CW
Art der Aussendung: 06.00 und 20.00 Uhr: Sturmwarnung, Vorhersage und Aussichten
04.20 und 16.20 Uhr: Analyse nach FM 46-IV

Italien (I)

Italienische Marine, Rom

Stationen: IDQ 110 und 119 kHz
Sendart: A1A/CW

Japan (J)

Ministry of Transports, Japan Aeronautical Agency, International Communications Division, Ote-machi, Chiyoda-ku, Tokyo 100

Station: JMC 122,65 kHz

Sendeleistung: 2 kW

Sendart: A1A/CW

Kanada (CAN)

Canadian Forces, Maritime Headquarters CFB Dockyard, BC

Station: CKN 124 kHz

Senderstandort: Equimalt, BC

Sendeleistung: 10 kW

Sendart: A1A/CW

Canadian Forces, Halifax NS

Station: CFH 122,5 kHz

Senderstandort: Halifax, NS

Sendeleistung: 5/10 kW

Sendarten: Funkfernschreibsendungen 75 Baud und FAX 120 Rpm

Station: CFH 438 kHz

Senderstandort: Halifax, NS

Sendeleistung: 5/10 kW

Sendart: A1A/CW

Portugal (POR)

Ministère des Travaux Publics, Transports et Communications, Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INMG), Rua C – Aeroporto de Lisboa, 1700 Lissabon

Station: CTV 476 kHz

Senderstandort: Marinestation Commandante Nunes Ribeiro in Monsanto

Sendart: A1A/CW

Sendezzeiten d. Wettermeldungen: 05.55, 08.00, 11.55, 17.55, 20.00 u. 23.55 Uhr UTC

Spanien (E)

Spanische Marineküstenfunkstation Cádiz

Station: EBC 429 kHz

Sendart: A1A/CW

Tschechoslowakei (TCH)

Ministerstvo Lesního a Vodního Hospodářství CSR, Český Hydrometeorologický Ústav, Holeckova 8, 15129 Prag 5 – Smíchov

Station: OLT21 111,8 kHz

Senderstandort: Prag

Sendeleistung: 80 kW

Sendart: FAX 90/120 Rpm

Türkei (TUR)

Turkish State Meteorological Service, Marine Meteorological Office, Bandirma

Station: YMH4 478 kHz
Senderstandort: Bandirma
Sendearart: A1A/CW

Turkish State Meteorological Service, Marine Meteorological Office, Samsun

Station: YMY2 478 kHz
Senderstandort: Samsun
Sendearart: A1A/CW

Sowjetunion (URS)

Hydrometeorological Centre of the USSR, 9-13 Bolshevistskaya Street, Moskau 123376

Station: RTO 53,6 kHz
Senderstandort: Moskau
Sendearart: FAX 60/90/120 Rpm

8.5. Presseagenturen

Verbreiten Presseagenturen ihre Produkte weltweit über Funk, so tun sie dieses in der Regel über Kurzwellensender. Die Inlandsversorgung hingegen stützen viele Agenturen auf Langwellensender ab.

Nachfolgend sind alle Presseagenturen aufgeführt, die Langwellensender zur Nachrichtenverbreitung verwenden.

Ausführliche Informationen zu diesem Thema finden Sie in unserem Buch „**Presseagenturen**“ (siehe Leserservice am Ende des Buches).

Presse- und Informationsamt der Bundesregierung (BPA),

Welckerstr. 11, 5300 Bonn 1

Das Bundespresseamt ist keine Nachrichtenagentur im eigentlichen Sinne. Es sammelt lediglich aktuelle Informationen über das politische Geschehen in der Bundesrepublik und über die Politik der Bundesregierung und verteilt über seine von der Deutschen Bundespost Telekom betriebenen zahlreichen Kurzwellen- und einen Langwellensender diese Informationen an die 152 in aller Welt befindlichen deutschen Botschaften.

Station: DCF42 123,7 kHz
Senderstandort: Mainflingen
Sendearart: Funkfernschreibsendungen F1B FEC-A (96 Baud)

Deutsche Presse-Agentur GmbH (dpa), Mittelweg 38, 2000 Hamburg 13

Die dpa vertreibt ihre Nachrichten über zahlreiche Kurzwellen- und mehrere Langwellensender, die nördlich von Frankfurt in Bad Vilbel stehen. Betrieben werden die Sender von der:

Deutsche Nachrichten AG (DENA), Friedberger Landstraße 645, 6000 Frankfurt 60.

Station: DCF30 110,5 kHz
Senderstandort: Bad Vilbel
Sendeart: Funkfernschreibsendungen F1B CCITT5 (modifiziert), 300 Baud
170 Hz/H

Station: DCF39 139 kHz
Senderstandort: Bad Vilbel
Sendeart: Funkbildsendungen F3C (120 rpm)

In Mainflingen, südlich von Frankfurt, wird ein weiterer Langwellensender mit dem Rufzeichen DCF60 betrieben, der auf der Frequenz 140,3 kHz arbeitet. Der Sender DCF60 wird abwechselnd von den folgenden vier Nachrichtenagenturen in Anspruch genommen.

Die Übertragung erfolgt jeweils als Funkfernschreibsendung F1B CCITT5 mit 200 Baud Geschwindigkeit.

1. **Evangelischer Pressedienst (EPD)**, Friedrichstr. 2-6, 6000 Frankfurt
2. **Global Press Nachrichten-Agentur und Informationsdienste GmbH (glp)**, Herderstr. 18, 4000 Düsseldorf 1
3. **Katholische Nachrichten-Agentur GmbH (KNA)**, Eysseneckstr. 25, 6000 Frankfurt
4. **Sport-Informationen-Dienst GmbH & Co.KG**, Moselstr. 14, 4040 Neuss

**Vereinigte Wirtschaftsdienste GmbH (VWD),
Niederurseler Allee 8-10, 6236 Eschborn**

Gesellschafter der VWD sind zu je einem Drittel die Deutsche Presse-Agentur (dpa), die Gesellschaft zur Verwaltung der VWD-Anteile der Wirtschaft mbH (bestehend aus Dachverbänden der Wirtschaft) und die Gesellschaft zur Verwaltung der VWD-Anteile der Medien mbH (bestehend aus Zeitungsverlagen).

Die VWD versorgt die deutsche Wirtschaft mit Nachrichten aus aller Welt und informiert das Ausland über das Wirtschaftsgeschehen.

Station: DCF55 55,3 kHz
Senderstandort: Eschborn
Sendeart: Funkfernschreibsendungen F1B CCITT2, 75 Baud, 170 Hz

Station: DCF49 129,1 kHz
Senderstandort: Eschborn
Sendeart: Funkfernschreibsendungen CCITT5 (modifiziert), 300 Baud

8.6. Botschaftsfunk

Als der Umgang mit dem Radio Anfang des Jahrhunderts erst einmal völliges Neuland war, spielten sich die ersten experimentellen Versuche mit diesem Medium überwiegend im Langwellenbereich ab. Aus damaliger Sicht war die Kurzwelle oder gar die Ultrakurzwelle ein noch nicht „zählbarer“ Frequenzbereich. Neben den Militärs sind die Diplomaten seit jeher die ersten, die Neuentwicklungen in der Forschung und Technik einerseits vorantreiben, andererseits aber auch als erstes für sich selbst beanspruchen. Überall in der Welt wurden daher Anfang des Jahrhunderts Langwellenübertragungsstrecken zwischen den Regierungssitzen und deren Botschaften errichtet.

Zu jener Zeit verwalteten das britische Empire, sowie die Staaten Frankreich, Spanien, Portugal, die Niederlande und andere zahlreiche Kolonien in aller Welt. Der Kontakt vom Mutterland zu den Kolonien war bis dato recht mühsam und langwierig. Auch Flugzeuge gab es Anfang des Jahrhunderts – so gut wie – noch nicht. Mitteilungen vom Mutterland zur Kolonie und umgekehrt waren folglich per Schiff und über den Landweg recht lange unterwegs. Welch eine Erleichterung brachte daher ein gegenseitiger, über Langwelle hergerichteter Funkkontakt. Eine Mitteilung vom niederländischen Mutterland zur Kolonie Neuguinea war plötzlich nicht mehr sechs Wochen unterwegs, sondern keine sechs Minuten.

In der heutigen Zeit nutzen die Regierungen die Langwelle nur noch zur Versorgung ihrer Botschaften in unmittelbar angrenzenden Ländern, für die Fernstrecken werden entweder Kurzwellen- oder Satellitenverbindungen angewandt. Nähere Einzelheiten (z.B. Sendefrequenzen, Rufzeichen, Sendeleistungen u. dgl.) bitten wir dem Frequenzverzeichnis am Schluß dieses Buches zu entnehmen.

8.7. LOWFERS

In den USA ist es jedermann gestattet, ohne Lizenz – und damit auch ohne ein zugeteiltes Funkrufzeichen – einen Langwellensender mit sehr geringer Sendeleistung im Frequenzbereich von 160 bis 190 kHz (1750 Meterband) zu betreiben. Die Bezeichnung für diese Sender lautet LOWFERS, was für „Low Frequency Experimental Radio Station“ steht.

Für den Betrieb gelten folgende Bedingungen:

- Maximale Sendeleistung 1 Watt,
- Maximale Antennenlänge einschl. Antennenzuführung: 15 Meter.

Da mit solch geringen Sendeleistungen eine vernünftige Sprachübertragung kaum möglich ist, wird fast ausschließlich in CW (Morsecode) oder RTTY (Funkfern Schreiben) gesendet. Das selbstzuerstellende Rufzeichen besteht in der Regel aus den Initialen des Stationsbetreibers.

Im Nordosten der USA, sowie in den Staaten Kalifornien, Oklahoma, Nevada, Neu Mexiko, Süd Carolina, Illinois und Florida liegen die LOWFERS-Hochburgen.

Die Reichweite eines LOWFERS beträgt bei günstigen Bedingungen, d.h. in Winternächten, zwischen 40 und 120 km. Der Rekord soll angeblich bei 800 km Distanz liegen.

9. VLF- und LF-Empfänger für den professionellen Einsatz

Stellvertretend für viele andere VLF/LF-Empfänger stellen wir nachfolgend zwei absolute Spitzengeräte aus neuester Fertigung vor. Es handelt sich dabei nicht um Konverter, die beispielsweise den Bereich von 100 bis 150 kHz in den Kurzwellenbereich von 14.000 bis 14.150 kHz umsetzen, sondern um vollständige Empfänger nach dem Superhet-Prinzip, bei dem die Frequenzen mit Hilfe von PLL-Synthesizern erzeugt werden.

HAGENUK RX 1001 M

Der RX 1001 M wird in der Grundausstattung als ein manuell bedienbarer Empfänger mit einem Frequenzbereich von 10 kHz bis 30 MHz geliefert. Die Empfangsfrequenzen sind in Schritten zu 10 Hz oder 100 Hz schaltbar. Der Empfänger besitzt einen Kanalspeicher für 99 Kanäle, wobei die Frequenz, die Empfangsart mit Bandbreite, Scanzeiten, die HF-Regelung, Vorselektion und Antenneneingangsteiler abgespeichert werden können. Als Betriebsarten sind DSB, SSB, CW, FAX und Telex möglich. Die Eingangsempfindlichkeit ist in der Betriebsart CW besser als $0,5 \mu\text{V}$ (bei 300 Hz Bandbreite) und in SSB besser als $1 \mu\text{V}$ (bei 2,4 kHz Bandbreite). Die Spiegelfrequenz- und ZF-Durchschlagfestigkeit ohne HF-Vorselektion ist größer als 100 dB. Das Gerät hat die Ausmaße 132,5 mm (Höhe) x 483 mm (Breite) x 400 mm (Tiefe).

Zusätzlich zum RX 1001 M ist eine Fernbedienungskarte erhältlich, die eine Fernsteuerung des Empfängers durch eine spezielle Fernbedienung („RX 1001 F“) oder mittels PC ermöglicht.

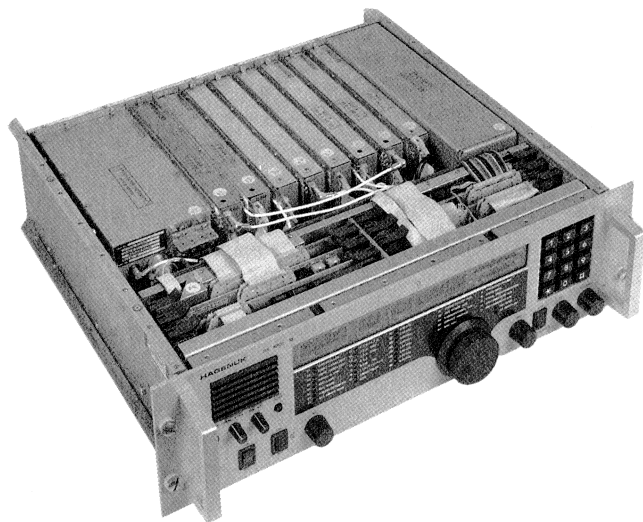


Abb. 9.1.: HAGENUK-Empfänger RX 1001 M

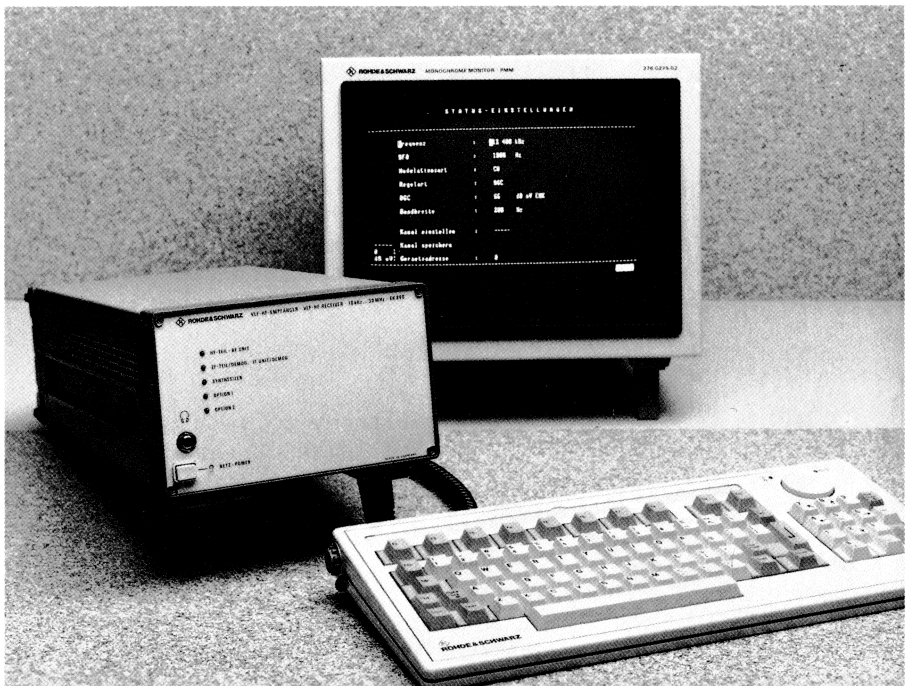


Abb. 9.2.: EK 890 in der Version als Absetzeempfänger

Rohde & Schwarz EK 890

Der EK 890 kann bei Ortsbetrieb entweder über ein Terminal, einen Rechner oder konventionell über eine Frontplatte bedient werden. Bei einem Preis von rund 10.000 DM (je nach Ausstattung) handelt sich um einen Empfänger der absoluten Spitzenklasse. Das Gehäuse ist mit 242 x 132 x 460 mm kompakt in einem 1/2-19-Zoll Rahmen unterzubringen.

Der EK 890 überstreicht einen Frequenzbereich von 10 kHz bis 30 MHz in Schritten von 1 Hz. Die Abstimmzeit liegt bei 10 ms. 500 Empfängereinstellungen lassen sich vollständig abspeichern. Als Betriebsarten sind CW, AM, SSB, FSK, AFSK, FAX und FM möglich. Die Empfindlichkeit ist besser als $0,3 \mu\text{V}$ bei CW (200 Hz Bandbreite), bzw. besser als $1 \mu\text{V}$ in SSB bei 3100 Hz Bandbreite jeweils für 10 dB (S+N)/N.

Der IP dritter Ordnung liegt bei 35 dBm, der zweiter Ordnung bei 70 dBm. Die Spiegelfrequenz- und ZF-Festigkeit erreicht einen hervorragenden Wert von 90 dB. Der EK 890 läßt sich mit sechs Filtern mit Bandbreiten von 200 Hz, 600 Hz, 1500 Hz, 3100 Hz, 6000 Hz und 8000 Hz bestücken.

In der Frontplattenversion zeigt das LC-Display eine Fülle von Informationen. So zum Beispiel die eingestellte Frequenz auf 1 Hz genau, die gewählte Bandbreite, den Speicherkanal, die Betriebsart und die Art der Verstärkungsregelung sowie die Signalstärke in Form einer in $\text{dB}\mu\text{V}$ geeichten Strichskala.

10. Die Empfangspraxis

Für den Hörer, der bislang ausschließlich oder überwiegend auf der Kurzwelle aktiv war, stellen sich spätestens an dieser Stelle des Buches zwei grundlegende Fragen. Die erste Frage ist die nach der notwendigen technischen Empfangsausrüstung, um sich hobbymäßig mit dem Lang- und Längstwellenempfang beschäftigen zu können. Und als zweite Frage ist zu klären, welche Sender bzw. Funkdienste mit Hobbymitteln tatsächlich empfangen werden können und was man davon hat.

10.1. Empfänger und Konverter

Wenn Sie bereits einen neuzeitlichen Kurzwellenempfänger besitzen, so dürfte sein Empfangsbereich bei 150 kHz beginnen. Sie können also nicht nur den gesamten Langwellen-Rundfunkbereich, sondern auch alle Radiobaken und Seefunkdienste zwischen dem Lang- und Mittelwellen-Rundfunkbereich empfangen.

Manche Empfänger sind darüberhinaus – zumindest laut Betriebsanleitung – auch unterhalb von 150 kHz nutzbar. Leider stimmen die diesbezüglichen Angaben in den Betriebsanleitungen oft nicht mit der Realität überein. Senkt man die eingestellte Frequenz unter 150 kHz ab, so läßt die Empfindlichkeit vieler Geräte sehr schnell derart rapide nach, daß die Empfänger als fast taub gelten können.

Wenn Sie nicht gerade einen der im vorangegangenen Kapitel vorgestellten professionellen Empfänger haben, empfiehlt sich grundsätzlich die Vorschaltung eines sogenannten VLF-Konverters. Ein solches Gerät setzt den Längst- und Langwellenbereich um auf einen anderen Frequenzbereich, der von den üblichen Kurzwellenempfängern gut verarbeitet werden kann.

Ein Spezialist für solche VLF-Konverter ist die Firma

REFCOM Electronic

Gazertstr. 76, 2100 Hamburg 90, Telefon (040) 77 75 54.

Der Inhaber Ralf Eggert ist ein richtiger Elektronik- und Funk-Tüftler und hat schon eine ganze Reihe interessanter Zusatzgeräte für den Funkempfang hervorgebracht. Der bekannte VLF-Konverter FC-500 wird schon seit einiger Zeit nicht mehr hergestellt, dafür gibt es jetzt das neue, wesentlich verbesserte Modell FC-2P.

VLF-LW-MW-Konverter REFCOM FC-2P

Der FC-2P ist ausgelegt für den Empfang des Frequenzbereiches von 10 kHz bis 2 MHz. Dieser Bereich wird umgesetzt auf den Kurzwellenbereich von 14 bis 16 MHz.

Wünscht man beispielsweise den Zeitzeichensender DCF77 auf 77,5 kHz zu empfangen, so ist am KW-Empfänger $77,5 \text{ kHz} + 14 \text{ MHz} = 14.077,5 \text{ kHz}$ einzustellen. RFI Paris auf 1.278 kHz würde dann auf 15.278 kHz kommen.

Wichtig ist eine gute Abschirmung beim Verbindungskabel vom Konverter zum Empfänger, denn – um beim ersten Beispiel zu bleiben – Sie möchten ja nur die von 77,5 kHz



auf 14.077,5 kHz umgesetzte Station hören und nicht den tatsächlich auf 14.077,5 kHz arbeitenden Sender. In der Praxis wäre das ein dort eventuell arbeitender Amateurfunktender, denn der Bereich ab 14 MHz aufwärts ist das bekannte 20m-Amateurfunkband.

Beim FC-2P ist der Gesamtbereich von 10 kHz bis 2 MHz in zwei Bereiche unterteilt. Der erste Bereich geht von 10 kHz bis 500 kHz und durchläuft ein steilflankiges, festabgestimmtes Tiefpaßfilter. Der Mittelwellenbereich von 500 kHz bis 2 MHz ist mit einem variabel abstimmbaren Preselektor-Filter und einer Anpaßstufe ausgestattet. Zur besseren Unterdrückung von Frequenzen über 2 MHz ist ein weiteres Tiefpaßfilter im Einsatz.

Außerdem steht ein schaltbares Dämpfungsglied zur Verfügung, mit dem ggf. starke Signale abgeschwächt werden können.

Dieser REFCOM-Konverter ist eine ausgereifte Sache. So ist das erforderliche Netzteil gleich eingebaut. Außerdem sind zwei Antennenanschlüsse vorhanden (50 Ohm Koax für PL-Stecker): ein Anschluß für die LW/MW-Antenne, der zweite Anschluß für die Kurzwellenantenne. Bei ausgeschaltetem Konverter wird die KW-Antenne automatisch durchgeschaltet; das umständliche Umstecken der Antennenkabel entfällt also. Der Konverter wird über ein mitgeliefertes Kabel an die Antennenbuchse des Empfängers (niederohmiger Koax-Eingang für PL-259-Stecker) angeschlossen.

In der Praxis überzeugt dieser solide konstruierte Konverter bei Verwendung einer geeigneten Antenne durch gute Empfangsleistungen und ein erfreuliches Preis/Leistungsverhältnis (Preis: 248,- DM). In Sachen Antenne muß man ein wenig experimentieren. Um auch hier Abhilfe zu schaffen, will REFCOM im Laufe des Jahres 1991 eine spezielle Aktivantenne für den Bereich von 10 bis 150 kHz auf dem Markt bringen (Preis voraussichtlich etwa 180,- DM). Informationen dazu fordern Sie bitte direkt bei REFCOM an.

10.2. Antennen

Ein nicht unerhebliches Problem beim Empfang von Lang- und Längstwellensendern stellt die Antenne dar. Drahtantennen (Langdraht- oder Dipolantennen) müßten sehr, sehr lang bemessen sein, um optimal angepaßt zu sein. Das ist in der Realität aber so gut wie nicht möglich. Man verlängert daher Drahtantennen elektrisch. Um sie im Lang- und Längstwellenbereich betreiben zu können, wickelt man den größten Teil des isolierten Antennendrahtes zu einer Spule – zum Beispiel auf einem hölzernen Besenstiel – auf.

Ebenfalls sehr nützlich sind Rahmenantennen oder Ferritantennen, wie man sie von den Mittelwellenanwendungen kennt. Unumgänglich ist es dazu, die Zahl der Windungen der Primärwicklung deutlich zu erhöhen. Kommt man bei einer Rahmenantenne für Mittelwellenanwendungen mit durchschnittlich 10 Windungen aus, so benötigt man für eine Rahmenantenne, mit der der Langwellen-Rundfunkbereich abgedeckt werden soll, etwa 30 Windungen. Eine Rahmenantenne für 50 kHz erfordert sogar etwa 80 bis 100 Windungen und eine größere Kapazität für den zugehörigen Kondensator.

Vorsichtiger Umgang ist mit Aktivantennen angesagt! Nicht nur die Hersteller von Kurzwellenempfängern flunkern gern, wenn es um den nutzbaren Frequenzbereich geht (siehe oben). Auch die bekannten Aktivantennen lassen unterhalb von 150 kHz in ihrer Empfindlichkeit stark nach. Ein paar Meter Draht bringen DCF77 oft deutlich besser herein als eine 200 DM teure Aktivantenne! Gespannt können wir auf die bereits erwähnte Aktivantenne von REFCOM sein, die speziell für den Empfang von 10 bis 150 kHz konzipiert ist.

Wer mit dem Langwellenempfang beginnt, sollte zunächst einmal einfache Langdrahtantennen, Behelfsantennen oder vorhandene Antennenanlagen ausprobieren. Das Experimentieren kann durchaus Spaß machen und zu erstaunlichen Ergebnissen führen. Und für die wichtigsten Funkdienste reichen ggf. auch ein paar Meter Draht als Antenne völlig aus!

Ausführliche Informationen zum Thema Empfangsantennen sowie viele Anregungen und praktische Ratschläge finden Sie in unserem „**Antennen-Ratgeber**“ (siehe Leserservice am Ende dieses Buches).

10.3. Welche Sender/Funkdienste kann man tatsächlich empfangen?

In diesem Buch wurde ausführlich dargestellt, zu welchen Zwecken die Längst- und Langwelle benutzt wird. Das Spektrum reicht von der U-Boot-Kommunikation bis zum Rundfunk. Was ist nun aber tatsächlich mit Hobbymitteln zu empfangen? Was hat der Funkempfangsamateur davon, sich mit der Längst- und Langwelle zu befassen?

Es sei zunächst darauf hingewiesen, daß der „normale“ Hörer in der Bundesrepublik Deutschland Sender aus dem Frequenzbereich unterhalb 150 kHz gar nicht empfangen darf. Die rechtliche Situation wird in unserem Buch „**Rechtstips für Funkamateure und Kurzwellenhörer**“ ausführlich dargelegt (siehe Leserservice am Ende dieses Buches). Bitte beachten Sie das Fernmeldeanlagen-gesetz (FAG)!

Sehr beliebt ist der Empfang von Presseagenturen und Wetterdiensten, die vielfältige und interessante Informationsdienste anbieten. Zum autorisierten Empfang wird zwischen dem Kunden (Empfänger) und der Agentur bzw. dem Wetterdienst ein Nutzungsvertrag abgeschlossen. Außerdem ist ggf. die Genehmigung der Fernmeldeverwaltung einzuholen. Ausführliche Informationen zu diesem Thema finden Sie in unserem Buch „**Presseagenturen**“ (siehe Leserservice am Ende dieses Buches).

Zum Empfang der Funkfernschreibsendungen bzw. Datenübertragungen der Presseagenturen ist zusätzlich zur eigentlichen Empfangsanlage (Antenne, Konverter, Empfänger) ein geeigneter Decoder und ein Monitor bzw. Drucker notwendig. Als Decoder empfehlenswert ist z.B. der W4010 von WAVECOM Elektronik (Hauptstr. 46, 7891 Hohentengen a.H., Telefon [07742] 1063). Dieses Gerät kostet etwa 2.600,- DM.

Zum Empfang von Wetterkarten benötigt man zusätzlich zur Empfangsanlage einen FAX-Konverter und einen Drucker. Im Hobbybereich eingeführt ist der FAX-Konverter ICS FAX-1, der zu einem Preis von etwa 950,- DM zu bekommen ist (Vertrieb: RICOFUNK stabo Elektronik, Postfach 10 07 50, Münchwiese 16, 3200 Hildesheim, Telefon [05121] 76200).

Einen kompletten und ausführlichen Überblick über die zuvor genannten Geräte gibt unser Buch „**Zusatzgeräte für den Funkempfang**“ (siehe Leserservice am Ende dieses Buches).

Sicherlich ist der Empfang der Presseagenturen und Wetterdienste inhaltlich am interessantesten, doch bieten die anderen Funkdienste dem Senderjäger wie auch dem an der Funktechnik interessierten Hörer ein weites Betätigungsfeld.

So können Sie im Längstwellenbereich (also unterhalb von 30 kHz) hier in Mitteleuropa ohne weiteres alle militärischen Marinesendefunkstellen hören, die mit mehr als 250 kW senden. Das trifft für fast alle Sender zu. Gesendet wird natürlich in verschlüsselter Form, haben Sie etwas anderes erwartet?! Lediglich in den Sendepausen bleiben die meisten Sender in Betrieb und strahlen in dieser Zeit im Morsecode eine unverschlüsselte CQ- oder V-Schleife mit Stationsrufzeichen aus.

Auch die Sender des OMEGA-Navigationssystems sind im VLF-Bereich zu hören. Sie strahlen aber keinerlei Kennung aus. Man erkennt sie nur – korrekt eingestellte Frequenz vorausgesetzt – an den jeweiligen stationseigenen Frequenzen und den typischen rhythmischen Impulsen.

Interessanter ist der Empfang des Langwellenbereichs von 30 bis 300 kHz, sieht man von den dort betriebenen Navigationssystemen ab. Einen Decca-Sender erkennen Sie nur an seinem Dauerträger, einen LORAN-C-Sender wiederum an den rhythmischen Impulsfolgen.

Radiobaken gibt es weltweit in fast unendlicher Stückzahl. Wenngleich sie mit geringen Sendeleistungen von 100 bis 200 Watt (nicht Kilowatt!) arbeiten, sind mehrere Hundert Baken tagtäglich zu empfangen. Nichts ist leichter, als eine Bake zu identifizieren, denn sie sendet ununterbrochen ihre Kennung im langsamen Morsecode aus. So langsam, daß Sie auch mit minimalsten Kenntnissen des Morsealphabets bereits bestens zurechtkommen werden. Der Empfang dieser Funkbaken ist für Senderjäger natürlich interessant. Häufig sind sogar Empfangsbestätigungen darüber zu bekommen – allerdings in der Regel nur bei Einsendung einer selbstvorbereiteten Bestätigungskarte (PPC). Schöne QSL-Karten sind kaum zu erwarten.

Botschaftsfunkdienste kann – und darf – man als Otto-Normalhörer ebenfalls nicht empfangen. Ohnehin wird der Funkverkehr im verschlüsselten Telex-Verfahren übermittelt. Lediglich die Funkrufzeichen während der nicht verschlüsselten Sendepausen lassen Rückschlüsse auf die jeweiligen diplomatischen Herkunft zu.

Die unterhalb von 500 kHz arbeitenden Seefunkdienste arbeiten allesamt im Morsecode oder im Funkferschreibverfahren, unverschlüsselt und für jedermann verständlich. Was aber nicht bedeutet, daß Sie den Seefunkdienst empfangen dürfen.

Absolut kein schlechtes Gewissen braucht Sie beim Empfang von Langwellen-Rundfunksendern zu plagen. Im Gegenteil! Sie sollten das Angebot und Ihre hervorragende geographische Lage nutzen. LW-Rundfunk gibt es nur in Europa und im angrenzenden Mittelmeerraum sowie in der Sowjetunion und in der Mongolei. Zentraler als wir kann man dafür nicht wohnen! Sperren Sie Ihre Funkohren in alle Himmelsrichtungen auf. Nur wir Mitteleuropäer können tatsächlich alle Langwellen-Rundfunksender der Welt gleichzeitig hören.

11. Frequenzliste 9 – 524 kHz

Anmerkungen: Wenngleich der Bereich der Langwelle exakt nur bis 300 kHz reicht, so enthält dieses Verzeichnis dennoch alle Sender zwischen 9 und 524 kHz, sofern sie in Mitteleuropa empfangen werden können. Die Auflistung wurde absichtlich nicht abrupt bei 300 kHz abgebrochen, da die oberhalb des Langwellenrundfunkbereiches tätigen Funkfeuer ebenfalls nicht abrupt bei 300 kHz enden, sondern bis etwa 500 kHz zu verzeichnen sind. Auf diese Weise ergibt sich in dem Frequenzverzeichnis ein fachlich zusammenhängender Bereich, der bis unmittelbar an den Mittelwellenrundfunkbereich heranreicht. Bitte beachten Sie:

1. Decca-Sender sind nur aufgelistet wenn sie zu europäischen Decca-Ketten gehören.
2. Seefunkfeuer sind überwiegend aus dem europäischen Bereich (bevorzugt Nord- und Ostsee) enthalten. Außereuropäische Seefunkfeuer sind nur aufgeführt wenn sie hier empfangbar sind. Die Auflistung aller weltweiten Seefunkfeuer würde den Rahmen des Buches sprengen.
3. Flugfunkfeuer sind ebenfalls nur überwiegend aus dem europäischen Bereich (bevorzugt Deutschland und das benachbarte Ausland) aufgelistet.
4. Unter „Funkbeschilderung“ sind Seefunkfeuer zu verstehen, die nur bei Bedarf bzw. auf Aufforderung arbeiten.
5. Die Sendeleistungen sind in Kilowatt (manchmal auch Megawatt wenn entsprechend gekennzeichnet) angegeben. Lediglich bei den Funkfeuern wurden die Sendeleistungen in Watt angegeben.

Frequenz kHz	Ruf- zeichen	Sendeleistung	Standort	Bemerkungen
10,2			OMEGA-Stationen (alle Standorte)	Navigation
11,05			OMEGA Stationen (alle Standorte)	Navigation
11,3			OMEGA-Stationen (alle Standorte)	Navigation
11,8			OMEGA-Station C, Haiku, HWA	Navigation
11,905		500	Alpha-Stationen, URS	Navigation
12,0			OMEGA-Station B, Monrovia, LBR	Navigation
12,1			OMEGA-Station A, Aldra, NOR	Navigation
12,3			OMEGA-Station E, REU	Navigation
12,649		500	Alpha-Stationen, URS	Navigation
12,8			OMEGA-Station H, Toshima, J	Navigation
12,9			OMEGA Station F, Golfo Nuevo, ARG	Navigation
13,0			OMEGA-Station G, AUS	Navigation
13,1			OMEGA-Station D, La Moure, SD, USA	Navigation
13,6			OMEGA-Stationen (alle Standorte)	Navigation
14,1	NAA	1 MW	Cutler, ME, USA	US Navy
14,29	SOA21	20	Warschau, POL	0,2F1
14,3	UBE2	500	Petropavlovsk Kam., URS	
14,5	HWU	250	Le Blanc, F	Franz. Marine, Ri.Nordatl.
14,6	UVA	100	Batumi, URS	Sowj. Marine, Schw. Meer
14,7	NAA	1 MW	Cutler, ME, USA	US Navy
14,7	NLK	1 MW	Seattle, WA, USA	US Navy
14,7	NPM	1 MW	Pearl Harbour, HI, USA	US Navy
14,7	NHB	1 MW	Kodiak, Alaska, USA	US Navy
14,7	NPN	1 MW	Guam, GUM	US Navy

Frequenz kHz	Ruf- zeichen	Sendeleistung	Standort	Bemerkungen
14,7	NEJ	1 MW	Seattle, Wash., USA	US Navy
14,8	NAA	1 MW	Cutler, ME, USA	US Navy
14,881		500	Alpha-Stationen, URS	Navigation
14,9	NBA	1 MW	Balboa, PNZ	US Navy
15,0	UIK	100	Wladiwostok, URS	Sowj. Marine, Jap. See
15,1	HWU	500	Le Blanc, F	Franz. Marine
15,1	FUO	500	Bordeaux, F	Franz. Marine
15,1	UMS		Moskau, URS	
15,1	VTI	100	Bombay, IND	Ind. Marine 2,5A1
15,3	NPM	1 MW	Pearl Harbour, HWA	US Navy
15,3	NPN	1 MW	Guam	US Navy
15,3	NHB	1 MW	Kodiak, Alaska, USA	US Navy
15,3	NLK	1 MW	Seattle, Wash., USA	US Navy
15,3	EVT2	200	Ostrov, URS	Sowj. Marine, Arktik
15,3	NEJ	1 MW	Seattle, Wash., USA	US Navy
15,5	NSS	1 MW	Washington, DC, USA	US Navy
15,5	NAA	1 MW	Cutler, ME, USA	US Navy
15,5	NPM	1 MW	Pearl Harbour, HWA	US Navy
15,5	NWC	1 MW	Northwest Cape, AUS	US Navy
15,6	EWB	1 MW	Odessa, URS	Sowj. Marine
15,625		500	Alpha-Stationen, URS	Navigation
15,7	NPL	500	San Diego, CA, USA	US Navy
15,7	NPM	1 MW	Pearl Harbour, HWA	US Navy
15,7	NPG	500	San Francisco, CA, USA	US Navy
16,0	GBR	60	Rugby, G	Zeitzeichen
16,1	UMS		Moskau, URS	
16,2	NDT	500	Yosami, J	US Navy
16,2	UGK	500	Kaliningrad, URS	Sowj. Marine
16,4	JXN	350	Helgeland, NOR	NATO, Marine
16,5	SOA30	200	Warschau, POL	Ri. Peking
16,6	NPM	1 MW	Pearl Harbour, HWA	US Navy
16,8	FUB		Paris, F	Franz. Marine
16,8	FTA2	250	St. Assise, F	Franz. Marine
17,1	UMS	1 MW	Moskau, URS	Sowj. Marine
17,2	SAQ	200	Varberg, S	Schwed. Marine 0,4A1
17,44	NDT	500	Yosami, J	US Navy
17,6	JXZ	350	Helgeland, NOR	NATO, Marine
17,6	SAO40	20	Warschau, POL	Ri. Peking, New York 0,2F1
17,8	NPM	1 MW	Pearl Harbour, HWA	US Navy
17,8	NSS	1 MW	Washington, DC, USA	US Navy
17,8	NAA	1 MW	Cutler, Maine, USA	US Navy
17,9	UBE2	500	Petropavlovsk, URS	Sowj. Marine 0,1A1
18,0	NPG	1 MW	San Francisco, Cal., USA	US Navy
18,0	NPL	1 MW	San Diego, Cal., USA	US Navy
18,0	NBA	500	Balboa, PNZ	US Navy
18,0	NLK	1 MW	Jim Creek, Washington, USA	US Navy
18,0	UMS		Moskau, URS	Sowj. Marine
18,1	UFOE	100	Matochkin Shar, URS	Sowj. Marine, Norw. See
18,2	NSS	1 MW	Washington, DC, USA	US Navy
18,2	NAH	200	New York, NY, USA	US Navy
18,2	JJH	500	Kure, J	Marine 0,6F1, 0,1A1
18,4	NAH	200	New York, NY, USA	US Navy
18,4	NAD	200	Boston, Mass., USA	US Navy
18,4	NAK	200	Annapolis, Maryland, USA	US Navy
18,5	DHO35	800	Burlage (Ramsloh), D	Bundesmarine
18,5	NAA	1 MW	Cutler, ME, USA	US Navy
18,6	NPN	1 MW	Guam	US Navy
18,6	NPM	1 MW	Pearl Harbour, HWA	US Navy

Frequenz kHz	Ruf- zeichen	Send- leistung	Standort	Bemerkungen
18,6	NLK	1 MW	Seattle, WA, USA	US Navy
18,6	NEJ	1 MW	Seattle, WA, USA	US Navy
18,6	NPG	1 MW	San Francisco, CA, USA	US Navy
18,6	NAA	1 MW	Cutler, ME, USA	US Navy
18,6	NHB	1 MW	Kodiak, Alaska, USA	US Navy
18,8	NAH	200	New York, NY, USA	US Navy
18,8	NAK	200	Annapolis, MD, USA	US Navy
18,8	NAD	200	Boston, MA, USA	US Navy
18,8	UMS		Moskau, URS	Sowj. Marine
18,9	UMB	1 MW	Rostov, URS	Sowj. Marine, weltweit
19,0	NSS	1 MW	Washington, DC, USA	US Navy
19,0	NPM	1 MW	Pearl Harbour, HWA	US Navy
19,0	MHW	250	Rugby, G	Brit. Navy 0,6F1/0,1A1
19,0	GQD	500	Anthorn, G	Brit. Navy (NATO)
19,0	MHW	350	Criggion, G	Brit. Navy
19,2	SOA50	20	Warschau, POL	Fester Funkdienst 0,2F1
19,4	NPN	1 MW	Guam	US Navy
19,4	NEJ	1 MW	Seattle, WA, USA	US Navy
19,4	NPM	1 MW	Pearl Harbour, HWA	US Navy
19,4	NHB	1 MW	Kodiak, AL, USA	US Navy
19,4	NLK	1 MW	Seattle, WA, USA	US Navy
19,6	GBZ	250	Rugby, G	Brit. Navy 0,2F1/0,1A1
19,6	GBZ	350	Criggion, G	Brit. Navy 0,2F1/0,1A1
19,6	GBZ	500	Anthorn, G	Brit. Navy (NATO)
19,7	UGE	150	Archangelsk, URS	Sowj. Marine, Barentssee
19,8	NPM	1 MW	Pearl Harbour, HWA	US Navy
19,8	NPL	1 MW	San Diego, CA, USA	US Navy
19,8	NPG	1 MW	San Francisco, CA, USA	US Navy
20,0	JG2AR	3	Tokyo, J	Standardfreq.
20,27	ICV	500	Tavolara, I	It. Marine
20,5	UTR3	300	Gorki, URS	Zeitzeichen
20,5	USB2	300	Frunze, URS	Zeitzeichen
20,5	UQC3	300	Khabarovsk, URS	Zeitzeichen
20,5	UPD8	300	Archangelsk, URS	Zeitzeichen
20,5	UNW3	300	Molodecno, URS	Zeitzeichen
20,76	ICV	500	Tavolara, I	It. Marine
21,05	HWU	200	Le Blanc, F	Fr. Marine, N. Atlantik
21,37	GYA	120	London, G	Brit. Navy
21,4	NSS	1 MW	Washington, DC, USA	US Navy
21,4	NPM	1 MW	Pearl Harbour, HWA	US Navy
21,4	NAM	1 MW	Norfolk, VA, USA	US Navy
21,4	NAA	1 MW	Cutler, ME, USA	US Navy
21,75	HWU	100	Le Blanc, F	Fr. Marine, N. Atlantik
22,1	NAK	200	Annapolis, MD, USA	US Navy
22,1	NAH	200	New York, NY, USA	US Navy
22,1	NAD	200	Boston, MA, USA	US Navy
22,3	NWC	1 MW	Harold E. Holt Station, AUS	US Navy
22,3	NPM	1 MW	Pearl Harbour, HWA	US Navy
22,3	NPC	1 MW	Seattle, WA, USA	US Navy
22,3	NAA	1 MW	Cutler, ME, USA	US Navy
22,35	NAA	1 MW	Cutler, ME, USA	US Navy
23,0	UFQE	100	Matochkin Shar, URS	Sowj. Marine, Barentssee
23,0			siehe 20,5 kHz	Zeitzeichen
23,4	NPM	1 MW	Pearl Harbour, HWA	US Navy
23,4	DHO38	800	Ramsloh, D	Bundesmarine
24,0	NPM	1 MW	Pearl Harbour, HWA	US Navy
24,0	NLK	1 MW	Seattle, WA, USA	US Navy
24,0	NBA	1 MW	Balboa, PNZ	US Navy

Frequenz kHz	Ruf- zeichen	Sendeleistung	Standort	Bemerkungen
24,0	NAA	1 MW	Cutler, Maine, USA	US Navy
24,8	NLK	1 MW	Jim Creek, Washington, USA	US Navy
25,0			siehe 20,5 kHz	Zeitzeichen
25,1			siehe 20,5 kHz	Zeitzeichen
25,3	NAA	1 MW	Cutler, ME, USA	US Navy
25,5			siehe 20,5 kHz	Zeitzeichen
25,82	NSS	1 MW	Washington, DC, USA	US Navy
25,82	NAH	200	New York, NY, USA	US Navy
25,82	NAA	250	Cutler, ME, USA	US Navy
26,1	NPM	1 MW	Pearl Harbour, HWA	US Navy
26,1	NPG	1 MW	San Francisco, CA, USA	US Navy
26,1	NEJ	1 MW	Seattle, WA, USA	US Navy
26,6	CAA2A	50	Santiago, CHL	
27,0	FTA27	25	Paris, F	Ri. New York
27,5	EWG4	80	Wladiwostock, URS	Sowj. Marine, Jap. See
28,5	NPN	50	Guam	US Navy
28,5	NPL	500	San Diego, CA, USA	US Navy
28,5	NAU	100	Fort Allen, Puerto Rico, USA	US Navy
28,64	RAM	1 MW	Moskau, URS	
29,7	UMS		Moskau, URS	
30,0	ZRJ		Jan Smuts, AFS	
30,0	PWI	20	Recife, B	
30,3	UGK2	100	Kaliningrad, URS	Sowj. Marine, Ostsee
30,5	ZRJ		Jan Smuts, AFS	
30,6	NUD	100	Adak, AK, USA	US Navy
30,6	NPL	500	San Diego, CA, USA	US Navy
30,6	NPG	50	San Francisco, CA, USA	US Navy
30,6	NPC	100	Bainbridge, WA, USA	US Navy
30,6	NAF	50	Newport, RI, USA	US Navy
32,55	FTA32	25	St. Assise, F	
32,9	NBA	50	Balboa, PNZ	US Navy
32,9	NAU	100	Isabella Segun, Puerto Rico, USA	US Navy
33,3	NGR	100	Kato Soli, GRC	US Navy, Mittelmeer
33,95	LCD	25	Jeloey, NOR	
36,55	LCD	25	Jeloey, NOR	
37,0	UWR	50	Murmansk, URS	Sowj. Marine,
38,0	TFK	50	Reykjavik, ISL	US Navy, Ri. Washington
38,0	OWJ		Tirstrup, DNK	
38,0	OJG		Kemi, FNL	
38,0	SHR		Ruda, S	Schwed. Marine
40,0	JF2	10	Sanwa, J	
40,0	JG2AS	10	Sanwa, J	
40,4	SAS	40	Varberg, S	
40,75	GXH	100	Thurso, Schottland, GB	Brit. Navy, N. Atlantik
41,5	ORL72	40	Ruiselede, BEL	Ri. New York
42,0	ARL	40	Karachi, PAK	Pak. Navy, Ind. Ozean
42,55	SAS2	40	Varberg, S	
43,2	GIX20	60	Oxford, G	
43,79	RAM	120	Moskau, URS	Ri. Washington
44,0	VIX	200	Belconnen, AUS	
44,0	VHB	200	Belconnen, AUS	
44,25	SAS3	40	Varberg, S	
44,95	GYW	40	Gibraltar, G	Brit. Navy
44,95	GYN1	40	London, G	Brit. Navy
45,6	SAS4	40	Varberg, S	
45,75	VFH	250	Halifax, NS, CAN	Ri. Nordatlantik
46,25	DCF46	5	Mainflingen, D	Deutscher Wetterdienst
46,58	GYW	40	Gibraltar, G	Brit. Navy

Frequenz kHz	Ruf- zeichen	Sendeleistung	Standort	Bemerkungen
46,85	MTO21	40	Crimond, G	Brit.Navy
46,85	GYC	40	London, G	Brit.Navy
47,2	CGB		Drummondville, CAN	
47,45	DHJ59	40	Wilhelmshaven, D	Bundesmarine
47,45	DHJ58	40	Flensburg, D	Bundesmarine
47,45	DHJ57	40	Kiel, D	Bundesmarine
47,45	DHJ54	40	Cuxhaven, D	Bundesmarine
47,45	DCF47	40	Mainflingen, D	Deutscher Wetterdienst
48,05	CUC4	40	Lissabon, POR	
48,6	OLP	25	Prag, TCH	Ri. Moskau
49,55	SAV	40	Karlsborg, S	
50,0	RTZ	10	Irkutsk, URS	
50,0	OMA	7	Liblice, TCH	
50,2	OLP3	25	Prag, TCH	
50,45	OLP2	25	Prag, TCH	Tirana/Bukarest
50,75	FTA50	135	Lyon, F	
51,25	ORL58	40	Ruiselede, BEL	
51,5	NSS		Washington, DC, USA	US Navy
51,6	NPL	100	San Diego, CA, USA	US Navy
51,6	NUD	50	Adak, AK, USA	US Navy
51,7	EWG4	30	Wladiwostok, URS	Sowj.Marine, Jap.See
51,95	GYA	60	London, G	Brit.Navy, N.Atlantik
51,95	GIY20	60	Oxford, G	
52,3	RTO	100	Moskau, URS	Wetterdienst
52,5	GYN1		London, G	
52,65	NGR	100	Kato Soli, GRC	US Navy, Ind.Ozean
53,6	RTO		Moskau, URS	Wetterdienst
54,0	NPN	100	Guam, USA	US Navy
54,0	NDT2	200	Yokosuka, J	US Navy
54,0	NDI	50	Naha, Okinawa, USA	US Navy
54,05	NUD	50	Adak, AK, USA	US Navy
54,05	NPL	50	San Diego, CA, USA	US Navy
54,05	NBA	50	Balboa, PNZ	US Navy
54,65	LCH	20	Oslo, NOR	
55,3	DCF55	10	Eschborn, D	VWD
55,5	NPO	50	Luzon, PHL	US Navy
55,5	NPM	50	Pearl Harbour, HWA	US Navy, Ri. SF
55,5	NPG	250	San Francisco, CA, USA	US Navy, Ri. Pearl Harbour
55,5	GXH	100	Thurso, Schottland, G	Brit. Navy
55,5	CNL	100	Kenitra, MRC	US Navy, Mittelmeer
55,75	SOA60	40	Radom, POL	Ri. Helsinki
56,0	NHY		Kenitra, MRC	US Navy
56,35	GLP20	25	Ongar, G	Ri. Madrid/Lissabon
57,1	OXE20	20	Skamlebaek, DNK	
57,4	CNL	50	Kenitra, MRC	US Navy
57,7	LBH	60	Trondheim, NOR	
57,9	NPG	50	San Francisco, CA, USA	US Navy
57,9	NEJ	50	Seattle, WA, USA	US Navy
57,9	NAU	100	Isabella Segum, Puerto Rico, USA	US Navy
58,25	SOA70	360	Radom, POL	Ri. Helsinki/Oslo
58,3	NGR	100	Kato Soli, GRC	US Navy, Ind. Ozean
59,0	NGR	100	Kato Soli, GRC	US Navy, Mittelmeer
60,0	WWVB	10	Ft. Collins, Col., USA	Zeitzeichen \
60,0	MSF	50	Teddington, G	Zeitzeichen
60,0	GBT20	80	Rugby, G	Ri. Rom/Lissabon/Madrid
61,75	GYA1	15	London, G	
61,75	NUD	50	Adak, AK, USA	US Navy
61,75	NHB	50	Kodiak, AK, USA	US Navy

Frequenz kHz	Ruf- zeichen	Sende- leistung	Standort	Bemerkungen
62,0	GYC		Whitehall, G	Brit. Navy
62,45	SOA80	40	Radom, POL	Ri. Helsinki/Oslo
62,6	FUB	50	Paris, F	Franz. Marine
62,6	FUO	50	Toulon, F	Franz. Marine, Mittelmeer
62,6	FUE	50	Brest, F	Franz. Marine
62,6	FUC	50	Cherbourg, F	Franz. Marine, N. Atl.
63,0	NUD	50	Adak, AK, USA	US Navy
63,0	NHB	50	Kodiak, AK, USA	US Navy
63,85	FTA85	40	Paris, F	
64,2	NAM	100	Norfolk, VA, USA	US Navy
64,55	GBV20	60	Rugby, G	
64,9	SOA90	40	Radom, POL	
64,9	CAD3A	20	Magallanes, CHL	Ri. London/Paris
65,25	IRC	15	Rom, I	It. Marine
65,8	FUE	15	Brest, F	Franz. Marine
65,9	NST	25	Londonderry, N. Irland, G	US Navy
65,9	GXH	50	Thurso, Schottland, G	Brit. Navy, N. Atl.
65,9	FUE	15	Brest, F	Franz. Marine
65,95	NPO	500	Luzon, PHL	US Navy
65,95	NAW	50	Guantanamo Bay, CUB	US Navy
66,3	RGA	30	Khabarovsk, URS	
66,3	RDW	30	Moskau, URS	
66,66	RBU	10	Moskau, URS	Zeitzeichen
67,0	SLZ	10	Kristinehamn, S	
67,5	AAH	10	Seattle, WA, USA	US Army
68,0	GBY		Whitehall, G	Brit. Navy
68,0	GBY20	80	Rugby, G	
68,0	UPV	50	Ostrov Dickson, URS	Sowj. Marine
68,9	XPH	25	Thule, GRL	US Navy, Ri. Alert, Kanada
69,1	UTK	20	Wladiwostok, URS	Sowj. Marine
69,1	RCK	30	Nowosibirsk, URS	
69,7	DKQ	20	Königswusterhausen, D	Ri. Sofia/Bukarest
69,8	IRD	15	Rom, I	It. Marine
69,8	NPC	50	Seattle, WA, USA	US Navy
69,8	NPG	50	San Francisco, CA, USA	US Navy
70,162			Jaren, NOR	Decca
70,233			Llancarfan, G	Decca
70,379			Burton Fleming, G	Decca
70,458			Thorpeness, G	Decca
70,538			Stirling, G	Decca
70,613			Narvik, NOR	Decca
70,688			Björkvik, S	Decca
70,691			Vitigudino, E	Decca
70,763			Berkak, NOR	Decca
70,830			Wormleighton, G	Decca
70,9125			Jarnas, S	Decca
70,979			Rociana, E	Decca
70,988			Peterhead, G	Decca
71,138			Hjorring, DNK	Decca
71,208			Youghal, IRL	Decca
71,208			Nordkapp, NOR	Decca
71,362			Dungloe, IRL	Decca
71,433			Zeven, D	Decca
71,508			Mo i Rana, NOR	Decca
71,583			Ärjälg, S	Decca
72,0	EVA2	20	Baku, URS	
72,1	FTA72	45	St. Assise, F	Ri. Lissabon
72,3	EVA2	20	Baku, URS	

Frequenz kHz	Ruf- zeichen	Sendeleistung	Standort	Bemerkungen
72,3	RLQ	30	Mys Schmidt, URS	
72,45	EAA	8	Aranjuez, E	Ri. Paris/London
72,5	ARL	20	Karachi, PAK	Pak. Marine, Arab. See
72,85	LCE	45	Jeloey, NOR	
72,9	ORL28	10	Ruiselede, BEL	Ri. Oslo/Barcelona
73,25	MTO21	40	Crimond, G	
73,25	NHB	50	Kodiak, AK, USA	US Navy
73,25	NPR	50	Dutch Harbour, AK, USA	US Navy
73,6	VTH	100	Bombay, IND	Ind. Marine, Ind. Ozean
73,6	CFH	250	Halifax, NS, CAN	Kan. Navy, N. Atlantik
73,85	OEV22	30	Deutsch Altenburg, AUT	
74,2	MTO21	40	Crimond, G	
74,2	GYD	10	London, G	Brit. Navy, Nordsee
74,5	DKQ2	20	Königswusterhausen, D	Ri. Sofia/Bukarest
74,55	SAY	10	Karlsborg, S	
74,9	CAC3A	20	Talcahuano, CHL	Ri. Santiago
75,0	HBG	20	Neuchâtel, SUI	Zeitzeichen
75,25	ESJ	10	Tallinn, URS	
75,6	OXE21	20	Skamleback, DNK	
75,95	GYW	40	Gibraltar, G	Brit. Navy
75,95	NDT4	50	Kami Seya, J	US Navy
75,95	NDI	100	Naha, Okinawa, USA	US Navy
75,95	NPM	100	Pearl Harbour, HWA	US Navy
75,95	NPN	100	Guam, USA	US Navy
75,95	NPU	50	Pago Pago, Samoa	US Navy
76,35	SNA20	40	Radom, POL	Ri. Wien
76,35	TFK	50	Reykjavik, ISL	US Navy, N. Atlantik
76,75	RRW	30	Moskau, URS	
77,15	NAM	50	Norfolk, VA, USA	US Navy
77,15	NWP	50	Argentina, Nfld., CAN	US Navy, Atlantik
77,5	GLB20	10	Ongar, G	
77,5	DCF77	50	Mainflingen, D	Zeitzeichen
77,82	MTO21	40	Crimond, G	
77,82	GYA2	40	London, G	
77,82	HAU	30	Szekesfehervar, HNG	
78,9	NPM	50	Pearl Harbour, HWA	US Navy
78,9	NPN	50	Guam	US Navy
79,5	FTA79	5	St. Assise, F	
79,5	FTA79	5	Lyon, F	
79,8	RMT	30	Mys Chelyuskin, URS	
79,95	VTO	50	Vizagapatam, IND	Ind. Marine, Golf v. Beng.
80,05	TFK	50	Reykjavik, ISL	US Navy, N. Atlantik
80,3	GLO20	15	Ongar, G	Wetterdienst
80,5	SNA30	40	Radom, POL	
80,65	NGR	100	Kato Soli, GRC	US Navy
80,65	NPC	50	Seattle, WA, USA	US Navy
81,0	GYN	40	London, G	Brit. Navy
81,35	SNA40	40	Radom, POL	Ri. Stockholm/Oslo
81,7	FTA81	10	Paris, F	
81,7	NBA	100	Balboa, PNZ	US Navy
81,7	NPL	15	San Diego, CA, USA	US Navy
82,05	HBA	40	Bern, SUI	
82,4	YTA	40	Belgrad, YUG	
82,75	GYB	40	London, G	Brit. Navy
82,75	GYW	40	Gibraltar, G	Brit. Navy
82,8	GYB		London, G	Brit. Navy
83,0	MKL		Edinburg, G	Brit. Navy
83,1	OFA83	40	Nummela, FIN	

Frequenz kHz	Ruf- zeichen	Sendeleistung	Standort	Bemerkungen
83,45	AAH	50	Seattle, WA, USA	US Army
83,45	OLT8	5	Prag, TCH	
83,8	FTA83	45	Lyon, F	
84,0	JTA22	20	Ulan Bator, MNG	
84,100			Holmsjö, S	Decca
84,195			Sotra, NOR	Decca
84,280			Bolberry Down, G	Decca
84,455			Allerdean Greens, G	Decca
84,550		—	Gilze-Rijen, HOL	Decca
84,645			Kidsdale, G	Decca
84,735			Andøya, NOR	Decca
84,825			Nynashamn, S	Decca
84,830			San Juan de Rio, E	Decca
84,915			Skarsøy, NOR	Decca
85,000			Puckeridge, G	Decca
85,095			Lovanger, S	Decca
85,175			Setenil, E	Decca
85,185			Kirkwall, G	Decca
85,270			Mäntsälä, FNL	Decca
85,365			Samsø, DNK	Decca
85,450			Galway, IRL	Decca
85,455			Reksunnjarga, NOR	Decca
85,550			Njurunda, S	Decca
85,635			Barra, G	Decca
85,720		—	Finsterwolde, HOL	Decca
85,810			Dønna, NOR	Decca
85,900			Fjällbacka, S	Decca
86,0	NPO	500	Manila, PHL	US Navy Ri. Guam/P.Harbour
86,05	TFK	50	Reykjavik, ISL	
86,6	RRX	40	Tchita, URS	US Navy Ri. Grönld/Neufld.
86,6	SAW	40	Karlsborg, S	
86,95	GYW	40	Gibraltar, G	Brit. Navy, Atlantik
87,3	ALC	6	Fairbanks, AK, USA	
87,3	ALC22	15	Nome, AK, USA	US Army, Ri. Nome/Anchorage
87,3	DEA	10	Bonn, D	
87,4	LCU	15	Jeloey, NOR	Auswärtiges Amt
87,65	DCF87	5	Mainflingen, D	
87,65	RNO	30	Moskau, URS	Rumän. Marine
87,8	YQI	20	Constanza, ROU	
88,0	OLT	25	Prag, TCH	Brit. Navy
88,0	GZO	40	Hong Kong	
88,0	GZV	20	Mauritius, MAU	Brit. Navy, Ind. Ozean
88,0	NSS	50	Washington, DC, USA	
88,0	NST	25	Londonderry, N.Irland, G	US Navy
88,7	PER	10	— Kootwijk, HOL	
89,4	HBB2	40	Bern, SI	Niederl. Marine
89,75	RNO	30	Moskau, URS	
90,1	YTA4	40	Belgrad, YUG	Ri. Südatlantik
90,1	ZRH	50	Fisantekraal, AFS	
91,15	FTA91	150	Lyon, F	
91,15	JMC	10	Tokio, J	
91,5	UIK	18	Wladiwostok, URS	Sowj. Marine
91,85	OLT9	25	Prag, TCH	
92,0	FUC	15	Cherbourg, F	Franz. Marine
92,0	FUE	15	Brest, F	
92,2	OLT6	25	Prag, TCH	Poln. Marine
92,25	SPL	5	Gdynia, POL	
93,0	FTA93	5	St. Assise, F	

Frequenz kHz	Ruf- zeichen	Sendeleistung	Standort	Bemerkungen
93,6	IRE	15	Rom, I	It. Marine, Mittelmeer
93,9	FUO	15	Toulon, F	Franz. Marine, Mittelm.
93,95	ALC	15	Fairbanks, AK, USA	US Army, Ri. Nome/Fairbanks
93,95	ALC22	6	Nome, AK, USA	US Army, Ri. Fairbanks
94,3	VTI	100	Bombay, IND	Ind. Marine, Ind. Ozean
94,5	DKQ3	10	Königswusterhausen, D	Ri. Budapest/Moskau
94,65	LCT	15	Jeloey, NOR	
95,0	NPG	50	San Francisco, CA, USA	US Navy
95,7	RAU	25	Tashkent, URS	
96,05	HBB	40	Bern, SUI	
96,2	ARL	20	Karachi, PAK	Pak. Marine, Arab. See
97,1	DCF97	5	Mainflingen, D	
97,45	GYW	10	Gibraltar, G	Brit. Navy
97,7	OLT5	25	Prag, TCH	Ri. Bukarest
97,8	RTO	100	Moskau, URS	
98,0	UPV	50	Ostrov Dickson, URS	Sowj. Marine, Arktik
98,15	FTA98	45	Lyon, F	
98,15	NPM	50	Pearl Harbour, HWA	US Navy
98,5	TAB	15	Ankara, TUR	
98,85	OLT2	40	Prag, TCH	
99,2	FFK	10	St. Nazaire, F	Küstenfunkstation
99,55	OEV33	40	Deutsch Altenburg, AUT	
99,7	DIU	10	Königswusterhausen D	
99,9	CAA2A	20	Santiago, CHL	
100,0			Alle LORAN-C Stationen	Navigation
110	IDQ		Rom, Italien	It. Marine (Wetterd.)
110,5	DCF30		Bad Vilbel (Frankfurt), D	DPA/DENA (nur Text)
111,3	SOA211		Warschau, POL	Wetterdienst
111,8	OLT21		Prag, TCH	Wetterdienst
112,133			Sandhammaren, S	Decca
112,250			Statt, NOR	Decca
112,373			Jersey, G	Decca
112,607			Stirling, G	Decca
112,733			Heiloo, HOL	Decca
112,860			Clanrolla, G	Decca
112,980			Torsvag, NOR	Decca
113,100			Åland, FNL	Decca
113,107			Noya, E	Decca
113,220			Rörvik, NOR	Decca
113,330			Shotisham, G	Decca
113,460			Gamla Karleby, FNL	Decca
113,566			Padul, E	Decca
113,580			Butt of Lewis, G	Decca
113,693			Padva, FNL	Decca
113,820			Möen, DNK	Decca
113,933			Virgasfjell, NOR	Decca
113,933			Ballydavid, IRL	Decca
114,067			Skutskar, S	Decca
114,180			Kentra Moss, G	Decca
114,293			Hoyer, DNK	Decca
114,413			Röst, NOR	Decca
114,533			Jomfruland, NOR	Decca
114,9363			Holmsjö, Sandhammaren, Burgsvik, S	Decca
115,0665			Sotra, Statt, Jaren, NOR, Shetland Is.	Decca
115,1827			Bolberry Down, Jersey, St. Mary's, Llanrcarfan, G	Decca
115,4222			Allerdeen Greens, Stirling, Peterhead, Burton Fleming, G	Decca

Frequenz kHz	Ruf- zeichen	Sende- leistung	Standort	Bemerkungen
115,5517			Gilze-Rijen, Höyer, HOL, Sas van Gent, HOL, Thorpeness, G	Decca
115,6815			Kidsdale, Clanrolla, Neston, Stirling, G	Decca
115,8045			Andøya, Torsvag, Röst, Narvik, NOR	Decca
115,9275			Nynasham, Ar, Björkvik, S, Åland, FNL	Decca
115,9347			San Juan de Rio, Noya, Boal, Vitigudino, E	Decca
116,0505			Skarøy, Rörvik, Statt, Berkak, NOR	Decca
116,1667			Puckeridge, Shotisham, East Hoathley, Wormleighton, G	Decca
116,2695			Lovanger, Gamla Karleby, Kallax, Jarnas, S	Decca
116,4052			Setenil, Padul, Loss Barrios, Rociana, E	Decca
116,4195			Kirkwall, Butt of Lewis, Lerwick, Peterhead, G	Decca
116,5357			Mäntsälä, Padva, Sydänkylä, FNL	Decca
116,6655			Samsö, Möen, Eöjer, Hjorring, DNK	Decca
116,7813			Galway, Ballydavid, Dungloe, Youghal, IRL	Decca
116,7885			Reksunnjarga, Virgasfjell, Fakken, Nordkapp, NOR	Decca
116,9187			Njurunda, Skutskar, Jarnas, S	Decca
117,0345			Barra, Kentra Moss, Butt of Lewis, G Dungloe, IRL	Decca
117,1507			Finsterwolde, Höyer, Heiloo, HOL, Zeven, D	Decca
117,2737			Dönnä, Röst, Rörvik, Mo i Rana, NOR	Decca
117,3967			Fjällbacka, Valda, Årjäng, S, Jornfruland, NOR	Decca
117,4	DCF 37	50	Mainflingen, D	Deutscher Wetterdienst
119	IDQ		Rom, I	It. Marine (Wetterd.)
120	SXA		Stata Attikis, GRC	Griech. Marine
122,3	OUA23		Stevns, DNK	Dänische Marine
122,5	CFH	10	Halifax, NS, CAN	Kan. Marine (Meteo)
122,65	JMC	2	Tokyo, J	Wetterdienst
123,7	DCF42		Mainflingen, D	Bundespresseamt
124,0	CKN		Dockyard, BC, CAN	Kan. Marine (Meteo)
124,6	OLT3		Prag, TCH	Wetterdienst
125,1	SLZ1		Sala, S	Schwed. Marine
126,150			Burgsvik, S	Decca
126,292			Shetland Is., G	Decca
126,420			St. Mary's, G	Decca
126,683			Peterhead, G	Decca
126,825			Sas van Gent, HOL	Decca
126,968			Neston, G	Decca
127,103			Röst, NOR	Decca
127,238			Ar, S	Decca
127,245			Boal, E	Decca
127,373			Statt, NOR	Decca
127,500			East Hoathley, G	Decca
127,6425			Kallax, S	Decca
127,762			Los Barrios, E	Decca
127,778			Lerwick, G	Decca
127,905			Sydänkylä, FNL	Decca
128,047			Eöjer, DNK	Decca
128,175			Fakken, NOR	Decca

Frequenz kHz	Ruf- zeichen	Sende- leistung	Standort	Bemerkungen
128,175			Dungloe, IRL	Decca
128,325			Jarnas, S	Decca
128,452			Butt of Lewis, G	Decca
128,580			Heiloo, HOL	Decca
128,715			Rörvik, NOR	Decca
128,850			Valda, S	Decca
129,1	DCF45		Eschborn, D	VWD
129,5	SOA212		Warschau, POL	Wetterdienst
134,2	DCF54	50	Mainflingen, D	Deutscher Wetterdienst
139,0	DCF39		Bad Vilbel (Frankfurt), D	DPA/DENA (nur FAX-Bilder)
139,2	TBA		Izmir, TUR	Türk. Marine
140	UGE		Archangelsk, URS	Sowj. Marine
140,3	DCF60		Mainflingen, D	EPD/SID/KNA/glp
144,5	RCG		Moskau, URS	Wetterdienst
146,0	Y5M		Rügen, D	Küstenfunkstelle
146,0	Y7A20		Königswusterhausen, D	Außenministerium
147,3	DDH47	10	Pinneberg, D	Deutscher Wetterdienst
153		500	Donebach, D	Rundfunksender
153		5	Tromsø, NOR	Rundfunksender
153		1200	Brasov, ROU	Rundfunksender
153		1000	Khabarovsk kray, URS	Rundfunksender
153		150	Tashkent, URS	Rundfunksender
153		500	Ufa, URS	Rundfunksender
153		1000	Bechar, ALG	Rundfunksender
162		2000	Allouis, F	Rundfunksender
162		1000	Ulaanbaatar, MNG	Rundfunksender
162		1000	Agri, TUR	Rundfunksender
162			Norilsk, URS	Rundfunksender
171		2000	Nador, MRC	Rundfunksender
171		500	Moskau (Noginsk), URS	Rundfunksender
171		1000	Minsk, URS	Rundfunksender
171		1000	Kaliningrad, URS	Rundfunksender
171		500	Lvov, URS	Rundfunksender
171		300	Sykytyvkar, URS	Rundfunksender
171		1000	Krasnodar, URS	Rundfunksender
171			Tomsk, URS	Rundfunksender
171		500	Yakutsk, URS	Rundfunksender
180		750	Oranienburg, D	Rundfunksender
180		2000	Saarlouis, D	Rundfunksender
180		1200	Polati, TUR	Rundfunksender
180		250	Alma Ata, URS	Rundfunksender
180		150	Aktyubinsk, URS	Rundfunksender
180		150	Chita, URS	Rundfunksender
180		150	Petropavlovsk-Kamchatskiy, URS	Rundfunksender
189		10	Caltanissetta, I	Rundfunksender
189		300	Motala, S	Rundfunksender
189		500	Tiflis, URS	Rundfunksender
189		1000	Blagoveshchensk, URS	Rundfunksender
198		200	Warschau, POL	Rundfunksender
198		500	Droitwich, G	Rundfunksender
198		50	Burghead, G	Rundfunksender
198		50	Westerglen, G	Rundfunksender
198		1000	Ouargla, ALG	Rundfunksender
198		120	Etimesgut, TUR	Rundfunksender
198		100	Moskau (Noginsk), URS	Rundfunksender
198		150	Leningrad, URS	Rundfunksender
198		300	Ufa, URS	Rundfunksender
198		150	Frunze, URS	Rundfunksender

Frequenz kHz	Ruf- zeichen	Sendeleistung	Standort	Bemerkungen
198		250	Irkutsk, URS	Rundfunksender
198		50	Aleksandrovsk-Sakhalinskiy, URS	Rundfunksender
200	RW166	40	Irkutsk, URS	Zeitzeichensender
207		20	Eidar, ISL	Rundfunksender
207		500	Aholming, D	Rundfunksender
207		800	Azilal, MRC	Rundfunksender
207		500	Kiew, URS	Rundfunksender
207		60	Ulgii, MNG	Rundfunksender
207		30	Blagoveshchensk, URS	Rundfunksender
207		150	Dalan zadgad, MNG	Rundfunksender
207		1200	Al Karanah, JOR	Rundfunksender
207		150	Choilbalsan, MNG	Rundfunksender
207		30	Skovorodino, URS	Rundfunksender
207		50	Vat sendi, ISL	Rundfunksender
216		500	Baku, URS	Rundfunksender
216		30	Birobidzhan, URS	Rundfunksender
216		200	Oslo, NOR	Rundfunksender
216		300	Yeniseysk, URS	Rundfunksender
216		1400	Roumoules, F (für R. Monte Carlo)	Rundfunksender
225		2000	Konstantynow, POL	Rundfunksender
225		150	Surgut, URS	Rundfunksender
225			Tyumen, URS	Rundfunksender
225		150	Altai, MNG	Rundfunksender
234		500	Mary, URS	Rundfunksender
234		1200	Kuybyshev, URS	Rundfunksender
234		100	Kamo, URS	Rundfunksender
234		1000	Kishinev, URS	Rundfunksender
234		150	Archangelsk, URS	Rundfunksender
234		1000	Leningrad, URS	Rundfunksender
234		2000	Junglinster, LUX	Rundfunksender
234		1000	Magadan, URS	Rundfunksender
234			Irkutsk, URS	Rundfunksender
234	JN		Jakobshavn/Ilulissat, GRL	Seefunkfeuer
243		1000	Wladiwostok, URS	Rundfunksender
243			Karaganda, URS	Rundfunksender
243		500	Alma Ata, URS	Rundfunksender
243		200	Erzurum, TUR	Rundfunksender
243		300	Kalundborg, DNK	Rundfunksender
252			Ulyanovsk, URS	Rundfunksender
252		600	Clarkestown, IRL	Rundfunksender
252			Kirov, URS	Rundfunksender
252		150	Kazan, URS	Rundfunksender
252		1500	Tipaza, ALG	Rundfunksender
252		300	Dushanbé, URS	Rundfunksender
252		150	Eriwan, URS	Rundfunksender
252		200	Lahti, FNL	Rundfunksender
255,5	LU		Leuchars, G	Flugfunkfeuer
258	QT		Nuuk/Godthåb, GRL	Seefunkfeuer
258,5	ORU		Orust, S	Flugfunkfeuer
259	ACD	200	Alcobendas, E	Flugfunkfeuer
259	HER		Iraklion, GRC	Flugfunkfeuer
261		200	Burg, D	Rundfunksender
261		1000	Chita, URS	Rundfunksender
261		2000	Moskau (Taldom), URS	Rundfunksender
261		500	Sofia, BUL	Rundfunksender
265	KL		Pula, YUG	Flugfunkfeuer
267	OL		Linköping, S	Flugfunkfeuer
267,5	BCS		Bacchus, S	Funkfeuer

Frequenz kHz	Ruf- zeichen	Sende- leistung	Standort	Bemerkungen
268	CC		Chalon, F	Funkfeuer
269	DUE		Düsseldorf, D	Flugfunkfeuer
270		15	Orenburg, URS	Rundfunksender
270		1500	Topolná, TCH	Rundfunksender
270		150	Novosibirsk, URS	Rundfunksender
270		100	Khabarovsk kray, URS	Rundfunksender
272	RW76		Nowosibirsk, URS	Zeitzeichensender
273	NK		Nuuk/Godthåb, GRL	Seefunkfeuer
273	NVS	200	Navas del Rey, E	Flugfunkfeuer
275	FTM		Fatima, POR	Funkfeuer
275	UPV		Dikson, URS	Küstenfunkstelle
276	TFA		Reykjavik, ISL	Küstenfunkstelle
276,5	BW		Bremen, D	Flugfunkfeuer
276,5	IW	125	Bembridge, G	Funkfeuer
277	FTM	1000	Fatima, POR	Flugfunkfeuer
277	GOL		Golyama, BUL	Flugfunkfeuer
277	GRE		Grebbestad, S	Flugfunkfeuer
277	ND		Leningrad, URS	Flugfunkfeuer
277	T		Linköping, S	Flugfunkfeuer
278	AN		Avignon, F	Funkfeuer
278	GE	200	Madrid-Getafe, E	Flugfunkfeuer
278,5	BPL		Blackpool, G	Flugfunkfeuer
279		150	Ulan Ude, URS	Rundfunksender
279		50	Barnaul, URS	Rundfunksender
279		150	Yuzhno-Sakhalinsk, URS	Rundfunksender
279		150	Ashkabad, URS	Rundfunksender
279		50	Sverdlovsk, URS	Rundfunksender
279		500	Minsk, URS	Rundfunksender
279,5	LV		Troisdorf, D	Flugfunkfeuer
280	MNF		Morón de la Frontéra, E	Flugfunkfeuer
280	NEU		Neuburg, D	Flugfunkfeuer
280	POS	250	Pollensa, E	Flugfunkfeuer
281			Irkutsk, URS	Rundfunksender
282	LA	80	Lyneham, G	Flugfunkfeuer
283	OTA		Lissabon Airforce Base, POR	Flugfunkfeuer
283	TP		Sandefjord/Torp, NOR	Flugfunkfeuer
283	VRL		Vrlika, YUG	Flugfunkfeuer
283,5	BUS		Bressey, BEL	Funkfeuer
284	CLJ		Cluj, ROU	Flugfunkfeuer
284	FSB		Fassberg, D	Flugfunkfeuer
284	MEM		Memmingen, D	Flugfunkfeuer
284	SAB		St. Abbs, G	Flugfunkfeuer
284,5	DY		Düsseldorf, D	Flugfunkfeuer
285,5	ÜH		Irbenskij, URS	Seefunkfeuer
285,5	URB		Urbe, I	Flugfunkfeuer
286	HFX	50	Hohenfels, D	Flugfunkfeuer
286	SLT		Westerland, Sylt, D	Flugfunkfeuer
287	AT		Augusta-Dromo Giggia, I	Flugfunkfeuer
287	CM		Cromer, G	Seefunkfeuer
287	SE		Sète, F	Funkfeuer
287,3	CM	30	Cromer, G	Seefunkfeuer
287,3	CR		Channel Lightvessel, G	Seefunkfeuer
287,3	CV		Cabo Carvoeiro, POR	Seefunkfeuer
287,3	DY		Dyna, NOR	Seefunkfeuer
287,3	FN		Walney, G	Seefunkfeuer
287,3	GA		Outer Gabbard, G	Seefunkfeuer
287,3	GN		Gustavsvärn, FNL	Seefunkfeuer
287,5	GR		Goeree, HOL	Seefunkfeuer

Frequenz kHz	Ruf- zeichen	Sendeleistung	Standort	Bemerkungen
287,3	HN		Hornafjoedur, ISL	Seefunkfeuer
287,3	JA		Jaroslawiec, POL	Seefunkfeuer
287,3	KB		Kolobrzeg, POL	Seefunkfeuer
287,3	LE		Leba, POL	Seefunkfeuer
287,3	LV		Dudgeon, G	Seefunkfeuer
287,3	MD		Cabo Mondego, POR	Seefunkfeuer
287,3	NR		Noord Hinder, HOL	Seefunkfeuer
287,3	OD		Swinoujscie, POL	Seefunkfeuer
287,3	PS	100	Point Lynas, G	Seefunkfeuer
287,3	RO		Rozewie, POL	Seefunkfeuer
287,3	RS		Rösnaäs, DNK	Seefunkfeuer
287,3	SG		Sjællands Rev, DNK	Seefunkfeuer
287,3	SK		Smiths Knoll, G	Seefunkfeuer
287,3	SL		Sletterhage, DNK	Seefunkfeuer
287,3	UÖ		Utö, FNL	Seefunkfeuer
287,8	BY		Bressey, G	Seefunkfeuer
288,0	PRC		Punta Tuna, Puerto Rico, USA	Differential-OMEGA
288,5	AVD		Avord, F	Flugfunkfeuer
289	HR		Héricourt, F	Flugfunkfeuer
289	MBA		Mansbach, D	Flugfunkfeuer
289	RI	80	Rijeka, YUG	Flugfunkfeuer
289,6	FV		Falsterborev, S	Seefunkfeuer
289,6	HR		Horns Rev, DNK	Flugfunkfeuer
289,6	LN		Langöytangen, NOR	Seefunkfeuer
289,6	SL		Slatterøy, NOR	Seefunkfeuer
289,6	TN		Thyborön, DNK	Seefunkfeuer
290	AHL		Ahlhorn, D	Flugfunkfeuer
290	DTY		Daventry, G	Flugfunkfeuer
290	ONL	200	Liège-Bierset, BEL	Flugfunkfeuer
290	TP		Oulu, FNL	Flugfunkfeuer
290	TR		Tirana, ALB	Flugfunkfeuer
290,5	FN	80	Fiumicino, I	Flugfunkfeuer
291	KOZ	200	Kozani, GRC	Flugfunkfeuer
291	Z	40	Vantaa, FNL	Flugfunkfeuer
291,1	NR		North Ronaldsay, G	Seefunkfeuer
291,5	CT		Constanza, ROU	Seefunkfeuer
291,5	EI		Emine Nos, BUL	Seefunkfeuer
291,5	FG		Gatteville, F	Funkfeuer
291,5	KL		Nos Kaliakra, BUL	Seefunkfeuer
291,5	MN		Maslen Nos, BUL	Seefunkfeuer
291,5	MR		Mersrags, URS	Seefunkfeuer
291,5	SN		Cabo San Sebastian, E	Seefunkfeuer
291,9	AR		Alte Weser, D	Seefunkfeuer
291,9	FG		Gatteville, F	Seefunkfeuer
291,9	HG		Holmögadd, S	Seefunkfeuer
291,9	KD		Kinnaird Head, G	Seefunkfeuer
291,9	LT		La Isleta, CNR	Differential-OMEGA
291,9	MH		Mahon/Menorca, E	Seefunkfeuer
291,9	MR		Montedor, POR	Seefunkfeuer
291,9	NS		Norrskär, S	Seefunkfeuer
291,9	OM	50	Stroma, G	Seefunkfeuer
291,9	OR	300	Llobregat, E	Seefunkfeuer
291,9	RN		Reykjanes, ISL	Seefunkfeuer
291,9	SB		Sumburgh Head, G	Seefunkfeuer
291,9	VG		Sydostbrotten, S	Seefunkfeuer
291,9	WE		Wangerooge, D	Seefunkfeuer
292	FLD		Friedland, D	Flugfunkfeuer
292	MLL		Melilla, MRC	Flugfunkfeuer

Frequenz kHz	Ruf- zeichen	Sendeleistung	Standort	Bemerkungen
292	NKR		Ochsenbach, D	Flugfunkfeuer
292	OSJ	100	Osijek, YUG	Flugfunkfeuer
293	OB	100	Brüssel, BEL	Flugfunkfeuer
293	STE	100	Wien-Wolfersberg, AUT	Flugfunkfeuer
294	POZ		Pozarevac, Belgrad, YUG	Flugfunkfeuer
294,2	AH		Altacarry Head, IRL	Seefunkfeuer
294,2	AL		Almagrundet, S	Seefunkfeuer
294,2	AR		Akureyri, ISL	Seefunkfeuer
294,2	DA	20	Pladda, G	Seefunkfeuer
294,2	ER		Eierland, HOL	Seefunkfeuer
294,2	FÄ		Farö, S	Seefunkfeuer
294,2	FE		Fehmarnbelt, D	Seefunkfeuer
294,2	FL		Fladen, S	Seefunkfeuer
294,2	FU		Fulehuksjær, NOR	Funkbeschickung
294,2	GD	300	Gustaf Dalén, S	Seefunkfeuer
294,2	GJ		Grand Jardin, F	Seefunkfeuer
294,2	GS		Gotska Sandön, S	Seefunkfeuer
294,2	HG		Holmengra, NOR	Seefunkfeuer
294,2	HH		Hoek van Holland, HOL	Seefunkfeuer
294,2	KI		Kiel, D	Seefunkfeuer
294,2	KT		Kungsgrundet, S	Seefunkfeuer
294,2	LO		Landsort, S	Seefunkfeuer
294,2	LOR	120	Lorient-Lann Bihoue, F	Seefunkfeuer
294,2	MR		Marienleuchte, D	Seefunkfeuer (Reserv.f.FE)
294,2	MW		Mew Island, G	Seefunkfeuer
294,2	NA		Nakkehoved, DNK	Seefunkfeuer
294,2	NL		Neuland, D	Seefunkfeuer
294,2	NO		Cabo la Nao, E	Seefunkfeuer
294,2	OR		Hynkeir, G	Seefunkfeuer
294,2	PA		Cabo de Palos, E	Differential-OMEGA
294,2	PB		Port Bouet, CTI	Differential-OMEGA
294,2	RN	300	Rhinus of Islay, G	Seefunkfeuer
294,2	RV		Revellata, F	Seefunkfeuer
294,2	YM		Ijmuiden, HOL	Seefunkfeuer
294,5	KA		Kajbolovo, URS	Seefunkfeuer
294,5	MH		Mochni, URS	Seefunkfeuer
294,5	NG		Najssar, URS	Seefunkfeuer
294,5	PA		Pakri, URS	Seefunkfeuer
294,5	ÜG		Gogland Süd, URS	Seefunkfeuer
295	CLN		Clacton on Sea, G	Seefunkfeuer
295	DJ		Dj. Jelound, TUN	Seefunkfeuer
295	NAY		Nancy, F	Flugfunkfeuer
295	NB		Nürnberg, D	Flugfunkfeuer
295,5	EM		Etampes, F	Flugfunkfeuer
296	MG	80	Ljubljana, YUG	Funkfeuer
296	SK		Lofoten, NOR	Seefunkfeuer
296,5	BH		Blavandshuk, DNK	Seefunkfeuer
296,5	BN		Ballycotton, IRL	Flugfunkfeuer
296,5	FL		Flatholm, G	Seefunkfeuer
296,5	LA		Lista, NOR	Seefunkfeuer
296,5	MA		Cabo Machichaco, E	Seefunkfeuer
296,5	MY		Cabo Mayor, E	Seefunkfeuer
296,5	NP		Punta Carena/Capri, I	Seefunkfeuer
296,5	SB		South Bishop, IRL	Funkfeuer
298	KI		Kokoerne, GRL	Flugfunkfeuer
298	MVC	25	Merville/Gonnehem, F	Flugfunkfeuer
298	OK		Kook-øerne, GRL	Seefunkfeuer
298	SAL	80	Sali, YUG	Flugfunkfeuer

Frequenz kHz	Ruf- zeichen	Sende- leistung	Standort	Bemerkungen
298,5	RR		HOL	
298,5	ME	100	Punta della Maestra, I	Seefunkfeuer
298,8	BE	20	Borkum, D	Seefunkfeuer
298,8	DV		Djupivogur, ISL	Seefunkfeuer
298,8	FI		Figuera, I	Seefunkfeuer
298,8	HA		Harmaja, FNL	Seefunkfeuer
298,8	LZ		Lizard Point, G	Seefunkfeuer
298,8	NO		Ölands Norra Udde, S	Seefunkfeuer
298,8	PE		Penlee Point, G	Seefunkfeuer
298,8	QS		Les Casquets, F	Seefunkfeuer
298,8	SM		Sandhammeren, S	Seefunkfeuer
298,8	SP	30	Start Point, G	Seefunkfeuer
298,8	UD		Cabo Salou, E	Seefunkfeuer
299	HIO	300	Hios, GRC	Funkfeuer
299	SL	40	Berlin-Richtershorn, D	Flugfunkfeuer
300	KD		Prag, TCH	Flugfunkfeuer
300	SC		Linköping, S	Flugfunkfeuer
300,5	LW		Köln-Overath, D	Flugfunkfeuer
300,5	P		Ventspils, URS	Funkbeschickung
300,5	S		Najssar, URS	Funkbeschickung
300,5	TN	200	Tallinn, URS	Seefunkfeuer
301,1	BG		Hätteberget, S	Seefunkfeuer
301,1	BN		Svenska Björn, S	Seefunkfeuer
301,1	CF		Capo Ferro, Sardinien, I	Seefunkfeuer
301,1	CH		Civita Vecchia, I	Seefunkfeuer
301,1	CN	50	Cregneish, G	Seefunkfeuer
301,1	GE		Skarvøy, NOR	Seefunkfeuer
301,1	GG		Eggegrund, S	Seefunkfeuer
301,1	GN		Gregneish, G	Seefunkfeuer
301,1	GV		Genua, I	Seefunkfeuer
301,1	HO		Hirsholm, DNK	Seefunkfeuer
301,1	IA		Llanes, E	Seefunkfeuer
301,1	ÖR		Örskär, S	Seefunkfeuer
301,1	PS	200	Cabo Peñas, E	Seefunkfeuer
301,1	PY	15	Point Ayres, G	Flugfunkfeuer
301,1	RF		Kampen, Sylt, D	Seefunkfeuer
301,1	SU		South Rock, G	Seefunkfeuer
301,1	TD		Travemünde, D	Seefunkfeuer
301,1	TN		Tresvikpynten, NOR	Seefunkfeuer
301,1	TU		Trubaduren, S	Seefunkfeuer
301,1	UN		Understen, S	Seefunkfeuer
301,1	VS		Großer Vogelsand, D	Seefunkfeuer
301,1	WK		Wicklow Head, IRL	Seefunkfeuer
301,5	BAY		Bayreuth, D	Flugfunkfeuer
301,5	TRE	80	Trviso, I	Flugfunkfeuer
302	CLS		Calles, E	Funkfeuer
302	GTQ		Grostenquin, F	Flugfunkfeuer
302	KO		Rijeka, YUG	Flugfunkfeuer
303	TNG		Tanagra, GRC	Funkfeuer
303	WO		Steinof/Wien, AUT	Flugfunkfeuer
303,4	BN		Les Baleines, F	Seefunkfeuer
303,4	FP		Fife Ness, G	Seefunkfeuer
303,4	GR		Gedser, DNK	Seefunkfeuer
303,4	HI		Helsinki, FNL	Seefunkfeuer
303,4	KD		Kalbadagrund, FNL	Seefunkfeuer
303,4	LK		Pointe de la Coubre, F	Seefunkfeuer
303,4	LM		Isle of Man, G	Seefunkfeuer
303,4	LT	18	Longstone, G	Seefunkfeuer
303,4	ON		Orregrund, FNL	Seefunkfeuer

Frequenz kHz	Ruf- zeichen	Sende- leistung	Standort	Bemerkungen
303,4	RÄ		Rataskär, S	Seefunkfeuer
303,4	SF		Stora Fjäderägg, S	Seefunkfeuer
303,4	SN	25	Ile de Sein, F	Seefunkfeuer
303,4	VC	150	Cabo Sao Vicente, POR	Seefunkfeuer
303,4	WN		Warnemünde, D	Seefunkfeuer
304	AT	25	Annecy-Meythet, F	Flugfunkfeuer
304	MTR		Metro, D	Flugfunkfeuer
305	MST		Münster (Greven), D	Flugfunkfeuer
305,7	CB		Corbière, G	Seefunkfeuer
305,7	CS		Calais, F	Seefunkfeuer
305,7	DA		Dalatangi, ISL	Seefunkfeuer
305,7	FS		Falls, G	Seefunkfeuer
305,7	KY		Oksøy, NOR	Seefunkfeuer
305,7	LL		Hallö, S	Seefunkfeuer
305,7	LS		Hirtshals, DNK	Seefunkfeuer
305,7	OE		Oostende, BEL	Seefunkfeuer
305,7	ÖN		Östergarn, S	Seefunkfeuer
305,7	SD		South Foreland, G	Seefunkfeuer
305,7	SW		Skagen, DNK	Seefunkfeuer
305,7	TO		Torungen, NOR	Seefunkfeuer
305,7	VS		Vieste, I	Seefunkfeuer
305,7	WH		West Hinder, BEL	Seefunkfeuer
306	AV		Avord, F	Flugfunkfeuer
306	FR		Erfurt, D	Flugfunkfeuer
306	GN		Godthavn, GRL	Seefunkfeuer
306	PAR	100	Parma, I	Flugfunkfeuer
306	SG		Berkheim, D	Flugfunkfeuer
306,5	BN	100	Basel-Sierrentz, F	Flugfunkfeuer
306,5	H		Hel-Feuer, POL	Funkbeschickung
306,5	S		Swinouj'scie, POL	Funkbeschickung
306,5	U		Ustka, POL	Funkbeschickung
307	DIK		Diekirch, LUX	Flugfunkfeuer
308	BD		Barra Head, G	Seefunkfeuer
308	BM		Brämön, S	Seefunkfeuer
308	CA		Creach, F	Differential-OMEGA
308	DB		Deutsche Bucht, D	Seefunkfeuer
308	DG		Drogden, DNK	Seefunkfeuer
308	EL		Elbe, D	Seefunkfeuer
308	HD		Hendanes, NOR	Seefunkfeuer
308	HE		Hestehoved, DNK	Seefunkfeuer
308	HK		Texel, HOL	Seefunkfeuer
308	G	100	Kemi, FNL	Flugfunkfeuer
308	KP		Kylmäpihlaja, FNL	Seefunkfeuer
308	KS	300	Stora Karlsö, S	Seefunkfeuer
308	LG		Landegö, NOR	Flugfunkfeuer
308	MÄ		Mäntyluoto, FNL	Seefunkfeuer
308	MOJ		Mojkovac, YUG	Flugfunkfeuer
308	MZ		Mizen Head, IRL	Seefunkfeuer
308	PI	50	Cabo Espichel, POR	Seefunkfeuer
308	RC	100	Cabo de Roca, POR	Seefunkfeuer
308	SE		Skagsudde, S	Seefunkfeuer
308	SN		Cabo Sines, POR	Seefunkfeuer
308	SÖ		Ölands Södra Udde, S	Seefunkfeuer
308	ST		Stevns Klint, DNK	Seefunkfeuer
308	TR		Trelleborg, S	Seefunkfeuer
308	VL		Vlieland, HOL	Seefunkfeuer
308	WA		Hemsö, S	Seefunkfeuer
308,5	WOF		Wolfrathshausen, D	Flugfunkfeuer

Frequenz kHz	Ruf- zeichen	Sendeleistung	Standort	Bemerkungen
309	D		Darlowo, POL	Funkbeschickung
309	DAN		Adana/Incirlik, TUR	Seefunkfeuer
309	DO	25	Dole-Tavaux, F	Flugfunkfeuer
309	MW	40	Berlin-Schönefeld, D	Flugfunkfeuer
310	KUR	500	Kurki, FNL	Flugfunkfeuer
310	PI	50	Pisarovina, YUG	Funkfeuer
310	TRN		Torrenuova, I	Flugfunkfeuer
310,3	AL		Pointe d'Ailly, F	Seefunkfeuer
310,3	DU		Dungeness, G	Seefunkfeuer
310,3	FI	100	Cabo Finistere, E	Differential-OMEGA
310,3	FS		Kalkgrund, D	Seefunkfeuer
310,3	GD	40	Girdle Ness, G	Seefunkfeuer
310,3	GN		Gris Nez, F	Differential-OMEGA
310,3	HB	100	Hals Barre, DNK	Seefunkfeuer
310,3	HL		Hel, POL	Seefunkfeuer
310,3	KM		Krynica Morska, POL	Seefunkfeuer
310,3	LR		Læsø Rende, DNK	Seefunkfeuer
310,3	OO		Solvaer, NOR	Seefunkfeuer
310,3	PH		Cap d'Alprech, F	Seefunkfeuer
310,3	RO	200	Cabo Silleiro, E	Seefunkfeuer
310,3	VI	200	Cabo Villano, E	Seefunkfeuer
311	02		Timmendorf, D	Funkbeschickung
311	LHD		Warnemünde, D	Funkbeschickung
311	LMA		Lima, D	Flugfunkfeuer
311	SAZ		Saßnitz, D	Funkbeschickung
311,5	RD	100	Vitoria, I	Seefunkfeuer
312	DAN		Danilovgrad, YUG	Funkfeuer
312	KBG	100	Karlsborg, S	Flugfunkfeuer
312,5	AK		Akmenrags, URS	Seefunkfeuer
312,5	BK		Baltijsk, URS	Seefunkfeuer
312,5	BT		Mys Taran, URS	Seefunkfeuer
312,5	KA		Klaipeda, URS	Seefunkfeuer
312,5	LB		Lijepaja, URS	Seefunkfeuer
312,5	PR		Porkkala, FNL	Seefunkfeuer
312,5	WW		Ventspils, URS	Seefunkfeuer
312,6	BB		Lotsenfahrzeug „Kap. Bleeker“, Ems, D	Funkbeschickung
312,6	FB		Friedrichsort, D	Funkbeschickung
312,6	FN		Feistein, NOR	Seefunkfeuer
312,6	FR		Færder, NOR	Seefunkfeuer
312,6	GB		Bremerhaven, D	Funkbeschickung
312,6	GU		Geitungane, NOR	Seefunkfeuer
312,6	HO		Scheveningen, Leuchtturm, HOL	Funkbeschickung
312,6	JB		Wilhelmshaven, D	Funkbeschickung
312,6	KB		Krautsand, D	Funkbeschickung
312,6	KH	100	Kish Bank, IRL	Seefunkfeuer
312,6	MA		Marstein, NOR	Seefunkfeuer
312,6	MM		Malören, S	Seefunkfeuer
312,6	RB	25	Fort de l'Ouest, F	Funkfeuer
312,6	UB		Travemünde, D	Funkbeschickung
312,6	UT		Utsira, NOR	Seefunkfeuer
312,6	VR		Utvær, NOR	Seefunkfeuer
312,6	YE		Yeu, F	Differential-OMEGA
313	AB	100	Absam, AUT	Flugfunkfeuer
313	KI	50	Gatendorf, AUT	Flugfunkfeuer
313,5	BN		Cap Bon, TUN	Differential-OMEGA
313,5	CX		Cap Caxine, ALG	Seefunkfeuer
313,5	HB		Hollerwettern, D	Funkbeschickung
313,5	KV		Nordvalen, S	Seefunkfeuer

Frequenz kHz	Ruf- zeichen	Sende- leistung	Standort	Bemerkungen
313,5	NB		Helgoland, Leuchtturm, D	Funkbeschickung
313,5	PQ		Porquerolles, F	Differential-OMEGA
313,5	WB		Lotsefahrzeuge a.d. Weser	Funkbeschickung
314	GH		Nuuk/Godthåb, GRL	Seefunkfeuer
314	JV		Jakobshavn/Ilulissat, GRL	Seefunkfeuer
314	OZ		Brüssel, BEL	Flugfunkfeuer
314,5	DD		Grundkallen, S	Seefunkfeuer
314,5	MU		Svanemölleværket, DNK	Funkbeschickung
314,5	SS		Simpnäsclubb, S	Seefunkfeuer
314,5	YC		Ijmuiden, HOL	Funkbeschickung
315	SL	1500	Guillena (Sevilla), E	Funkfeuer
315	STK		Stadskanal, HOL	Flugfunkfeuer
315	TF	100	Trausdorf, AUT	Flugfunkfeuer
315,5	ND		Nidden, URS	Seefunkfeuer
315,5	SS		Scatsta, G	Flugfunkfeuer
316	BST		Langreoc-Poulmic, F	Flugfunkfeuer
316	EPM	50	Epsom, G	Flugfunkfeuer
316	IN		Sønderborg, DNK	Flugfunkfeuer
316	KOS		Kostajnica, YUG	Flugfunkfeuer
316	PH		Eindhoven (Philips), HOL	Flugfunkfeuer
317	OKG		Cheb, TCH	Flugfunkfeuer
317	STT		Støtt, NOR	Flugfunkfeuer
317,5	MM	25	Montceau, F	Funkfeuer
317,5	TRP	80	Trapani, I	Flugfunkfeuer
318	AGB		Augsburg, D	Flugfunkfeuer
318	BHD		Berry Head, G	Flugfunkfeuer
318	GEN		Genua, I	Funkfeuer
318	LE	50	Luxemburg, LUX	Flugfunkfeuer
318	LP	100	Ronneby, S	Flugfunkfeuer
318	MAD		Funchal, MDR	Seefunkfeuer
318	YV		Ylivieska/Randaskylä, FNL	Flugfunkfeuer
318,5	KL		Kolkasrags, URS	Seefunkfeuer
318,5	KR		Kjubassare, URS	Seefunkfeuer
318,5	OR		Osmussar, URS	Seefunkfeuer
318,5	RS		Ristna, URS	Seefunkfeuer
318,5	SY		Syrve, URS	Seefunkfeuer
318,5	WD		Wilsandi, URS	Seefunkfeuer
319	BGR	250	Bagur, E	Flugfunkfeuer
319	LEC		Stavanger, NOR	Flugfunkfeuer
320	FFM		Frankfurt, D	Flugfunkfeuer
320	GLA		Gland, SUI	Flugfunkfeuer
320	HA		Hannover, D	Flugfunkfeuer
320	ME		Kastrup (Kopenhagen), DNK	Flugfunkfeuer
320	MLG	80	Gozo, MLT	Flugfunkfeuer
320	SA		Timisoara, ROU	Flugfunkfeuer
320,5	SWN		Swansea, G	Flugfunkfeuer
321	ABT		Albacete, E	Flugfunkfeuer
321	BL		Fleten-Forde, N	Flugfunkfeuer
321	CRN		Carmmore, IRL	Flugfunkfeuer
321	GV	20	Granville, F	Flugfunkfeuer
321	OST	80	Ostia, I	Seefunkfeuer
321	STM		St. Mary's	Flugfunkfeuer
321,5	GL	100	Berlin-Tegel, D	Flugfunkfeuer
322	GDA		Gdansk, POL	Flugfunkfeuer
322	HYE		Hyères, F	Funkfeuer
322	KOR		Korso, FNL	Flugfunkfeuer
322	LCY		London City Airport, G	Flugfunkfeuer
322	OH		Karlstad, S	Flugfunkfeuer

Frequenz kHz	Ruf- zeichen	Sendeleistung	Standort	Bemerkungen
322	OU		Stockholm-Bromma, S	Flugfunkfeuer
322	VOZ		Vozice, TCH	Flugfunkfeuer
322,5	CLR	130	Colmar, F	Flugfunkfeuer
322,6	UPV		Dikson, URS	Küstenfunkstelle
323	AB		Albi, F	Funkfeuer
323	GT		Hamburg, D	Flugfunkfeuer
323	LI		Düsseldorf, D	Flugfunkfeuer
323	LS		Lee on Solent, G	Flugfunkfeuer
323	ONC		Charleroi, BEL	Flugfunkfeuer
324	AS		Kemi, FNL	Flugfunkfeuer
324	LM		Borkum, D	Flugfunkfeuer
325	AC	50	Glasgow, G	Flugfunkfeuer
325	DH		Oskarshamn, S	Flugfunkfeuer
325	DP		Diepholz, D	Flugfunkfeuer
325	KTG		Kitzingen, D	Flugfunkfeuer
325	OO		Oskarshamn, S	Flugfunkfeuer
325	PG	50	Trollhattan, S	Flugfunkfeuer
325	QU	1000	Barcelona, E	Funkfeuer
325	RCA		Reggio Calabria, I	Flugfunkfeuer
325	UU	1000	Konstanz, ROU	Flugfunkfeuer
326	KK		Karlskroga, S	Funkfeuer
326	NYK		Nijkerk, HOL	Flugfunkfeuer
326	RSH	50	Rush, IRL	Flugfunkfeuer
327	BOL	200	Bolsena, I	Flugfunkfeuer
327	DIP	200	Berlin-Planten, D	Flugfunkfeuer
327	FXC		Cayenne, GUF	Differential-OMEGA
327	K		Kuusamo, FNL	Flugfunkfeuer
327	POR		Porto, POR	Funkfeuer
328	FST		Frederikstad, NOR	Flugfunkfeuer
328	HIG	200	San Sebastian, E	Funkfeuer
328	KAM	250	Ljubljana, YUG	Funkfeuer
328	LS		Paris-Orly, F	Flugfunkfeuer
328	VH		Wilhelmina, S	Flugfunkfeuer
329	BG		Brüggen, D	Flugfunkfeuer
329	FJ		Fjortoft, NOR	Flugfunkfeuer
329	GU	100	Umea, S	Flugfunkfeuer
329	JW		Jersey West, G	Flugfunkfeuer
329	S	20	Simsio, FNL	Flugfunkfeuer
329	VLD		Valladolid, E	Flugfunkfeuer
330	AI	200	Alicante, E	Seefunkfeuer
330	CRS		Caransaber, ROU	Flugfunkfeuer
330	EEL		Eelde, HOL	Flugfunkfeuer
330	F	20	Erfurt, D	Flugfunkfeuer
330	HDO		Hermisdorf, D	Flugfunkfeuer
330	LNA		Lena, S	Flugfunkfeuer
330	OB	100	Bratislava, TCH	Flugfunkfeuer
330	R	30	Erfurt, D	Flugfunkfeuer
330	SB		Sönderborg, DNK	Flugfunkfeuer
330	ZR		Zadar, YUG	Flugfunkfeuer
331	GRT		Grottaglie, I	Flugfunkfeuer
331	MUN		München, D	Flugfunkfeuer
331	NMN		Mayen-Mendig, D	Flugfunkfeuer
331,5	TLF		Toulouse-Francal, F	Flugfunkfeuer
332	FAR		Faro, POR	Flugfunkfeuer
332	HAE		Hannover, D	Flugfunkfeuer
332	LL		Lille, F	Flugfunkfeuer
332	RHI	30	Rhine, SUI	Flugfunkfeuer
333	MZ	20	Metz, F	Flugfunkfeuer

Frequenz kHz	Ruf- zeichen	Sendeleistung	Standort	Bemerkungen
333	VO		Vodochody, TCH	Flugfunkfeuer
333,5	VOG	80	Voghera, I	Flugfunkfeuer
334	AME		Amendolla, I	Flugfunkfeuer
334	FAU		Fauna, DNK	Flugfunkfeuer
334	GMN	50	Gormanston, IRL	Flugfunkfeuer
334	MOS	50	Mostaganem, ALG	Flugfunkfeuer
334	MR	50	Maribor, YUG	Flugfunkfeuer
334	OE	50	London Heathrow, G	Flugfunkfeuer
335	FO		Steilene, NOR	Flugfunkfeuer
335	MRN	100	Machern, D	Flugfunkfeuer
335	NAK		Nacka, S	Flugfunkfeuer
335	NAN	300	Nea Anghialos, GRC	Funkfeuer
335	OTR		Ottringham, G	Flugfunkfeuer
335	RIM		Rimini, I	Flugfunkfeuer
335	TIT		Titograd, YUG	Flugfunkfeuer
335	TWN		Twenthe (Enschede), HOL	Flugfunkfeuer
335	WCO		Westcott, G	Flugfunkfeuer
336	AQ	300	Aberdeen, G	Flugfunkfeuer
336	JZ	100	Vidzel, S	Funkfeuer
336	MTL		Monte Real, POR	Funkfeuer
336,5	NIK	100	St. Niklaas, BEL	Funkfeuer
337	EX		Exeter, G	Flugfunkfeuer
337	GRT		Gheriat, LBY	Seefunkfeuer
337	OZ		Skallen, S	Flugfunkfeuer
337	RMG	100	Romagnano, I	Funkfeuer
337	VES		Vesta, DNK	Flugfunkfeuer
337	WTN	3	Warton, G	Funkfeuer
338	ERD		Erding, D	Flugfunkfeuer
338	GU		Brest-Guipavas, F	Funkfeuer
338	NC		Nizza, F	Funkfeuer
338	PST		Porto Santo, MDR	Differential-OMEGA
338	RUD		Rüdesheim, D	Flugfunkfeuer
338	SAR		Sarajewo, YUG	Flugfunkfeuer
339	EA		Arlanda (Stockholm), S	Flugfunkfeuer
339	HAM		Hamburg, D	Flugfunkfeuer
339	PRA	80	Pratica del Mare, I	Seefunkfeuer
339	V	80	Kruunupyy, FIN	Flugfunkfeuer
339	VL		Rovaniemi, FIN	Flugfunkfeuer
339	ZL	25	Zuid-Limburg, HOL	Flugfunkfeuer
339,5	FG	25	Montpellier, F	Flugfunkfeuer
340	BLK	100	Banja Luka, YUG	Flugfunkfeuer
340	GZO		Gozo, MLT	Funkfeuer
340	HWA	300	Hawarden, G	Funkfeuer
340	N	100	Ronneby, S	Flugfunkfeuer
340	TCS		Tancos Airbase, POR	Flugfunkfeuer
340	VLC		Valencia, E	Funkfeuer
341	AMB		Amboise, F	Funkfeuer
341	BAM		Wuppertal-Barmen, D	Flugfunkfeuer
341	BO		Benson, G	Flugfunkfeuer
341	LAU		Lichtenau, D	Flugfunkfeuer
341	POR	400	Pori, FIN	Flugfunkfeuer
341	TIR		Tiree, G	Funkbeschickung
341,5	BUN	100	Bruno, BEL	Flugfunkfeuer
342	GG		Edinburgh, G	Flugfunkfeuer
342	GPZ	40	Gompitz, D	Flugfunkfeuer
342	LL	100	Fagernes, NOR	Flugfunkfeuer
342	SBN		Saarbrücken-Ensheim, D	Flugfunkfeuer
342	Y		Galantry, SPM	Differential-OMEGA

Frequenz kHz	Ruf- zeichen	Sendeleistung	Standort	Bemerkungen
343	TGJ		Tirgu Jiu, ROU	Flugfunkfeuer
343,5	ANY		Andenes, NOR	Flugfunkfeuer
344	EK		Heka, FNL	Flugfunkfeuer
344	GIN		Gießen, D	Flugfunkfeuer
344	HEK	50	Heka, FNL	Flugfunkfeuer
344	HN		Hohn, D	Flugfunkfeuer
344	KUL		Kullen, S	Seefunkfeuer
344	WIK		Wick, G	Flugfunkfeuer
344,8	UPM		Amderma, URS	Küstenfunkstelle
345	IGL	70	Ingolstadt, D	Flugfunkfeuer
345	THS	400	Thessaloniki, GRC	Flugfunkfeuer
345,5	CH	25	Chambéry, F	Funkfeuer
345,5	LN	15	Lannion, F	Funkfeuer
346,5	BMN		Bremen, D	Flugfunkfeuer
347	DBR	200	Berlin-Helmholtz, D	Flugfunkfeuer
347	EDL	100	Eidsvoll, NOR	Flugfunkfeuer
347	TD		Teesside, G	Flugfunkfeuer
348	ATF	105	Findon, G	Funkfeuer
348	SAD		Sandsund, NOR	Flugfunkfeuer
348	SCL		Apt. St. Christol, F	Funkfeuer
348	SVR		Sagvar, HNG	Flugfunkfeuer
348	TPL	300	Topola, YUG	Flugfunkfeuer
348	TRT	50	Trent, G	Flugfunkfeuer
348	WA	100	Stockholm-Arlanda, S	Flugfunkfeuer
348	ZZA		Zaragossa Airbase, E	Flugfunkfeuer
349	KSL		Kassel, D	Flugfunkfeuer
349	OYE	25	Paris-Orly, F	Flugfunkfeuer
349	RS		Rennes-St. Jacques, F	Flugfunkfeuer
349	TAR	50	Tarva, NOR	Flugfunkfeuer
350	GLG	50	Glasgow, G	Flugfunkfeuer
350	LAA		Laanila, FNL	Flugfunkfeuer
350	SK		Sesvetski Kraljevci, YUG	Flugfunkfeuer
350	SMA	300	Somosierra, E	Flugfunkfeuer
350,5	FU		Hamburg-Fuhlsbüttel, D	Flugfunkfeuer
351	ALP		Alexandroupolis, GRC	Funkfeuer
351	OV		Salthamn, S	Flugfunkfeuer
351	POM	100	Pomigliano/Neapel, I	Funkfeuer
351	SUM		Sumburgh, G	Flugfunkfeuer
351	TOL		Tölz, D	Flugfunkfeuer
351,5	PLA	150	Pula, YUG	Flugfunkfeuer
352	ENS		Ennis, IRL	Flugfunkfeuer
352	LCC		Lecce, I	Funkfeuer
352	NS		Enis, IRL	Flugfunkfeuer
352	PSJ	500	Ilmajoki, FNL	Flugfunkfeuer
352	RBU	100	Rambu, NOR	Flugfunkfeuer
352	WOD		Woodley, G	Flugfunkfeuer
353	BNA		Beni Amrane, ALG	Flugfunkfeuer
353	HM	100	Burg, D	Flugfunkfeuer
353	KRT		Kartuzy, POL	Flugfunkfeuer
353	PRV	200	Preveza, GRC	Funkfeuer
354	FIN	0,2	Finno, FNL	Flugfunkfeuer
354	GYR	100	Gyor, HNG	Flugfunkfeuer
354	PAD		Paderborn, D	Flugfunkfeuer
355	DON		Donna, Platform, DNK	Flugfunkfeuer
355	J		Varkaus, FNL	Flugfunkfeuer
355	KNG		König, D	Flugfunkfeuer
355	MRT		Marateca, POR	Flugfunkfeuer
355	TRN	100	Turnberry, G	Flugfunkfeuer

Frequenz kHz	Ruf- zeichen	Sende- leistung	Standort	Bemerkungen
355	VGA		Vigra, NOR	Flugfunkfeuer
355,5	PAL	200	Palermo, I	Seefunkfeuer
356	KD		Kaduna, NIG	Flugfunkfeuer
356	RSY		Paris Charles de Gaulle (Roissy), F	Flugfunkfeuer
356	SGO		Sagunto, E	Funkfeuer
356	SU		Salzburg, AUT	Flugfunkfeuer
356,5	OU		Ouargla, ALG	Flugfunkfeuer
356,5	SM	20	St. Mawgan, G	Flugfunkfeuer
357	BGS	250	Burgos, E	Funkfeuer
357	DWI		Dortmund-Wickede, D	Flugfunkfeuer
357	MA		Lindenthal, D	Flugfunkfeuer
357	SEP		Seppi, FNL	Flugfunkfeuer
357	VAS		Vaasa, FNL	Flugfunkfeuer
357	VZ	50	Veenhuizen, HOL	Flugfunkfeuer
357,5	FAL	80	Falconara, I	Funkfeuer
357,5	KG	50	Sarajewo, YUG	Flugfunkfeuer
358	ELO	50	El Oued, ALG	Flugfunkfeuer
358	GRK		Grakallen NOR	Flugfunkfeuer
358	HW		Hannover/Osterwald, D	Flugfunkfeuer
358	TUN		Tulln, AUT	Flugfunkfeuer
359	LK	50	Lidköping, S	Flugfunkfeuer
359	ITZ		Itzehoe, D	Flugfunkfeuer
359	RWY		Ronaldsward, G	Flugfunkfeuer
359	ZEM		Zemmouri, ALG	Flugfunkfeuer
360	ELB		Elba, I	Seefunkfeuer
360	SR		Emsheim, D	Flugfunkfeuer
360	ULV	100	Ulvingen, NOR	Flugfunkfeuer
360,5	MAK	100	Mackel (Gent), BEL	Flugfunkfeuer
361	GUR		Guernsey, G	Flugfunkfeuer
361	HHN		Holzhausen, D	Flugfunkfeuer
361	LIE	450	Lieto-Turku, FNL	Funkfeuer
361	TUR		Turku, FNL	Flugfunkfeuer
362	BVK	100	Baatvik, NOR	Flugfunkfeuer
362	BZO		Bolzano, I	Flugfunkfeuer
362	C		Dublin, IRL	Funkfeuer
362	CJN	60	Castellon, E	Funkfeuer
362	NN		Eskilstuna, S	Flugfunkfeuer
362	NPL	100	Neapel, I	Funkfeuer
362,5	SND		Southend, G	Flugfunkfeuer
363	BRD		Brindisi, I	Funkfeuer
363	LXI	30	Luxeuil, F	Funkfeuer
363	MEA		El Golea, ALG	Funkfeuer
363	OTA		Ostrava, TCH	Flugfunkfeuer
363	SCF		Schweinfurt, D	Flugfunkfeuer
363	TLA		Talla, G	Funkfeuer
363,5	RS		Cardiff, G	Flugfunkfeuer
364	GV		Valkenburg, HOL	Flugfunkfeuer
364	LGS		Lagos, POR	Differential-OMEGA
364	PRI	100	Pristina, YUG	Flugfunkfeuer
364,5	RSO		Paris Charles de Gaulle, F	Flugfunkfeuer
365	GLX		Glückstadt, D	Flugfunkfeuer
365	LJ		Köln, D	Flugfunkfeuer
365	RTV		Rotvåg, NOR	Flugfunkfeuer
365,5	BC		Brasschaat, BEL	Funkfeuer
366	KM	100	Kalmar, S	Flugfunkfeuer
366	MAH		Maisach, D	Flugfunkfeuer
366	MB	25	Maribo, DNK	Flugfunkfeuer
366	PG		Porto, POR	Flugfunkfeuer

Frequenz kHz	Ruf- zeichen	Sendeleistung	Standort	Bemerkungen
366	UTH	100	Uthaug, NOR	Flugfunkfeuer
367	JEY		Jersey East, G	Flugfunkfeuer
367	SBD	250	Sabadell, E	Flugfunkfeuer
367	ZAG	300	Zagreb, YUG	Flugfunkfeuer
367,5	CF	25	Clermont-Ferrand, F	Funkfeuer
368	BO		Brno, TCH	Flugfunkfeuer
368	BYC		Bückeburg, D	Flugfunkfeuer
368	ELU		Luxemburg, LUX	Flugfunkfeuer
368	OY		Sveg, S	Flugfunkfeuer
368	RK		Roskilde, DNK	Flugfunkfeuer
368	WTD		Waterford, IRL	Flugfunkfeuer
369	VRS		Vrsar, YUG	Funkfeuer
369,6	STN		Stornoway, G	Flugfunkfeuer
370	CGZ		Paris Charles de Gaulle, F	Flugfunkfeuer
370	FAW		Fawley/Hythe/Great Yarmouth, G	Flugfunkfeuer
370	FS	50	Dresden/Gompitz/Ottendorf, D	Flugfunkfeuer
370	GAC	400	Gacko, YUG	Flugfunkfeuer
370	GW		Berlin-Gatow, D	Flugfunkfeuer
370	KS		Kinloss, G	Flugfunkfeuer
370	LR	100	Krakau, POL	Flugfunkfeuer
370	PSA		Spessart, D	Flugfunkfeuer
370,5	AP		Aberporth, G	Flugfunkfeuer
370,5	LB		Angelholm, S	Flugfunkfeuer
371	BRS	100	Bremsnes, NOR	Flugfunkfeuer
371	HAA		Hamar, NOR	Flugfunkfeuer
371	MYN		Münster-Greven, D	Flugfunkfeuer
371	RIV	20	Rivolto, I	Flugfunkfeuer
371	STR		Sintra, POR	Flugfunkfeuer
371,5	NH		Norwich, G	Funkfeuer
371,5	SHA		Schaffhausen, SUI	Flugfunkfeuer
372	CE		Osijek, YUG	Flugfunkfeuer
372	ESS		Krunuu, FNL	Flugfunkfeuer
372	KSO	150	Kastoria, GRC	Funkfeuer
372	L		Liboc, TCH	Flugfunkfeuer
372	NDO		Nordholz, D	Flugfunkfeuer
373	KEM		Kemi, FNL	Flugfunkfeuer
373	NW	25	Maastricht, HOL	Flugfunkfeuer
373	SAH		In Salah, ALG	Funkfeuer
373	SDI		St. Dizier, F	Flugfunkfeuer
374	FLV		Fleinvær, NOR	Flugfunkfeuer
374	KFT	100	Lassein, AUT	Flugfunkfeuer
374	RNR		Radnor, G	Funkfeuer
374	TU	15	Tirstrup, DNK	Flugfunkfeuer
374,5	ANC	100	Ancona, I	Seefunkfeuer
374,5	SOG		Soling-Neuhaus, D	Flugfunkfeuer
375	AY	40	Warschau, POL	Flugfunkfeuer
375	FR	100	Pori, FNL	Flugfunkfeuer
375	GF		Grefsen, NOR	Flugfunkfeuer
375	KD	50	Kristianstad-Everod, S	Flugfunkfeuer
375	NDG		Nördlingen, D	Flugfunkfeuer
375	TR	25	Tor Ölfeld (Ekofisk), NOR	Flugfunkfeuer
376	BS		Basel-Mülhausen, F	Flugfunkfeuer
376	CDC		Caraffo, I	Funkfeuer
376,5	ORI		Orio al Serio, I	Flugfunkfeuer
377	ADN		Aberdeen, G	Flugfunkfeuer
377	MGB		Mönchengladbach, D	Flugfunkfeuer
377	POL		Polna, TCH	Flugfunkfeuer
378	BKD		Brückendorf, D	Flugfunkfeuer

Frequenz kHz	Ruf- zeichen	Sende- leistung	Standort	Bemerkungen
378	KLS		Kloster, S	Flugfunkfeuer
378	KLY	50	Killiney, IRL	Flugfunkfeuer
378	MC		München, D	Flugfunkfeuer
378	OG		Genf-Cointrin, SUI	Flugfunkfeuer
378	OS		Sundsvall, S	Flugfunkfeuer
378	RSY		Rennesoy/Stavanger, NOR	Flugfunkfeuer
379	CZ		Charleville, F	Flugfunkfeuer
379	LAT		Latina, I	Funkfeuer
379	REK		Reksten, NOR	Flugfunkfeuer
379	VEN	100	Venedig, I	Flugfunkfeuer
380	FLB		Flensburg, D	Flugfunkfeuer
380	FIL		Horta, Azoren, POR	Differential-OMEGA
380	KMS	60	Chemnitz, D	Flugfunkfeuer
380	LF	100	Rönneby, S	Funkfeuer
380	MAC	100	Machrihanish, G	Flugfunkfeuer
380	WFD		Woodford, G	Funkfeuer
381	AAS		Åse, NOR	Flugfunkfeuer
381	SAV		Savonlinna, FIN	Flugfunkfeuer
381	SPY		Spijkerboor, HOL	Flugfunkfeuer
382	EGN	200	Egina, GRC	Flugfunkfeuer
382	FW		Frankfurt, D	Flugfunkfeuer
382	GAZ	80	Gazoldo degli Ippolito, I	Funkfeuer
382	PM		Péronne, F	Flugfunkfeuer
382	SBG		Salzburg, AUT	Flugfunkfeuer
382	VLM		Vlasim, TCH	Flugfunkfeuer
383	ALD		Alderney, G	Flugfunkfeuer
383	ERK	100	Erken, S	Flugfunkfeuer
383	MAR	50	Marseille, F	Funkfeuer
383	PR	40	Fürstenwalde, D	Flugfunkfeuer
383	SHD	100	Scottstownhead, G	Funkfeuer
383,5	ARF		Arifiye/Topel, TUR	Funkfeuer
384	ADX	60	Andraitx, E	Flugfunkfeuer
384	RK		Ras-Al-Khaimah, UAE	Flugfunkfeuer
384	SY		Stuttgart, D	Flugfunkfeuer
385	BO		Zadar-Bokanjac, YUG	Funkfeuer
385	KV		Halli, FIN	Flugfunkfeuer
385	TLD	60	Toledo, E	Flugfunkfeuer
385	WL	100	Walney Island, G	Seefunkfeuer
385,5	KIL		Kiel-Holtenau, D	Flugfunkfeuer
386	PTB	100	Pusztacabolcs, HNG	Flugfunkfeuer
386	RAK		Rakovnik, TCH	Flugfunkfeuer
386,5	SLV		Spa-La Sauvernière, BEL	Seefunkfeuer
387	BV		Brough, G	Funkfeuer
387	CML		Clonmel, IRL	Flugfunkfeuer
387	JAB	50	Jablonka, POL	Flugfunkfeuer
387	RZ	25	Rodez, F	Funkfeuer
387,5	CT	25	Ajaccio, Korsika, F	Seefunkfeuer
387,5	ING	25	St. Inglevert, F	Seefunkfeuer
388	BR	25	Lyon-Bron, F	Flugfunkfeuer
388	KRU	150	Kruunupyy, FIN	Flugfunkfeuer
389	CMO	80	Camogli, I	Seefunkfeuer
389	CP		Caparica, POR	Flugfunkfeuer
389	HY		Skive, DNK	Flugfunkfeuer
389	MUS		Mustio, FIN	Flugfunkfeuer
389	STR		Straßburg, F	Flugfunkfeuer
389,5	OW		London Heathrow, G	Flugfunkfeuer
390	AVI	400	Aviano, I	Flugfunkfeuer
390	DR	50	Dinard, F	Funkfeuer

Frequenz kHz	Ruf- zeichen	Sendeleistung	Standort	Bemerkungen
390	GL	1000	Malpils/Ergly, URS	Funkfeuer
390	JEV		Jever, D	Flugfunkfeuer
390	LV	100	Arvika, S	Flugfunkfeuer
390	VAL		Valjevo, YUG	Flugfunkfeuer
390,5	ITR	400	Istres, F	Flugfunkfeuer
390,5	ROH		Roth, D	Flugfunkfeuer
391	OKR	100	Chorvatsky Grob, TCH	Flugfunkfeuer
391	VOL		Vollo/Bergen, NOR	Flugfunkfeuer
392	DVN	100	Drvenik, YUG	Flugfunkfeuer
392	GDY		Godby, FNL	Flugfunkfeuer
392	KOR	200	Korinthos, GRC	Flugfunkfeuer
392	NKR		Neckar, D	Flugfunkfeuer
392	PA	500	Rovaniemi, FNL	Flugfunkfeuer
392	RAN		Lappenranta, FNL	Flugfunkfeuer
392	RW		Berlin-Tegel, D	Flugfunkfeuer
392	VUN		Verdun-Le Rozelier, F	Flugfunkfeuer
392,5	BX	25	Mende-Brenoux, F	Funkfeuer
392,5	TOP		Turin, I	Flugfunkfeuer
393	BD	25	Bordeaux, F	Funkfeuer
393	DEN		Brüssel, BEL	Flugfunkfeuer
393	DVA	500	Deva, ROU	Flugfunkfeuer
393	TAT	50	Tantra-Molde, NOR	Flugfunkfeuer
394	DND		Dundee, G	Funkfeuer
394	HRN	70	Hurn, G	Flugfunkfeuer
394	IBZ	200	Ibiza, E	Funkfeuer
394	LYE		Lübeck-Blankensee, D	Flugfunkfeuer
394	MEL	150	Metlika, YUG	Funkfeuer
394	NB		Stockholm-Bronna, S	Flugfunkfeuer
394	NV	20	Nevers-Fourchambault, F	Flugfunkfeuer
394	PFF		Pfersfeld, D	Flugfunkfeuer
394	TW		Twisted West, G	Flugfunkfeuer
394,5	SNE		Senetose, F	Flugfunkfeuer
395	FOY		Foynes, IRL	Flugfunkfeuer
395	HEN	21	Henton, G	Flugfunkfeuer
395	MGN		BP Ölplattform Magnus, Nordsee	Funkfeuer
395	MLQ	1000	Malta, MLT	Funkfeuer
395	OA		Assendelft-Schiphol, HOL	Flugfunkfeuer
395	TRA	30	Trasadingen, SUI	Flugfunkfeuer
396	AI		Aveiro, POR	Funkfeuer
396	HYV		Hyvinkaa, FNL	Flugfunkfeuer
396	ME		Manchester, G	Flugfunkfeuer
396	ROC	25	Rochefort, F	Funkfeuer
396,5	PY		Plymouth, G	Seefunkfeuer
397	AA		Aliabad/Teheran, IRN	Flugfunkfeuer
397	BOG	100	Boxberg, D	Flugfunkfeuer
397	EG	25	Grenoble, F	Flugfunkfeuer
397	LVO		Lesbos, GRC	Funkfeuer
397	LYX	25	Lydd, G	Funkfeuer
397	ND		North Denes, G	Flugfunkfeuer
397	WN	70	Varna, BUL	Seefunkfeuer
397,2	DHE	200	Helgoland, D	Seefunkfeuer
397,5	PO		Pau, F	Flugfunkfeuer
398	ESS	150	Kruunupyy, FNL	Flugfunkfeuer
398	LPD		Montluçon, F	Flugfunkfeuer
398	NIT		Nitra, TCH	Flugfunkfeuer
398	RSY		Rennesøy, NOR	Flugfunkfeuer
398,5	LEZ		Nizza-Monte Leuza, F	Flugfunkfeuer
398,5	OTR		Ouringham, G	Flugfunkfeuer

Frequenz kHz	Ruf- zeichen	Send- leistung	Standort	Bemerkungen
399	EA		Stockholm, S	Flugfunkfeuer
399	FM		Trollhattan, S	Funkfeuer
399	MTN		Salamanca, E	Flugfunkfeuer
399	NGY	80	New Galloway, G	Flugfunkfeuer
399	RBT	80	Pristina, YUG	Flugfunkfeuer
399	WBD		Wiesbaden, D	Flugfunkfeuer
400	BRZ	50	Rijeka, YUG	Flugfunkfeuer
400	FM		Fagurholmsmyri, ISL	Funkfeuer
400	STU		Strumble, G	Flugfunkfeuer
400	VY	25	Valroy, NOR	Flugfunkfeuer
400,5	COD	200	Codogno, I	Flugfunkfeuer
400,5	MO	50	Macon-Charney, F	Flugfunkfeuer
401	FNL		Fenland, G	Flugfunkfeuer
401	JP		Joensuu, FNL	Flugfunkfeuer
401	LA	25	Laval, F	Flugfunkfeuer
401	LBU		Luburg, D	Flugfunkfeuer
401	MB		Emmaboda, S	Funkfeuer
401	OTC	60	Mallorca, E	Funkfeuer
401,5	BET		Rheine-Bentlage, D	Flugfunkfeuer
402	BKW	40	Beeskow, D	Flugfunkfeuer
402	LX		Eskilstuna, S	Flugfunkfeuer
402	OP		Brüssel, BEL	Flugfunkfeuer
402	ORW	25	Paris-Orly, F	Flugfunkfeuer
402	RA		Strunkovice, TCH	Flugfunkfeuer
402,5	LBA	35	Leeds-Bradford, G	Flugfunkfeuer
403	HAB		Hammelburg, D	Flugfunkfeuer
403	LPS		Les Eclatres, SUI	Flugfunkfeuer
403	NM	30	Mora-Siljan, S	Funkfeuer
403,5	HLI		Hehlingen, D	Flugfunkfeuer
403,5	MRV	25	Merville, F	Flugfunkfeuer
404	LRD	250	Lerida, E	Flugfunkfeuer
404	LW		Luxemburg, LUX	Flugfunkfeuer
404	Y	100	Kemi, FNL	Flugfunkfeuer
405	BIC	25	Briare, F	Flugfunkfeuer
405	GRW		Grafenwöhr, D	Flugfunkfeuer
405	VIE	250	Vieste, I	Funkfeuer
405,5	LYS	20	Lyon-Satolas, F	Flugfunkfeuer
406	DB		Mogilev/Podolskij, URS	Flugfunkfeuer
406	EMT	50	Epinal, F	Flugfunkfeuer
406	GRO		Grossetto, I	Flugfunkfeuer
406	HD		Hällgrund, S	Seefunkfeuer
406	IR		Hirtshals-Havn, DNK	Seefunkfeuer
406	LMX	10	Les Mureaux, F	Flugfunkfeuer
406	VY		Visby, S	Seefunkfeuer
406,5	BOT		Bottrop, D	Flugfunkfeuer
406,5	TW	25	Toulouse, F	Flugfunkfeuer
407	F	60	Weixdorf, D	Flugfunkfeuer
407	GAR	50	Garristown, IRL	Funkfeuer
407	K		Dresden, D	Flugfunkfeuer
407	KA		Karlskroga, S	Funkfeuer
407	LUP		Laupheim, D	Flugfunkfeuer
408	BRK		Brück, AUT	Flugfunkfeuer
408,5	FY		Finningley, G	Funkfeuer
408,5	LF		Frankfurt, D	Flugfunkfeuer
408,5	VZ	25	Vichy, F	Flugfunkfeuer
409	ARB		Arbaoua, MRC	Flugfunkfeuer
409	CRE		Cres, YUG	Flugfunkfeuer
409	CZE	40	Czempin, POL	Flugfunkfeuer

Frequenz kHz	Ruf- zeichen	Sendeleistung	Standort	Bemerkungen
409	DGO	200	San Domingo, E	Funkfeuer
409	MRA	40	Mragowo, POL	Flugfunkfeuer
409	SG		Satenäs, S	Flugfunkfeuer
410	7TA		Algier, ALG	Küstenfunkstelle
410	RF	100	Erfurt, D	Flugfunkfeuer
410	FFB		Boulogne-sur-Mer, F	Küstenfunkstelle
410	FFC		Bordeaux-Arcachon, F	Küstenfunkstelle
410	FFM		Marseille, F	Küstenfunkstelle
410	FFU		Brest-le-Conquet, F	Küstenfunkstelle
410	GCC		Cullercoats, G	Küstenfunkstelle
410	GKR		Wick, G	Küstenfunkstelle
410	GLD		Lands End, G	Küstenfunkstelle
410	GNF		Northforeland, G	Küstenfunkstelle
410	GPK		Portpatrick, G	Küstenfunkstelle
411	M	80	Kruunupyy, FNL	Flugfunkfeuer
411	UKB		Riga, URS	Küstenfunkstelle
411,5	ENK		Enkhuizen, HOL	Flugfunkfeuer
412	CIA		Torrenova/Rom, I	Flugfunkfeuer
412	GRN		Gerona, E	Funkfeuer
412	GS		Gütersloh, D	Flugfunkfeuer
412	SE		Straßburg-Enzheim, F	Flugfunkfeuer
413	DLS	200	Berlin-Lübars, D	Flugfunkfeuer
413	IK		Enskär (Isokari), FNL	Seefunkfeuer
413	KZ	40	Kamenz, D	Flugfunkfeuer
413,5	GLT		Galati, ROU	Flugfunkfeuer
414	FK		Frederikshavn, DNK	Seefunkfeuer
414	HD	100	Hestad, NOR	Flugfunkfeuer
414	ILB		Bistrica, YUG	Flugfunkfeuer
414,5	H	15	Vantaa, FNL	Flugfunkfeuer
415	NOR		Nörvenich, D	Flugfunkfeuer
415	RTB		Röthenbach, D	Flugfunkfeuer
415	TJA	50	Torrejon de Ardoz Airforce Base, E	Flugfunkfeuer
415	TOE	25	Toulouse, F	Flugfunkfeuer
416	7TA		Algier, ALG	Küstenfunkstelle
416	FFU		Brest-le-Conquet, F	Küstenfunkstelle
416	LGN		Bergen, NOR	Küstenfunkstelle
416	MTA	100	Malta, MLT	Flugfunkfeuer
416	SDJ		Stockholm, S	Küstenfunkstelle
416	TAF		Samsun, TUR	Küstenfunkstelle
416	TOR	500	Toramo, FNL	Flugfunkfeuer
416	UGE		Archangelsk, URS	Küstenfunkstelle
416	V		Brezany, TCH	Flugfunkfeuer
417	9HD		Malta, MLT	Küstenfunkstelle
417	HDL	50	Heidelberg, D	Flugfunkfeuer
418	EAL		Las Palmas, CNR	Küstenfunkstelle
418	EAT		5 Santa Cruz de Tenerife, CNR	Küstenfunkstelle
418	FUG3		La Regine, F	Franz. Marine
418	GNF		Northforeland, G	Küstenfunkstelle
418	PW		Poprad Tatry, TCH	Seefunkfeuer
418	SAE		Tingstäde, S	Küstenfunkstelle
418	SVA		Athen, GRC	Küstenfunkstelle
418	ZW	1000	Zeltweg, AUT	Flugfunkfeuer
419	GS		Gütersloh, D	Flugfunkfeuer
419	HY	100	Vaasa, FNL	Flugfunkfeuer
419	MI		Epinal-Mirecourt, F	Flugfunkfeuer
419	NU		Neubiberg, D	Flugfunkfeuer
420	5AL		Tobruk, LBY	Küstenfunkstelle
420	BAZ	100	Bayreuth, D	Flugfunkfeuer

Frequenz kHz	Ruf- zeichen	Sendeleistung	Standort	Bemerkungen
420	BUE		Büchel, D	Flugfunkfeuer
420	OXF		Qaqortoq, GRL	Küstenfunkstelle
420	OYR		Aasiaat/Quequertar, GRL	Küstenfunkstelle
421	CUG		San Miguel, AZR	Küstenfunkstelle
421	EJM	0,5	Malin Head, IRL	Küstenfunkstelle
421	FFC		Bordeaux-Archachon, F	Küstenfunkstelle
421	LZL		Bourgaz, BUL	Küstenfunkstelle
421	PCG		Scheveningen, HOL	Küstenfunkstelle
421	PCI		Ijmuiden, HOL	Küstenfunkstelle
421	SVK		Kerkyra, GRC	Küstenfunkstelle
422	UR		Jaromer, TCH	Flugfunkfeuer
423	SCA	100	Salamanca, E	Flugfunkfeuer
424	OKF	100	Desna, TCH	Flugfunkfeuer
424	OYR		Aasiaat/Sisimuit, GRL	Küstenfunkstelle
425	DNC		Mostar, YUG	Flugfunkfeuer
425	M	100	Leipzig, D	Flugfunkfeuer
425	PIA		Piacenza, I	Flugfunkfeuer
426	GBG	400	Gleichenberg, AUT	Flugfunkfeuer
426,5	MIQ		Mike/Ingolstadt, D	Flugfunkfeuer
427	BRU		Braunschweig, D	Flugfunkfeuer
427	YKI		Tartous, SYR	Küstenfunkstelle
428	SVL		Limnos, GRC	Küstenfunkstelle
429	CTH	2,5	Horta, AZR	Küstenfunkstelle
429	D	60	Dejvize (Prag), TCH	Flugfunkfeuer
429	EBB		Ferrol-Caudillo, E	Sp. Marine
429	EBC		Cádiz, E	Sp. Marine (Wetterd.)
429	EBD		Cartagefia, E	Sp. Marine
429	EBK		Las Palmas, CNR	Marine-Küstenfunkstelle
429	EJK	1,2	Valentia, IRL	Küstenfunkstelle
429	IDC		Cagliari, Sardinien, I	Küstenfunkstelle
429	IGJ	1	Augusta, I	Küstenfunkstelle
429	OXB		Blavand, DNK	Küstenfunkstelle
429	SUH		Alexandria, EGY	Küstenfunkstelle
429	UDN		Nowosibirsk, URS	Küstenfunkstelle
429	UNI		Ventspils, URS	Küstenfunkstelle
430	BGT		Bremgarten, D	Flugfunkfeuer
430	M	100	Wassmannsdorf, D	Flugfunkfeuer
430	S	40	Berlin-Schönefeld, D	Flugfunkfeuer
430	UVW		Tuapse, URS	Küstenfunkstelle
431	GKR		Wick, G	Küstenfunkstelle
432	FFM		Marseille, F	Küstenfunkstelle
432	ICT	1	Taranto, I	Küstenfunkstelle
432	IPB		Bari, I	Küstenfunkstelle
432	IZD		Ohrid, YUG	Flugfunkfeuer
432	SVH		Iraklion, GRC	Küstenfunkstelle
432	UDE		Odessa, URS	Küstenfunkstelle
432	UOY		Narian-Mar, URS	Küstenfunkstelle
432	Y5M		Rügen, D	Küstenfunkstelle
432	YKM7		Lattaquia, SYR	Küstenfunkstelle
433	LOS	100	Losinj, YUG	Flugfunkfeuer
433	OHM		Marichamn, Åland Inseln, FNL	Küstenfunkstelle
433	SUP		Port Said, EGY	Küstenfunkstelle
435	CUL		Lissabon, POR	Küstenfunkstelle
435	IQH	3	Neapel, I	Küstenfunkstelle
435	OST		Oostende, BEL	Küstenfunkstelle
435	SPE		Szczecin, POL	Küstenfunkstelle
435	UEK2		Feodosia, URS	Küstenfunkstelle
436	KUF		Kaufbeuren, D	Flugfunkfeuer

Frequenz kHz	Ruf- zeichen	Send- leistung	Standort	Bemerkungen
436	RSF	100	Reinsdorf, D	Flugfunkfeuer
438	CFH	10	Halifax, NS, CAN	Kan. Marine (Meteo)
438	EAL		Las Palmas, CNR	Küstenfunkstelle
438	GLD		Lands End, G	Küstenfunkstelle
438	LGI		Hammerfest, NOR	Küstenfunkstelle
438	LGS		Svalbard, Spitzbergen, NOR	Küstenfunkstelle
438	LGT		Tjømø, NOR	Küstenfunkstelle
438	OHC		Helsinki, FIN	Küstenfunkstelle
438	OKL	60	Prag, TCH	Flugfunkfeuer
438	PE		Poprad East, TCH	Flugfunkfeuer
438	UJB		Astrakhan, URS	Küstenfunkstelle
438	YUR	1	Rijeka, YUG	Küstenfunkstelle
439	HOP		Hopsten, D	Flugfunkfeuer
440	DRE		Dresden, POL	Flugfunkfeuer
440	OVC		Groennedal, GRL	Dän. Marine
440	SLN		Söllingen, D	Flugfunkfeuer
440	YKM5		Baniyas, SYR	Küstenfunkstelle
441	3VX		Tunis, TUN	Küstenfunkstelle
441	CNP		Casablanca, MRC	Küstenfunkstelle
441	EAB	2	Barcelona, E	Küstenfunkstelle
441	EAS	0,5	Cabo Mayor, E	Küstenfunkstelle
441	LGD		Roerik, NOR	Küstenfunkstelle
441	LJB		Björnøya, NOR	Küstenfunkstelle
441	TAH		Istanbul, TUR	Küstenfunkstelle
441	TAI		Iskenderum, TUR	Küstenfunkstelle
441	UKB		Riga, URS	Küstenfunkstelle
441	UWT		Taganrog, URS	Küstenfunkstelle
441	UZS		Onega, URS	Küstenfunkstelle
442,5	NUN		Neuhausen-ob-Eck, D	Flugfunkfeuer
443	SVH		Iraklion, GRC	Küstenfunkstelle
444	7TB		Annaba, TUN	Küstenfunkstelle
444	7TO		Oran, ALG	Küstenfunkstelle
444	CUB		Funchal, MDR	Küstenfunkstelle
444	CUG	0,5	San Miguel, AZR	Küstenfunkstelle
444	DAN		Norddeich, D	Küstenfunkstelle
444	ICB		Genua, I	Küstenfunkstelle
444	LGE		Harstad/Tromsø, NOR	Küstenfunkstelle
444	SPN		Witowo, POL	Küstenfunkstelle
444	SUH		Alexandria, EGY	Küstenfunkstelle
444	UNN		Vyborg, URS	Küstenfunkstelle
446	HNU		Hanau, D	Flugfunkfeuer
446	SK	100	Gröbers, D	Flugfunkfeuer
447	CNW		Tanger, MRC	Küstenfunkstelle
447	OXJ		Torshavn, Faroer Inseln, DNK	Küstenfunkstelle
447	SPH		Gdynia, POL	Küstenfunkstelle
447	UDE		Odessa, URS	Küstenfunkstelle
447	UZI		Kandalakcha, URS	Küstenfunkstelle
447	YUX		Dubrovnik, YUG	Küstenfunkstelle
448	AUB	25	Aubenas, F	Flugfunkfeuer
448	HLV		Holesov, TCH	Flugfunkfeuer
448	LQ		Landsberg, D	Flugfunkfeuer
448	RW		Berlin-Tegel-West, D	Flugfunkfeuer
448,5	ONT		Kleine Borgel, BEL	Flugfunkfeuer
449	3VS		Sfax, TUN	Küstenfunkstelle
449	OKX	60	Frydlandt, TCH	Flugfunkfeuer
450	CTS		Sagres, POR	Port. Marine
450	EAB		Bagur, E	Küstenfunkstelle
450	EAC		Tarifa, E	Küstenfunkstelle

Frequenz kHz	Ruf- zeichen	Sendeleistung	Standort	Bemerkungen
450	FFB		Boulogne-sur-Mer, F	Küstenfunkstelle
450	LHR		Lahr, D	Flugfunkfeuer
450	SAG		Göteborg, S	Küstenfunkstelle
450	UDN		Nowosibirsk, URS	Küstenfunkstelle
450	UFF		Sukhumi, URS	Küstenfunkstelle
450	UNS		Tallinn, URS	Küstenfunkstelle
450	ZO		Zotorada, YUG	Funkfeuer
452	ANS		Ansbach, D	Flugfunkfeuer
452	LZW		Varna, BUL	Küstenfunkstelle
455	SVK		Kerkyra, GRC	Küstenfunkstelle
455	UNM2		Klaipeda, URS	Küstenfunkstelle
458	SPE		Szczecin, POL	Küstenfunkstelle
458	TAN		Izmir, TUR	Küstenfunkstelle
458	TAT		Canakkale, TUR	Küstenfunkstelle
458	UCD9		Jalta, URS	Küstenfunkstelle
458	UKW		Kertch, URS	Küstenfunkstelle
458	UMN		Murmansk, URS	Küstenfunkstelle
460	ZAD		Durres, ALB	Küstenfunkstelle
460	ZAV		Vlore, ALB	Küstenfunkstelle
461	9HD		Malta, MLT	Küstenfunkstelle
461	CND		Agadir, MRC	Küstenfunkstelle
461	LZL	1	Bourgas, BUL	Küstenfunkstelle
461	PCG		Scheveningen, HOL	Küstenfunkstelle
461	PCI		Ijmuiden, HOL	Küstenfunkstelle
461	RMP		Kalinigrad, URS	Sowj. Marine
461	YQI		Costantza, ROU	Küstenfunkstelle
464	J2A		Jibouti, DJI	Küstenfunkstelle
464	OXF		Qaqortoq/Ijerass, GRL	Küstenfunkstelle
464	OXF		Skagen, DNK	Küstenfunkstelle
464	OYR		Aasiaat/Upervavik, GRL	Küstenfunkstelle
464	SAH		Härnösand, S	Küstenfunkstelle
464	SVA		Athen, GRC	Küstenfunkstelle
464	VCO		Sydney, NS, CAN	Küstenfunkstelle
465	SAB		Benghazi, LBY	Küstenfunkstelle
466	CTX	25	Chateauroux, F	Flugfunkfeuer
467	FI		Illertissen, D	Flugfunkfeuer
468	FTZ		Fritzlar, D	Flugfunkfeuer
468	FY		Mainz-Finthen,	Flugfunkfeuer
470	DAO		Kiel, D	Küstenfunkstelle
470	SXE		Aspropyrgos Att., GRC	Griech. Küstenwache
470	UFR		Igarka, URS	Küstenfunkstelle
472	EAF		Finisterre, E	Küstenfunkstelle
472	EAT		Tenneriffa, CNR	Küstenfunkstelle
472	GPK		Portpatrick, G	Küstenfunkstelle
472	SUT		Tor, EGY	Küstenfunkstelle
472	TFA		Reykjavik, ISL	Küstenfunkstelle
472	UGK5		Kaliningrad, URS	Küstenfunkstelle
472	UJO3		Izmail, URS	Küstenfunkstelle
472	UMO		Murmansk, URS	Küstenfunkstelle
472	YUW		Bar, YUG	Küstenfunkstelle
473	FHA		Friedrichshafen, D	Flugfunkfeuer
473	UDC		Jdanov, URS	Küstenfunkstelle
474	DAN		Norddeich, D	Küstenfunkstelle
474	OHX		Vaasa, FIN	Küstenfunkstelle
474	TX		Trier, D	Flugfunkfeuer
475	LZW		Varna, BUL	Küstenfunkstelle
475	SUZ2		Serapeum, EGY	Küstenfunkstelle
475	WT		Wertheim, D	Flugfunkfeuer

Frequenz kHz	Ruf- zeichen	Sende- leistung	Standort	Bemerkungen
476	5AT		Tripoli, LBY	Küstenfunkstelle
476	CTV		Monsanto, POR	Port. Marine (Wetterd.)
476	EAV		Cabo de la Nao, E	Küstenfunkstelle
476	IQX	1	Triest, I	Küstenfunkstelle
476	LGZ		Farsund, NOR	Küstenfunkstelle
476	UGE		Archangelsk, URS	Küstenfunkstelle
476	UJY		Kalinigrad, URS	Küstenfunkstelle
476	URL8		Sevastopol, URS	Küstenfunkstelle
478	FFB		Fürstenfeldbruck, D	Flugfunkfeuer
478	OXI		Nuuk, GRL	Küstenfunkstelle
478	VON		St. John's, Nfld, CAN	Küstenfunkstelle
478	YMH4		Bandirma, TUR	Wetterdienst
478	YMY2		Samsun, TUR	Wetterdienst
479	YKI		Tartous, SYR	Küstenfunkstelle
480	VIB	100	Viterbo Military, I	Funkfeuer
482	SWH		Schwäbisch-Hall, D	Flugfunkfeuer
483	SAA		Karlskrona, S	Küstenfunkstelle
484	4XO		Haifa, ISR	Küstenfunkstelle
484	EAC	5	Cádiz, E	Küstenfunkstelle
484	HOF	100	Hof, D	Flugfunkfeuer
484	SPE		Szczecin, POL	Küstenfunkstelle
484	TFA		Reykjavik, ISL	Küstenfunkstelle
484	UDB		Leninograd, URS	Küstenfunkstelle
484	UFA		Batumi, URS	Küstenfunkstelle
484	YUS	2	Split, YUG	Küstenfunkstelle
487	CTD	3	Ponta Delgada, AZR	Port. Marine
487	CTH		Horta, AZR	Port. Marine
487	CTN		Apulia, POR	Port. Marine
487	FFU		Brest-le-Conquet, F	Küstenfunkstelle
487	ICB	2	Genua, I	Küstenfunkstelle
487	LGP		Bodoe, NOR	Küstenfunkstelle
487	LJN		Ny Ålesund, NOR	Küstenfunkstelle
487	OXZ		Lyngby, DNK	Küstenfunkstelle
487	UHZ		Kherson, URS	Küstenfunkstelle
487	URB2		Klaipeda, URS	Küstenfunkstelle
487	UZT		Mezen, URS	Küstenfunkstelle
488	IDC	2	Cagliari, Sardinien, I	Küstenfunkstelle
488	ILM		Illesheim, D	Flugfunkfeuer
489	ICA	1	Ancona, I	Küstenfunkstelle
489	LZW		Varna, BUL	Küstenfunkstelle
489	OST		Oostende, BEL	Küstenfunkstelle
489	SIL		Siegerland, D	Flugfunkfeuer
489	UKB		Riga, URS	Küstenfunkstelle
489,5	JEL	100	Jelsava, TCH	Flugfunkfeuer
490	LD		Staryava, URS	Seefunkfeuer
490	Not- und Dringlichkeitsfrequenz, Selektivruf			Seefunk
490	XR		Koshani, URS	Seefunkfeuer
492	HDM		Mannheim, D	Flugfunkfeuer
492	TBV	60	Moravska Trebova, TCH	Flugfunkfeuer
500	Not- und Anruffrequenz			Seefunk
507	GBL		Giebelstadt, D	Flugfunkfeuer
510,1	HO		Colmar-Houssen, F	Flugfunkfeuer
512	Anruffrequenz			Seefunk
515	3VX		Tunis, TUN	Küstenfunkstelle
516	CTH		Horta, AZR	Port. Marine
516	IAR5		Rom, I	Küstenfunkstelle
516	LGH		Harstad, NOR	Küstenfunkstelle
516	LGQ		Rogaland, NOR	Küstenfunkstelle

Frequenz kHz	Ruf- zeichen	Sendeleistung	Standort	Bemerkungen
516	SVL		Limnos, GRC	Küstenfunkstelle
516	TAF		Samsun, TUR	Küstenfunkstelle
516	TAL		Antalya, TUR	Küstenfunkstelle
516	TAM		Mersin, TUR	Küstenfunkstelle
516	TAN		Izmir, TUR	Küstenfunkstelle
516	UZB		Sotchi, URS	Küstenfunkstelle
518	5BA		Nikosia, CYP	NAVTEX M
518	CTH		Horta, AZR	NAVTEX
518	CTV		Monsanto, POR	NAVTEX R
518	FFU		Brest-le-Conquet, F	NAVTEX F
518	GCC		Cullercoats, G	NAVTEX G
518	GNI		Niton, G	NAVTEX S
518	GPK		Portpatrick, G	NAVTEX O
518	LGO		Rogaland, NOR	NAVTEX L
518	LGP		Bodoe, NOR	NAVTEX B
518	LGV		Vardoe, NOR	NAVTEX V
518	LZW		Varna, BUL	NAVTEX J
518	OOST		Oostende, BEL	NAVTEX T
518	PCH		Scheveningen, HOL	NAVTEX P
518	SAH		Haemoesand, S	NAVTEX H
518	SDJ		Stockholm, S	NAVTEX J
518	SUZ		Serapeum, EGY	NAVTEX N, X
518	SVL		Limnos, GRC	NAVTEX L
518	TAF		Samsun, TUR	NAVTEX E
518	TAL		Antalya, TUR	NAVTEX F
518	TAN		Izmir, TUR	NAVTEX I
518	TFA		Reykjavik, ISL	NAVTEX R
518	UDC		Jdanov, URS	NAVTEX B
518	UDE		Odessa, URS	NAVTEX C
518	UDN		Novorossijsk, URS	NAVTEX A
518	UFA		Batumi, URS	NAVTEX A
518	UGE		Archangelsk, URS	NAVTEX F
518	UMN		Murmansk, URS	NAVTEX C
518	UNS		Tallinn, URS	NAVTEX U
518	YUS		Split, YUG	NAVTEX Q
518	ZAD		Durres, ALB	Küstenfunkstelle
518	ZAV		Vlore, ALB	Küstenfunkstelle
519	CTQ		Pto. Santo, MDR	Port. Marine
519	IAR25		Rom, I	Küstenfunkstelle
519	OHC		Helsinki, FNL	Küstenfunkstelle
519	UDE		Odessa, URS	Küstenfunkstelle
522	CTV		Monsanto, POR	Port. Marine
522	GLD		Lands End, G	Küstenfunkstelle
522	LGV		Vardoe, NOR	Küstenfunkstelle
522	RWWM		Klaipeda, URS	Sowj. Marine
522	Y5M		Rügen, D	Küstenfunkstelle
523	ULT		Ussel-Thalamy, F	Flugfunkfeuer
524	IQH		Neapel, I	Küstenfunkstelle
524	ODR2		Beiruth, LBN	Küstenfunkstelle
524	TAM		Mersin, TUR	Küstenfunkstelle
524	TAO		Trabzon, TUR	Küstenfunkstelle
524	TAR		Zonguldak, TUR	Küstenfunkstelle
524	TAT		Canakkale, TUR	Küstenfunkstelle
524,6	GI		Amiens-Glisny, F	Seefunkfeuer

12. Abkürzungsverzeichnis

A1A	Morsetelegrafie
AM	Amplitudenmodulation (Rundfunkübertragung)
CEC	Centicycles, Hundertstelschwingung
CW	Morsetelegrafie
ELF	Extreme Low Frequency, Extreme Längswelle
F1B	Fernschreibübertragungsverfahren
FAX	Faksimile-(Bildfunk)-Übertragung
GRI	Group Repetition Interval, Gruppenwiederholungsintervall
HF	Hochfrequenz
kHz	Kilohertz = 1.000 Hz (Hertz) Frequenzeinheit
kW	Kilowatt, 1 kW = 1.000 W (Watt) Sendeleistung
KW	Kurzwelle
LF	Low Frequency, Langwelle
LW	Langwelle
LOP	Line of Position, Positionslinie
LORAN	Long Range Aid to Navigators, Langstreckennavigationsverfahren
LOWFERS	Low Frequency Experimental Radio Station
MF	Medium Frequency, Mittelwelle
MW	Mittelwelle
NAVTEX	Naval Text System
Rpm	Rotations per minute, Umdrehungen pro Minute
sm	Seemeile = 1.852 m
SSB	Einseitenband-Sprechfunk
VLF	Very Low Frequency, Längswelle

13. Literatur- und Quellennachweis

- [1] Hertz H.: Über elektrodynamische Wellen im Luftraume und deren Reflexion. Wiedemanns Ann. Phys. 34, S. 610
- [2] Hertz H.: Gesammelte Werke Bd. 1: Schriften verschiedenen Inhalts. Bd. 2: Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft. Bd. 3: Prinzipien der Mechanik. J.A. Barth, Leipzig, 1894/95 und Sändig Reprint Verlag, Vaduz/Liechtenstein 1984
- [3] Hertz H.: Über Strahlen elektrischer Kraft. Sitzungsbericht der Berliner Akademie vom 13. Dez. 1888. Wiedemanns Ann. Phys. 36, 1889, S. 769, und [2] Bd. 2, S. 184.
- [4] Hertz H.: Über die Beziehungen zwischen Licht und Electricität. Vortrag bei der 62. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Heidelberg am 20. Sept. 1889. Bd. 1, S. 339
- [5] Hertz H.: Über sehr schnelle elektrische Schwingungen. Wiedemanns Ann. Phys. 31, 1887. S. 421 und [2] Bd. 2, S. 32.
- [6] Marconi G.: Signals across the Atlantic. Elec. World 38, 1901, p. 1023
- [7] Burkhardtmaier W.: 75 Jahre Sendertechnik bei AEG-Telefunken, 7900 Ulm, N 191.903.0
- [8] Dewald H.: Interessante Lorenz-Daten über die Entwicklung der Telephonie und Telegrafie, Lorenz-Berichte Nr. 4/1934
- [9] Schulze-Herringen E., Heinecke E., Gerth F.: Meilensteine der Großsendertechnik, 75 Jahre Lorenz, Festschrift der C. Lorenz AG, Stuttgart, 1955
- [10] Herold, K.: Probleme der Wirksamkeit und Zuverlässigkeit der Fernmeldemittel zur Führung von Unterseebooten, Truppenpraxis, Heft 8/1963 und 9/1963
- [11] Burkhardtmaier W.: Antennen- und Anlagentechnik bei AEG, Dr. Alfred Hüthig Verlag, Heidelberg 1987

14. Leserservice

Der **Siebel Verlag** befaßt sich ganz speziell mit der Herausgabe und dem Vertrieb von Büchern zum Hobby Weltempfang/Kurzwellenhören. Unser Leserservice liefert alle interessanten Bücher per Post überall hin – egal, ob Sie in Wanne-Eickel, Wien oder Wellington wohnen. Ausführliche Informationen über sämtliche von uns angebotenen Bücher enthält der Funk-Buch-Katalog, den wir auf Anfrage kostenlos und unverbindlich verschicken. Nachfolgend eine Kurzvorstellung der wichtigsten Titel.

Zusatzgeräte für den Funkempfang

In diesem Buch werden alle Zusatzgeräte für den Funkempfang vorgestellt, in der Anwendung erklärt und beurteilt, z.B.: Decoder für den Empfang von Funkfern schreiben (RTTY) und Morsezeichen (CW), Bildfunk-Konverter (FAX), Lang- und Längstwellen-Konverter (LW/VLF), Aktivantennen, Mittelwellen-Rahmenantennen, Anpaßgeräte, NF-Filter, Notch-Filter u.a., 96 Seiten im Großformat (fast DIN A4) mit vielen Fotos. Preis: DM 19,80



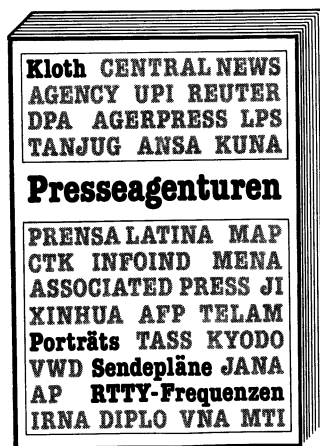
Antennen-Ratgeber

Alles über Außenantennen, Innenantennen und Aktivantennen. Handfeste, praxisgerechte Informationen, wertvolle Ratschläge und Anleitungen für den Laien, der ohne große Mühe die richtige Antenne für erfolgreichen Funkempfang einsetzen will. 128 Seiten mit vielen Abbildungen. Preis: DM 19,80

Presseagenturen

Porträts – Sendepläne – RTTY-Frequenzen

Die Presseagenturen in aller Welt versorgen ihre Kunden – hauptsächlich Zeitungsredaktionen, Rundfunk- und Fernsehanstalten, Regierungsstellen und Privatkunden – mit aktuellen Nachrichten und vielen anderen Informationen. Viele der Agenturen bedienen sich der Übertragung per Funkfern schreiben (RTTY) auf Kurz- und Langwelle. In diesem Buch werden alle Agenturen vorgestellt und die kompletten Sendepläne (mit Sendezeit und Sendefrequenzen) veröffentlicht. Interessenten erfahren zudem die Voraussetzungen zum autorisierten Empfang. 128 Seiten. Preis: DM 21,80



Spezial-Frequenzliste 9 kHz – 30 MHz

SSB-CW-FAX-RTTY – See- und Flugfunk, Wetterfunk, Presseagenturen, Zeitzeichen und spezielle Funkdienste...

Das unentbehrliche Nachschlagewerk über die „speziellen“ Sender auf Kurzwelle. Über 10.000 Sendernennungen über sämtliche Funkdienste (ausgenommen Rundfunk) mit allen wichtigen Angaben. 320 Seiten. Preis: DM 34,80

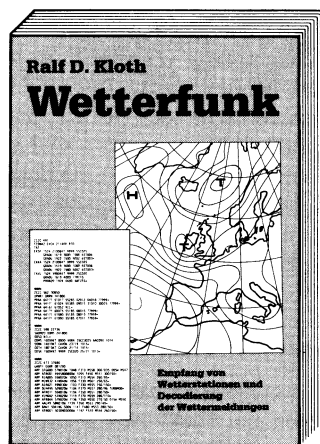
Rechtstips für Funkamateure und Kurzwellenhörer

Rechtsanwalt Dr. Wendt gibt in verständlicher Form Antwort auf alle rechtlichen Fragen, die sich dem KW-Hörer stellen (z.B.: Ihr Recht beim Gerätekauf – Wer darf was hören? – Wer darf welches Gerät benutzen? – Antennenverbote – Ärger mit dem Vermieter – etc.). 112 Seiten. Preis: DM 15,80

Wetterfunk

Dieses Buch befaßt sich ausführlich mit dem Empfang von Wetterdiensten (Meteostationen) und der Decodierung der Wettermeldungen. In der Einführung erfährt der Leser kurz das Wichtigste über die Wettererscheinungen und über die Arbeit der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) und deren Dienste World Weather Watch (WWW) und Global Telecommunication System (GTS).

Im Hauptteil werden die verschiedenen Typen von Wettermeldungen (SYNOP, SHIP, TEMP, PILOT, METAR, SPECI, TAF, IAC, AIREP und andere) ausführlich erklärt und anhand von Beispielen erläutert. Außerdem findet der Anwender in diesem Buch eine detaillierte Übersicht über sämtliche Wetterfunkdienste inklusive aller Frequenzangaben (RTTY und FAX). Der Anhang enthält Listen der Wetterbeobachtungsstationen und der ICAO-Flugplatzkennungen. 288 Seiten, Preis: DM 29,80



Flugfunk

Dieses völlig neubearbeitete Buch gibt einen kompletten Überblick über die vielfältigen Seiten des Flugfunks: Regionaler Flugfunk auf UKW: Einführung, Geräte, Funkbetrieb, Rufzeichen, Praxisbeispiele / Frequenzliste: UKW-Flugfunk (VHF/UHF) / Flughäfen und Kontrollzentren.

Weltweiter Flugfunk auf KW: Einführung, Technik, Funkbetrieb / Frequenzliste: Flugfunk auf KW / Stationsliste / Betriebsfrequenzen der Fluggesellschaften / Wetterfunk (VOLMET) mit ausführlichen Erläuterungen / Fester Flugfunkdienst auf KW / Navigationsfunkdienste. Ergänzt wird das Buch durch umfangreiche Abkürzungs- und ICAO-Code-Verzeichnisse. Ein überaus informatives, leichtverständliches und anschauliches Buch zu einem faszinierenden Funk-Thema!

2., völlig neubearbeitete und erweiterte Auflage 1990. 176 Seiten mit vielen Fotografien und Abbildungen. Preis: DM 26,80

Sender & Frequenzen

Jahrbuch für weltweiten Rundfunk-Empfang

Dieses Standardwerk sollte neben keinem Empfänger fehlen. Es enthält alle wichtigen Informationen über sämtliche hörbaren Rundfunksender aus über 170 Ländern der Erde: Sendefrequenzen, Sendezeiten, Sendepläne, wertvolle Hinweise auf die besten Empfangschancen, Adressen und viele interessante Tips. Weiterhin: Hörfahrpläne der deutsch-, englisch- und französischsprachigen Rundfunksender für Hörer in Europa sowie die komplette Frequenzliste der Rundfunksender auf Langwelle, Mittelwelle, Tropenband und Kurzwelle von 150 kHz bis 30 MHz. 496 Seiten mit vielen Abbildungen. Preis: DM 39,80 (im Preis inbegriffen: Lieferung von drei Nachträgen (je 32 Seiten) mit allen up-to-date Informationen im Laufe des Jahres.

Weltempfänger-Testbuch

Endlich „Durchblick“ im Geräte-Angebot. Wir sagen klipp und klar, welche Empfänger – für wen und für welchen Zweck – etwas taugen, und welche nicht! Ausführliche Vorstellungen und Beurteilungen sämtlicher Weltempfänger. Außerdem viele leichtverständliche Erläuterungen und Erklärungen zur KW-Empfänger-Technik. 176 Seiten im Großformat (fast DIN A4) mit vielen Fotos und Abbildungen. Preis: DM 26,80



Rundfunk auf UKW

Dieses Buch befaßt sich mit unserem heimischen Rundfunk und gibt einen detaillierten Überblick über alle Rundfunkanstalten und Privatradios. Sie finden darin ausführliche Sendertabellen und eine komplette UKW-Frequenzliste (Deutschland und angrenzendes Ausland) sowie ein Kapitel mit Technik-Tips für besseren Empfang. Damit ist dieses Buch eine große Hilfe für jeden Rundfunkhörer. 160 Seiten, Preis: DM 15,80

Seefunk auf allen Meeren

Handbuch für weltweiten Seefunkempfang

Praxisnahe Einführung: Funkverfahren, Frequenzbereiche, Funkstellen, Rufzeichen, Verkehrsabwicklung, Empfang von Seefunksendungen.

Hauptteil: alle wichtigen Frequenzinformationen über die Küstenfunkstellen in aller Welt. Zahlreiche Hinweise auf See-Wetterberichte u.a. Sendungen mit Frequenzen und Sendezeiten. Umfangreiche Frequenzliste, Rufzeichenliste, verschiedene Abkürzungsverzeichnisse, viele Erläuterungen sowie Informationen über Amateurfunk auf Yachten, Seefunkgeräte und nützliche technische Einrichtungen.

320 Seiten, viele Karten, Preis: DM 29,80

UKW-Sprechfunk-Handbuch VHF/UHF-Frequenzliste 30 MHz – 400 GHz

Alle interessanten Informationen über den UKW-Sprechfunk, z.B. Frequenz- und Kanaltabellen sowie ausführliche Erläuterungen zu den verschiedenen Funkdiensten wie Betriebsfunk, Autotelefon, Sicherheitsdienste (BOS), Seefunk, Rheinfunk, Flugfunk, Zugfunk u.a., 160 Seiten, Preis: DM 19,80

Scanner – UKW-Sprechfunk-Empfänger Informationen & Testberichte

Obwohl der Betrieb der Scanner verboten ist, werden Empfänger für den UKW-Sprechfunkbereich hunderttausendfach verkauft. Dieses neue Buch erläutert auf seriöse Weise, was es mit diesen „verbotenen“ Geräten auf sich hat und welche Funkdienste man damit – theoretisch – empfangen kann. Was erlaubt und was verboten ist, wird konkret erklärt.

Im Hauptteil des Buches werden alle aktuellen Geräte, vom Handscanner bis hin zum professionellen Überwachungsempfänger, ausführlich vorgestellt und beurteilt. Ein weiteres Kapitel befaßt sich mit den dazugehörigen Antennen.

Dieses Buch vermittelt umfangreiche Informationen zum Thema UKW-Sprechfunk und gibt viele nützliche Tips für alle, die sich für dieses reizvolle Thema interessieren.

Neuerscheinung 1991, 112 Seiten, viele Abbildungen, Preis: DM 19,80.



Bestellung: Postkarte genügt!

Wir liefern innerhalb weniger Tage mit Rechnung. Auch ins Ausland.

Den aktuellen **Funk-Buch-Katalog** erhalten Sie auf Anfrage kostenlos.

Bitte richten Sie Ihre Anfragen und Bestellungen an folgende Adresse:

Siebel Verlag GmbH – Leserservice

Auf dem Steinbüchel 6, D-5309 Meckenheim
Telefon: (0 22 25) 30 32, Telefax (0 22 25) 33 78

Entdecken Sie das faszinierende Spektrum eines bislang weitgehend unbekannten Frequenzbereiches! Eine erstaunliche Vielfalt hochinteressanter Funkdienste ist im VLF- und LW-Bereich zu finden, von der U-Boot-Kommunikation über Navigationsfunk und Funkfeuer bis hin zu Wetterdiensten, Nachrichtenagenturen und Rundfunk.

Der Autor informiert zunächst über die technische Entwicklung und über die Besonderheiten der Lang- und Längswellen. Dann werden die Funkdienste vorgestellt, die in diesem Bereich arbeiten. Einige Stichworte:

Militärische Nutzung der Längswelle (U-Boot-Kommunikation) – Navigationsfunk OMEGA, ALPHA, LORAN-C, DECCA – Funkfeuer (Radiobaken) – Rundfunk auf LW – Seefunkdienst und NAVTEX – Wetterdienste (inkl. DWD-FAX) – Presseagenturen (dpa, VWD, sid, etc.).

Ein besonderes Kapitel befaßt sich mit der Empfangspraxis: Empfänger, VLF/LW-Konverter, Antennen und tatsächliche Empfangsmöglichkeiten. Dazu gehört eine ausführliche Frequenzliste mit rund 1.900 (!) Sendernennungen im Bereich von 9 kHz bis 524 kHz.