

Konverter für das 2-m-Band

DX-Empfang auf 144 MHz

Die stets spannende Wellenjagd im Kurzwellen-Bereich lässt sich auf das 2-m-Amateurband ausdehnen, wenn man dem (Welt-)Empfänger diesen Konverter vorsetzt. Dem Einstieg in die nicht minder spannende Welt der ultrakurzen Wellen steht dann nichts mehr im Weg. Die Kombination mit dem AM/FM/SSB-Empfänger, der in Elektor 1/99 und 2/99 beschrieben wurde, ergibt ein ideales Empfänger-Gespann.



G. Baars, PE1GIC

In den Kreisen der Funkamateure ist das 2-m-Band weltweit seit langem sehr beliebt. Für den Amateurfunk wurden in den meisten europäischen Ländern die Frequenzen zwischen 144 MHz und 146 MHz freigegeben, in einigen anderen Ländern wie den USA und Australien reicht das Band von 144 MHz bis 148 MHz. Traditionsgemäß werden hier Nahverbindungen über Entfernungen bis etwa 100 km abgewickelt, wobei Schmalband-FM (NBFM) die bevorzugte Modulationsart ist und die Sendeleistungen in der Größenordnung von 50 W liegen. Da im VHF-Bereich schon kleine Antennen gute Wirkungsgrade zeigen und vor allem die japanische Industrie preiswerte portable

Geräte auf den Weltmarkt brachte, ist das 2-m-Band gleichzeitig die Heimat der mobilen Kommunikation. Die zahlreichen von Amateuren errichteten und betriebenen 2-m-Relais-Stationen unterstreichen dies.

Der untere Bereich des 2-m-Bandes ist für Schmalband-Betriebsarten wie CW (Morsen) und SSB (Einseitenband-Modulation) reserviert. Wegen der geringeren Bandbreite und des besseren Signal-Rausch-Verhältnisses bei schwachen Signalen lassen sich mit diesen Betriebsarten größere Reichweiten erzielen als mit NBFM. Beim Hineinhören in den Bereich zwischen 144,000 MHz und 144,400 MHz hat man den Eindruck, dass sich die dort etablierten Aktivitäten nicht wesentlich von den höheren Kurzwellen-Bändern unterscheiden. Mit einer guten Richtantenne (z. B. Yagi) kann man CW-Zei-

chen von Low-Power-Funkbaken ebenso empfangen wie SSB-Signale von Stationen, die weit außerhalb der Reichweite von NBFM liegen.

SCHRITT FÜR SCHRITT

Der Einstieg in das faszinierende Amateurfunk-Hobby beginnt bei vielen Hobbyisten mit der Anschaffung eines Kurzwellen-Empfängers aus zweiter Hand. Meistens handelt es sich um einen sogenannten Allwellen-Empfänger, der im Bereich zwischen 150 kHz und 30 MHz CW-, SSB-, AM-, FM- und RTTY-Signale empfangen kann. Ein typisches Beispiel ist der Yaesu FRG-7, dessen Konstruktion zwar mehr als 25 Jahre zurückliegt, der aber unter Funkamateuren immer noch hoch gehandelt wird. Der nächste Schritt wäre die Anschaffung eines ähnlich ausgestatte-

ten 2-m-Empfängers, doch das würde noch einmal hohe Investitionen notwendig machen. Eine gute Lösung ist hier, dem Allwellen-Empfänger einen Konverter vorzuschalten, der das 2-m-Band in einen Kurzwellen-Bereich umsetzt. Wenn der Empfänger für den Empfang von Schmalband-FM-Signalen (NBFM) geeignet ist, kann der lokale Sprechfunk-Verkehr des 2-m-Bandes im Kurzwellenbereich des Empfängers verfolgt werden.

Der Empfang von DX-Stationen (Stationen außerhalb des Nahbereichs) ist im 2-m-Band in aller Regel nur mit leistungsstarken Richtantennen an hohen, freien Standorten möglich. Der

Antennengewinn sollte mindestens 10 dB betragen, und für die Verbindung mit dem Empfänger ist spezielles, verlustarmes Koaxkabel ein unbedingtes Muss. Auch im Zeitalter der extrem rauscharmen aktiven Hochfrequenz-Bauelemente gilt immer noch die alte Weisheit, dass eine gute Antenne besser als jeder Vorverstärker ist.

Unser 2-m-Konverter folgt der im Amateurfunk üblichen Praxis, den Bereich 144...146 MHz in den Bereich 28...30 MHz (10-m-Band) umzusetzen.

SCHALTUNGS-TECHNISCHES

Die Schaltung des 2-m-Band-Konverters ist in Bild 1 wiedergegeben. Beteiligt sind nur fünf aktive Bauelemente; sie gehören alle zur Gruppe der gängigen und preiswerten Komponenten.

Die vier Funktionen, die in der Schaltung vertreten sind (Oszillator, Mischer, Ein- und Ausgangsstufe), werden nun der Reihe nach besprochen.

Oszillator

Transistor T1 arbeitet zusammen mit Schwingquarz X1 als Oszillator. Die Ausgangsfrequenz beträgt 38,667 MHz und entspricht der dritten Obertonfrequenz des Quarzes. Mit Trimmer C1 lässt sich die Oszillatorfrequenz auf den exakten Wert abgleichen. Das Oszillator-Signal gelangt über C6 zur Basis von T2, der die Oszillatorfrequenz verdreifacht. Der aus L3 und Trimmer C7 bestehende Kollektorschwingkreis ist auf 116 MHz abgestimmt. Das Verdreifacher-Ausgangssignal hat eine Amplitude von ungefähr 100 mVss; es wird über L4 induktiv ausgekoppelt und über C9 dem Mischer zugeführt.

Mischer

Aktives Bauelement des Mixers ist ein Dual-Gate-MOSFET des Typs BF961 (T4). An Gate 1 des MOSFET

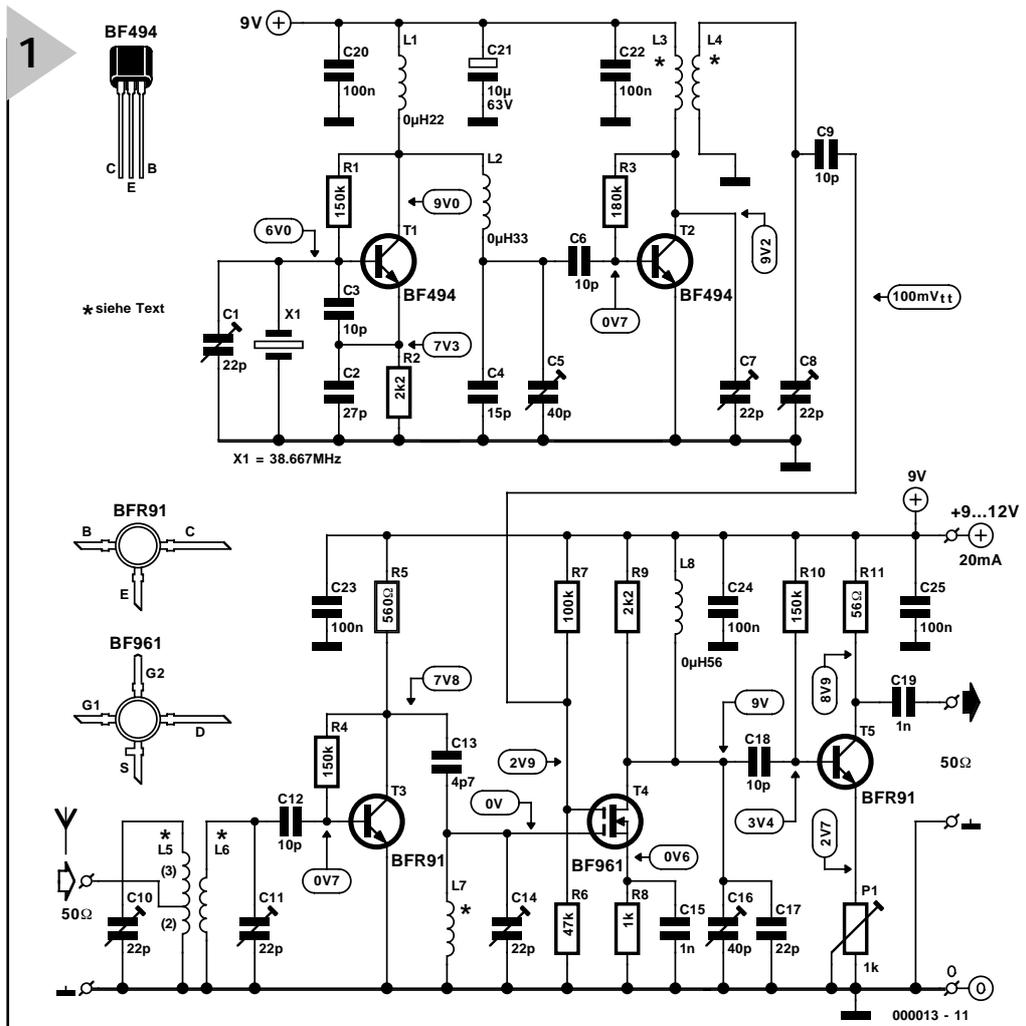


Bild 1. Der 2-m-Band-Konverter arbeitet mit gängigen HF-Bauelementen.

liegt das Oszillator-Signal, an Gate 2 das von der Vorstufe (T3) kommende Empfangssignal. Gate 2 ist durch Spannungsteiler R6/R7 auf eine feste Vorspannung von ungefähr 2,9 V eingestellt, während Gate 1 für Gleichspannungen an Masse liegt. Bei dieser Schaltungs-Konfiguration bestimmen die Widerstände an Gate 2 die Mischer-Verstärkung. Die Mischprodukte, die am Drain-Anschluss von T4 erscheinen, sind Signale mit den Frequenzen $144 \text{ MHz} + 116 \text{ MHz} = 260 \text{ MHz}$, $144 \text{ MHz} - 116 \text{ MHz} = 28 \text{ MHz}$ sowie das ursprüngliche Oszillator-Signal mit der Frequenz 116 MHz. Der aus L8, C16 und C17 bestehende Mischer-Ausgangskreis ist auf 28 MHz abgestimmt. Wegen des großen Abstands zu den Frequenzen 116 MHz und 260 MHz werden diese Signal-Komponenten genügend abgeschwächt.

Eingangsstufe

Die Antenne ist über ein Bandfilter (C10/L5 und C11/L6) induktiv an die Basis des rauscharmen VHF-Transistors T3 (BFR91) gekoppelt. Das für die Empfangsfrequenz 144 MHz dimensionierte Bandfilter unterdrückt Spiegelfrequenz-Signale im Bereich $116 \text{ MHz} - 28 \text{ MHz} = 88 \text{ MHz}$, gleich-

zeitig passt es den Eingang an die Antennen- und Kabelimpedanz

an den Eingang an die Antennen- und Kabelimpedanz von 50Ω an. Das verstärkte Empfangssignal gelangt über C13 zum Gate 1 des Misch-Transistors.

Ausgangsstufe

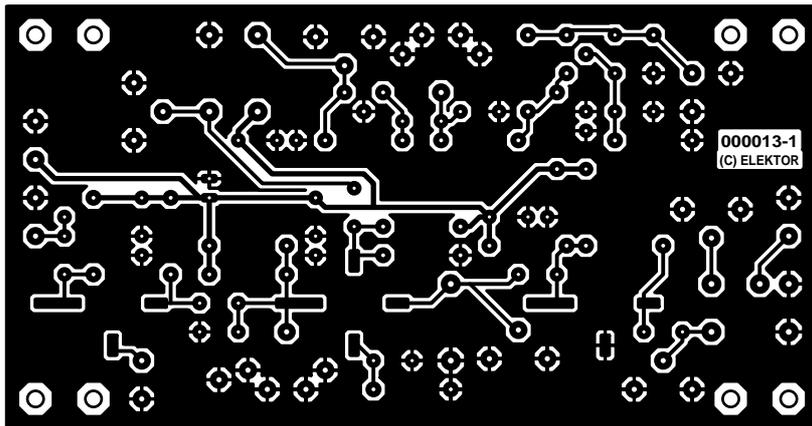
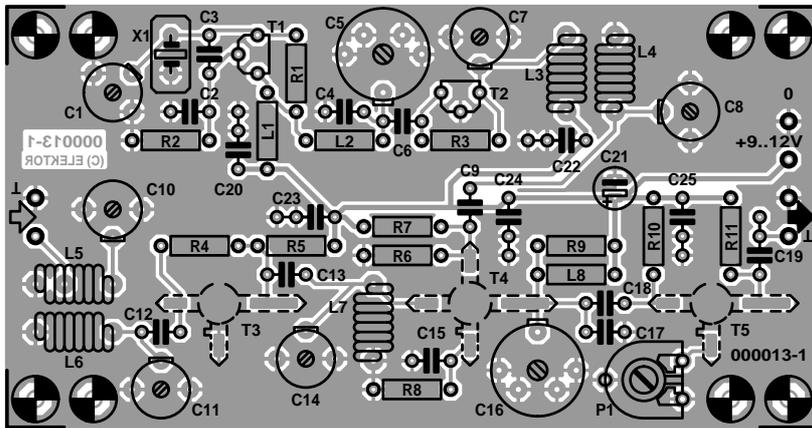
Hauptaufgabe der Ausgangsstufe mit T5 (ebenfalls ein BFR91) ist die Anpassung an den Eingang des Kurzwellen-Empfängers, dessen Impedanz ebenfalls 50Ω beträgt. Die Ausgangsverstärkung lässt sich mit Poti P1 so einstellen, dass der Empfänger-Eingang nicht übersteuert wird.

Stromversorgung

Der 2-m-Band-Konverter muss von einem stabilisierten und gut entkoppelten Netzteil mit Strom versorgt werden, die Betriebsspannung darf zwischen 9 V und 12 V liegen. Die Stromaufnahme beträgt ungefähr 20 mA.

WICKELN UND LÖTEN

Für den 2-m-Band-Konverter wurde eine einseitige Platine entworfen, Bild 2 zeigt das Layout und den Bestückungsplan. Bevor man mit den Platinen-Lötarbeiten beginnt, fertigt man zweckmäßigerweise die Spulen



L3...L7 an, was nicht so schwierig ist, wie man vielleicht denkt. Auf einen Rundstab von 4,5 mm Durchmesser (z. B. Bleistift oder Spiralbohrer) werden 5 Windungen versilberter Kupferdraht gewickelt; der Drahtdurchmesser soll ca. 0,8 mm betragen. Die Spule wird vom Wickelkörper abgestreift und auf eine Länge von etwa 1 cm auseinander gezogen. Spule L5, an die später die Antenne angeschlossen wird, erhält vom Masse-Anschluss aus gesehen an der 2. Windung einen Abgriff. An dieser Stelle wird einfach ein kurzes Drahtstück angelötet. Die Lötstelle darf die benachbarten Windungen natürlich nicht berühren. Auf der Platine müssen die gekoppelten Spulen L5 und L6 ebenso wie L3 und L4 einen Abstand von ca. 1 mm haben.

Außer den Transistoren T3, T4 und T5 können jetzt alle Bauteile auf der Platine montiert werden. Dabei ist Sorgfalt oberstes Gebot, bei einer HF-Schaltung ist sachgemäßes Arbeiten besonders wichtig!

Um die parasitären Kapazitäten so niedrig wie möglich zu halten, werden die Transistoren T3 und T5 (BFR91) sowie T4 (BF961) auf der *Platinen-Unterseite (Lötseite)* montiert. Im Bestückungsaufdruck auf der Platinen-Oberseite sind diese Transistoren nur angedeutet. Besonders wichtig ist, dass die Transistor-Anschlüsse nicht verwechselt werden. Beim BFR91 führt der längste Anschlussdraht zum Kol-

lektor, während beim BF961 eine kleine Markierung den Source-Anschluss kennzeichnet und der längste Draht der Drain-Anschluss ist.

Die aufgebaute Platine muss in einem abschirmenden Metallgehäuse untergebracht werden. Für den Antennen-Eingang und den Ausgang zum nachfolgenden Empfänger sind BNC- oder SO239-Buchsen geeignet; sie werden über Koaxkabel (z. B. RG174 oder RG58) mit der Platine verbunden.

NÜTZLICHER HELFER

Hilfestellung bei den anschließenden Einstellarbeiten leistet ein einfacher, universeller HF-Tastkopf; Bild 3 zeigt die Schaltung und den Aufbau. Der Tastkopf besteht aus einem Stück Alu-Rohr (ein ausgedienter und gesäubert metallener Filzstift leistet gute Dienste), in das zwei Dioden und zwei kleine Kondensatoren eingebaut werden. Als Messspitze kann ein kurzes Stück Kupfer- oder Schweißdraht dienen, das wegen des besseren Kontakts zum Messobjekt spitz zugefeilt wird. Die Wahl des Diodentyps ist nicht allzu kritisch. Während man mit SHF-Dioden, z. B. mit der 1S99, bis in den GHz-Bereich messen kann, genügen für die VHF-Messungen am 2-m-Band-Konverter Dioden wie die gängige BAT82.

Mit dem Tastkopf sind nur relative Messungen möglich, was den Abgleich von Schwingkreisen auf Resonanz

Bild 2. Layout und Bestückungsplan für die Schaltung in Bild 1. Drei Transistoren werden auf der Lötseite montiert!

Stückliste

Widerstände:

R1, R4, R10 = 150 k
 R2, R9 = 2k2
 R3 = 180 k
 R5 = 560 Ω
 R6 = 47 k
 R7 = 100 k
 R8 = 1 k
 R11 = 56 Ω
 P1 = 1 k Trimpoti

Kondensatoren:

C1, C7, C8, C10, C11, C14 = 22 p
 Trimmkondensator
 C2 = 27 p
 C3, C6, C9, C12, C18 = 10 p
 C4 = 15 p
 C5, C16 = 40 p Trimmkondensator
 C13 = 4p7
 C15, C19 = 1 n, Raster 5mm
 C17 = 22 p
 C20, C22-C25 = 100 n keramisch
 C21 = 10 μ/63 V stehend

Induktivitäten:

L1 = 0,22 μH Festinduktivität
 L2 = 0,33 μH Festinduktivität
 L3 - L7 = 5 Windungen versilberter
 Schalldraht, 0,8 mm Durchmesser,
 Innendurchmesser 4, 5 mm, Länge
 10 mm, Abstand zwischen den
 gekoppelten Spulen 1 mm,
 Anzapfung 2 Windungen vom
 masseseitigen Ende (siehe Text)
 L8 = 0,56 μH Festinduktivität

Halbleiter:

T1, T2 = BF494
 T3, T5 = BFR91
 T4 = BF961

Außerdem:

X1 = Quarz, 38,667 MHz (3.
 Harmonische)
 Platine EPS 000013-1 (siehe
 Serviceanzeige in der Heftmitte)
 Gehäuse z.B. Hammond 1590B
 56 mm × 107 mm × 25 mm
 (Innenabmessungen)

einschließt. Der Tastkopf belastet das Messobjekt nur unwesentlich, er benötigt keine Verbindung mit Masse. Die Ausgangsspannung wird mit einem vorzugsweise analog anzeigenden Multimeter gemessen. Am Zeigerausschlag eines Drehspulinstruments sind relative Messwert-Änderungen besser erkennbar als auf der Digitalanzeige eines modernen Multimeters.

EINSTELLUNGEN

Vor Beginn der Einstellarbeiten wird Trimmkondensator C1 in Mittelstellung gebracht, alle übrigen Trimmer werden auf volle Kapazität gestellt.

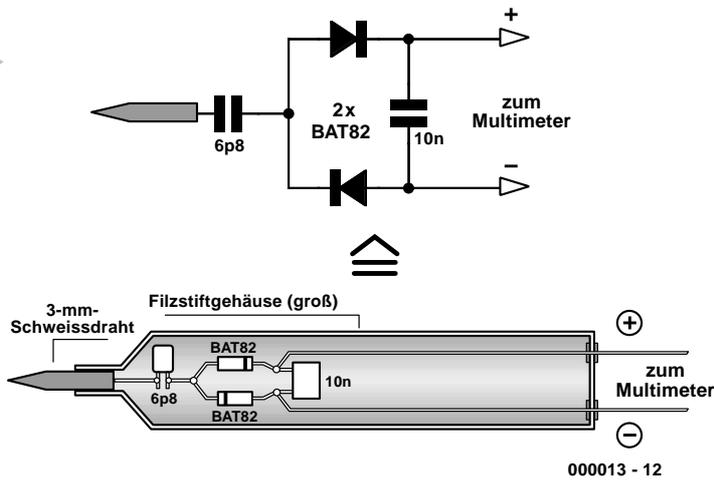


Bild 3. Mit diesem einfachen HF-Tastkopf sind die Einstellarbeiten schnell erledigt.

Danach verbindet man den Konverter mit dem Empfänger, bringt P1 in Mittelstellung und schaltet die Betriebsspannung ein. Die Stromaufnahme wird gemessen, sie muss ungefähr 20 mA betragen. Wenn das zutrifft, kann mit der nachfolgend beschriebenen Einstellprozedur begonnen werden. In der Beschreibung bedeutet "heiß", dass ein hochfrequentes Signal anliegt, und "kalt" besagt, dass eine hochfrequente Verbindung mit Masse oder der Betriebsspannung besteht. "Maximum" steht für maximalen Ausschlag des an den Tastkopf angeschlossenen Messinstruments bzw. des S-Meters am Empfänger. Absolute Werte brauchen (und können) nicht gemessen werden; sie sind hier auch nicht wichtig, es kommt stets nur auf das Maximum an.

1. Der Tastkopf wird an das heiße Ende von C5 gelegt, C5 wird auf Maximum eingestellt.
2. Mit der Tastkopf-Spitze berührt man L3 an einer Stelle, die etwa 1 Windung vom kalten Ende entfernt liegt. C7 wird auf das erste Maximum eingestellt, das beim Drehen von C7 in Richtung niedrigerer Kapazität auftritt. Beim zweiten Maximum wäre der Ausgangskreis von T2 nicht auf der dreifachen, sondern auf der vierfachen Quarzfrequenz in Resonanz.
3. Es folgt die Einstellung von C8 auf Maximum, wobei die Tastkopf-Spitze Spule L4 etwa 1 Windung vom kalten Ende entfernt berühren muss. Auch hier ist das erste auftretende Maximum einzustellen.
4. C10, C11 und C14 werden in Mittelstellung gebracht.
5. Nachdem die Empfangsfrequenz des nachgeschalteten Empfängers auf 28,800 MHz eingestellt wurde, wird mit C16 das Empfängergeräuschen auf Maximum eingestellt.
6. Für den nächsten Schritt wird ein relativ starkes Signal im Bereich 144,800...145,000 MHz benötigt

(Funkamateure in der Nähe oder HF-Messsender). C10, C11 und C14 werden auf maximalen Empfang eingestellt. Falls kein ausgeprägtes Maximum auftritt, muss das Eingangssignal etwas abgeschwächt werden.

7. Die Oszillator-Frequenz lässt sich mit C1 so einstellen, dass die vom Empfänger angezeigte Frequenz der Frequenz des Antennensignals

minus 116 MHz entspricht, z. B. 28,800 MHz = 144,800 MHz.

8. Ohne Signal am Konverter-Eingang wird P1 so eingestellt, dass das S-Meter des Empfängers auf Null oder knapp darüber steht.
9. Zum Schluss stimmt man den Empfänger auf eine beliebige schwache Station ab und stellt C10, C11 und C14 so ein, dass das S-Meter maximal ausschlägt.

Damit sind die Einstellarbeiten beendet.

WETTER - SATELLITEN

Wenn man die Oszillatorfrequenz auf 109 MHz herabsetzt, können mit dem Konverter die Signale der im Bereich um 137 MHz operierenden Wettersatelliten empfangen werden. Erforderlich ist ein 36,333-MHz-Quarz, der ebenfalls auf dem 3. Oberton schwingt. Um die im Vergleich zum 2-m-Amateurband etwas niedrigeren Frequenzen optimal empfangen zu können, müssen alle beschriebenen Einstellungen angepasst werden.

(000013-1)gd

Bandaufteilung im Bereich 144...146 MHz (IARU-Empfehlung)

144,000...144,500 MHz

Reserviert für DX-Verkehr. Wichtigste Teilbänder:

144,000...144,025:	EME (Erde-Mond-Erde, "Moonbounce")
144,050:	CW-Anrufrequenz
144,100:	Meteor-Scatter in CW
144,150:	DX-Verkehr in CW
144,300:	SSB-Anrufrequenz
144,400...144,490:	Funkbaken
144,490...144,500:	Funkbaken-Beobachtung, kein Sendebetrieb

144,500...144,800 MHz

Alle Betriebsarten, einschließlich

144,500:	SSTV-Anrufrequenz
144,600:	RTTY-Anrufrequenz
144,700:	FAX-Anrufrequenz
144,750:	ATV-Anrufrequenz

144,800...144,990 MHz

Digitale Datenübertragung (Packet Radio)

145,000...145,1875 MHz

Relais-Uplink (Raster 12,5 kHz, Versatz 600 kHz)

145,200...145,5875 MHz

Simplex-Verkehr (FM, Raster 12,5 kHz)

145,600...145,7875 MHz

Relais-Downlink (Raster 12,5 kHz, Versatz 600 kHz)

145,800...146,0000 MHz

Satelliten-Verbindungen