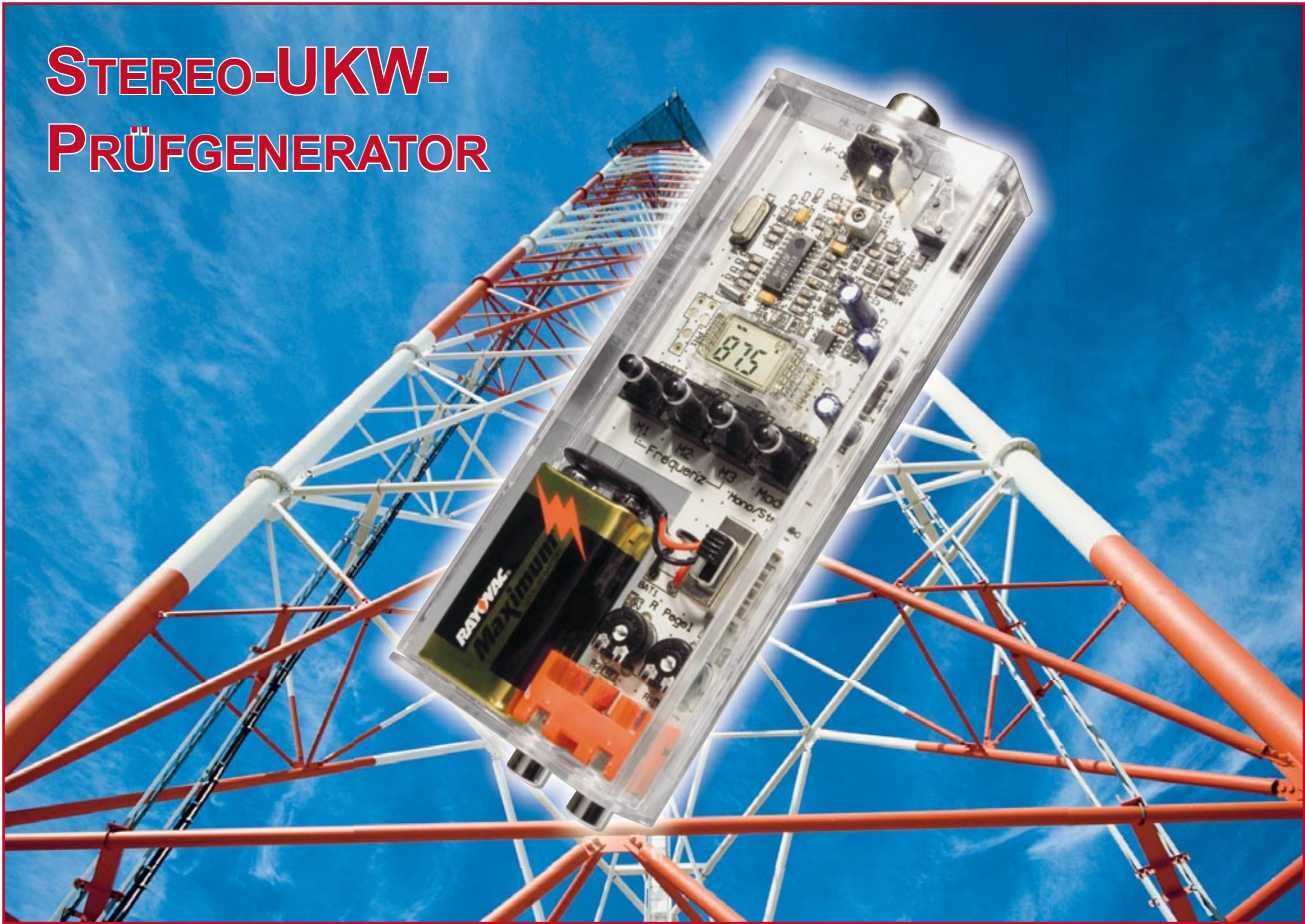


# STEREO-UKW-PRÜFGENERATOR



**Ein immer wieder benötigtes Testgerät, das in keiner (Radio-) Werkstatt und keinem Servicekoffer fehlen sollte – ein mobiler Stereo-UKW-Prüfgenerator mit PLL-Steuerung und LC-Display zur Frequenzanzeige. Damit lassen sich sehr einfach UKW-Tuner, Autoradios und sonstige Empfangsgeräte prüfen bzw. abgleichen. Ein wesentliches Feature gegenüber der Vorgänger-Generation ist der PLL-Synthesizer, der immer ein frequenzstabiles Ausgangssignal erzeugt. Es lassen sich drei Festfrequenzen abspeichern, die dann bequem über Taster abrufbar sind. Über den externen Audio-Eingang können Testsignale eingespeist werden. Die Modulation erfolgt wahlweise in Mono oder Stereo. Für den Anschluss an das Empfangsgerät steht eine Koaxial-Buchse (75 Ω) zur Verfügung.**

## Testgerät mit Hightech-Baustein

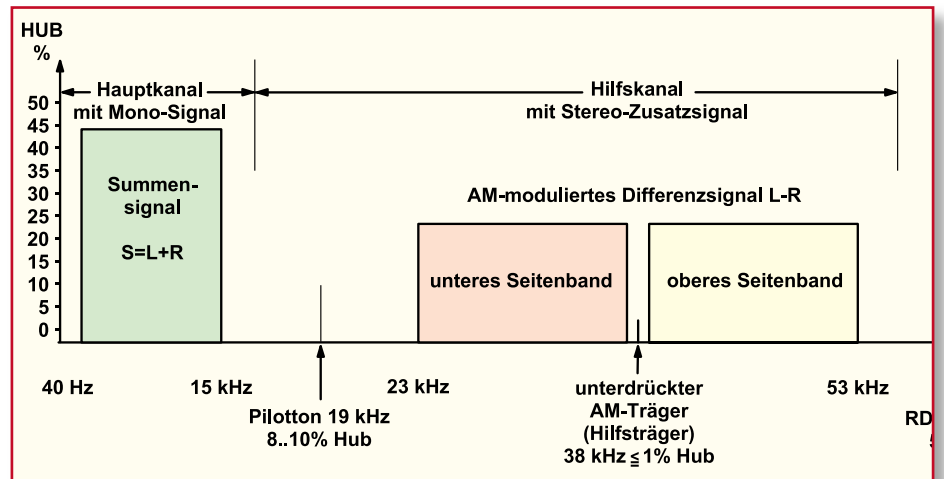
Bei der Instandsetzung und dem Abgleich von älteren bzw. einfachen Empfängern ist ein HF-Prüfgenerator ein unabdingbares Werkzeug, will man etwa einen Tuner-Oszillator-Abgleich exakt ausführen. Schließlich sollen anschließend Skalen-/Frequenzanzeige und tatsächlich empfangene Frequenz exakt übereinstimmen. Nun könnte man einen Skalenabgleich anhand der bekannten Rundfunksenderfrequenzen vornehmen, doch dies ist die unprofessionellste Methode. Sitzt man doch schnell Spiegelfrequenzen oder Überreichweiten von Sendestationen auf. Besser ist in jedem Fall eine Signaleinspeisung mit definiertem Pegel und einer genau bekannten Frequenz. Nur so kann man auch genau die Bandgrenzen einstellen – vor allem Restaurierer älterer Radios mit seilgetriebener Zeiger-

skala werden hier zustimmen. Und mit einem Prüfgenerator ist man zudem beim Service von den jeweils herrschenden Empfangsmöglichkeiten völlig unabhängig. Bei unserem Prüfgenerator kommt dazu eine

absolute Mobilität durch Batteriebetrieb. Einen kompletten, rein batteriebetriebenen, also stromsparenden UKW-Prüfgenerator mit Stereo-Modulation und dazu noch mit einer hochstabilen Frequenz mit

Technische Daten: SUP 1	
Spannungsversorgung:	9-V-Batterie 6LR61
Stromaufnahme:	25 mA
Frequenzbereich:	87,5 MHz – 108 MHz
Modulation:	FM (Stereo/Mono)
Preemphasis:	50 µs
Ausgangsleistung (100 MHz):	103 dBµV an 75 Ω
Eingang:	2 x Cinch (L und R)
Sonstiges:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mikroprozessorgesteuerte PLL mit 0,1-MHz-Raster</li> <li>• 3 programmierbare Festspeicher</li> <li>• Eingang für optionalen RDS-Encoder</li> </ul>
Abmessungen (Gehäuse):	141,5 x 57 x 23,5 mm

**Bild 1:**  
Frequenzspektrum  
des Multiplexsignals



vertretbarem Aufwand zu realisieren, ist heute eigentlich nur durch Einsatz eines speziellen Schaltkreises möglich, der alle wichtigen Schaltungsteile beinhaltet. Der bei unserem Prüfgenerator verwendete Schaltkreis BH1415 von der Fa. Rohm ist speziell für die noch recht neuen Wireless-Link-Systeme entwickelt worden, also für die drahtlose Musikübertragung in der Unterhaltungselektronik. Hierzu zählen auch die neuerdings in Deutschland zugelassenen Mini-FM-Sender, mit deren Hilfe man z. B. Musik vom MP3-Player in die Antenne des Autoradios einspeisen kann. Die Sendeleistung dieser Mini-Sender darf allerdings nur maximal 50 nW betragen, was aber für eine maximale Reichweite von ca. 2 Meter ausreicht.

Wir machen uns die Funktionen des BH1415 zunutze, um unseren kompakten Generator für den Werkstattbedarf zu realisieren. Der entspricht funktionell o. g. Sendern, ist aber statt mit einer Sendeantenne mit einer HF-Buchse abgeschlossen, die das Ausgangssignal über ein geschirmtes HF-Kabel in den abzugleichenden Empfänger einspeist.

Bevor wir uns mit dem Generator und seiner Schaltungstechnik befassen, wollen wir kurz die Entstehung des zu übertragenden Stereo-Signals betrachten.

### Aufbau des Stereo-Signals (Stereo-Multiplexsignal)

Bei der Übertragung eines Mono-Signals wird die Trägerfrequenz in einem Bereich bis 15 kHz moduliert. Bei Stereo-Übertragung wird das Multiplexverfahren angewandt. Hier wird auf der gleichen Frequenz ein zusätzlicher NF-Kanal übertragen, aber gleichzeitig die Kompatibilität zur Mono-Übertragung gewahrt.

In Abbildung 1 ist das Frequenzspektrum des Multiplexsignals dargestellt. Der linke und rechte Kanal werden als Summensignal (L+R) übertragen (Modulationsbereich bis 15 kHz), damit auch ein Mono-Empfänger das vollständige NF-Signal erhält.

Zusätzlich wird bei Stereo-Übertragung auch das Differenzsignal L-R übertragen. Hat man das Summen- und das Differenzsignal zur Verfügung, kann man mathematisch und natürlich schaltungstechnisch beide Stereo-Kanäle zurückgewinnen:

Für die Übertragung des Differenzsignals wird ein 38-kHz-Träger amplitudenmoduliert. Wie man in Abbildung 1 erkennt, entstehen dadurch zwei spiegelbildliche Seitenbänder. Da die Informationen in den beiden Seitenbändern liegen, braucht der Träger nicht mit übertragen zu werden. Senderseitig wird der Träger deshalb unterdrückt. Deshalb spricht man bei dieser Art der Modulation von „unterdrücktem Träger“.

Damit im Empfänger der 38-kHz-Träger rekonstruierbar ist, wird zusätzlich ein 19-kHz-Pilotton übertragen (phasenstarr mit dem 38-kHz-Träger verkoppelt). Der Pilotton dient auch als Stereo-/Mono-Kennung und wird später vom Stereo-Decoder des Empfängers als Schaltkriterium genutzt. Das auf diese Weise zusammengesetzte Signal heißt Multiplexsignal und wird dem HF-Träger in der Modulationsart FM aufmoduliert.

Zusätzlich zum Stereo-MPX-Signal übertragen einige Rundfunkstationen ein RDS-Signal (Radio Data System), das verschiedene Informationen wie z. B. den Sendernamen, Verkehrsfunkdaten usw. enthält.

Die Trägerfrequenz für die RDS-Informationen liegt bei 57 kHz und stellt die 3. Harmonische des Pilottons (3 x 19 kHz) dar.

### Bedienung und Betrieb

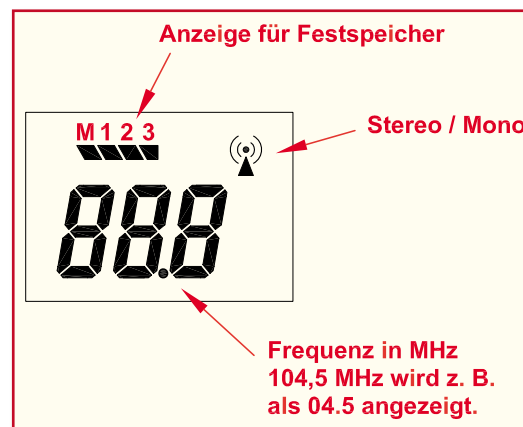
Die Bedienung des UKW-Prüfgenerators erfolgt allein über 4 Tasten mit Unterstützung eines kleinen LC-Displays (Abbildung 2).

Nach dem Einschalten wird zunächst ein Displaytest durchgeführt und die Versionsnummer der Firmware angezeigt. Anschließend ruft das Gerät den Festspeicher M 1 auf.

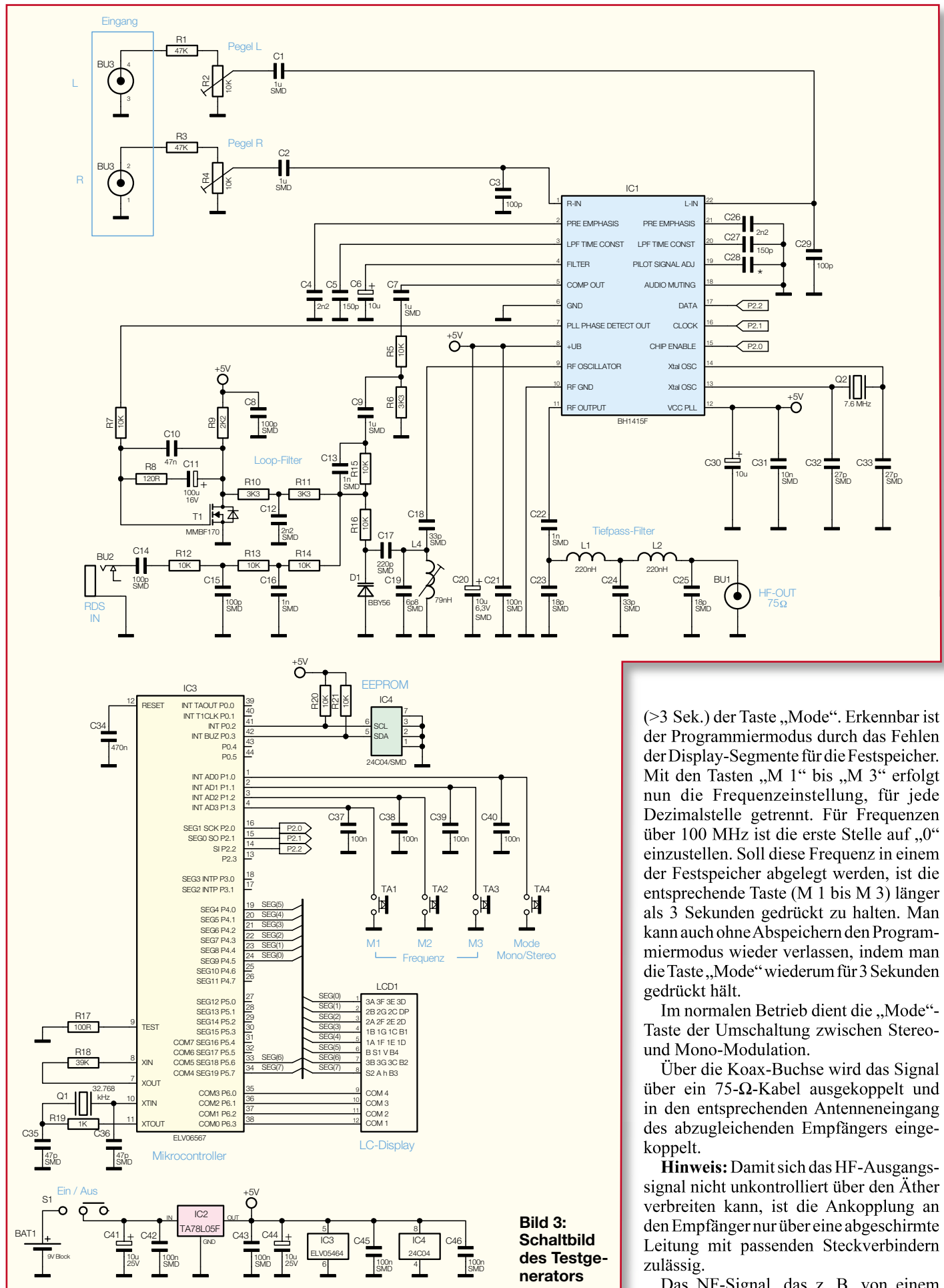
Werfen wir zunächst einen Blick auf das Display (Abbildung 2). Die Festspeicher werden durch die in der Zeichnung dargestellten Segmente „M 1“ bis „M 3“ angezeigt. Das Antennensymbol signalisiert die Modulationsart, also Stereo (Antennensymbol vorhanden) oder Mono (Antennensymbol ausgeblendet). Die Frequenz wird in der Einheit MHz angezeigt. Bei Frequenzen über 100 MHz wird die führende „1“ nicht angezeigt.

Der Aufruf der Festspeicher erfolgt durch Betätigen der Taster „M 1“ bis „M 3“.

In einem Programmiermodus ist auf dem jeweiligen Programmplatz die Frequenz in Schritten von 0,1 MHz einstell- und speicherbar. In den Programmiermodus gelangt man durch längeres Drücken



**Bild 2:** Das Display des Prüfgenerators und die Bedeutung der einzelnen Display-Segmente.



**Bild 3:** Schaltbild des Testgerätes

(>3 Sek.) der Taste „Mode“. Erkennbar ist der Programmiermodus durch das Fehlen der Display-Segmente für die Festspeicher. Mit den Tasten „M 1“ bis „M 3“ erfolgt nun die Frequenzeinstellung, für jede Dezimalstelle getrennt. Für Frequenzen über 100 MHz ist die erste Stelle auf „0“ einzustellen. Soll diese Frequenz in einem der Festspeicher abgelegt werden, ist die entsprechende Taste (M 1 bis M 3) länger als 3 Sekunden gedrückt zu halten. Man kann auch ohne Abspeichern den Programmiermodus wieder verlassen, indem man die Taste „Mode“ wiederum für 3 Sekunden gedrückt hält.

Im normalen Betrieb dient die „Mode“-Taste der Umschaltung zwischen Stereo- und Mono-Modulation.

Über die Koax-Buchse wird das Signal über ein 75-Ω-Kabel ausgekoppelt und in den entsprechenden Antenneneingang des abgleichenden Empfängers eingekoppelt.

**Hinweis:** Damit sich das HF-Ausgangssignal nicht unkontrolliert über den Äther verbreiten kann, ist die Ankopplung an den Empfänger nur über eine abgeschirmte Leitung mit passenden Steckverbindern zulässig.

Das NF-Signal, das z. B. von einem

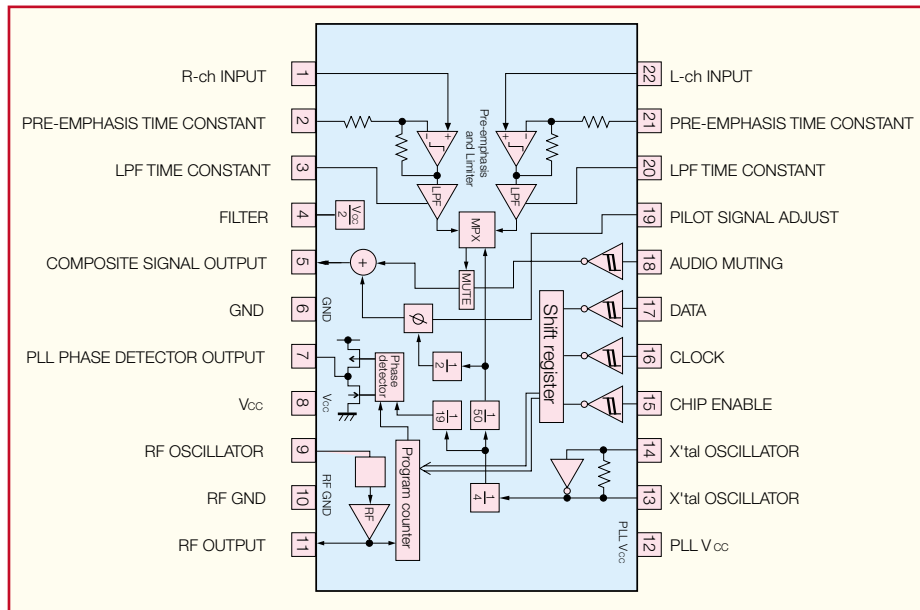


Bild 4: Blockschaltbild des BH1415

tragbaren Prüfgenerator oder einer CD mit Test-Tönen kommen kann, wird über die Cinch-Buchsen (BU 3) in den Prüfgenerator eingespeist.

Zusätzlich kann man den Generator extern mit einem RDS-Signal modulieren, so dass auch die RDS-Funktionen des Empfängers zu testen sind.

### Schaltung

Das Schaltbild des UKW-Generators ist in Abbildung 3 dargestellt. Wesentlicher

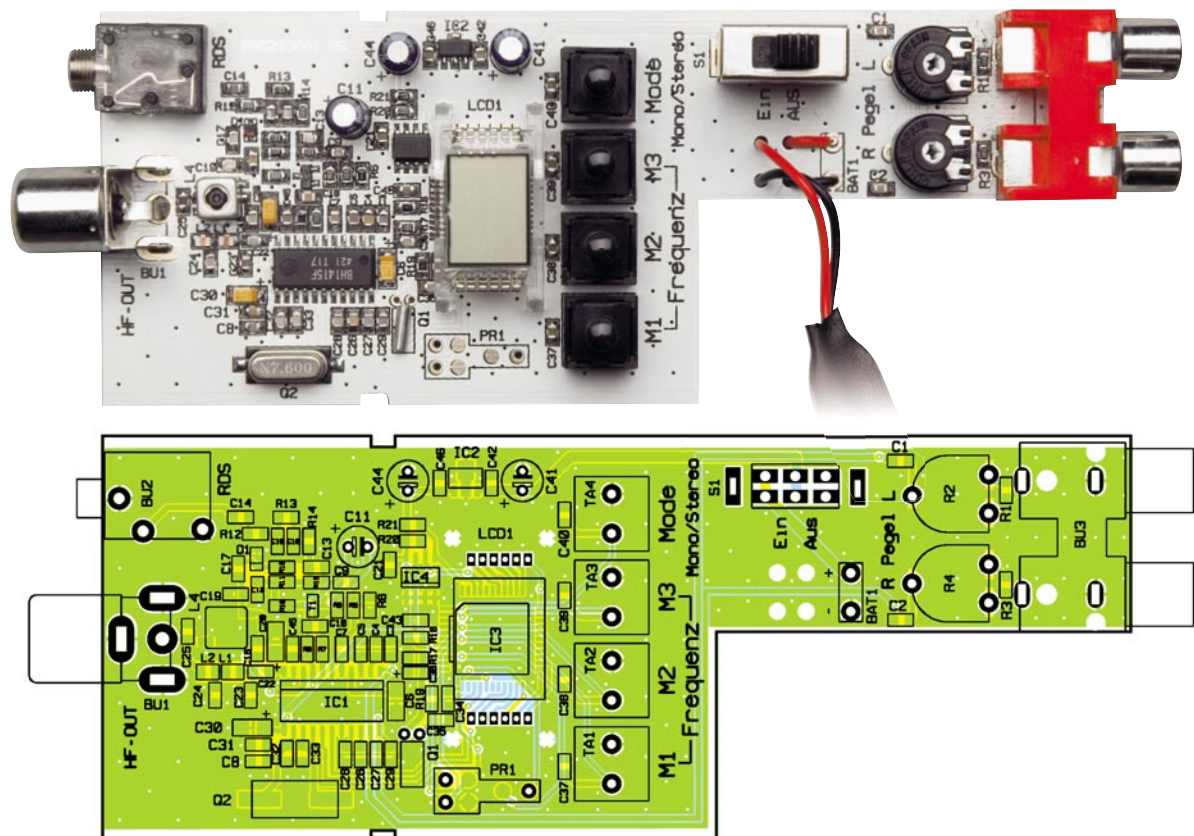
Hauptbestandteil der Schaltung ist der bereits erwähnte integrierte Schaltkreis IC 1 vom Typ BH1415. Dessen Blockschaltbild (Abbildung 4) veranschaulicht die einzelnen Komponenten. Durch die hohe Integration von IC 1 sind nur noch relativ wenige externe Bauteile notwendig. Der Oszillatorschwingkreis für das HF-Ausgangssignal wird aus den Bauteilen L 4, C 17, C 19 sowie der Kapazitätsdiode D 1 gebildet. Über die Spannung an der Katode von D 1 ist die Kapazität und somit die Oszillatorfrequenz veränderbar, wodurch

man einen spannungsgesteuerten Oszillator (VCO) erhält.

Das HF-Ausgangssignal (Pin 11) wird mit dem Tiefpass, bestehend aus L 1, L 2 sowie den Kondensatoren C 23 bis C 25, von Oberwellen befreit, bevor es auf die Ausgangsbuchse BU 1 gelangt.

Die Erzeugung der Steuerspannung für die Kapazitätsdiode erfolgt hochstabil über den integrierten PLL-Synthesizer. Hier eine kurze Beschreibung, wie der Regelkreis bzw. die PLL funktioniert:

Ein Phasendetektor vergleicht die Ist-



Ansicht der fertig bestückten Platine des Prüfgenerators mit zugehörigem Bestückungsplan

### Stückliste: Stereo-UKW-Prüfgenerator SUP1

**Widerstände:**

100 Ω/SMD/0805 .....	R17
120 Ω/SMD/0805 .....	R8
1 kΩ/SMD/0805 .....	R19
2,2 kΩ/SMD/0805 .....	R9
3,3 kΩ/SMD/0805 .....	R6, R10, R11
10 kΩ/SMD/0805 .....	R5, R7, R12–R16, R20, R21
39 kΩ/SMD/0805 .....	R18
47 kΩ/SMD/0805 .....	R1, R3
PT10, liegend, 10 kΩ .....	R2, R4

**Kondensatoren:**

6,8 pF/SMD/0805 .....	C19
18 pF/SMD/0805 .....	C23, C25
27 pF/SMD/0805 .....	C32, C33
33 pF/SMD/0805 .....	C18, C24
47 pF/SMD/0805 .....	C35, C36
100 pF/SMD/0805 .....	C3, C8, C14, C15, C29
150 pF/SMD/0805 .....	C5, C27
220 pF/SMD/0805 .....	C17
1 nF/SMD/0805 .....	C13, C16, C22
2,2 nF/SMD/0805 .....	C4, C12, C26
10 nF/SMD/0805 .....	C31
47 nF/SMD/0805 .....	C10
100 nF/SMD/0805 .....	C21, C37–C40, C42, C43, C45, C46
470 nF/SMD/0805 .....	C34
1 µF/SMD/0805 .....	C1, C2, C7, C9

10 µF/6,3 V/Tantal/SMD .....	C6, C20, C30
10 µF/25 V .....	C41, C44
100 µF/16 V .....	C11

**Halbleiter:**

BH1415F/SMD .....	IC1
TA78L05F/SMD/.....	IC2
ELV06567/SMD .....	IC3
24C04/SMD .....	IC4
MMBF170/SMD .....	T1
BBY56-03W/SMD .....	D1
LC-Display .....	LCD1

**Sonstiges:**

Quarz, 32,768 kHz .....	Q1
Quarz, 7,6 MHz, HC49U4, SMD .....	Q2
SMD-Induktivität, 220 nH .....	L1, L2
Spule, 79 nH, SMD .....	L4
Koaxial-Buchse, winkelprint .....	BU1
Klinkenbuchse, 3,5 mm, mono, print .....	BU2
Cinch-Anschlussplatte, 2-polig, liegend, winkelprint .....	BU3
4 Print-Taster, 1 x ein .....	TA1–TA4
1 Schiebeschalter, 2 x um .....	S1
1 9-V-Batterieclip .....	BAT1
1 Displayrahmen, transparent	
1 Profil-Gehäuse, bearbeitet, transparent	

Frequenz des Oszillators mit der Soll-Frequenz. Aus dem Phasenunterschied beider Frequenzen wird eine Regelspannung gewonnen, die zur Steuerung des Oszillators (VCO) dient. Das digitale Phasendifferenzsignal wird zuvor mit einem Tiefpass (Loop-Filter) gefiltert. Es erfolgt nun so lange ein Nachregeln des Oszillators, bis Ist- und Soll-Frequenz gleich sind. Die Ist-Frequenz ist eine quarzgenaue Referenzfrequenz (100 kHz), sie wird durch Teilung der internen Oszillatorfrequenz (7,6 MHz) von IC 1 gewonnen.

Die Soll-Frequenz ist die durch einen programmierbaren Teiler (Programmcounter) heruntergeteilte HF-Oszillatorfrequenz. Durch Veränderung des Teilerverhältnisses kann mit dem PLL-Regelkreis jede beliebige Frequenz, die jedoch ein Vielfaches der Referenzfrequenz sein muss, eingestellt werden. Eine Einschränkung erfährt der Regelbereich natürlich durch den Frequenzhub des VCOs. Das Thema PLL und dessen Funktion bzw. Berechnung ist indes so komplex, dass wir hierfür Interessierte auf weiterführende Literatur oder das Internet verweisen müssen.

Über eine serielle Schnittstelle wird dem Baustein IC 1 das Teilungsverhältnis und somit die Ausgangsfrequenz mitgeteilt. Dies geschieht durch ein serielles Datenprotokoll,

das mit den Leitungen DATA, CLOCK und CHIP ENABLE übertragen wird.

Der zweite wichtige Schaltungsblock von IC 1 ist der Stereo-Encoder. Hier werden das MPX-Signal und der Pilotton (19 kHz) erzeugt. Bevor die beiden Stereo-Signale moduliert werden, durchlaufen sie noch eine Preemphasis und ein Tiefpassfilter (siehe Blockschaltbild). Die Preemphasis nimmt eine Höhenanhebung vor, die auf der Empfängerseite durch die Deemphasis wieder rückgängig gemacht wird. Dieses Verfahren dient der Rauschunterdrückung. Dem modulierten MPX-Signal wird zum Schluss der Pilotton (19 kHz) zugemischt. Über ein Widerstands- und Kondensatornetzwerk gelangt dieses Signal zur FM-Modulation auf die Kapazitätsdiode D 1.

Es besteht zusätzlich die Möglichkeit, über die Buchse BU 2 ein externes Modulationssignal einzuspeisen, z. B. von einem RDS-Encoder.

Im unteren Teil des Schaltbildes sind der für die Steuerung zuständige Mikrocontroller IC 3 und die Bedienelemente dargestellt. Folgende Aufgaben übernimmt der Mikrocontroller: Tastenabfrage, Frequenzanzeige auf dem Display (LCD1), Speicherung der Daten im EEPROM-Speicher IC 4 und schließlich der Datentransfer zur PLL (IC1).

Zur Versorgung der Schaltung dient eine 9-V-Batterie, deren Spannung mit IC 2 auf 5 V stabilisiert wird.

**Nachbau**

Die Platine wird bereits mit SMD-Bauteilen bestückt geliefert, so dass nur die bedrahteten Bauteile bestückt werden müssen. Somit umgeht man eventuelle Handling- und Bestückungsprobleme auf der dicht bestückten, kompakten Platine.

Hier ist lediglich eine abschließende Kontrolle der bestückten Platine auf Bestückungsfehler, eventuelle Lötzinnbrücken, vergessene Lötstellen usw. notwendig.

Die Bestückung der bedrahteten Bauteile erfolgt in gewohnter Weise anhand der Stückliste und des Bestückungsplans. Die Bauteilanschlüsse werden entsprechend dem Rastermaß abgewinkelt und durch die im Bestückungsdruck vorgegebenen Bohrungen geführt.

Nach dem Verlöten der Anschlüsse auf der Platinenunterseite (Lötseite) werden überstehende Drahtenden mit einem Seitenschneider sauber abgeschnitten, ohne die Lötstelle selbst dabei zu beschädigen.

Beim Einsetzen der Elkos ist auf die richtige Einbaulage bzw. die richtige Polung zu achten. Die Elkos sind in den meisten Fällen am Minus-Anschluss gekennzeichnet.

Beim Einbau des Displays ist ebenfalls auf die richtige Einbaulage zu achten. Zudem wird das Display zusammen mit der Kunststoffhalterung eingesetzt. Das Display ist „oben“ durch eine kleine Verdickung („Glasnase“) gekennzeichnet.

Man kann die einzelnen Segmente des Displays zur Kontrolle der richtigen Einbaulage auch ohne Elektronik „aktivieren“, indem man die Anschlüsse kurz mit der Lötspitze eines eingeschalteten LötKolbens berührt.

Zum Schluss werden die großen mechanischen Bauteile wie Buchsen, Schalter usw. eingesetzt und verlötet. Eine gute Hilfestellung gibt hier auch das Platinenfoto.

Die Leitungen des Batterieclips für die 9-V-Batterie werden zur Zugentlastung durch die Bohrungen in der Platine geführt (siehe auch Platinenfoto) und wie folgt angeschlossen: rotes Kabel an „+ Bat“ und schwarzes Kabel an „- Bat“.

**Hinweis:** Ein Abgleich der Spule L 4 ist nicht erforderlich!

Der Einbau der Platine in das passend bearbeitete und bedruckte Gehäuse erfolgt, indem die Platine in die Gehäuseoberschale mit den Bohrungen gelegt wird und anschließend die beiden Gehäuseteile zusammengeschoben werden, nachdem die 9-V-Batterie angeschlossen und eingesetzt ist. 