



Findet versteckte Sender – Wanzenfinder WF 2

Der Wanzenfinder WF 2 ist ein batteriebetriebenes Empfangsgerät, mit dem (versteckte) Sender im Frequenzbereich von 5 MHz bis 4 GHz erfasst werden können. Die Empfangsanzeige erfolgt optisch durch eine LED-Bargraph-Anzeige und akustisch durch einen Summer. Die Lautstärke des Summers ist einstellbar, ebenso die Empfangsempfindlichkeit, sodass auch eine Nahfeldpeilung möglich ist.

Aktuelles Thema Minispion

Auch im Zeitalter des Lauschangriffs per Internet sind Minisender (Wanzen) immer noch und tatsächlich immer mehr verbreitet. Ob im privaten Bereich oder unter dem Vorzeichen stetig wachsender Wirtschaftskriminalität – man kann sich im Hinblick auf unliebsame Mithörer bzw. Zuseher nicht mehr sicher fühlen. Selbst im privaten Bereich ist das Abhören aufgrund preisgünstiger und einfach erhältlicher Abhörtechnik durchaus keine Seltenheit. Es kann sogar der technisch nicht versierte, missgünstige Nachbar oder eifersüchtige Ehemann z. B. im Internet schnell fündig

werden und entsprechendes Equipment preisgünstig erwerben.

Durch die fortschreitende Miniaturisierung werden Minisender immer kleiner, selbst Sender mit integrierter Kamera zur Videoüberwachung sind heute kaum größer als ein Stück Würfelzucker. Wanzen lassen sich in nahezu jedem Hohlraum verstecken, z. B. in Möbeln, abgehängten Decken, Elektrogeräten etc. Man kann mittlerweile sogar Radiowecker, Steckernetzgeräte, Steckdosenleisten etc. mit integriertem Minispion als Fertiggerät erwerben. Aufgrund des 230-V-Netzanschlusses können dort integrierte Minispione dauerhaft betrieben werden.

Ob Lauschangriff der Polizei bzw. Staatsanwaltschaft, Betriebsspionage oder im privaten Bereich, der Anwendung von Minispionen sind kaum Grenzen gesetzt. Der Vorteil solchen Equipments gegenüber nicht sendenden, aber vor Ort aufzeichnenden Geräten ist der, dass der Spionierende nicht noch einmal an den Installationsort zurückkehren muss und quasi rund um die Uhr aus der Ferne überwachen kann.

Aufgrund der geringen Abmessungen und der Vielzahl möglicher Verstecke sind Minispione allein durch Suchen nur sehr schwer zu finden. Zum Aufspüren benötigt man geeignete Messtechnik, wie z. B. den hier vorgestellten Wanzenfinder von ELV.

Technische Daten

Kurzbezeichnung:	WF 2
Versorgungsspannung:	1x 6LR61/9-V-Block
Stromaufnahme:	45 mA max.
Batterielebensdauer:	ca. 6 Betriebsstunden
Schutzklasse:	III
Schutzart:	IP20
Umgebungstemperatur:	5 bis 35°C
Lagertemperatur:	0 bis 50°C
Abm. Gehäuse (L x B x H):	142 x 57 x 23 mm
Gewicht (ohne Batterie):	120 g

Allgemeines zu Minispionen

Es gibt eine Vielzahl von verschiedenen Minispionen. Wer einmal eine Internet-Suchmaschine mit dem Suchbegriff „Minispion“ startet, wird schnell fündig und kann entsprechende Geräte problemlos per Versandhandel erwerben. Man muss unterscheiden zwischen dem, was von der technischen Seite erlaubt ist, d. h., ob ein Sender in einem zur allgemeinen Benutzung freigegebenen Frequenzbereich (ISM = Industrial Scientific and Medical oder nömL = nicht öffentlicher mobiler Landfunk, siehe auch „Elektronikwissen“) arbeitet, und dem, was die rechtliche Seite betrifft. ISM- bzw. nömL-Sender sind frei zu erwerben und dürfen betrieben werden, z. B. als drahtloses Mikrofon.

Sender, die außerhalb der für die Allgemeinheit freigegebenen Frequenzbereiche arbeiten, sind hingegen grundsätzlich verboten und werden meistens mit dem Hinweis „für den Export bestimmt“ gehandelt. Allein schon der Besitz dieser Geräte ist strafbar! Von der rechtlichen Seite her ist es grundsätzlich verboten, andere Menschen zu belauschen bzw. per Videoübertragung zu bespitzeln, egal welche Technik man einsetzt.

Technik von Minispionen

Am weitesten verbreitet sind preisgünstige, einfache Minispione, die im Frequenzbereich des UKW-Rundfunks, d. h. um den Bereich von 88 bis 108 MHz herum, arbeiten. Als Empfänger dienen meistens herkömmliche Radios oder Scanner. Dies stellt die preiswerteste Abhörtechnik dar, da diese Art von Schaltung mit wenigen Standardbauteilen schnell aufgebaut werden kann.

Weiterhin erhältlich sind Geräte, die im 433-MHz-ISM-Bereich arbeiten, in dem das Senden und auch die Audioübertragung grundsätzlich erlaubt sind, siehe z. B. drahtlose Kopfhörer oder Lautsprecherboxen. Die verwendete Sendetechnik ist meistens sogar „zugelassen“ und entspricht der geltenden R&TTE-Richtlinie. Es werden spezielle 433-MHz-Empfänger dazu angeboten.

Auch für höhere Frequenzen um 800 bzw. 900 MHz werden Geräte angeboten, deren Betrieb aus technischer Sicht verboten ist, es sei denn, sie arbeiten im Frequenzbereich von 863 bis 865 MHz. Dies ist der freigegebene Frequenzbereich für Audioübertragungen.

Weiterhin sind mittlerweile Videosender mit integrierter Kamera und Mikrofon erhältlich, sodass Bild und Ton übertragen werden können (Bild 1). Diese Systeme arbeiten aufgrund der höheren zu übertragenden Bandbreite z. B. bei 2,4 GHz. Der 2,4-GHz-Bereich ist ebenfalls ein ISM-Bereich, d. h., das Senden ist grundsätzlich erlaubt. Hier arbeiten z. B. auch handelsübliche Funk-Überwachungskameras, drahtlose Kopfhörer und Videoübertragungssysteme, weshalb ein hier betriebenes Spionagesystem kaum auffällt, zumal die Reichweite sehr begrenzt ist.

Die zuvor beschriebene Sendetechnik ist lediglich eine Auswahl dessen, was mittlerweile verfügbar ist.

Da sich Minispione je nach vorgesehener Anwendung in ihrer Ausführung und Betriebsweise stark unterscheiden, gilt es, für die Suche einiges zu beachten:

Schall- bzw. sprachgesteuerter Minispion

Ein schallgesteuerter Minispion tritt erst dann in Funktion, wenn eine ausreichende Geräuschkulisse vorliegt. Dies spart Energie, da die Auswertung, ob gesprochen wird, lediglich einige 10 μ A verbraucht, während für das Senden einige 10 mA benötigt werden. Damit lässt sich zum einen die Standzeit der Batterie erheblich steigern und zum anderen wird das Auffinden erschwert, da nur zeitweise gesendet wird. Passend dazu sind automatische Aufnahmestationen erhältlich, die nur dann aufnehmen, wenn gesendet wird. Zum Aufspüren schallgesteuerter Minisender muss man während der Suche selbstverständlich für eine entsprechende Geräuschkulisse sorgen, um den Sender zu aktivieren.

Telefonspione

Telefonspione gibt es in den verschiedensten Ausführungen, vom einfachen Zusatzmodul, das relativ schnell erkennbar ist, bis hin zur Spezialkapsel, die sich äußerlich von herkömmlichen, in der kommerziellen Telefontechnik verwendeten Sprech- und Hörmuscheln kaum oder gar nicht unterscheidet. Die Spannungsversorgung erfolgt in der Regel über das Telefonnetz. Telefonspione werden üblicherweise durch den fließenden Sprechstrom aktiviert, sodass zunächst der Telefonhörer des zu untersuchenden Telefons abgenommen werden muss.

Besonders schwer zu entdecken sind allerdings Lauschangriffe, die das Telefon bzw. heute eher das Handy/Smartphone per Fernschaltung aktivieren, ohne dass der Besitzer dies anhand von Anzeigen o. Ä. bemerkt. Dies betrifft u. a. auch alle Geräte, die in einem Computernetz betrieben werden und die über Mikrofone und Kameras verfügen, z. B. Netbooks oder Tablet-PCs.

Ferngesteuerte Minispione

Ferngesteuerte Minispione werden durch einen entsprechenden Fernsteuerimpuls vom Lauscher eingeschaltet und können somit durch den Wanzenfinder nur im eingeschalteten Zustand geortet werden. Erfolgversprechend ist die Suche nach dieser Art von Wanzen vorzugsweise, wenn vertrauliche Gespräche geführt werden.



Bild 1: Videosender mit integrierter Kamera und Mikrofon

Gegenmittel Wanzenfinder

Wanzenfinder sind in vielen unterschiedlichen Ausführungen vom wenigen Euro teuren Einsteigergerät bis hin zum mehrere Zehntausend Euro kostenden Profigerät erhältlich. Einfache preisgünstige Wanzenfinder verfügen über einen breitbandigen Geradeempfänger und empfangen somit alle Frequenzen des Empfangsbereichs gleichzeitig. Ein aufgenommenes HF-Signal wird gleichgerichtet und verstärkt. Die Anzeige erfolgt akustisch und/oder visuell. Je nach Frequenz-

bereich und Empfindlichkeit lässt sich mit diesen Geräten der Großteil aller Minispione finden.

Eine andere Möglichkeit, Minispione zu orten, besteht in der Verwendung eines Scanners, der einen bestimmten Frequenzbereich durchläuft und etwaige Signale von Minispionen anzeigt. Mit diesen Geräten lassen sich die gesendeten Signale auch demodulieren.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, Spektrumanalysator mit entsprechenden Messsonden zum Auffinden von Wanzen einzusetzen. Diese kann man für den mobilen Einsatz in einem Servicekoffer untergebracht erwerben, wobei aber einige Tausend Euro anzulegen sind.

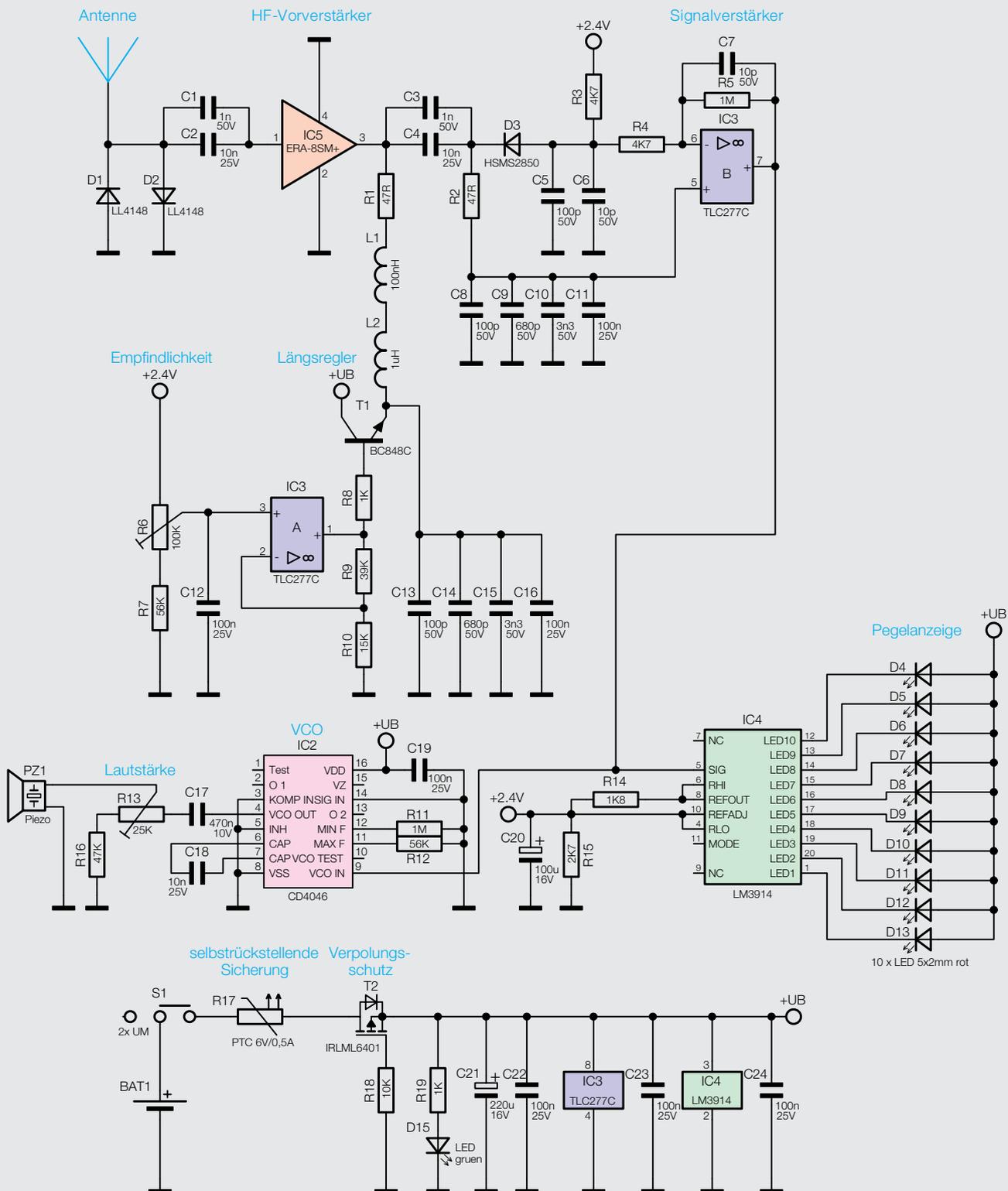


Bild 2: Das Schaltbild des Wanzenfinders WF 2

Wie bereits erläutert, sind Wanzenfinder mit integriertem Geradeempfänger relativ preisgünstig und dennoch für den gewünschten Einsatzzweck leistungsfähig genug. Aus diesem Grund wurde bereits vor einigen Jahren der sehr erfolgreiche ELV-Wanzenfinder WF 1 nach diesem Prinzip entwickelt. Der hier vorgestellte WF 2 ist dessen technisch verbesserter Nachfolger.

Der WF 2 eignet sich zur Abwehr von Lauschangriffen sowohl im privaten als im geschäftlichen Bereich und erkennt die Sendesignale von Minispionen im weiten Frequenzbereich von 5 MHz bis 4 GHz. Somit lassen sich z. B. Videosender, die meist bei 2,4 GHz arbeiten, sicher aufspüren. Aufgrund der Verwendung modernster Bauelemente besitzt das Gerät eine so hohe Ansprechempfindlichkeit, dass auch Minispione mit geringer Sendeleistung noch sicher aufspürbar sind.

Der WF 2 zeichnet sich durch folgende Merkmale aus:

- Weiter Frequenzbereich: 5 MHz bis 4 GHz
- Einfache Bedienung, keine Abstimmung erforderlich, da der gesamte Bereich gleichzeitig empfangen wird. Selbst Laien können ohne Weiteres Wanzen aufspüren
- Hohe Empfindlichkeit, auch sehr schwache Sender können aufgespürt werden
- Empfindlichkeit zusätzlich einstellbar, um auch ungewollte Signale ausblenden und eine Nahfeldpeilung durchführen zu können
- LED-Anzeige für die Signalstärke
- Zusätzliche akustische Anzeige mit einstellbarer Lautstärke: Man braucht während des Suchens nicht unbedingt auf die LED-Anzeige zu achten
- Durch die akustische Anzeige werden auch sprachgesteuerte Minispione automatisch aktiviert
- Ausziehbare Teleskopantenne
- Handliches Gehäuse

Bedienung und Funktion

Nachdem die Batterie eingelegt und angeschlossen wurde, schaltet man den WF 2 mit dem Ein-/Aus-Schiebeschalter ein. Die grüne LED leuchtet als Betriebsanzeige auf.

Viele Minispione arbeiten im Frequenzbereich von 20 bis 500 MHz und dort vor allem ober- und unterhalb des UKW-Bands von 88 bis 108 MHz. Deshalb sollte die Antenne zunächst vollständig ausgezogen werden, um in diesem unteren Frequenzbereich die höchste Empfindlichkeit zu erzielen. Weiterhin ist der Empfindlichkeitseinsteller auf maximale Empfindlichkeit in den Rechtsanschlag zu drehen. Es ertönt ein gleichmäßiger Summton, dessen Lautstärke mit dem Lautstärkesteller eingestellt werden kann.

Beim Empfang eines hochfrequenten Signals erhöht sich zum einen die Frequenz des Summtons (der Ton wird höher), und zum anderen leuchtet eine der 10 LEDs der LED-Leuchtbalkenanzeige zur Anzeige der Signalstärke auf. Je stärker das empfangene Signal, desto weiter wandert der Leuchtpunkt innerhalb der LED-Balkenanzeige nach oben. Bevor man mit dem Suchvorgang beginnt, beachte man folgende Hinweise zum Gebrauch:

- Der WF 2 reagiert prinzipbedingt auch auf Störstrahlungen von eingeschalteten elektronischen Geräten. Es empfiehlt sich deshalb, alle Geräte, die Störstrahlung erzeugen könnten, vor dem Suchvorgang auszuschalten, um die Empfindlichkeit des Wanzenfinders nicht zu beeinträchtigen. Störstrahlung können u. a. folgende Geräte erzeugen: Computer, Monitore, Drucker, Faxgeräte, Telefonanlagen, Kopierer, Funktelefone, Handys, Funk-Kopfhörer, schlecht entstörte Schaltnetzteile etc.
- Der WF 2 registriert ebenfalls Signale von Funk-Thermometern oder Funk-Wetterstationen (433,92 oder 868,35 MHz). Diese Signale werden aber lediglich für kurze Zeit ausgesendet und führen zu einem kurzzeitigen Ansprechen des Wanzenfinders. Minispione hingegen senden in der Regel dauerhaft, sodass der Wanzenfinder in diesem Fall dauerhaft anspricht.
- In unmittelbarer Nähe von starken Sendern, wie z. B. Rundfunksendern, Mobilfunk-Basisstationen etc., kann der Wanzenfinder aufgrund der hohen Empfindlichkeit bereits ansprechen. In diesem Fall ist die Empfindlichkeit entsprechend zu verringern, um eine Nahpeilung vornehmen zu können.
- Die Empfindlichkeit des WF 2 kann auch durch Veränderung der Länge der Empfangsantenne frequenzabhängig variiert werden. Ist die Empfangsantenne vollständig ausgezogen (Länge 480 mm), werden Signale mit Frequenzen bis ca. 400 MHz besser empfangen als Signale oberhalb 400 MHz. Im eingeschobenen Zustand (Länge 115 mm) empfängt das Gerät Frequenzen ab ca. 400 MHz besser als den unteren Frequenzbereich. Eventuell muss nach dem Suchvorgang mit vollständig ausgezogener Antenne ein zweiter Suchvorgang mit eingeschobener Antenne durchgeführt werden.

Zum Aufspüren von Minispionen bewegt man sich mit dem Wanzenfinder langsam durch den zu untersuchenden Raum. Nähert man sich einer Sendequelle, wird dies durch eine Erhöhung des Summtons und ab einem gewissen Sendepiegel auch durch Aufleuchten einer LED angezeigt. Nun folgt man der zunehmenden Feldstärke, bis der Abhörsender gefunden ist. Falls der Minispion ein so starkes Signal aussendet, dass der WF 2 bereits mitten im Raum Vollausschlag anzeigt, und der Minispion somit nicht eindeutig geortet werden kann, ist die Empfindlichkeit mithilfe des Empfindlichkeitseinstellers entsprechend zu reduzieren. Auch das Einschleichen der Antenne reduziert die Empfindlichkeit im unteren Frequenzbereich, erhöht aber die Empfindlichkeit im oberen Frequenzbereich ab ca. 400 MHz. Auf jeden Fall muss die Empfindlichkeit so weit reduziert werden, dass man den Minispion eindeutig und zentimetergenau orten kann.

Nach Abschluss der Suche sind alle zuvor abgeschalteten Elektrogeräte wieder nacheinander einzuschalten. Dabei kann jedes dieser Geräte einzeln nach dem zuvor beschriebenen Verfahren auf eventuell vorhandene Sendeanlagen hin untersucht werden.

Schaltungsbeschreibung

Bild 2 zeigt das Schaltbild des Wanzenfinders. Hochfrequente Signale werden von der Antenne aufgenommen und zunächst verstärkt. Dazu wird das Antennensignal über die Koppelkondensatoren C1 und C2 auf den HF-Verstärker IC5 geführt.

Der hier eingesetzte ERA-8SM+ von Mini-Circuits ist ein integrierter HF-Breitbandverstärker, der für den Bereich DC bis 2 GHz spezifiziert ist, aber bei 4 GHz immer noch eine für unseren Einsatzzweck ausreichende Verstärkung aufweist. Üblicherweise wird dieser Verstärker in mobilen Telefonen, Bluetooth- und WLAN-Empfängern eingesetzt. Ein Vorteil dieses integrierten Bausteins ergibt sich für den Nachbau, da hier eine gute Reproduzierbarkeit in Bezug auf die technischen Daten verglichen mit diskretem Aufbau erreicht wird. So ist z. B. die Ein- und Ausgangsimpedanz intern fest auf 50 Ω eingestellt, und man muss sich um Anpassungsfragen keine Sorgen machen.

Die Empfindlichkeit eines Wanzenfinders muss selbstverständlich einstellbar sein. Im WF 2 ist dies über die Betriebsspannung bzw. den Betriebsstrom des HF-Verstärkers IC5 realisiert. Beim ERA-8SM+ erfolgt die Zuführung der Betriebsspannung über den Verstärkerausgang Pin 3. Die Versorgungsspannung muss für hochfrequente Signale hochohmig auf den Verstärkerausgang gekoppelt werden. Dies erfolgt über die Serienschaltung bestehend aus Strombegrenzungswiderstand R1 und den beiden Induktivitäten L1 und L2.

Die Induktivitäten stellen für hochfrequente Signale einen hohen Widerstand dar, sodass Nutzsignale nicht bedämpft werden. Jede Drosselspule besitzt jedoch, bedingt durch parasitäre Elemente, eine sogenannte Eigenresonanzfrequenz, da die parasitäre Kapazität mit der eigentlichen Induktivität einen Parallelschwingkreis bildet. Bis zur Eigenresonanzfrequenz steigt der Blindwiderstand an, bis bei der Resonanzfrequenz das Maximum erreicht wird. Bei Frequenzen oberhalb der Resonanzfrequenz fällt der Blindwiderstand stetig ab. So besitzt jede Drosselspule ihre Eigenresonanzfrequenz, ab der sie nur noch wenig wirksam ist. Allgemein kann man sagen: je größer die Induktivität, desto niedriger die Resonanzfrequenz.

Um im weiten Frequenzbereich von 5 MHz bis 4 GHz einen möglichst hohen Widerstand für hochfrequente Signale zu erreichen, sind 2 Drosseln unterschiedlicher Induktivität in Serie geschaltet. L2 deckt mit 1 μH den unteren Bereich ab, die Resonanzfrequenz dieser Spule liegt bei ca. 400 MHz. Bei höheren Frequenzen verliert L2 stetig an Wirkung, aber bereits in diesem Frequenzbereich besitzt die Drossel L1 einen hinreichend hohen Blindwiderstand.

Um unerwünschte HF-Auskopplungen über den Betriebsspannungszweig zu vermeiden, legt die Stabblockung, bestehend aus C13 bis C16, den Emitter von T1 in Bezug auf hochfrequente Signale auf Massepotential. Der Transistor T1 arbeitet als Längsregler für die Versorgungsspannung von IC5 und wird über den Operationsverstärker IC3A angesteuert. Der Operationsverstärker IC3A wiederum arbeitet als nicht invertierender Verstärker für die mithilfe des Potis R6 eingestellte Spannung. Diese Spannung bewegt sich zwischen 0,8 V und 2,3 V (Erläuterung im weiteren Textverlauf).

Die Operationsverstärkerstufe weist durch Beschaltung mit R9 und R10 eine Verstärkung von 3,6 auf, sodass am Ausgang Pin 1 je nach Poti-Stellung eine variable Spannung zur Verfügung steht. Durch den Spannungsabfall an R8 und die Basis-Emitter-Strecke von T1 ergibt sich am Emitter von T1 eine Spannung im Bereich von 2,2 bis 6,9 V, die dann, wie beschrieben, über L2, L1 und R1 auf den Verstärkerausgang von IC5 geführt wird. Der Betriebsstrom von IC5 lässt sich auf diese Weise im Bereich von 13 bis 52 mA einstellen.

Am Verstärkerausgang Pin 3 steht das verstärkte Hochfrequenzsignal zur Verfügung, der Abschluss des Verstärkerausgangs erfolgt über den 47- Ω -Widerstand R2. Um den Verstärkerausgang gleichspannungsmäßig nicht zu belasten, wird der Widerstand R2 über die Stabblockung C8 bis C11 kapazitiv mit Masse verbunden.

Die Koppelkondensatoren C3 und C4 führen das HF-Signal auf die Gleichrichterdiode D3. Die Kondensatoren C5 und C6 schließen die hochfrequenten Signalanteile gegen Masse kurz, sodass je nach Signal (FM oder AM) lediglich eine Gleichspannung oder eine Gleichspannung und die AM-Modulation, bezogen auf die Katode von D3, übrig bleiben. Durch die Einbaurichtung von D3 ist das demodulierte Signal negativ in Bezug auf die Katode von D3.

Der Operationsverstärker IC3B ist mit R4, C7 und R5 als invertierender Verstärker mit der Verstärkung $V = -213$ beschaltet. Der Gleichspannungsarbeitspunkt wird an Pin 5 über R2, D3 und R3 auf 2,4 V gelegt. Demodulierte Signale werden so mithilfe von IC3B verstärkt und gleichzeitig invertiert, sodass das Signal am Verstärkerausgang Pin 7 mit positiver Polarität, bezogen auf 2,4 V, zur Verfügung steht.

Zur Anzeige des Signalpegels dient der bekannte LED-Treiberbaustein LM 3914. Über Pin 11 (Mode) kann der Betriebsmodus festgelegt werden: Eine Verbindung mit +UB bedeutet, dass alle LEDs bis hin zu der dem aktuellen Anzeigewert entsprechenden LED leuchten. Bleibt Pin 11 jedoch offen, so entsteht lediglich ein Leuchtpunkt, d. h., es leuchtet nur die dem anzuzeigenden Wert entsprechende LED. Die interne Spannungsreferenz von IC4 stellt zwischen Pin 8 und Pin 10 eine interne Referenzspannung von 1,25 V zur Verfügung.

Durch Beschaltung mit den Widerständen R14 und R15 stellt sich an Pin 10 eine Spannung von 2,4 V und an Pin 6 eine Spannung von 3,65 V (2,4 + 1,25 V) ein. Weiterhin wird der Strom durch die einzelnen LEDs durch den aus Pin 8 herausfließenden Strom bestimmt und beträgt ca. 5 mA. Die IC-interne Widerstandskette für die Komparatorschwellen der einzelnen LEDs wird über die Pins R_{HI} und R_{LO} (Pin 6 und Pin 4) nach außen geführt und in dieser Anwendung direkt mit der internen 1,25-V-Referenzspannung von IC4 verbunden. Daher entspricht jede LED der 10 LEDs einer Spannungsstufe von 125 mV. Liegt der Signaleingang SIG (Pin 5) auf 2,4 V, leuchtet keine LED, ab 3,65 V Eingangsspannung leuchtet die dem höchsten Spannungspegel entsprechende LED D4. Da sich der Gleichspannungs-Bezugspunkt der Verstärkerschaltung IC3B auf 2,4 V befindet, kann das Empfangssignal direkt auf Pin 5 geführt werden. Die Stärke des Empfangssignals lässt sich so auf der LED-Kette ablesen.

Zur akustischen Signalstärkeanzeige dient ein VCO (Voltage Controlled Oscillator), der durch den im CMOS-Baustein CD 4046 (IC2) integrierten VCO und lediglich 3 externe Bauteile realisiert ist. Der Widerstand R11 legt die minimale, der Widerstand R12 die maximale Oszillatorfrequenz fest. Der Kondensator C18 bestimmt den Frequenzbereich. Durch die Spannung am Steuereingang Pin 9 (VCO IN) kann die Oszillatorfrequenz im Bereich von ca. 400 bis 2800 Hz variiert werden. Dieser Steuereingang ist direkt mit dem Ausgang der Verstärkerstufe IC3B verbunden, sodass sich die Tonhöhe analog zur Größe des empfangenen HF-Signals ändert.

Das Oszillatorausgangssignal wird über C17 und den Spannungsteiler/Lautstärksteller R13/R16 auf den Piezo-Signalgeber geführt.

Die Spannungsversorgung der Schaltung erfolgt über eine 9-V-Blockbatterie, die über S1 zugeschaltet wird. Ihm schließen sich die selbstrückstellbare Sicherung R17 sowie der als Verpolungsschutz dienende FET T2 an. D15 dient der Betriebsanzeige, sie arbeitet mit dem Vorwiderstand R19.

Nachbau

Die Platine ist bereits mit allen SMD-Bauteilen vorbestückt, so sind nur noch die bedrahteten Bauteile zu bestücken. Dies erfolgt unter Zuhilfenahme der Stückliste, der Platinenfotos und der Bestückungspläne (Bild 3).

Bevor mit der Bestückung begonnen wird, ist eine Kontrolle auf Bestückungs- und Lötfehler bei den SMD-Bauteilen vorzunehmen. Danach beginnt die Bestückung mit den Elkos C20 und C21. Für die polrichtige Bestückung orientiert man sich an folgenden Merkmalen: Am Elko ist der Minuspol gekennzeichnet, hingegen ist auf der Platine die Lage des Pluspols (+) aufgedruckt. Die Elkos sind liegend zu bestücken, dazu sind vor dem Einsetzen die Anschlüsse um 90° abzuwinkeln.

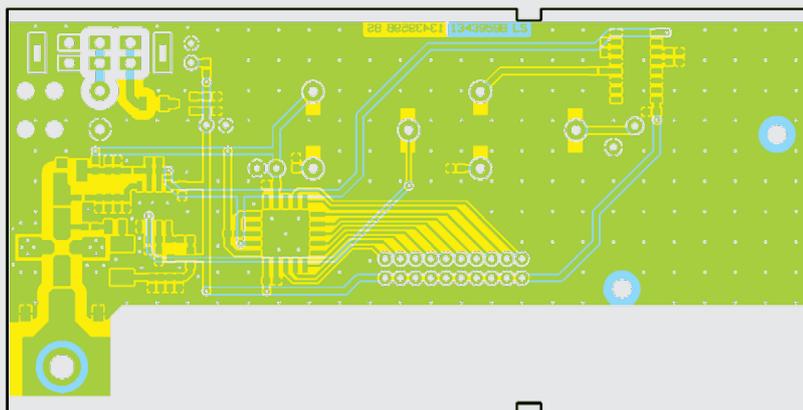
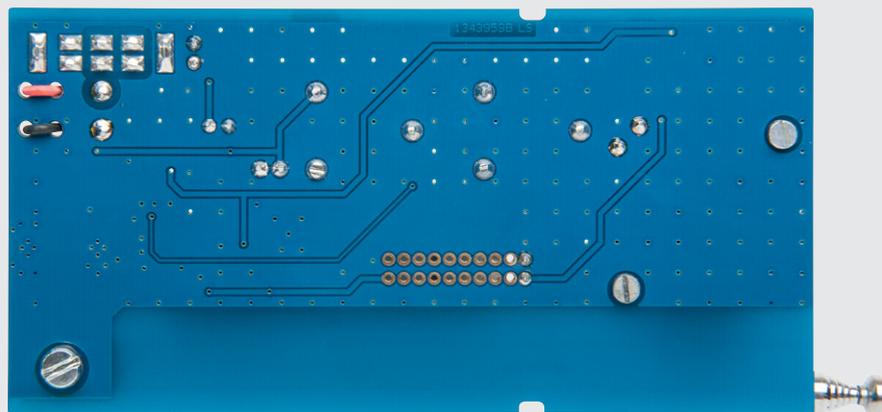
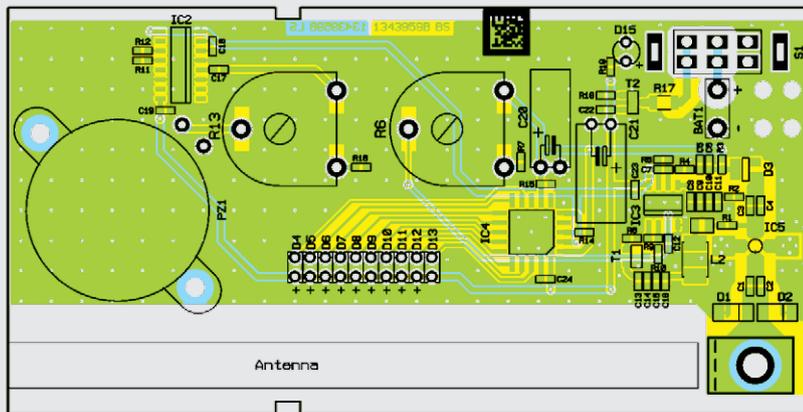
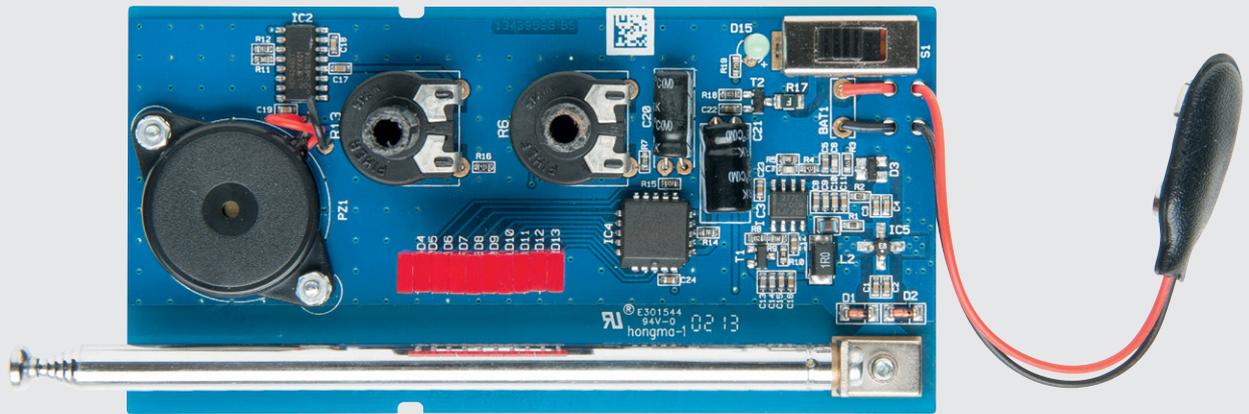


Bild 3: Platinenfotos der komplett bestückten Platine des WF 2 mit den zugehörigen Bestückungsplänen

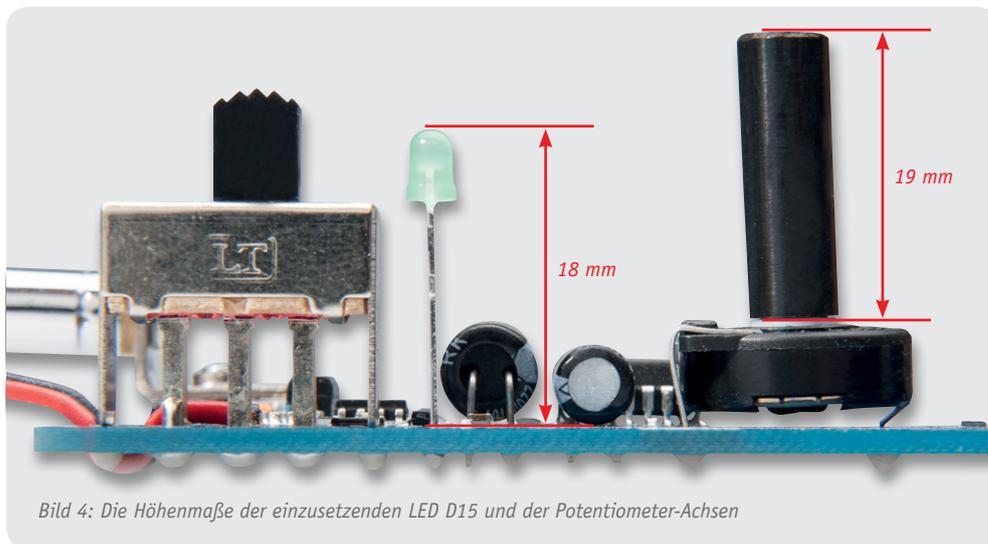


Bild 4: Die Höhenmaße der einzusetzenden LED D15 und der Potentiometer-Achsen

Als Nächstes sind der Schiebeschalter S1 sowie die Potentiometer R6 und R13 zu bestücken. Diese Bauteile sind soweit wie möglich in die Platine einzusetzen und ihre Anschlüsse zum Abfangen mechanischer Belastungen bei der Bedienung mit reichlich Lötzinn zu verlöten. Dem folgt der Piezo-Signalgeber PZ1. Dessen beide Anschlussdrähte sind auf eine Länge von 10 mm zu kürzen. Anschließend wird die Isolierung der Enden auf einer Länge von 3 mm entfernt. Beide Anschlüsse

sind in die entsprechenden Bohrungen der Platine zu führen (rot = +, schwarz = -, siehe Platinenfoto) und zu verlöten. Anschließend wird der Signalgeber mithilfe von 2 M2x8-mm-Zylinderkopfschrauben, 2 M2-Fächerscheiben und 2 M2-Muttern auf der Platine befestigt, wobei die Schrauben von der Platinenunterseite einzusetzen sind.

Im Anschluss daran erfolgt das Bestücken der LED D15. Auch hier ist auf polrichtiges Bestücken zu ach-

Widerstände:

47 Ω /1 %/SMD/0603	R1, R2
1 k Ω /5 %/SMD/0603	R8, R19
1,8 k Ω /1 %/SMD/0603	R14
2,7 k Ω /1 %/SMD/0603	R15
4,7 k Ω /1 %/SMD/0603	R3, R4
10 k Ω /5 %/SMD/0603	R18
15 k Ω /1 %/SMD/0603	R10
39 k Ω /5 %/SMD/0603	R9
47 k Ω /1 %/SMD/0603	R16
56 k Ω /1 %/SMD/0603	R7, R12
1 M Ω /1 %/SMD/0603	R5, R11
PT15/liegend/25 k Ω	R13
PT15/liegend/100 k Ω	R6
Polyswitch/6 V/0,5 A/SMD/1206	R17

Kondensatoren:

10 pF/SMD/0603	C6, C7
100 pF/SMD/0603	C5, C8, C13
680 pF/SMD/0603	C9, C14
1 nF/SMD/0603	C1, C3
3,3 nF/SMD/0603	C10, C15
10 nF/SMD/0603	C2, C4, C18
100 nF/SMD/0603	C11, C12, C16, C19, C22–C24
470 nF/SMD/0603	C17
100 μ F/16 V	C20
220 μ F/16 V	C21

Halbleiter:

CD4046/SMD	IC2
TLC277C/SMD	IC3

LM3914/SMD	IC4
ERA-8SM+/SMD	IC5
BC848C	T1
IRLML6401/SMD	T2
LL4148	D1, D2
HSMS2850/SMD	D3
LED/Rechteck/rot	D4–D13
LED/3 mm/grün	D15

Sonstiges:

SMD-Induktivität, 100 nH/0805, 5 %	L1
SMD-Induktivität, 1 μ H	L2
Schiebeschalter, 2x um, hoch, print	S1
Piezo-Signalgeber	PZ1
9-V-Batterieclip	BAT1
2 Zylinderkopfschrauben, M2 x 8 mm	
1 Zylinderkopfschraube, M3 x 5 mm	
1 Zylinderkopfschraube, M3 x 6 mm	
2 Muttern, M2	
2 Fächerscheiben, M2	
1 Fächerscheibe, M3	
1 Befestigungswinkel, vernickelt	
1 Teleskopantenne, 475 mm	
1 Schaumstoff, selbstklebend, 20 x 40 x 3 mm	
2 Kunststoffachsen, \varnothing 6 x 37,8 mm	
2 Drehknöpfe, 12 mm, hellgrau	
2 Knopfkapfen, 12 mm, dunkelgrau	
2 Pfeilscheiben, 12 mm, dunkelgrau	
2 Gewindestifte mit Spitze, M3 x 4 mm	
1 Profilgehäuse, I-Mac, blau, Struktur, komplett, bearbeitet und bedruckt	

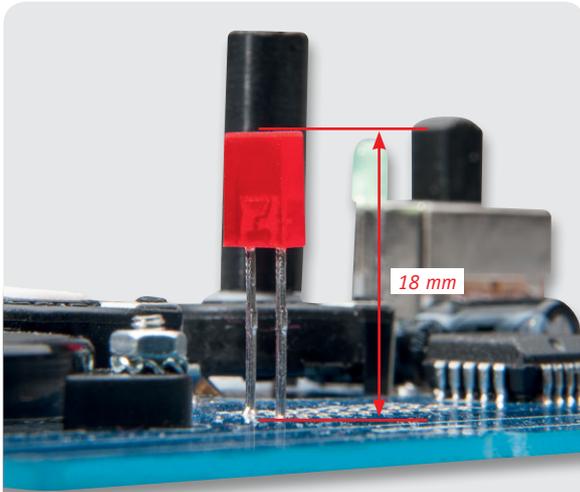


Bild 5: Die Höhenmaße der einzusetzenden LEDs D4 bis D13

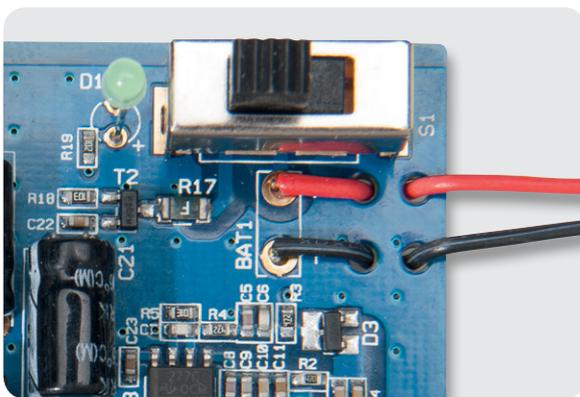


Bild 6: So erfolgt das Führen der Batterieclip-Anschlüsse in den zugehörigen Fixierbohrungen der Platine.



Bild 7: Am Antennenfuß ist der Haltewinkel anzuschrauben.



Bild 8: Das Verschrauben des Antennen-Haltewinkels mit der Platine. Die Zahnscheibe ist wichtig für einen guten Kontakt zur Platine.

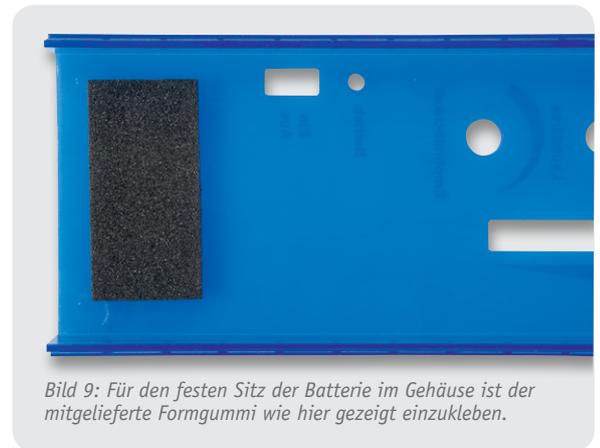


Bild 9: Für den festen Sitz der Batterie im Gehäuse ist der mitgelieferte Formgummi wie hier gezeigt einzukleben.

ten, der lange LED-Anschluss ist die Anode und gehört in die mit einem Pluszeichen auf der Platine markierte Bohrung. Die LED ist so einzusetzen und zu verlöten, dass ihre Spitze genau 18 mm über der Platine steht, wie in Bild 4 gezeigt. Bild 4 zeigt auch, wie die Poti-Steckachsen zu kürzen sind: Sie müssen über dem Poti eine Länge von 19 mm haben.

Nun werden die LEDs D4 bis D13 bestückt. Bezüglich des polrichtigen Einsatzes gilt auch hier das zu D15 Gesagte. Auch diese LEDs sind so zu verlöten, dass ihre Spitze 18 mm über der Platine steht. Alle LEDs sollten dazu sauber in einer Reihe stehen und für eine saubere Optik exakt einheitlich oben abschließen. Bild 5 zeigt den Stand anhand einer LED.

Abschließend ist nur noch der Batterieclip mit seinen Leitungsanschlüssen anzulöten. Nach dem Kürzen der Leitungsenden auf 30 mm und Absolieren der Leitungsenden auf 3 mm Länge sind die Leitungen, wie in Bild 6 gezeigt, durch die der Zugentlastung dienenden Löcher der Platine zu führen und polrichtig zu verlöten (rot = +, schwarz = -).

Nun folgen die restlichen Montagearbeiten. Bevor die Teleskopantenne an der Platine befestigt wird, ist sie mit dem Montagewinkel über eine

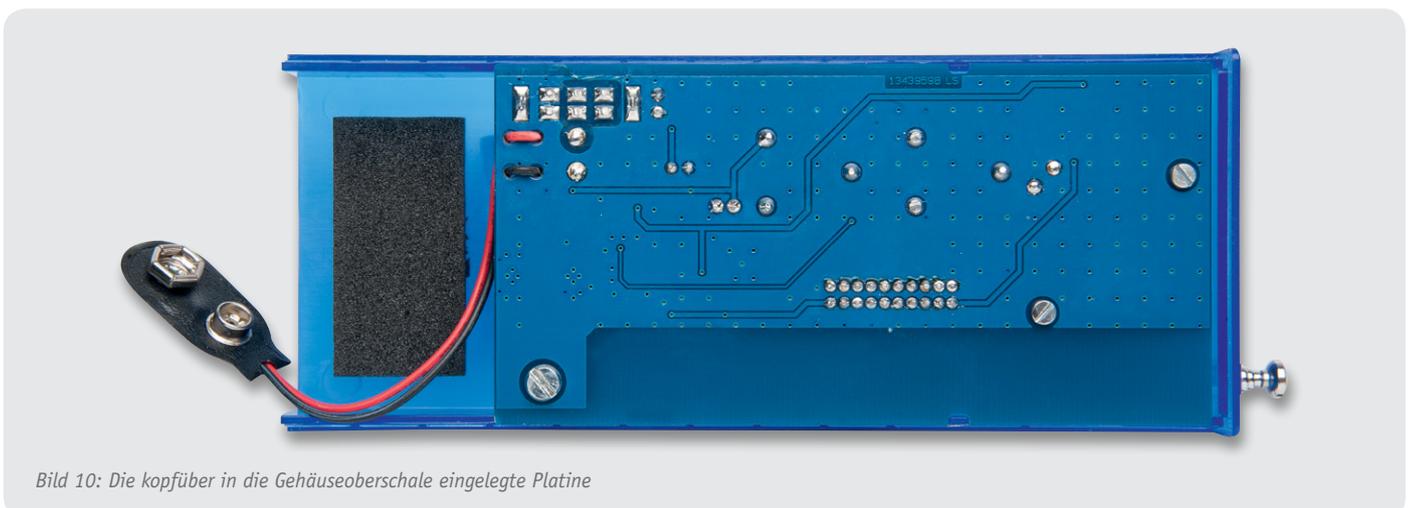


Bild 10: Die kopfüber in die Gehäuseoberschale eingelegte Platine



Bild 11: Bestandteile der Bedienknöpfe für die Potentiometer

M3x5-mm-Schraube zu verschrauben, wie in Bild 7 gezeigt. Danach ist die Kombination Antenne/Halbwinkel, wie in Bild 8 zu sehen, mittels M3x6-mm-Schraube und zwischengelegter Fächerscheibe an die Platine zu schrauben.

Bevor die so komplettierte Platine in das Gehäuse eingesetzt wird, ist noch am Ende der Gehäuseoberseite neben der Aussparung für S1 der mitgelieferte Formgummi-Streifen (siehe Bild 9) einzukleben. Er sorgt später für ein sicheres Fixieren der Batterie im Gehäuse.

Jetzt wird die Platine, mit der Oberseite voran, wie in Bild 10 zu sehen, kopfüber in die Oberschale gelegt, die beiden Fixierzapfen des Gehäuses liegen dabei in den eingearbeiteten Fixiernuten.

Nach dem Anschließen der 9-V-Blockbatterie und deren Einlegen erfolgen abschließend das Aufschieben der Gehäuseunterschale bis zum Anschlag, das Einsetzen und Einrasten der Potentiometer-Achsen und das Montieren der Bedienknöpfe. Letztere sind in der Reihenfolge, die in Bild 11 gezeigt ist, zusammzusetzen. Die Pfeilscheibe ist so zu positionieren, dass sie bei Linksanschlag des Potentiometers nach links unten zeigt. Schließlich wird die Madenschraube in den Bedienknopf geschraubt, dieser auf die Potentiometer-Achse aufgesteckt und mittels der Madenschraube fixiert. Abschließend erfolgt das Aufsetzen der Bedienknopf-Kappe.

Damit ist der Aufbau abgeschlossen, und das Gerät kann in Betrieb genommen werden. **ELV**

Frequenznutzungsplan im Bereich 5 MHz bis 4 GHz für Deutschland (Allgemeinzuteilung, Auszug, ohne Gewähr)

Bis 30 MHz	Kurzwellenrundfunk, Amateurfunk, RFID
6,765–6,795 MHz	ISM/SRD
13,55–13,567 MHz	ISM/SRD
26,565–27,405 MHz	CB-Funk, analog/digital
26,957–27,283 MHz	ISM, Babyüberwachung (26,995–27,195 MHz)
26,995–27,145 MHz	Modellfunk
35,010–35,200 MHz	Modellfunk
35,820–35,910 MHz	Modellfunk (nur Flug)
40,660–40,700 MHz	ISM/SRD
40,665–40,985 MHz	Modellfunk (ab 40,715 MHz nicht für Flug)
50,08–51 MHz	Amateurfunk
68,00–87,50 MHz	Betriebsfunk
87,5–108 MHz	UKW-Rundfunk
118,020–143,750 MHz	Flugfunk
144–146 MHz	Amateurfunk
146,00–174,00 MHz	Betriebsfunk
149,0250–149,1125 MHz	Kurzstreckenfunk (Sprechfunk)
169,400–169,5875 MHz	drahtlose Hörhilfen, Alarmierung (bis 169,600 MHz)
174–230 MHz	DAB
380–400 MHz	digitaler Bündelfunk
410–450 MHz	digitaler Bündelfunk
420 MHz	Bündelfunk (Pager)
430–440 MHz	Amateurfunk
433,050–434,790 MHz	ISM/SRD
446,0–446,2 MHz	Kurzstreckenfunk (Sprechfunk) PMR
440,00–470,00 MHz	Betriebsfunk
790–814/838–862 MHz	drahtlose Mikrofonsysteme, Monitoring (befristet bis 31.12.2015)
790–822/833–862 MHz	LTE
863–865 MHz	ISM/SRD, drahtlose Audioübertragung
865–870 MHz	ISM/SRD, RFID
868,600–869,700 MHz	Alarmierung
890–915 MHz	GSM
1240–1300 MHz	Amateurfunk
1452–1492 MHz	DAB
1710–1785 MHz	GSM
1795–1800 MHz	drahtlose Audioübertragung
1805–1880 MHz	GSM
1880–1900 MHz	DECT
1920–1980 MHz	UMTS
2110–2170 MHz	UMTS
2320–2450 MHz	Amateurfunk
2400–2483,5 MHz	ISM/SRD, WLAN, Bluetooth, Modellfunk
2446–2454 MHz	RFID