

Bauanleitung für den Bausatz Notfunk-Repeater

FA-LESERSERVICE

Kleine, leichte und energiesparende FM-Handfunkgeräte sind für den Notfunkbetrieb im Nahbereich gut geeignet. Eine transportable, einfach zu installierende FM-Relaisfunkstation mit autarker Stromversorgung kann helfen, mit solchen Geräten auch über größere Entfernungen stabile Verbindungen herzustellen. Der vorliegende Bausatz eines Crossband-Repeaters wurde zu diesem Zweck entwickelt. Er ist für Funkamateure geeignet, die Erfahrung im Selbstbau, im Umgang mit der erforderlichen Messtechnik und mit der Arduino-Entwicklungsumgebung besitzen.

Konzept und Schaltung des Notfunk-Repeaters wurden in [1] vorgestellt. Diesbezügliche Details lassen sich dort nachlesen. Im Folgenden geht es um Aufbau, Inbetriebnahme und Konfiguration.

und Sender initialisiert und gesteuert werden müssen. Dazu jedoch weiter unten mehr.

Die beiden mitgelieferten Platinen des Bausatzes sind bereits weitgehend vorbe-

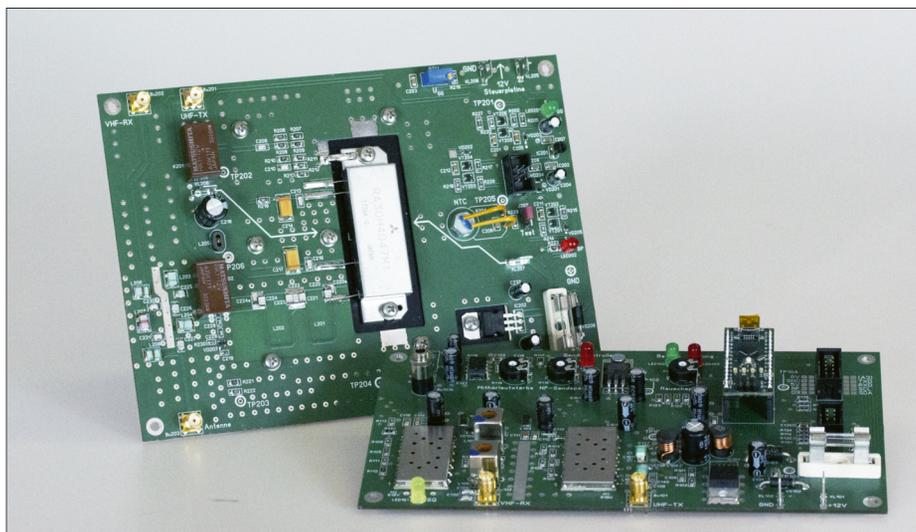


Bild 1: Vollständig aufgebaute Steuer- und Endstufenplatine des Crossband-Repeaters für den Notfunkeinsatz
Fotos: FA-Leserservice

Die Steuersoftware ist offengelegt und im Quelltext ausführlich kommentiert. Jeder Nutzer darf selbst entscheiden, ob er lediglich Programmparameter ändern oder Teile der Software an individuelle Gegebenheiten anpassen möchte. Die Hardware-Schnittstelle auf der Steuerplatine bietet darüber hinaus die Möglichkeit der Erweiterung um zusätzliche Baugruppen, die sich auch in die Steuersoftware einbinden lassen.

■ Hardware des Bausatzes

Zunächst wird der Aufbau der Steuer- und Endstufenplatine beschrieben. Zur Absolvierung der eingefügten Prüfschritte ist lediglich ein Multimeter bereitzuhalten. Für den abschließenden Test der Baugruppen und die Inbetriebnahme des Repeaters ist der *Arduino Nano* einschließlich Software erforderlich, da Empfänger

steckt, sodass nur noch relativ wenige Bauelemente aufzulöten sind. Die passiven SMD-Bauelemente auf den bestückten Platinen haben fast alle die Baugröße 1206 und sind bei einer eventuellen Reparatur somit noch gut handhabbar.

Seitens des Anwenders werden grundlegende Kenntnisse auf dem Gebiet der Elektronik und HF-Messtechnik sowie Lötterfahrung vorausgesetzt. Der Bausatz ist daher kein Einsteigerprojekt.

Werkzeug und Messtechnik

Zum Aufbau und für die Inbetriebnahme des Bausatzes sind erforderlich:

- LötKolben ≥ 60 W, 0,5-mm- oder 1-mm-Lötendraht mit Flussmittelseele, Entlötlitze
- kleine Flachzange, Pinzette, Elektronikseitenschneider, Kreuzschlitz-Schraubendreher

Achtung! Dieser Bausatz-Repeater darf nur von Funkamateuren und unter Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen betrieben werden. Er ist ausschließlich für den Notfunkeinsatz bestimmt.

Tabelle 1: Technische Eckdaten des Crossband-Notfunk-Repeaters

Empfangsfrequenzbereich	144 ... 146 MHz
Sendefrequenzbereich	430 ... 440 MHz
Modulationsart	FM
Sendeleistung	≤ 10 W
Oberwellendämpfung	≥ 60 dB
Spannungsversorgung	12-V-Akkumulator, solargepuffert
Stromaufnahme	≈ 100 mA (RX), $\approx 3,5$ A (TX)

- Multimeter
 - UHF-Dummy-Load 50Ω , $P \geq 10$ W, mit Messausgang $a \geq 50$ dB, ggf. mit zusätzlichem Dämpfungsglied
 - UHF-Leistungsmessgerät oder Spektrumanalysator, Messkabel und ggf. Adapterkabel auf SMA-Steckverbinder
 - Stromversorgung, einstellbar zwischen 9 V und 15 V und mit mindestens 4 A belastbar
 - VHF-Messsender oder VHF-Handfunkgerät mit Abschlusswiderstand
 - UHF-Empfänger oder -Handfunkgerät
- Hinweis: Eine geeignete UHF-Dummyload mit -40 -dB-Messausgang ist z. B. bei [2] unter der Bestellnummer *N-ATT40/100* erhältlich, ebenso weitere Dämpfungsglieder unterschiedlicher Belastbarkeit.

Allgemeine Anmerkungen

Die Schaltpläne der beiden Baugruppen sind im Anhang dieser Bauanleitung zu finden, ebenso die Bestückungspläne. Letztere dienen nur der Vollständigkeit, da sie auch auf die Platinen aufgedruckt sind.

Beim Auflöten der Bauteile ist große Sorgfalt geboten, um Verwechslungen und daraus resultierende aufwendige Reparaturen zu vermeiden. Die Lötstellen und die mechanischen Arbeiten an der Endstufenplatine müssen fachgerecht ausgeführt werden, damit nicht nur eine reibungslose Inbetriebnahme, sondern später auch eine möglichst hohe Betriebszuverlässigkeit des Geräts gewährleistet sind.

■ Bestückung der Steuerplatine

Es empfiehlt sich, zunächst die benötigten Bauteile gemäß der Stückliste in Tabelle 2 bereitzulegen. Die folgende Anleitung geht nach Funktionsabschnitten vor, die sich separat testen lassen. Dies hat sich in der Praxis bewährt und ist letztlich einfacher, als eine eventuelle Fehlersuche an der komplett bestückten Baugruppe.

Nach den Tests ist die Versorgungsspannung stets wieder abzuklemmen!

Spannungsversorgung

Zuerst sind die Bauelemente der Spannungsversorgung aufzulöten:

- Dioden VD101 und VD102
- Schaltkreise IC101 und IC102
- Drosseln L101 und L102
- Elektrolytkondensatoren C131, C101, C103, C106, C109
- Sicherungshalter mit Si101
- Flachstecker KL101 und KL102

Bei den gepolten Bauelementen ist die Einbaulage zu beachten. Die beiden Drosseln L101 und L102 haben die gleiche Baugröße und dürfen auf keinen Fall verwechselt werden. L101 ist äußerlich an der höheren Windungszahl zu erkennen.

Beim Auflöten des Schaltreglers IC101 empfiehlt sich folgendes Vorgehen: Zunächst ist eine der fünf schmalen Lötflächen auf der Platine mit Lot zu versehen. Dann positioniert man IC101 wie in Bild 2 zu sehen und verlötet den betreffenden Anschluss. Falls der Schaltkreis noch schief sitzt oder seine Unterseite nicht plan auf der Leiterplatte aufliegt, lässt sich dies jetzt korrigieren, indem die Lötstelle noch einmal kurz erhitzt wird. Ist die Lage des Schaltkreises korrekt, sind die restlichen vier Pins sowie das Gehäuse zu verlöten, Bild 2.

Nach dem Abwinkeln der drei Anschlussdrähte des 8-V-Spannungsreglers IC102 ist dieser auf die Platine aufzusetzen und unter Verwendung einer Schraube M3x8, zwei Unterlegscheiben und einer M3-Mutter zu befestigen, Bild 3. Die drei Anschlussdrähte von IC102 werden auf der Unterseite der Platine verlötet.

Für den provisorischen Anschluss der Platine an die Stromversorgung verwendet man am besten zwei isolierte Drähte, die am platinenseitigen Ende mit Flachsteckern versehen sind. Solche Stecker gehören zum Lieferumfang des Bausatzes. Nach dem Anlegen der Versorgungsspannung von 12 V (Polarität beachten!) müssen sich ein Betriebsstrom zwischen 10 mA und 15 mA einstellen und an den Test-

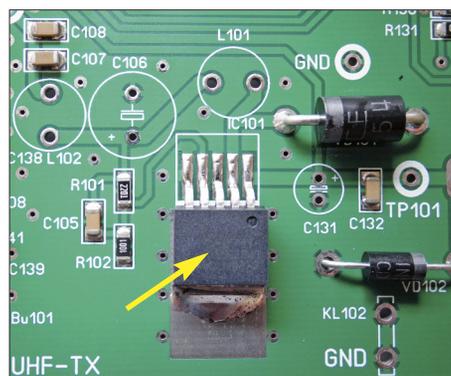


Bild 2: Aufgelöteter Spannungsreglerschaltkreis IC101 im DPAK-Gehäuse

Tabelle 2: Stückliste der Steuerplatine

Bezeichnung	Typ/Wert	Anzahl	Bemerkung
Bu103	Klinkenbuchse, 3,5 mm, stereo	1	
Bu101, Bu102	SMA-Buchse, stehend	2	Print-Ausführung
C106	470 µF/25 V	1	
C123	22 µF/50 V	1	
C101, C103, C109, C110, C113, C116, C121, C131, C133	100 µF/35 V	9	
IC101	LM2596DSADJG	1	TO-263-5
IC102	µA7808	1	TO-220
IC103	LM386	1	DIP-8
J101	Wannenstecker, gerade, 6-polig	1	
(J101)	Pfostenbuchse, 6-polig	1	für Verbindungskabel zur PA-Platine
	Flachbandkabel, 6-adrig, 30 cm	1	Verbindungskabel zur PA-Platine
J102	Wannenstecker, gerade, 10-polig	1	Erweiterungsschnittstelle (optional)
(J102)	Pfostenbuchse, 10-polig	1	
KL101, KL102	Flachstecker	2	6,35 mm
(KL102, KL102)	Flachsteckhülse	2	6,35 mm
L101	33 µH, stehend	1	
L102	3,3 µH, stehend	1	
L105, L105	Filterspule 110 nH, geschirmt	2	
LED101	Leuchtdiode, gelb	1	
LED102	Leuchtdiode, grün	1	
LED103, LED104	Leuchtdiode, rot	2	
M101	DRA818U	1	UHF-Modul
M102	DRA818V	1	VHF-Modul
J103, J104	Buchsenleiste, 15-polig	2	für Arduino Nano
M103	Arduino Nano	1	
R116, R118, R125	Einstellwiderstand 10 kΩ	3	liegend
Si101	Sicherungshalter	1	Print-Ausführung
(Si101)	Feinsicherung 1A, träge	1	5 mm x 20 mm
VD101	SB540	1	
VD102	1N5355B/18V	1	
	Schraube M3x8	1	für IC102
	U-Scheibe 3,2 mm	2	für IC102
	Mutter M3	1	für IC102
	Steuerplatine	1	SMD-bestückt

punkten der Platine mit dem Multimeter folgende Betriebsspannungen gegen GND messen lassen:

- TP101: +12 V (Versorgungsspannung)
- TP102: +8 V
- TP103: +4 V

Abweichungen von bis zu 0,1 V sind zulässig. Fehlt eine der Spannungen, ist zunächst die Ursache zu finden und zu beheben.

NF-Verstärker und Arduino-Peripherie

Die nächste Funktionsgruppe ist der NF-Verstärker. Dieser dient ausschließlich

zur Kontrolle des Empfangssignals und liegt nicht im Sendeweg. Zu bestücken sind:

- Schaltkreis IC103,
- Elektrolytkondensatoren C121, C123,
- Einstellwiderstand R118
- 3,5-mm-Klinkenbuchse Bu103a

Der Bestückungsplatz Bu103b ist für eine senkrecht stehende Klinkenbuchse reserviert (nicht im Lieferumfang des Bausatzes). Ob eine solche Buchse sinnvoll ist, hängt letztlich von der später geplanten Einbaulage der Steuerplatine ab. Vor dem Einbau der Buchse sollte vorsichtshalber deren Kontaktbelegung geprüft werden. Gegebenenfalls kann es erforderlich sein, die Anschlüsse mit einem scharfen Seitenschneider etwas schmaler zu machen, damit sie in die Bohrungen der Platine passen. Solche Buchsen sind z.B. bei www.conrad.de unter den Bestellnummern 738619 oder 744328 erhältlich.

Anschließend werden die Bauelemente in der Peripherie der Arduino-Platine bestückt. Dies sind:

- Einstellwiderstände R116, R125,
- Elektrolytkondensator C133,
- LED 102 (grün), LED103 und LED104 (beide rot),



Bild 3: Bestückter Linearreglerschaltkreis IC102 im TO220-Gehäuse

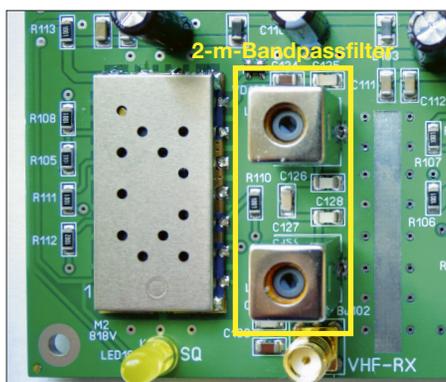


Bild 4: Aufgelötetes VHF-Modul DRA818V einschließlich der beiden geschirmten Spulen des 2-m-Bandpassfilters

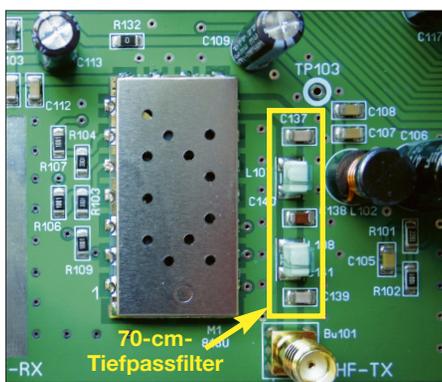


Bild 5: Aufgelötetes UHF-Modul DRA818U; rechts daneben befinden sich die Bauelemente des 70-cm-Tiefpassfilters.

- Wannenstecker J101 (6-polig) und J102 (10-polig),
- Buchsenleisten J103 und J104.

Die beiden 15-poligen Buchsenleisten J103 und J104 müssen exakt senkrecht stehen und sollten mit ihrer Unterkante auf der Platine aufliegen. Die Arduino-Platine kann bei der Ausrichtung als Hilfe dienen.

Der kurze Draht ist bei den LEDs der Katodenanschluss. Dieser ist auf der Platine mit dem Buchstaben *K* gekennzeichnet. Die Aussparung am Wannenstecker dient dem Verpolungsschutz. Sie ist auf dem Bestückungsaufdruck entsprechend markiert. Der 10-polige Wannenstecker J102 braucht nur dann bestückt zu werden, wenn vom Anwender eine Erweiterung der Hardware geplant ist. Für die Grundfunktion des Crossband-Repeater ist dieser Stecker nicht erforderlich.

Nach dem Anschluss eines Kopfhörers an Bu103a wird erneut die Betriebsspannung an KL101/KL102 angeschlossen. Nun muss beim Berühren einer der beiden Anschlüsse von C118 mit der Schraubendreherklinge oder dem Finger ein 50-

Hz-Brummen im Kopfhörer zu vernehmen sein. Falls nicht, ist R118 auf Rechtsanschlag zu drehen. Sollte auch dann noch nichts zu hören sein, ist der Fehler zu suchen und zu beseitigen.

VHF- und UHF-Modul

Beim nächsten Schritt sind zunächst die beiden Transceivermodule und anschließend noch einige weitere Bauelemente aufzulöten. Es empfiehlt sich, die Module zuerst zu bestücken, da man mit dem Lötkolben dann noch besser an die Anschlüsse herankommt.

Im Einzelnen handelt es sich um:

- M101 DRA818U und M102 DRA818V (auf der Platine mit M1 bzw. M2 beschriftet),
- Elektrolytkondensatoren C110, C113, C116,
- LED101 (gelb),
- Filterspulen L105, L106,
- SMA-Buchsen Bu101 und Bu102.

Das Auflöten der beiden Module erfolgt nach dem gleichen Prinzip wie das von IC101. Zunächst wird eine beliebige Anschlusslötläche der Modul längsseite auf

der Platine verzinnt, anschließend das Bauteil aufgesetzt und dann verlötet. Das betreffende Modul muss flach auf der Platine aufliegen und mit allen Anschlüssen exakt über den Lötflächen positioniert sein. Beim Löten ist darauf zu achten, dass die betreffenden Lötverbindungen tatsächlich zustande kommen. Hier können schnell Fehler auftreten, die sich später in einer „unerklärlichen“ Funktionsstörung äußern. In den Bildern 4 und 5 ist das Ergebnis zu sehen.

Beide Module sind auch auf der Rückseite der Platine durch die beiden durchkontaktierten 3-mm-Löcher zu verlöten. Dies dient der besseren Masseverbindung und Wärmeableitung, siehe Bild 7.

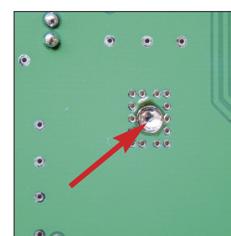


Bild 7: VHF- und UHF-Modul sind jeweils durch eine 3-mm-Bohrung hindurch an der Platinenunterseite zu verlöten.

Die Kerne der Filterspulen L105 und L106 sind etwa 1,5 mm tief einzudrehen, bezogen auf die Oberseite des Abschirmbechers. Damit sollte die Filterkurve etwa in der Mitte des 2-m-Bandes liegen. Weitere Abgleicharbeiten sind nicht erforderlich und die Bestückung der Steuerplatine ist damit abgeschlossen.

Nach dem Anschluss der Betriebsspannung von 12 V an KL101/KL102 sollte die Stromaufnahme der Steuerplatine mit gestecktem, aber noch unprogrammiertem *Arduino Nano* bei etwa 40 mA liegen. Die grüne LED auf dem Arduino-Modul muss leuchten, ebenso LED101 (gelb) auf der Steuerplatine. An TP104 müssen 5 V gegen Masse zu messen sein. Diese Spannung wird von der Modulplatine des *Arduino Nano* bereitgestellt.

In Bild 6 ist die vollständig bestückte Steuerplatine zu sehen.

■ Bestückung der Endstufenplatine

Ebenso wie bei der Bestückung der Steuerplatine empfiehlt es sich, zunächst die benötigten Bauteile gemäß der Stückliste in Tabelle 3 bereitzulegen.

Spannungsversorgung und Steuerung

Es sind zunächst alle Bauteile zu bestücken, die nicht mit dem Kühlkörper verschraubt werden müssen. Es handelt sich dabei um folgende:

- Dioden VD206 und VD209
- Elektrolytkondensatoren C218, C233, C204, C215 und C232

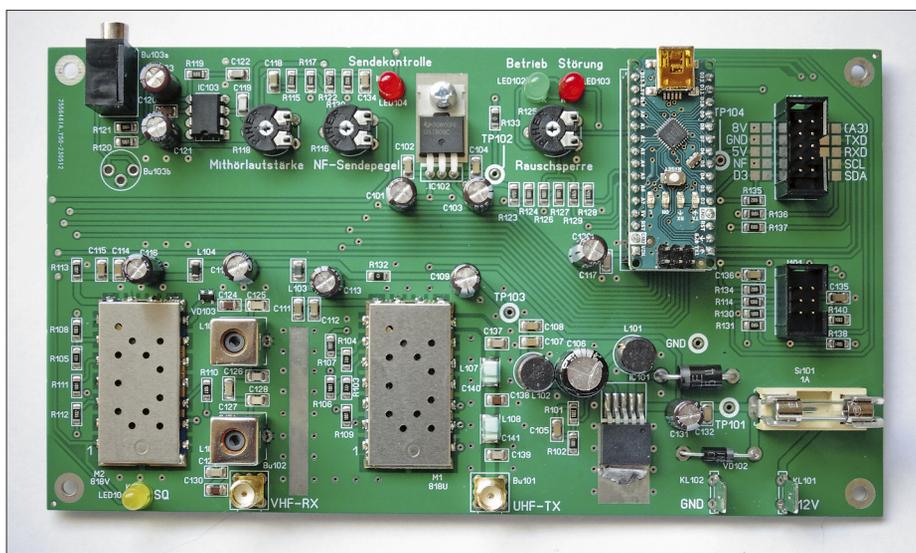


Bild 6: Vollständig bestückte Steuerplatine mit aufgestecktem Arduino Nano

- LED201 (grün), LED202 (rot) und LED203 (gelb)
- Präzisionstrimmer R201
- Spannungsregler IC201
- Flachstecker KL201, KL202, KL203, KL204, KL205, KL206, KL207 und KL208
- Wannenstecker J201 (6-polig)
- Stiftleiste J202 (3-polig)
- Sicherungshalter mit Si201
- SMA-Buchsen Bu201, Bu202 und Bu203
- Drossel L205, bestehend aus einer Windung 1-mm-CuAg-Draht auf Doppellochkern (DLK)
- Relais K201 und K202

Bei K201 und K202 ist zunächst jeweils ein Anschluss zu verlöten und dann die Position des betreffenden Relais zu kontrollieren. Wenn es schief sitzt, lässt sich dies jetzt noch einfach korrigieren. Anschließend sind auch die anderen Anschlüsse zu verlöten.

Zu Herstellung von L205 wird der versilberte Kupferdraht durch eines der beiden Löcher des kleinen Doppellochkerns und anschließend durch das zweite wieder zurückgeführt. Die Spule ist stehend einzulöten, Bild 8.

Als nächster Schritt bietet sich ein erster Funktionstest an. Zu diesem Zweck ist an KL201 und KL202 der Endstufenplatine eine Versorgungsspannung von 12 V zu legen. Es können dieselben Anschlusskabel genutzt werden, wie zuvor beim Test der Steuerplatine.

Steckt man nun den Jumper in die Position *Test* (weißer Strich) von J202, siehe auch Bild 12, müssen die beiden Relais anziehen und dabei ein deutliches Klickgeräusch von sich geben. LED201 (grün) und LED202 (rot) leuchten. Die grüne LED signalisiert die Bereitstellung der Gate-Spannung für das Verstärkermodul und die rote LED steht als Zeichen für das Abschalten der Bypass-Leitung über die beiden Relais.

Mit dem Multimeter muss sich am Testpunkt TP201 gegen GND eine stabilisier-

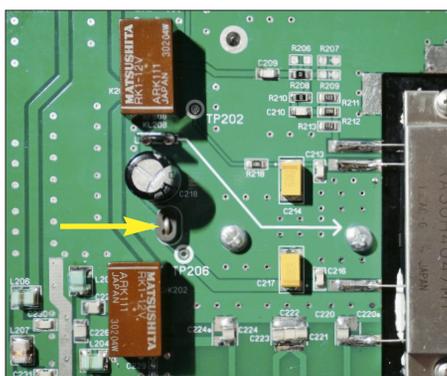


Bild 8: Die Drossel L205 befindet sich neben dem Testpunkt TP206.

Tabelle 3: Stückliste der Endstufenplatine

Bezeichnung	Typ/Wert	Anzahl	Bemerkung
Bu201... Bu203	SMA-Buchse, stehend	3	Print-Ausführung
C218	470 μ F/25 V	1	
C233	1 μ F/100 V	1	
C204, C215, C232	10 μ F/50 V	3	
J201	Wannenstecker, gerade, 6-polig	1	
(J201)	Pfostenbuchse, 6-polig	1	für Verbindungskabel zur Steuerplatine
KL201... KL208	Flachstecker	8	6,35 mm
(KL201... KL208)	Flachsteckhülse	8	6,35 mm
J202	Stiftleiste, 3-polig	1	
(J202)	Jumper	1	
LED203	Leuchtdiode, gelb	1	
LED201	Leuchtdiode, grün	1	
LED202	Leuchtdiode, rot	1	
VD206	1N5355B/18V	1	
VD209	1N5400	1	
Si201	Sicherungshalter	1	Print-Ausführung
(Si201)	Feinsicherung 6,3A, träge	1	5 mm x 20 mm
IC201	μ A78L08	1	TO-92
IC202	PB137	1	TO-220
K201, K202	Relais ARK111-RK1-12V	2	
L202	Doppellochkern	1	
(L202)	1-mm-Draht CuAg, 50 mm	1	
M201	RA30H4047M1	1	
R201	Präzisionstrimmer 1 k Ω	1	
R204	10 k Ω , NTC	1	
	1-mm-Isolierschlauch, 100 mm	1	
	Schraube M3x8	9	
	U-Scheibe 3,2 mm	9	
	Lötöse M3	1	
	Kühlkörper, bearbeitet	1	
	Wärmeleitpaste, 4g	1	
	SMA-Verbindungskabel 15 cm	3	
Bu301/St301	N-Flanschbuchse mit SMA-Buchse	1	Antennenanschluss
	PA-Platine	1	SMD-bestückt

te Spannung in Höhe von 8 V messen lassen. An TP202 ist die Gate-Spannung des (noch nicht bestückten) Verstärkermoduls messbar, die sich mithilfe von R201 einstellen lassen muss. Sie ist zunächst auf den Minimalwert von etwa 2,7 V zu reduzieren.

Verläuft dieser Test nicht erfolgreich, muss zunächst die Ursache gefunden und der Fehler behoben werden.

Zum Schluss ist die Versorgungsspannung wieder abzuklemmen.

Verstärkermodul und Solarregler

Als Nächstes ist der Rippenkühlkörper an die Unterseite der Endstufenplatine zu schrauben. Dazu dienen insgesamt sechs

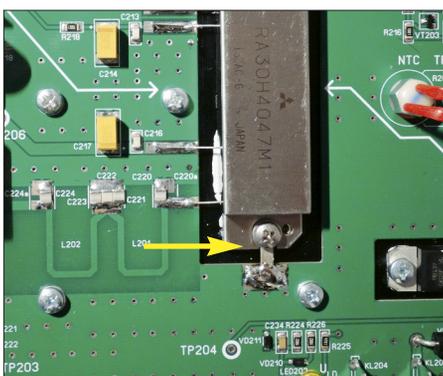


Bild 9: Massepunkt des UHF-Verstärkermoduls auf der Platine

Schrauben M3x8 mit jeweils einer Unterlegscheibe.

Anschließend wird das UHF-Verstärkermodul RA30H4047M1 auf seiner Rückseite dünn mit Wärmeleitpaste bestrichen, in die große Aussparung der Platine auf den Kühlkörper gesetzt und mit zwei Schrauben M3x8 nebst Unterlegscheiben befestigt. Unter die rechte Schraube des Moduls kommt noch die Lötöse M3. Diese sollte mit ihrer Lötfahe in Richtung der nächstgelegenen Masselötfläche an der Schmalseite des Platinausschnitts zeigen, Bild 9. Die vier Anschlussdrähte des Moduls werden nun auf den entsprechenden Lötflächen der Platine gelötet. Zur Masseverbindung des Moduls ist die Lötöse der Befestigungsschraube mit der entsprechenden Massefläche zu verlöten.

Bestandteil des Endstufenmoduls ist auch der Thermofühler R204, der zur Überwachung der Kühlkörpertemperatur dient. Dieser NTC-Widerstand ist mit einem M3-Schraubgewinde versehen und durch die entsprechende Bohrung der Platine in den Kühlkörper einzuschrauben. Die beiden Anschlussdrähte werden mit Isolierschlauch überzogen, durch die gekennzeichneten Bohrungen der Platine gesteckt und verlötet, Bild 10.

Der Solarregler IC202 hat das von Festspannungsreglern gewohnte Gehäuse

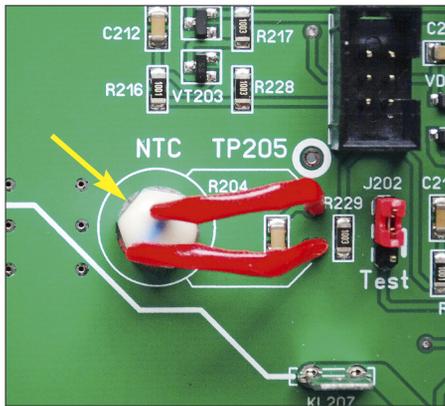


Bild 10: Eingebauter NTC-Widerstand zur Überwachung der Kühlkörpertemperatur

TO-220. Er ist auf der Unterseite dünn mit Wärmeleitpaste zu bestreichen. Vor dem Einbau sind seine Anschlussdrähte passend abzuwinkeln. IC202 wird mit einer Schraube M3x8 zuzüglich Unterlegscheibe in der kleinen Aussparung der Platine auf dem Kühlkörper befestigt, siehe auch Bild 11. Die drei Anschlüsse sind entsprechend zu verlöten.

Für die Zuführung der Betriebsspannung des Verstärkermoduls wird noch ein etwa 16 cm langes Stück isolierten Kupferlitzenendrahts benötigt, das an jedem der beiden Enden mit einer Flachsteckhülse zu versehen ist. Es wird auf die Anschlüsse KL207 und KL208 gesteckt. Der Aufbau der Endstufenplatine ist damit abgeschlossen.

Auch an dieser Stelle empfiehlt es sich, die Stromaufnahme der Platine zu prüfen, um größere Aufbaufehler ausschließen zu können. Nach dem Anschluss von 12 V an KL201/KL202 und in die Stellung *Test* gestecktem Jumper auf J202

müssen etwa 45 mA fließen. Bei entferntem Jumper sinkt der Wert auf 3 mA.

RuhestromEinstellung der Endstufe

Zunächst ist der Antennenanschluss der Platine bzw. Endstufe mit einem UHF-tauglichen 50-Ω-Lastwiderstand abzuschließen. Dann wird die Spannungsquelle wieder angeschlossen und die Versorgungsspannung auf 13,8 V erhöht. Dies entspricht in etwa der Ladeschlussspannung eines Bleiakkumulators. In die Plusleitung der Spannungsversorgung ist ein Amperemeter zu schalten.

KL207 und KL208 müssen miteinander verbunden sein (siehe vorangegangener Abschnitt). An J202 ist der Jumper wie-

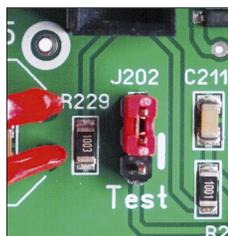


Bild 12: Teststecker auf J202 in neutraler Position (Normalbetrieb)

der auf die Position *Test* zu stecken (weißer Strich neben der Stiftleiste).

An TP202 wird gegen *GND* die Gate-Spannung gemessen. Durch langsames Rechtsdrehen der Einstellschraube an R201 ist diese Spannung auf 4,00 V zu erhöhen. Währenddessen steigt der mit dem Amperemeter gemessene Ruhestrom auf etwa 0,50 A. Beide Werte wurden am Mustergerät gemessen und unterliegen einer gewissen Bauteiltoleranz.

Anschließend sind der Jumper von J202 zu entfernen bzw. auf die neutrale Position zu stecken, Bild 12, und die Kabel-

verbindung zwischen KL207 und KL208 wieder zu trennen.

Anfertigung des Steuerkabels

Für die Verbindung von Steuer- und Endstufenplatine wird ein 6-poliges Steuerkabel benötigt. Dieses besteht aus zwei 6-poligen Pfostenbuchsen und einem Stück Flachbandkabel mit sechs Adern. Es führt im Betrieb ausschließlich Gleichspannung und ist daher bezüglich seiner Länge relativ unkritisch. Wie lang es sein muss, hängt letztlich davon ab, wie weit die Platinen später im eingebauten Zustand voneinander entfernt sind.

Zur Herstellung dieses Kabels ist wie folgt vorzugehen: Die Steckverbinder werden nicht gelötet, sondern mittels Schneidklemmtechnik mit dem Flachbandkabel verbunden. In Bild 13 sind die Bestandteile des Steckverbinders zu sehen. Das 6-polige Flachbandkabel ist nicht abzuisolieren, sondern zwischen Schneidklemme und Einpresser zu schieben, siehe Bild 14. Das Ganze kommt zwischen die Backen eines kleinen Schraubstocks und wird zusammengepresst. Ein leises Knacken verrät das Einrasten des Einpressters in das Unterteil des Steckverbinders. Das Einrasten muss auf beiden Seiten erfolgen, damit sich die Teile später nicht wieder voneinander lösen.



Bild 13: Bestandteile des Pfostensteckverbinders



Bild 14: Bei der Montage des Pfostensteckverbinders leistet ein kleiner Schraubstock gute Dienste.

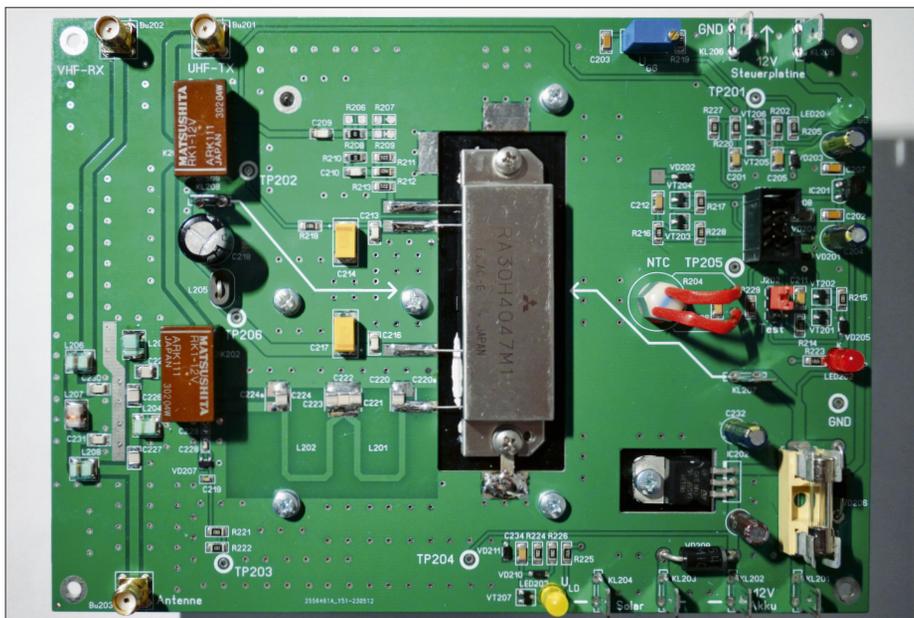


Bild 11: Vollständig bestückte Endstufenplatine, hier noch ohne Verbindungskabel zwischen den Anschlüssen KL207 und KL208

Dieser Montageschritt erfolgt auf beiden Seiten des Kabels und wird mit dem Aufstecken des Sicherungsbügels abgeschlossen, Bild 15.

Insgesamt ist lediglich zu beachten, dass dann, wenn die Stecker nebeneinander liegen, beide von links nach rechts gesehen gleich beschaltet sind. Bei sechs unterschiedlichen Adernfarben muss also die am weitesten links liegende Ader an beiden Steckverbindern die gleiche Farbe haben, siehe Bild 16.

Wer beim Kabel ganz sichergehen möchte, kann es folgendem Test unterziehen:

Er verbindet Steuer- und Endstufenplatine ausschließlich über das angefertigte Steuerkabel und misst den Widerstand zwischen den GND-Testpunkten der beiden Platinen. Dieser muss Null sein, weil

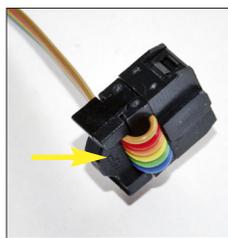


Bild 15: Der aufgesteckte Sicherungsbügel dient als Zugentlastung.

eine der Adern des Steuerkabels diese Masseverbindung herstellt. Ist der gemessene Widerstand höher, sollte man sich das Steuerkabel näher ansehen oder nachschauen, ob die Wannenstecker auf den Platinen richtig eingebaut und verlötet sind.

■ Verbindung der Platinen

Die Zusammenschaltung von Steuer- und Endstufenplatine geht aus Bild 17 hervor. Die Verbindung der HF-Signalwege erfolgt durch zwei der mitgelieferten 15 cm langen SMA-Koaxialkabel. Die Beschriftung der Koaxialbuchsen auf der Platine dient dabei als Hilfestellung. Bu101 (UHF-TX) geht dabei an Bu201 und Bu102 (VHF-RX) an Bu202.

Die Spannungsversorgung der Steuerplatine erfolgt über die Endstufenplatine. Zu diesem Zweck müssen zwei weitere iso-

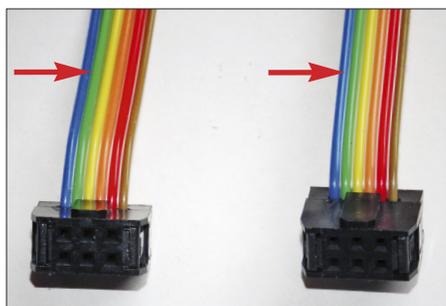


Bild 16: Beim fertigen Steuerkabel muss in dieser Ansicht die Farbreihenfolge der Kabeladern bei beiden Steckern identisch sein.

lierte Kupferlitzendrähte mit Flachsteckhülsen versehen werden. Diese dienen dann zur Verbindung von KL101 mit KL205 sowie KL102 mit KL206.

Zu guter Letzt werden die Pfostenbuchsen des 6-poligen Steuerkabels in die Wannenstecker J101 auf der Steuerplatine und J201 auf der Endstufenplatine gesteckt.

■ Laderegler, Gehäuse und Antennenanschluss

Auf der Endstufenplatine befindet sich ein einfacher Laderegler vom Typ PB137.

Dieser Schaltkreis begrenzt die ausgangsseitige Ladeschlussspannung des angeschlossenen Akkumulators auf 13,7 V und den Ladestrom auf 1,5 A. Er ist somit das Verbindungsglied zwischen einem 12-V-Solarmodul an KL203/KL204 und dem Bleiakкумуляtor an KL201/KL202.

Die gelbe LED203 beginnt zu leuchten, wenn das angeschlossene Solarmodul mindestens 15 V liefert. VT207 mit der vorgeschalteten 12-V-Z-Diode VD210 wird dann leitend. Diese Anzeige kann beim Aufbau des Repeaters und der Ausrichtung des Solarmoduls hilfreich sein. Damit lässt sich z.B. testen, ob das Solarmodul richtig angeschlossen ist und genug Spannung bzw. Energie zum Laden des Akkumulators liefern kann.

Die Ladeschaltung und Spannungsanzeige lässt sich testen, indem außer dem Bleiakкумуляtor an KL201/KL202 ein regelbares Netzteil an KL203/KL204 angeschlossen wird. Ab einer Spannung von etwa 15 V sollte LED203 beginnen zu leuchten und ein entsprechender Ladestrom fließen.

Solarmodul

Als Solarmodul sind 12-V-Ausführungen geeignet, die mindestens 20 W Spitzenleistung abgeben können. Eine geringere Leistung verlängert die Ladezeit. Module mit mehr als 60 W Spitzenleistung wären überdimensioniert, da sich die zusätzlich zur Verfügung gestellte Energie aufgrund der Begrenzung des Ladestroms nicht ausnutzen ließe. Die Ausgangsspannung von 12-V-Modulen liegt im Leerlauf meist deutlich über 20 V und geht bei Belastung entsprechend zurück.

Es steht jedem Anwender selbstverständlich frei, andere Typen von Akkumulatoren oder Solarmodulen zu nutzen, einschließlich des passenden PWM- oder MPPT-Reglers. In diesem Fall braucht der PB137 auf der Endstufenplatine nicht bestückt zu werden.

Gehäuse und Antenne

Die Platinen des Bausatzprototyps wurden in ein graues Wandgehäuse des Herstellers *Boxexpert.de* mit den Abmessungen 250 mm × 350 mm × 150 mm eingebaut. Dieses ist z. B. bei *www.reichelt.de* unter der Artikelnummer *FLT 350250150 GR* erhältlich. Es bietet im Innenraum reichlich Platz und lässt sich relativ einfach bohren und mit einer Feile bearbeiten.

Das genannte Gehäuse besitzt die Schutzart IP65, hält also im geschlossenen Zustand Wasser und Staub von der eingebauten Elektronik fern. Der an der Rückseite auszubearbeitende Durchbruch für den Rip-

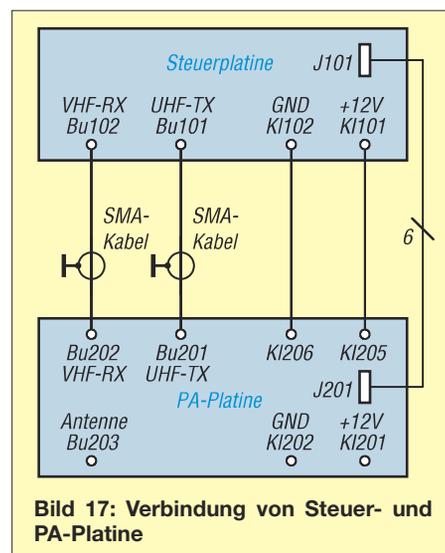


Bild 17: Verbindung von Steuer- und PA-Platine

penkühlkörper lässt sich nach dem Einbau der Endstufenplatine bei Bedarf relativ einfach mit Silikon-Dichtmasse wieder abdichten.

Selbstverständlich ist auch jedes andere Gehäuse verwendbar, das Platz für die Platinen bietet und für den vorgesehenen Aufstellort des Crossband-Repeater geeignet ist. Wichtig ist auch in diesem Fall, dass für eine ausreichende Belüftung des Kühlkörpers gesorgt ist. Die Kühlrippen sollten möglichst senkrecht stehen, damit die Außenluft ungehindert zwischen ihnen hindurchströmen kann. Beim Prototypen wurden robuste *Quicklock*-Einbaukupplungen des Herstellers *Lutronic* als verpolungssichere Steckverbinder für den Anschluss von Akkumulator und Solarmodul verwendet, siehe [1]. Diese sind mit unterschiedlicher Polzahl und Strombelastbarkeit ebenfalls im Angebot von *www.reichelt.de* zu finden.

Man kann auch andere Steckverbinder einsetzen. Diese sollten jedoch mit mindestens 6 A belastbar sein.

Der Antennenanschluss wird mithilfe eines mitgelieferten, 15 cm langen SMA-Kabels sowie der dem Bausatz ebenfalls beiliegenden N-SMA-Flanschbuchse realisiert. Als Antenne kommt z.B. eine handelsübliche 2-m-/70-cm-Vertikalantenne infrage. Selbstverständlich sind auch geeignete Eigenbauantennen verwendbar.

■ Handfunkgeräte für den Crossband-Betrieb

Die meisten modernen Hand- und Mobilfunkgeräte sind *Dualbander*, die sowohl im 2-m- als auch im 70-cm-Band arbeiten können. Sogenannte *Twinbander* sind in der Lage, auf einem Band zu senden und auf beiden gleichzeitig zu empfangen. Für Letztere ist das Funken über den

Crossband-Repeater also von vornherein kein Problem.

Aber auch eine ganze Reihe Duobander, wie z. B. das DJ-VX50H von *Alinco*, sind in der Lage, z. B. in dem als *Hauptband* eingestellten 2-m-Band zu senden und im *Subband* auf 70 cm zu empfangen.

Andere Geräte wiederum erlauben es, eine zweite, gespeicherte Frequenz zyklisch zu überwachen. Bei *Yaesu*-Handfunkgeräten wie dem VX3-E nennt sich diese Funktion *Dualwatch*. Somit sind auch solche Duobander für den Betrieb über die Crossbandstelle geeignet.

■ Inbetriebnahme des Crossband-Repeater

Die miteinander verbundenen Platinen bzw. der zusammengebaute Crossband-Repeater wird an die Spannungsversorgung und der Antennenein-/ausgang über einen Leistungsmesser an die 50-Ω-Dummyload angeschlossen. In die Zuleitungen vom einstellbaren Netzteil sind ein Spannungs- und ein Strommessgerät zu schalten. Wer HF-seitig genauer messen möchte, schließt einen kalibrierten Spektrumanalysator über ein 50-dB-Dämpfungsglied an die Dummyload an, siehe Bild 18.

Ein Kopfhörer oder Lautsprecher an der Klinkenbuchse Bu103 der Steuerplatine dient zur Überwachung des NF-Kanals. Zum Funktionstest ist entweder ein VHF-Messsender oder ein VHF-Handfunkgerät erforderlich, das auf die Eingabefrequenz und minimale Sendeleistung eingestellt ist. Es sollte auf eine Dummy-Load arbeiten, um den Empfängereingang des Crossband-Repeater nicht zu übersteuern.

Weiterhin wird ein UHF-Empfänger benötigt, der auf die Ausgabefrequenz eingestellt ist. Dies kann ebenfalls ein Handfunkgerät sein. Die Inbetriebnahme bzw. Funktionsüberprüfung erfolgt in zwei Schritten.

Erster Schritt: Ohne 10-W-Endstufe

Die steckbare Drahtbrücke zwischen KL207 und KL208 auf der Endstufenplatine wird zunächst entfernt.

Anschließend erfolgt das Laden der Software über die USB-Schnittstelle in den Programmspeicher des *Arduino Nano*. Am Anfang des Programm-Quelltextes befinden sich die Einträge für Empfangs- bzw. Eingabefrequenz sowie Sendebzw. Ausgabefrequenz des Crossband-Repeater. Die Werkseinstellungen sind 145,1 MHz und 431,5 MHz. Diese werden für die Frequenzeinstellung des VHF-Handfunkgeräts und des UHF-Empfängers benötigt und lassen sich für die Inbetrieb-

nahme und den Funktionstest am Dummy-Load zunächst erst einmal nutzen. Später sind sie dann durch die Betriebswerte zu ersetzen. Details dazu finden sich im Abschnitt *Software*.

Sobald das Programm vollständig geladen ist, startet es automatisch. Aus dem Kopfhörer an Bu103 ertönt während dieses Vorgangs einige Morsezeichen, die die Versionsnummer des Programms angeben, z.B. bei der Version 1.0 die Zeichenfolge „V10“. Diese Töne liegen nur am NF-Ausgang an und werden nicht über das UHF-Modul ausgesendet.

Im Ruhezustand leuchtet normalerweise außer der grünen SMD-LED des *Arduino Nano* nur die ebenfalls grüne Betriebsanzeige LED102 auf der Steuerplatine. In diesem Fall ist lediglich der VHF-Empfänger aktiv, der UHF-Sender ist abgeschaltet.

Sobald ein vom VHF-Handfunkgerät abgestrahltes Signal auf der Empfangsfrequenz die mit R125 eingestellte Rauschsperrre öffnet, beginnt die mit *SQ* beschriftete gelbe LED101 zu leuchten. Dann schaltet sich der Sender ein und gibt das auf der 2-m-Frequenz empfangene Signal auf der eingestellten 70-cm-Frequenz wieder aus. Die mit *Sendekontrolle* beschriftete rote LED104 auf der Steuerplatine leuchtet während dieser Zeit.

Beim Senden leuchtet auch die grüne LED201 auf der Endstufenplatine kurz auf. Sie signalisiert das Zuschalten der Gate-Spannung für das PA-Modul. Auch die rote LED202 leuchtet beim Umschalten auf Senden kurz auf und erlischt dann wieder. Etwa zeitgleich beginnt die rote Störungsanzeige LED103 auf der Steuerplatine zu leuchten. Dies hat seine Richtigkeit, da die Endstufe aus Sicht der Überwachungssoftware „defekt“ ist. Sie hat im vorliegenden Fall wegen der noch fehlenden Drahtbrücke zwischen KL207 und KL208 noch gar keine Betriebsspannung. Der Crossband-Repeater sendet jetzt nur mit der Treiberleistung von etwa 0,1 W.

Weiterhin wird nun in regelmäßigen Abständen eine Fehlermeldung im Morsecode gesendet und auch an Bu103 als Tonsignal ausgegeben. In diesem Fall lautet sie „PA“, was auf ein Problem mit der Endstufe hindeutet. Auch dies hat seine Richtigkeit und macht bei der Gelegenheit auch gleich noch die Überwachungsfunktion der Software deutlich. Das ausgegebene UHF-Sendesignal muss sich nun mit dem auf die entsprechende Frequenz eingestellten Empfänger aufnehmen lassen. Der NF-Pegel des Modu-

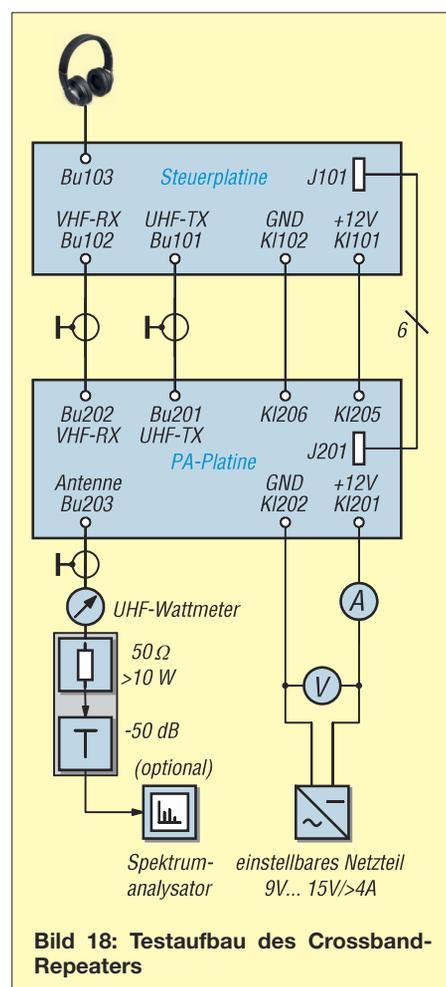


Bild 18: Testaufbau des Crossband-Repeater

lationssignals ist mittels R116 (*NF-Sendepegel*) einstellbar.

Achtung! Falls die Einstellung der Rauschsperrre (Squelch) zwischenzeitlich mittels R125 verändert wurde, muss ein Neustart des Programms erfolgen, indem der kleine Reset-Button auf der Arduino-Platine kurz gedrückt wird. Dies ist deshalb erforderlich, weil das Programm die vom Einstellwiderstand gelieferte Gleichspannung nur bei der Initialisierung des VHF-Moduls auswertet.

Wenn das Eingangssignal auf der eingestellten VHF-Empfangsfrequenz nicht mehr anliegt, schaltet sich der UHF-Sender nach einer kurzen Verzögerung wieder ab. Deren Dauer ist im Quelltext der Arduino-Software einstellbar.

Wenn der Repeater ohne Endstufe zufriedenstellend arbeitet, folgt der zweite und letzte Schritt der Inbetriebnahme.

Zweiter Schritt: Mit 10-W-Endstufe

Die Drahtbrücke zwischen KL207 und KL208 auf der Endstufenplatine ist nun wieder zu stecken und die Versorgungsspannung auf 13,8 V einzustellen. Das Endstufenmodul erhält nun Betriebsspannung. Ebenfalls ist der Jumper an J202 wieder in Stellung *Test* zu stecken.

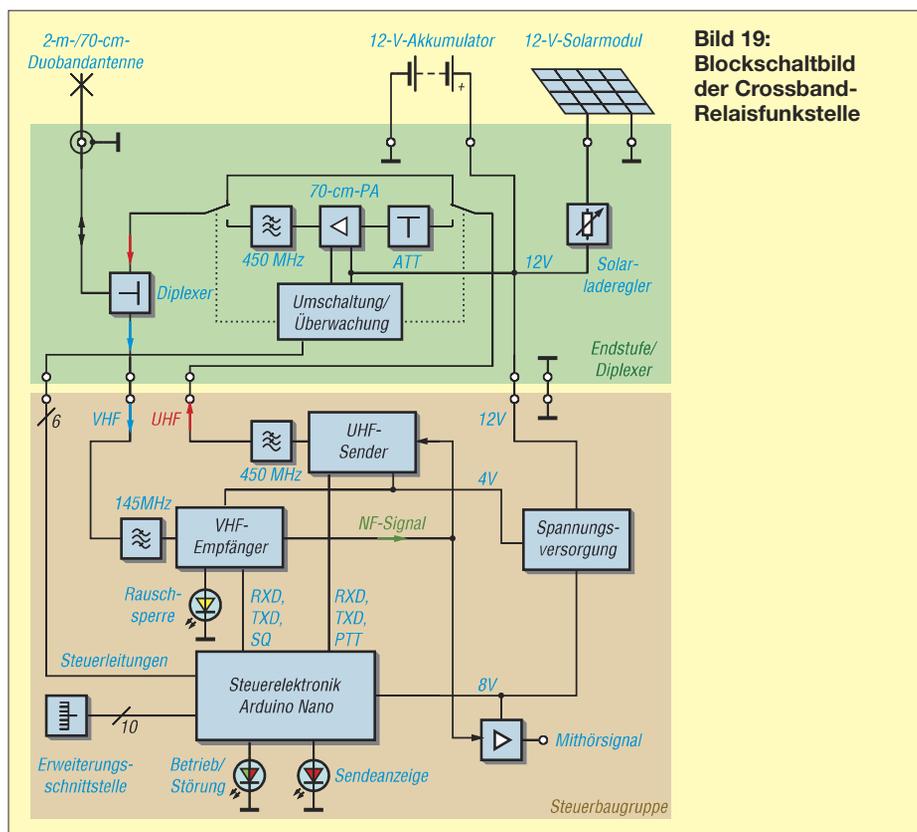


Bild 19:
Blockschaltbild
der Crossband-
Relaisfunkstelle

Nun sollte der bei der Inbetriebnahme der Endstufenplatine eingestellte Ruhestrom fließen, zuzüglich des Stroms der Steuerplatine beim Empfang, zusammen also etwa 0,6 A bis 0,7 A.

Wird der Crossband-Repeater so wie im vorigen Abschnitt wieder mittels VHF-Handfunkgerät aktiviert, erfolgt die Ausendung dieses Mal über die Endstufe. Die Sendeleistung ist am UHF-Wattmeter bzw. Spektrumanalysator ablesbar und sollte etwa 10 W bzw. 40 dBm betragen. Geringfügige Korrekturen sind mit R201 möglich.

Mehr als 10 W Sendeleistung einzustellen, ist in der vorliegenden Dimensionierung nicht zulässig, da dies zur Zerstörung des Verstärkermoduls und des Diplexers führen kann. Hinzu kommt, dass eine zu hoch eingestellte Verstärkung des Endstufenmoduls die Gefahr der Selbsterrregung in sich birgt.

Wenn diese Einstellung abgeschlossen ist, werden das VHF-Handfunkgerät wieder auf Empfang geschaltet und nach dem verzögerten Abschalten des Steuer-senders der Jumper an J202 in die neutrale Position gesteckt, siehe Bild 19. Die Endstufe muss sich nun ab- und beim erneuten Aktivieren des Repeaters wieder einschalten.

Hinweis: Der Jumper an J202 ist hilfreich, wenn die Zwangseinschaltung der Endstufe bei Einstell- oder Reparaturarbeiten erforderlich ist. Man ist dann nicht

auf das Steuersignal angewiesen, das u. U. gar nicht geliefert wird, weil die Software einen Fehler registriert hat und die Endstufe deshalb sperrt.

Die Hardware des Crossband-Repeaters ist nun einsatzbereit.

■ Software

In der Software des *Arduino Nano* ist die gesamte Ablaufsteuerung des Crossband-Repeaters hinterlegt. Diese geht auch aus dem Programmablaufplan in Bild 20 hervor, der gleichzeitig die Funktionsweise des Geräts beschreibt. Darüber hinaus ist der Quelltext der Software mit ausführlichen Kommentaren versehen.

Grundlegende Anmerkungen

Die Software wurde mit der Zielsetzung einer möglichst einfachen und übersichtlichen Struktur geschrieben, damit sich auch weniger erfahrene *Arduino*-Nutzer schnell zurechtfinden. Es ging nicht vordergründig um effizienten Programmcode. Externe Programmbibliotheken kommen ebenfalls nicht zum Einsatz, da diese zuweilen spezielle Kenntnisse erfordern. Die einzige verwendete Bibliothek ist *SoftwareSerial*. Diese ist jedoch Bestandteil der *Arduino*-Entwicklungsumgebung (IDE) und muss nicht separat geladen werden. Die Programmkonstanten mit ihren hinterlegten Ausgangswerten finden sich am Anfang des Quelltextes. Sie lassen sich vom Nutzer ändern. Dabei sollten jedoch

das jeweilige Format und der mögliche Wertebereich beachtet und die Auswirkungen bedacht werden. Fehlerhafte Werte fängt das Programm nicht ab. Sie führen jedoch unter Umständen zu unbeabsichtigten Effekten. Auch die Zerstörung von Hardware ist in diesem Fall möglich, z. B. durch Deaktivierung der Temperaturüberwachung der Endstufe.

Separate Programmfunktionen bzw. Unterprogramme, wie z. B. jene zur Erzeugung der Morsezeichen, befinden sich aus Übersichtsgründen am Ende des Quelltextes. Unmittelbar nach dem Deklarationsteil folgen somit die *Setup*-Funktion und die Hauptprogramm-schleife *Loop*. Wer sich für das verwendete Prinzip der Morsezeichenerzeugung interessiert, kann dazu z. B. in [3] nachlesen.

Hinweise zur Konfiguration

Wie bereits erwähnt, befindet sich die Frequenzeinstellung unmittelbar am Anfang des Programm-Quelltextes. Dabei ist die Konstante *FRX_V* für die Empfangs- und die Konstante *FTX_U* für die Sendefrequenz zuständig:

```
const float FRX_V = 145.1000;
const float FTX_U = 431.5000;
```

Das vorgegebene Ziffernformat mit dem Punkt als Tausendertrennzeichen ist unbedingt einzuhalten.

Eine unschöne Besonderheit des UHF-Moduls zwingt zur Einschränkung der Kombinationsmöglichkeiten von VHF-Empfangs- und UHF-Sendefrequenz. Das Modul M101 erzeugt u. a. eine Nebenausendung mit einem Pegel von etwa -70 dBm, die um 286 MHz unterhalb der Sendefrequenz liegt. Zwischen 430 MHz und 432 MHz fällt sie somit ins 2-m-Amateurfunkband.

VHF/UHF-Frequenzpaare mit 286 MHz Abstand sind daher zumindest im genannten Bereich unbedingt zu vermeiden, da es sonst zu Rückkopplungseffekten kommt, die die Funktion des Crossband-Repeaters beeinträchtigen.

Der Betrag der Sendefrequenz des VHF-Transceivermoduls und der Empfangsfrequenz des UHF-Transceivermoduls sind in der vorliegenden Anwendung ohne Belang. Das Programm setzt sie beim Übertragen des Steuerbefehls automatisch.

Die NF-Lautstärke des VHF-Moduls wird mithilfe der Konstante

```
const int VOL_V = 4;
```

auf einen mittleren Wert gesetzt. Die genaue Einstellung des Modulationspegels

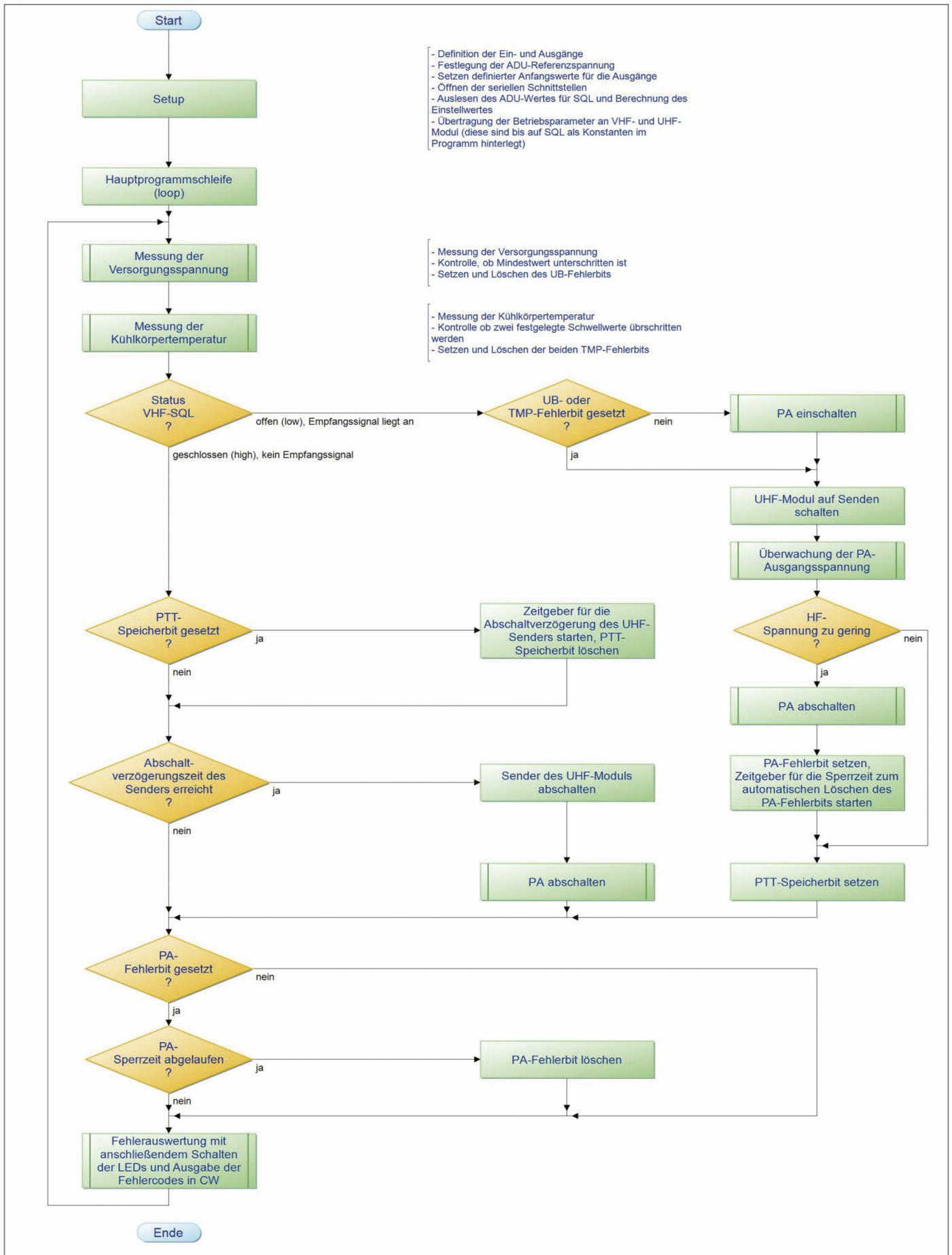


Bild 20: Programmablaufplan der Steuersoftware für den Crossband-Repeater

für den UHF-Sender erfolgt jedoch letztlich mit R116 auf der Steuerplatine. Falls der Regelbereich angepasst werden muss, kann dies durch Änderung der Konstante *VOL_V* im Quelltext geschehen.

Die Einstellung der Rauschsperrung des VHF-Moduls erfolgt nicht mithilfe einer Konstante, sondern durch Auslesen des Gleichspannungswertes *squ_v* am Pin A1 (programminterne Bezeichnung *USQ*) des *Arduino Nano* während des Programmstarts:

```
squ_v = analogRead(USQ)/128;
```

Mittels R125 auf der Steuerplatine lässt sich dieser verändern. Der A/D-Umsetzer des *Arduino* liefert einen Wert zwischen 0 und 1023. Der nach Division durch 128 erhaltene Wert dient zur Einstellung der Rauschsperrung.

Der weitere Programmablauf gemäß Bild 20 und die Berechnungen werden durch diverse Parameter bestimmt. Diese sind im Deklarationsteil des Quelltextes aufgeführt und entsprechend kommentiert. Erwähnenswert ist die Variable *statuspeicher*. Diese dient zum Zwischenspeichern von bis zu acht Störungs- und Zustandsmeldungen. Sie wird bei jedem Durchlauf der Hauptprogrammschleife aktualisiert und zu Steuerungs- und Auswertungszwecken genutzt. Aktuell gibt es von diesen Statusmeldungen nur fünf.

Das Programm setzt z. B. das Bit 0 auf den Wert 1, wenn die entsprechende Messfunktion eine Unterspannung registriert. Ist die Spannung dann wieder im Sollbereich, wird Bit 0 vom Programm wieder auf 0 zurückgesetzt bzw. gelöscht. Bit 1

und Bit 2 speichern das Auswertungsergebnis der Kühlkörpertemperaturmessung und Bit 3 ist für das Resultat der Ausgangsspannungsmessung der Endstufe zuständig. Bit 7 hält den aktuellen Status der PTT-Schaltung fest. Die entsprechenden Erläuterungen finden sich im Quelltext.

■ Erweiterungsmöglichkeiten

Die offengelegte Hard- und Software erlauben es dem Anwender, den Bausatz nach eigenen Vorstellungen zu erweitern und an vorhandene Gegebenheiten anzupassen.

Reserveschaltstufe

Eine der Erweiterungsmöglichkeiten bietet die Schaltstufe mit VT203 und VT204 auf der Endstufenplatine. Diese kann z. B. für eine Lüftersteuerung oder Ähnliches eingesetzt werden. Das entsprechende Steuerpin an J101 auf der Steuerplatine ist derzeit mit der Sendekontrolle LED104 beschaltet. Diese könnte man dann außer Betrieb nehmen, da sie für die Funktion des Crossband-Repeater nicht unbedingt erforderlich ist.

Erweiterungsschnittstelle

Diese Schnittstelle ist als 10-poliger Pfostensteckverbinder auf der Steuerplatine ausgeführt und unterstützt das Einbinden zusätzlicher Hardware. Deren Steuerung wäre dann z. B. über die I²C-Schnittstelle des *Arduino Nano* möglich.

Es sind mehrere Signale und Betriebsspannungen auf die Schnittstelle geführt:

- *Arduino*-Pin D3 (interruptfähig),
- *Arduino*-Pin A3, aktuell der Schaltausgang für LED104/Reserveschaltstufe,

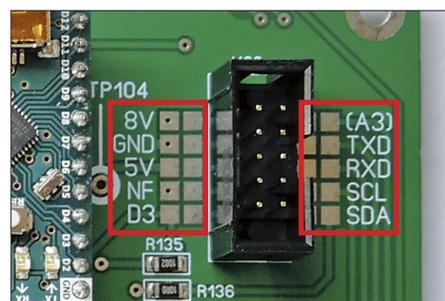


Bild 21: Die Kontaktbelegung des 10-poligen Steckverbinders der Erweiterungsschnittstelle ist mittels Lötbrücken bzw. Drähten frei konfigurierbar.

- Anschluss RXD (UART),
- Anschluss TXD (UART),
- Anschluss SDA (I²C, Daten),
- Anschluss SCL (I²C, Takt),
- NF-Signal, Ein- oder Ausgang,
- Betriebsspannung 8 V,
- Betriebsspannung 5 V,
- Masse.

Die Besonderheit dieser Schnittstelle besteht darin, dass sich ihre Pins vom Anwender frei zuordnen lassen, Bild 21. Diesem Zweck dienen die Lötbrücken neben dem Pfostensteckverbinder, die bei Bedarf entweder nur geschlossen oder entsprechend untereinander verdrahtet werden. support@funkamateure.de

Literatur und Bezugsquelle

- [1] FA-Leserservice: Selbst gebauter Crossband-Repeater für den Notfunk. FUNKAMATEUR 72 (2023) H. 3, S. 214–217, H. 4, S. 300 – 303
- [2] FA-Leserservice, Majakowskiring 38, 13156 Berlin, Tel. (030) 44 66 94 72 bzw. www.funkamateure.de → *Online-Shop*
- [3] Sander, K.: Für echte Morsefans: Drahtloses Thermometer. FUNKAMATEUR 55 (2006) H. 3, S. 293–295

Versionsgeschichte zur Bauanleitung

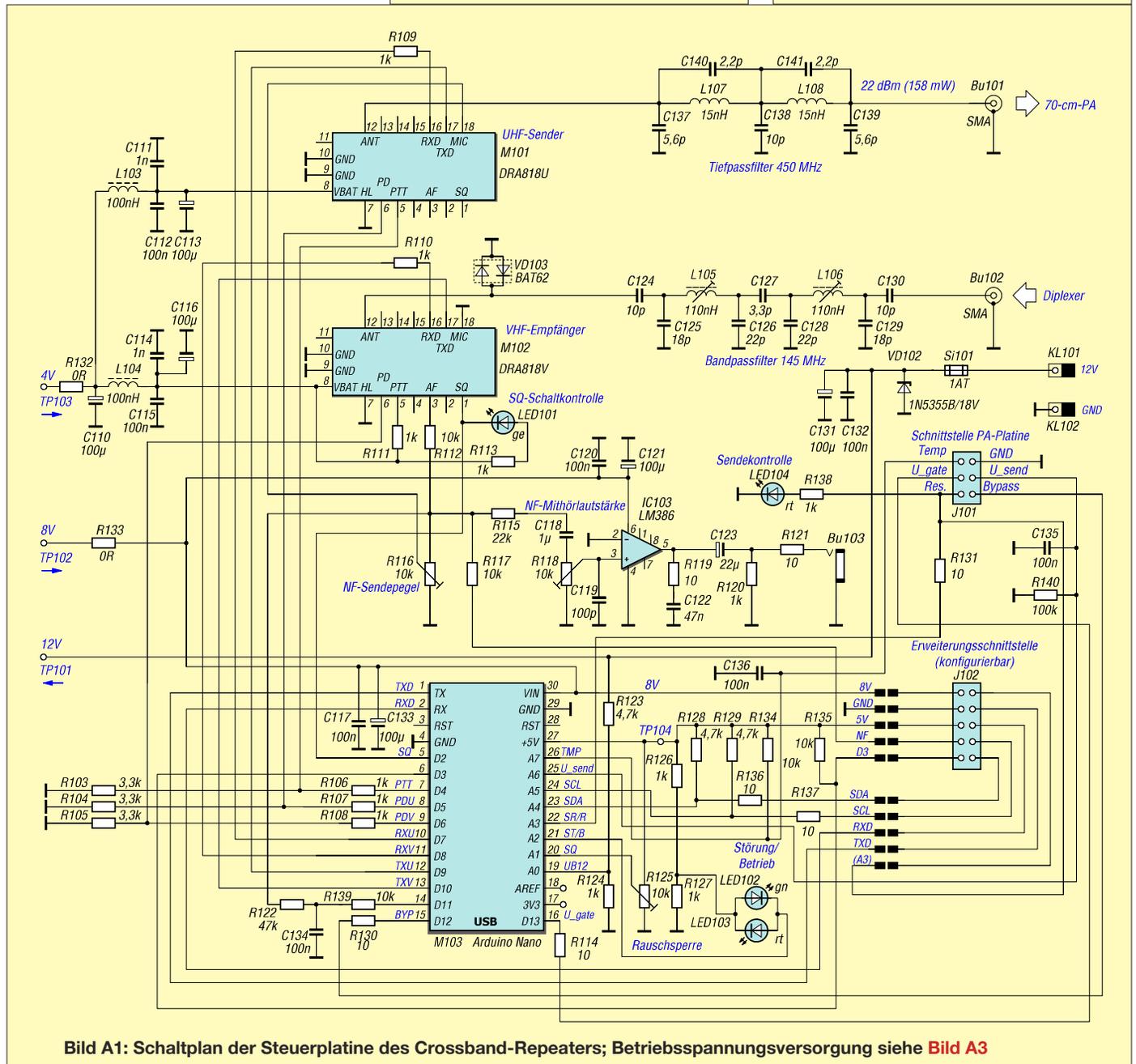
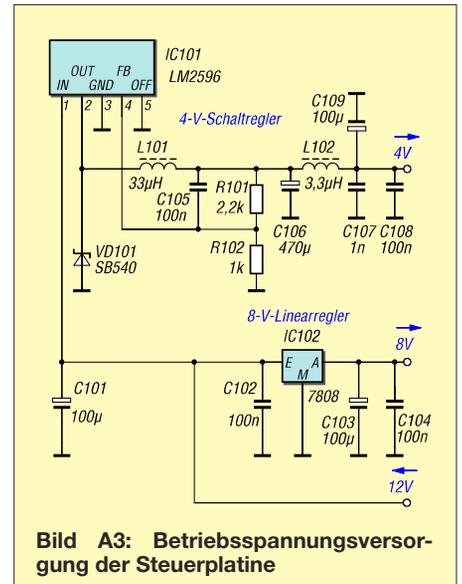
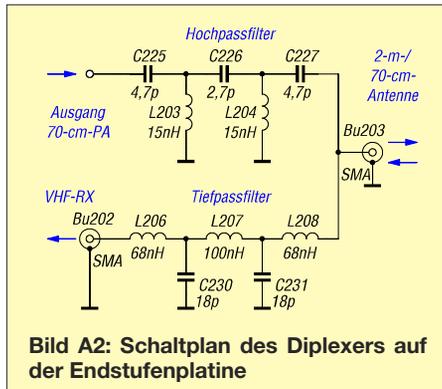
Die aktuelle Fassung dieser Bauanleitung wird jeweils im Online-Shop des FUNKAMATEUR als ergänzende Information zum Produkt *Crossband-Repeater für den Notfunkbetrieb*, Artikel-Nr. *BX-280*, zum Download bereitgestellt.

Damit Leser, die vorige Textversionen bereits kennen, nicht alles neu lesen müssen, wird nachstehend aufgeführt, was sich von Version zu Version geändert hat.

Version 231130

– Urversion

Anhang: Schalt- und Bestückungspläne des Crossband-Repeater



BX-280 – Crossband-Repeater für den Notfunk – 231130

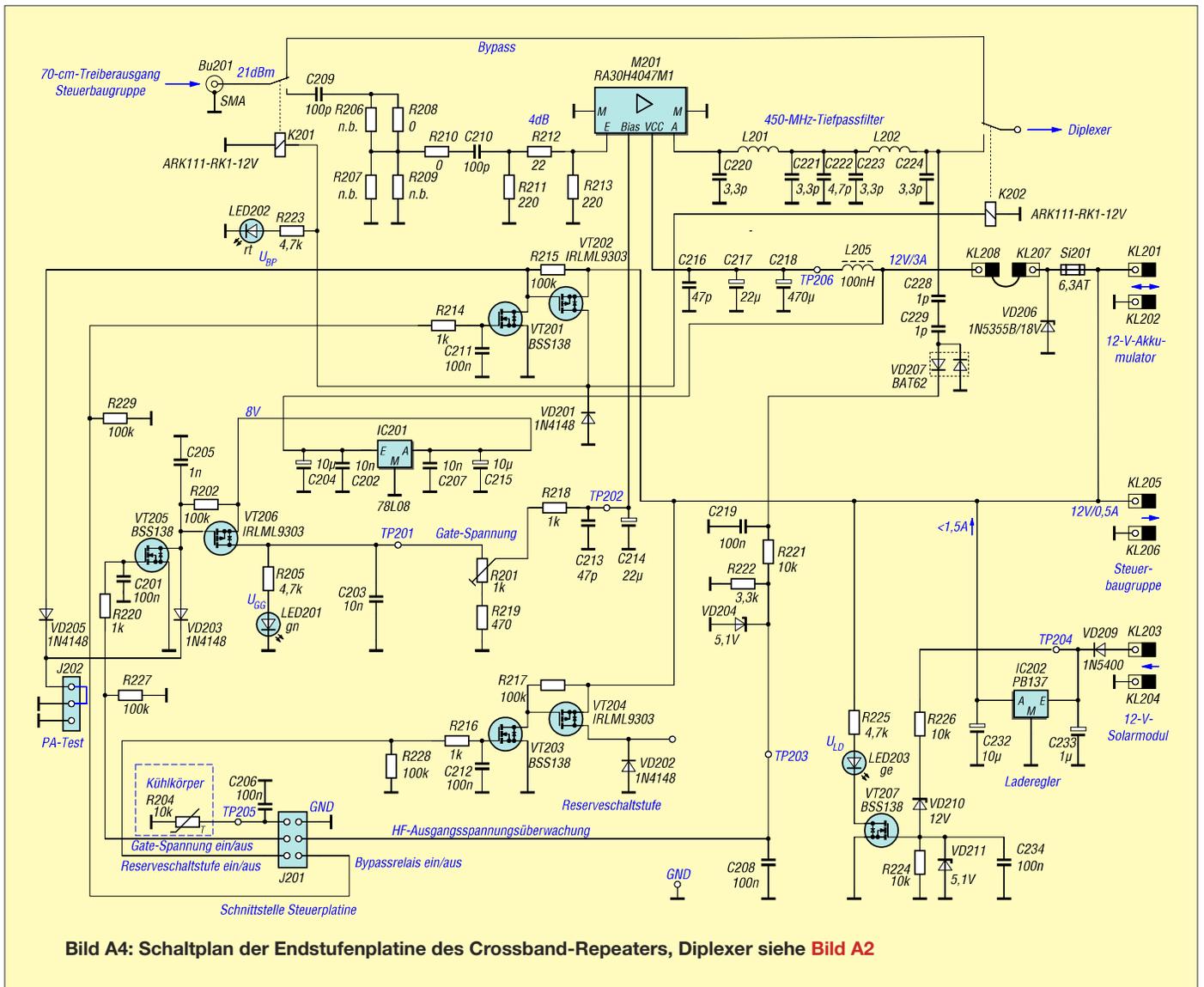


Bild A4: Schaltplan der Endstufenplatine des Crossband-Repeater, Diplexer siehe Bild A2

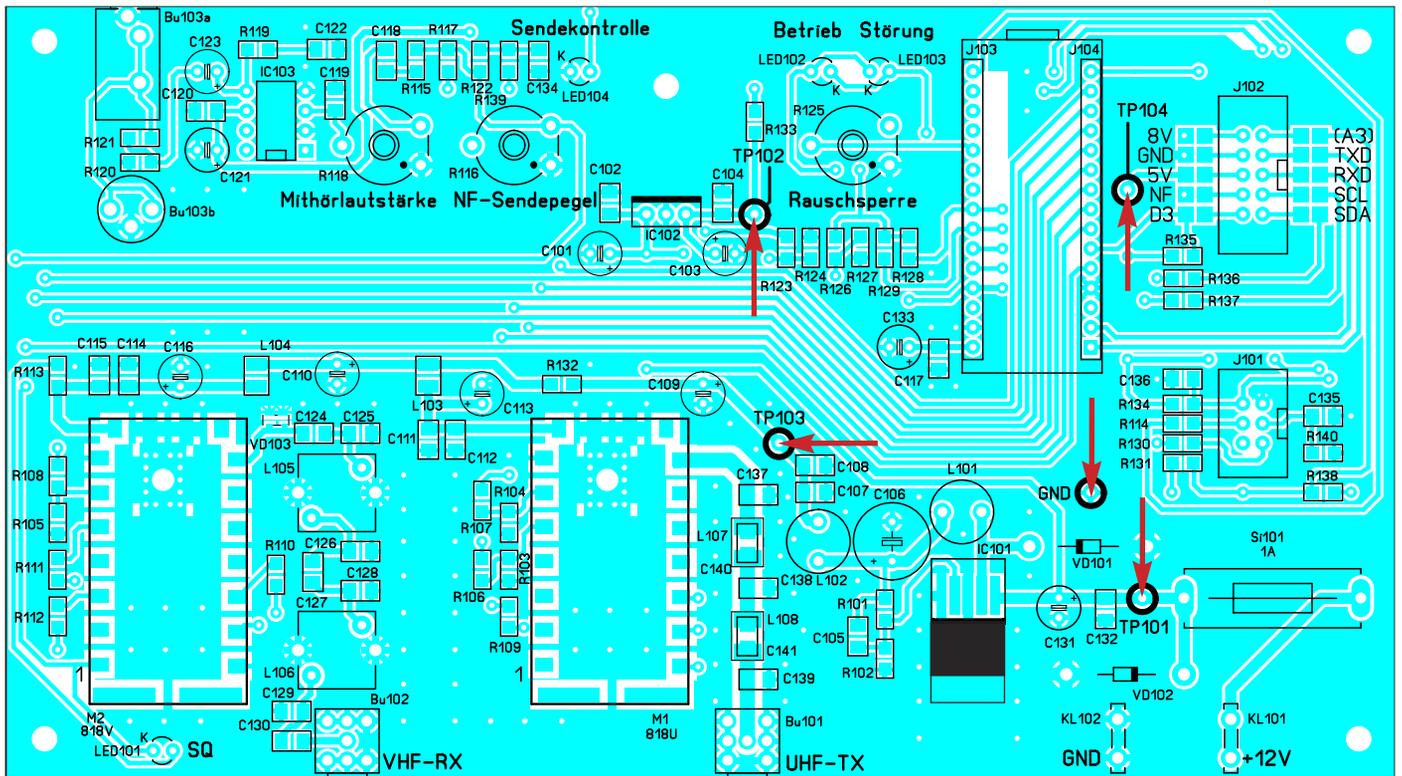


Bild A5: Bestückungsplan der Steuerplatte mit den Testpunkten TP101 bis TP104 und Bezugspunkt GND

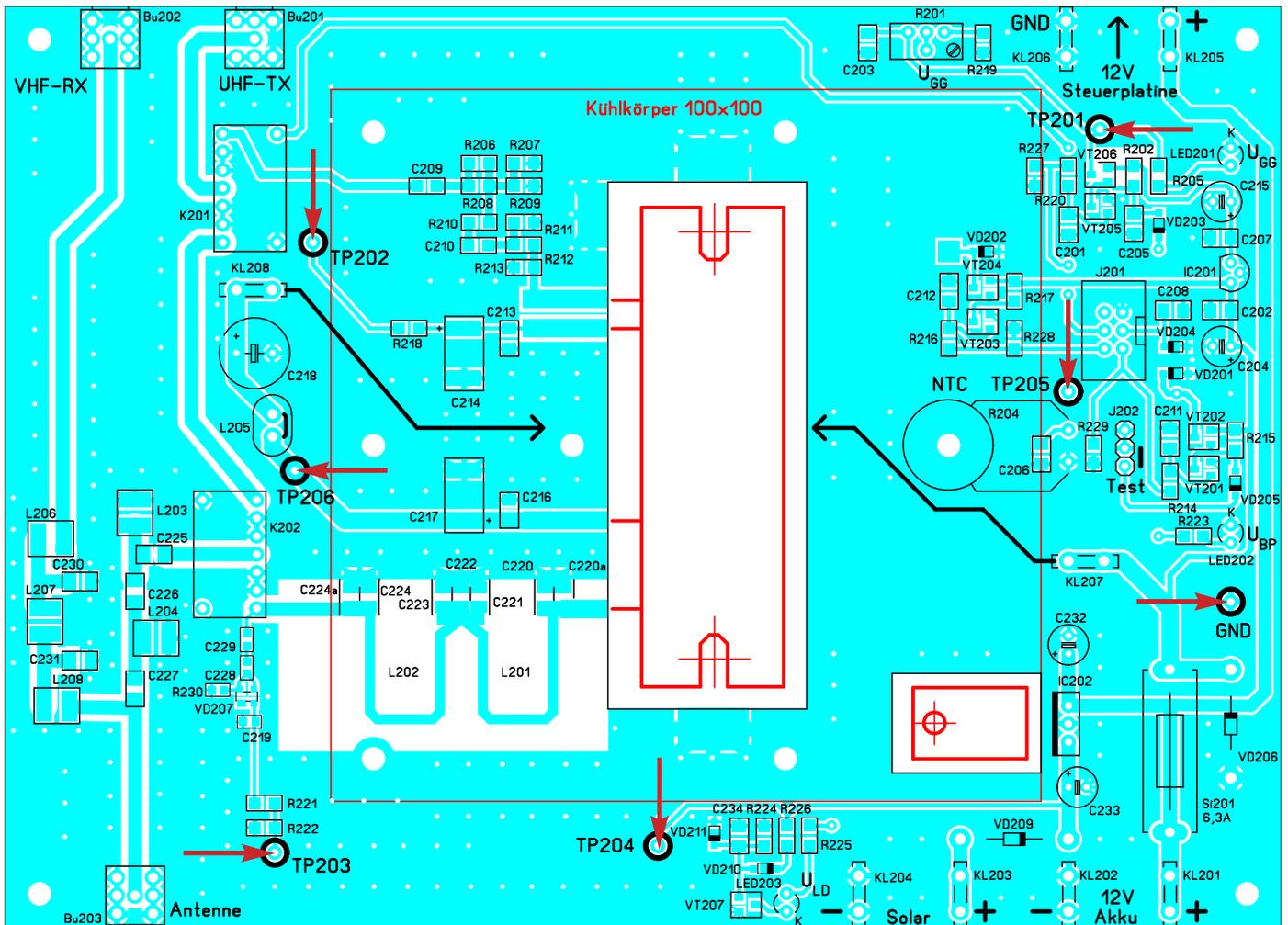


Bild A6: Bestückungsplan der Endstufenplatte mit den Testpunkten TP201 bis TP206 und Bezugspunkt GND

Foto: