

AMSAT-DL Upconverter mit integrierter PA: UpCon6W

Stefan Reimann, DG8FAC

Kurt Moraw, DJØABR

Matthias Bopp, DD1US

Die Uplinkfrequenz für QO-100 ist im 13-cm-Band (2,4 GHz). Da handelsübliche Transceiver nur bis maximal zum 23-cm-Band erhältlich sind, benötigt man einen Upconverter (Sende-Mischer), der das Signal des Transceivers in das 13-cm-Band linear umsetzt.

Die Auswahl an Upconvertern ist groß, allerdings benötigt man zusätzlich zum Konverter auch eine geeignete 13-cm-Endstufe, um die erforderliche Sendeleistung von ca. 5 W zu erzeugen. Diese Endstufen werden in der Regel mit 24 V versorgt. Um den Aufbau einer QO-100-Station so einfach wie möglich zu gestalten, wurden im AMSAT-DL-Upconverter UpCon6W einige Funktionen zusammengefasst und optimiert:

- Sendemischer und Endstufe befinden sich zusammen auf einer nur 71 × 53 mm großen Platine
- alle Komponenten (auch die Endstufe) werden mit den üblichen 12 V versorgt (damit ist auch Portabelbetrieb ohne Spannungswandler möglich).

- Nahtlose Zusammenarbeit mit dem AMSAT-DL-Downconverter, wodurch das komplette QO-100-System GPS-stabilisiert betrieben werden kann.
- Mischer und Verstärker optimiert für SSB sowie DATV
- Eingang für wahlweise zwei Frequenzen im 70-cm-Band, 23 cm oder 800 MHz (für SDR und DATV-Anwendungen)

Ein wichtiger Punkt ist der sehr effiziente Schaltregler zur Erzeugung der Betriebsspannung für die 6-W-Endstufe. Er arbeitet mit beliebigen Spannungen zwischen 9 und 15 V bei einem Wirkungsgrad von über 90 %. Anforderungen von Portabelstationen haben zur Auswahl dieses Schaltkreises (**Bild 1**) geführt, da eine Versorgung mit 12 V gefordert war.

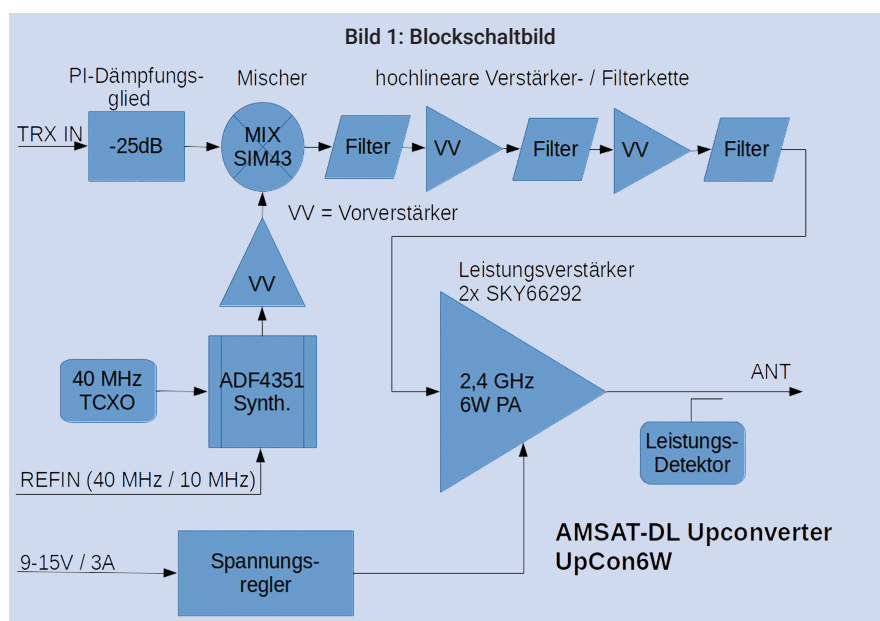
Die 6-W-Endstufe besteht aus zwei parallelen SKY66292. Diese, für Mobilfunk und Wifi-Anwendungen gebauten ICs, bieten eine hohe Linearität bei einem Gain von über 35 dB.

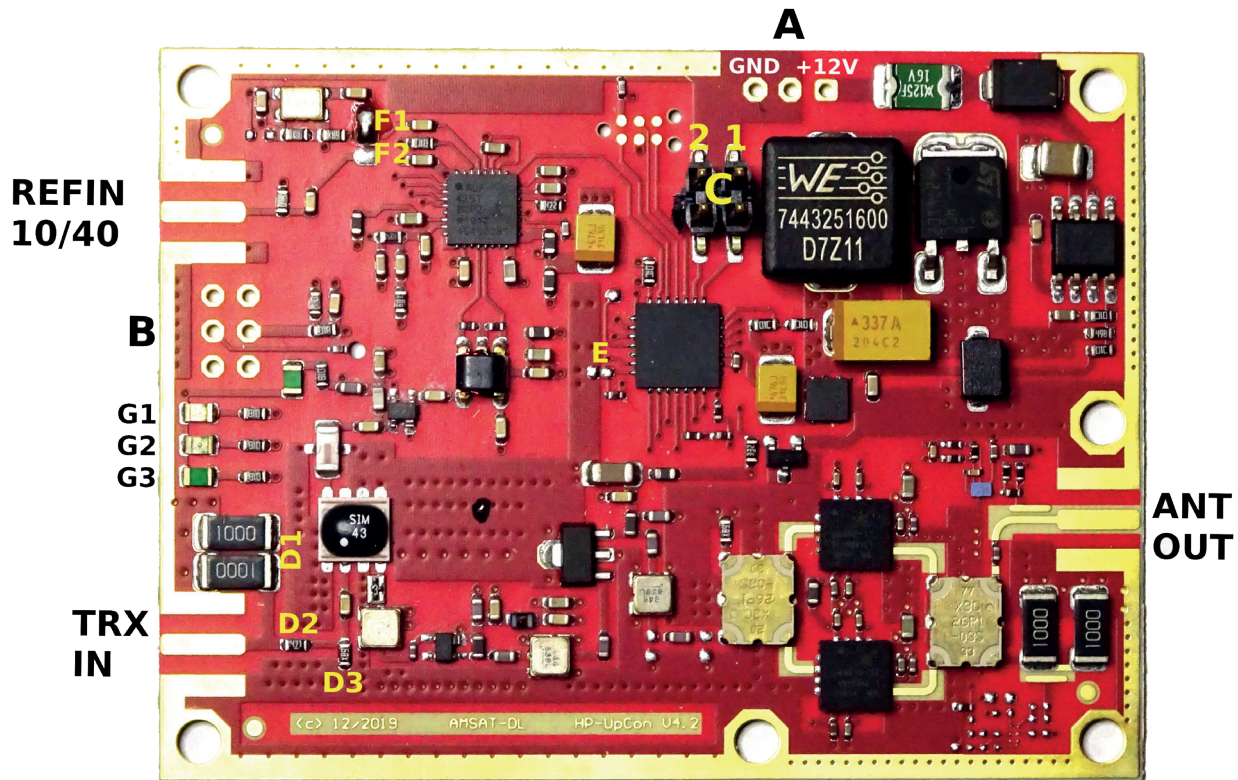
Bei voller Ausgangsleistung benötigt der UpCon6W ca. 2 A. Ein Netzgerät sollte also ca. 12 V/3 A liefern können. Bei langen oder dünnen Versorgungsleitungen wird der Anschluss eines Elkos größer 1000 µF/25 V empfohlen, um Spannungseinbrüche wegen des Kabelwiderstands zu minimieren.

Es kommt ein hochwertiger Mischer von Mini-Circuits SIM-43 zum Einsatz. Dieser mischt das Eingangssignal des Senders mit einem lokalen Signal, das von einem ADF4351 erzeugt wird. Die Referenz kann entweder der interne 40-MHz-TCXO (0,5 ppm) oder eine extern zugeführte Referenzfrequenz von 40 MHz oder 10 MHz sein.

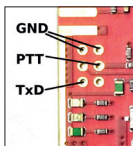
Nach dem Mischer folgt eine Kette aus Verstärkern und Filtern. Dabei wurde besonderer Wert auf optimale Linearität gelegt, um auch DATV-Signale bei bestem Schulterabstand zu verstärken. In der QO-100-Anlage in der Antarktis (DPØGVN) kommen zwei dieser UpCon6W zum Einsatz, einer für SSB und der andere für DATV.

Bis hinauf zu einer Symbolrate von 2 MS/s wurde eine sehr gute Linearität gemessen und praktisch erprobt. Auch wenn die Linearität im SSB-Betrieb weniger kritisch ist, so kommt sie vor allem digitalen Signalen (z.B. digital SSTV) zugute und reduziert die Fehlerrate.





Anschlüsse und Bedienelemente

TRX IN	hier wird der Sender (Transceiver) angeschlossen. Maximale Leistung 2 W, übliche Leistung bis 1 W.																
ANT OUT	2,4-GHz-Ausgang (max. 6 W) zur Antenne (Feed). Nicht ohne Abschluss betreiben!																
REFIN 10/40	Eingang für eine externe (z.B. GPS-stabilisierte) Referenzfrequenz. Siehe auch F1/F2 und E.																
A	Anschluss für die 12-V-Versorgungsspannung. Eine Spannung zwischen 9 und 15 V mit einer Belastbarkeit von ca. 3 A ist erforderlich. Es kann z.B. eine übliche 13,8-V-Stationsversorgung benutzt werden.																
B		<p>6-pol. Stiftleiste mit folgender Belegung:</p> <p>PTT-Eingang offen = Empfang, mit GND kurzgeschlossen = Senden. Kann normalerweise immer geschlossen bleiben. Wer den Ruhestrom der PA (ca. 100 mA) sparen will, kann den Anschluss mit dem PTT-Ausgang des Transceivers verbinden, erforderlich ist es nicht.</p> <p>TxD serielle Ausgabe von Klartext-Diagnosedaten. Pegel 3,3 V, 9600 Bd, 8 Bit, 1 Stopbit, no Parity. Die anderen beiden Kontakte bitte nicht beschalten.</p>															
C	Zwei Steckbrücken zur Auswahl der Sendefrequenz des angeschlossenen Transceivers (Senders):																
	<table><tr><th>Sendefrequenz des Trx</th><th>Steckbrücke 1</th><th>Steckbrücke 2</th></tr><tr><td>430 MHz</td><td>offen</td><td>offen</td></tr><tr><td>435 MHz</td><td>zu</td><td>offen</td></tr><tr><td>830 MHz</td><td>offen</td><td>zu</td></tr><tr><td>1290 MHz</td><td>zu</td><td>zu</td></tr></table>	Sendefrequenz des Trx	Steckbrücke 1	Steckbrücke 2	430 MHz	offen	offen	435 MHz	zu	offen	830 MHz	offen	zu	1290 MHz	zu	zu	
Sendefrequenz des Trx	Steckbrücke 1	Steckbrücke 2															
430 MHz	offen	offen															
435 MHz	zu	offen															
830 MHz	offen	zu															
1290 MHz	zu	zu															
D	D1, D2 und D3 bilden ein Eingangsdämpfungsglied. Siehe Kapitel „Eingangsdämpfungsglied“.																
E	Lötbrücke zu Auswahl der Referenzfrequenz. offen = 40 MHz, geschlossen = 10 MHz. Standardeinstellung ist „offen“. Wird der interne 40-MHz-TCXO benutzt (siehe Brücke F1/F2), so muss E offen sein. E wird nur geschlossen, wenn eine externe 10 MHz Referenz benutzt werden soll.																
F	Lötbrücke zur Auswahl interne/externe Referenz. F1 geschlossen, F2 offen ... der interne 40-MHz-TCXO wird benutzt (dies ist die Konfiguration des Moduls im Auslieferungszustand) F1 offen, F2 geschlossen ... es wird die Referenzfrequenz vom SMA-Stecker REFIN benutzt. Je nachdem, ob hier 10 oder 40 MHz eingespeist werden, muss Brücke E gesetzt sein. Standardeinstellung ist 40 MHz, da in der Regel die vom AMSAT-DL-Downconverter gelieferte GPS-stabilisierte 40-MHz-Referenz benutzt wird.																
G	LEDs 1,2 und 3:																
	1	TX, rot. Leuchtet im Sendebetrieb wenn PTT aktiviert ist (siehe B).															
	2	SYNC, gelb. Leuchtet sobald der Referenzoszillator synchronisiert ist. Bei Betrieb mit dem internen TCXO leuchtet diese LED sofort nach dem Einschalten. Im Betrieb mit externer Referenzfrequenz (siehe F) leuchtet diese LED ebenfalls. Leuchtet sie nicht oder blinkt sie, ist die externe Referenz nicht ausreichend stabil.															
	3	ALIVE, grün. Diese LED zeigt den Betriebszustand an. Sie muss immer blinken sobald die Platine eingeschaltet ist.															

Vorbereitung des Weißblechgehäuses

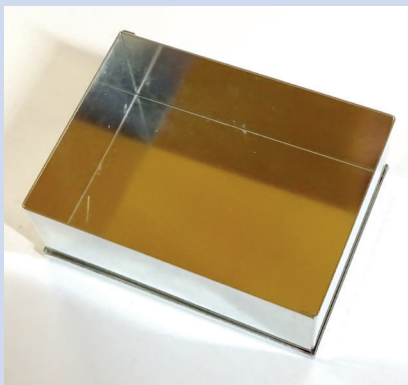


Bild 2: Die Seitenteile des Weißblechgehäuses in die Deckel stecken und probeweise zusammenbauen



Bild 3: Mit einem heißen LötKolben die Seitenteile (nur die Seitenteile, nicht den Deckel) verlöten, sodass ein stabiler Rahmen entsteht.

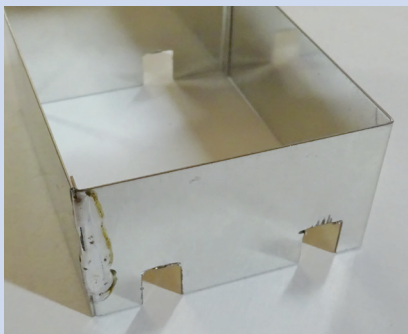


Bild 4: Die Platine probeweise einlegen. Der Rahmen hat innen einen kleinen Überstand, dort, wo die Weißblechteile übereinander liegen. An diesen beiden Stellen wird mit einer Feile die Platine etwas abgefeilt, damit sie gut in den Weißblechrahmen passt. Sie wird nicht verlötet, nur probeweise einlegen. Jetzt kann man gleich die Maße für die Steckerauschnitte abnehmen. Man schneidet (z.B. mit einem Dremel) oder feilt drei Schlitz mit 10 mm Höhe und 6 mm Breite.

Zusammenbau

Beiliegendes Material:

- 1 Stk. Platine UpCon6W
- 1 Stk. Wärmeleitpad 3 mm dick
- 3 Stk. SMA-Buchse
- 1 Stk. 3x2-reihige Stiftleiste Raster 2,54 mm
- 1 Stk. Platinenstecker 3-polig für die 12 V Stromversorgung

zusätzlich benötigtes Material:

- 1 Stk. Weißblechgehäuse 55 x 74 mm, 30 mm hoch (Lieferant z.B.: Otto Schubert GmbH oder UKW-Berichte)
- 1 Stk. Alu-Platte oder Kühlkörper: mindestens 55 x 74 mm (das ist das Mindestmaß, welches die Größe des Weißblechgehäuses hat, es darf aber auch beliebig größer sein).
- Eine Aluplatte sollte eine Dicke von mindestens 10 mm oder mehr haben (empfohlen 20 mm, dann ist keine weitere Kühlung erforderlich).
- Beispiele für Kühlkörper aus dem Sortiment bei Fa. Reichelt: V7331G oder SK 04/75/SA oder auch beliebige andere, welche eine glatte Fläche von mindestens 55 x 74 mm haben.
- Etwas passgenauer wäre der Farnell Nr.: 170088. Aber man sollte auch die

Bastelkiste durchsuchen. Da es nicht auf ein genaues Maß ankommt, ist vielleicht etwas Passendes bereits vorhanden.

- 6 Stk. M3-Schrauben, Länge 8 mm
- 6 Stk. Abstandsbolzen, Länge 3 mm, Lochdurchmesser 3 mm. Die Materialstärke muss dünn sein, dünner als handelsübliche Bolzen. Am besten passt ein Messingrohr aus dem Modellbauhandel oder Baumarkt mit einem Innendurchmesser von 3 mm, von dem man sich passende Stücke abschneidet. Ebenfalls eignen sich Kunststoff-Beilagscheiben mit 3 mm Loch, da man überstehende Teile leicht abschneiden kann.
- 1 Stk. Bananenbuchse rot, oder 9-pol. Sub-D Buchse, siehe Text.

Die Vorbereitung des Weißblechgehäuses zeigt der **Kasten** links.

Vorbereitung der Aluplatte bzw. des Kühlkörpers

Anhand des Lochplans werden sechs Bohrungen mit einem Durchmesser von 2,5 mm (ca. 8 mm tief, oder Durchgangsloch) in die Aluplatte oder den Kühlkörper gebohrt und dann M3-Gewinde geschnitten. Ein Tropfen Öl kann die Lebensdauer des Gewinde-

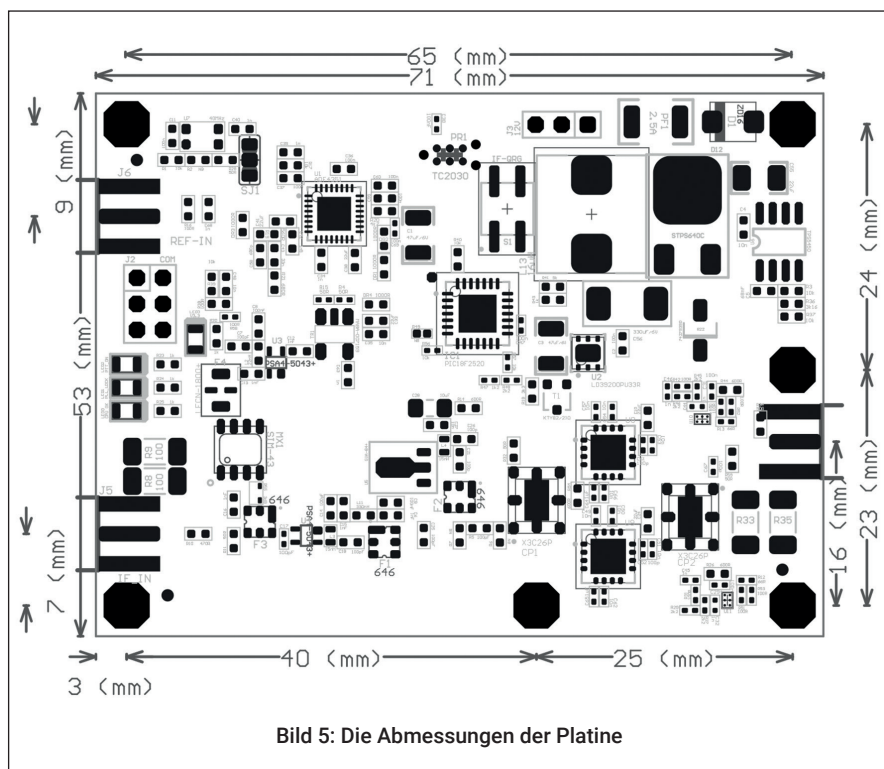


Bild 5: Die Abmessungen der Platine

schneiders enorm verlängern. **Bild 5** zeigt die Maße der Platine. *Achtung:* es sind die Maße der Platine. Wenn man das Weißblechgehäuse misst, ist dessen Wandstärke und ggf. Spaltmaße zuzugeben! Am besten legt man zum Messen die Platine lose in den Weißblechrahmen ein.

Vorbereitung der Platine

Wie oben beim Weißblechgehäuse beschrieben, werden die Ecken der Platine abgefeilt, damit sie in den Weißblechrahmen passt (**Bild 6**).

- Montage von 3 Stück SMA-Buchsen. Diese werden seitlich auf die Platine aufgeschoben und beidseitig verlötet.
- Einlöten des Platinensteckers für die 12-V-Stromversorgung
- Einlöten der 2x3-reihigen Stiftleiste für PTT und serielle Schnittstelle. An der Platinenunterseite schneidet man die vorstehenden Pins der Stiftleiste relativ kurz ab, damit sie später nicht den Kühlkörper berühren können. In der Regel kann die PTT fest auf Masse gezogen bleiben, man steckt dann nur einen Jumper auf und braucht die Stiftleiste nicht weiter zu beachten.
- Aufkleben des Wärmeleitpads. Die Schutzfolie von der Klebeseite abziehen und auf die gekennzeichnete Stelle der Platine unten aufkleben, dann auch die zweite Schutzfolie abziehen.

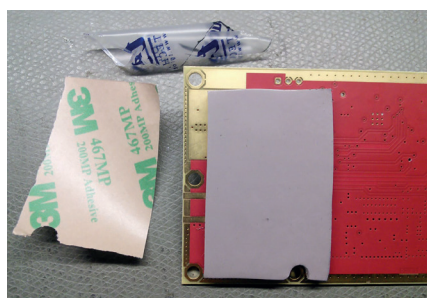


Bild 6: Vorbereitung der Platine

Montage der Platine auf dem Kühlkörper oder Aluplatte

In diesen Bildern wurde eine Aluplatte 57 x 78 mm und 20 mm dick benutzt. Der UpConverter wird auf die vorgebohrten Löcher gelegt und mit den Ab-

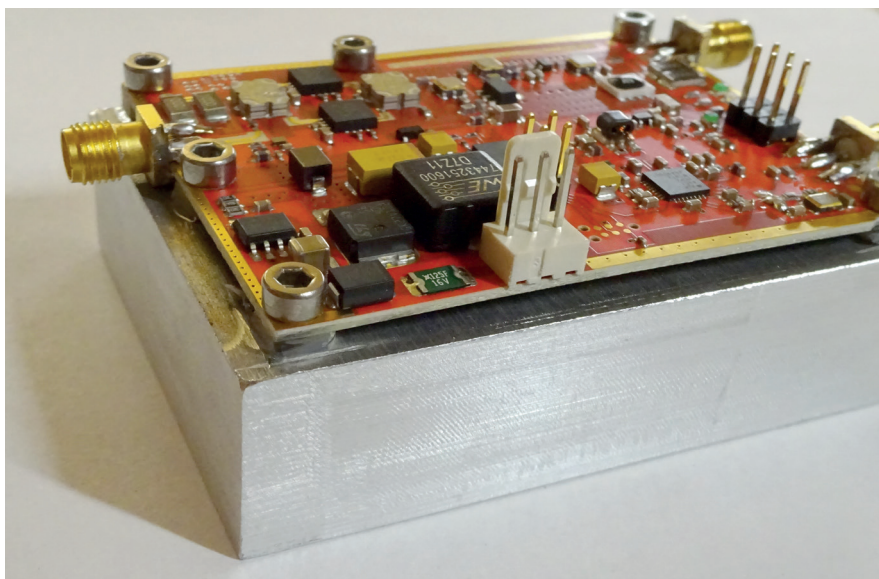


Bild 7: Der UpCon6W mit montierter Platine

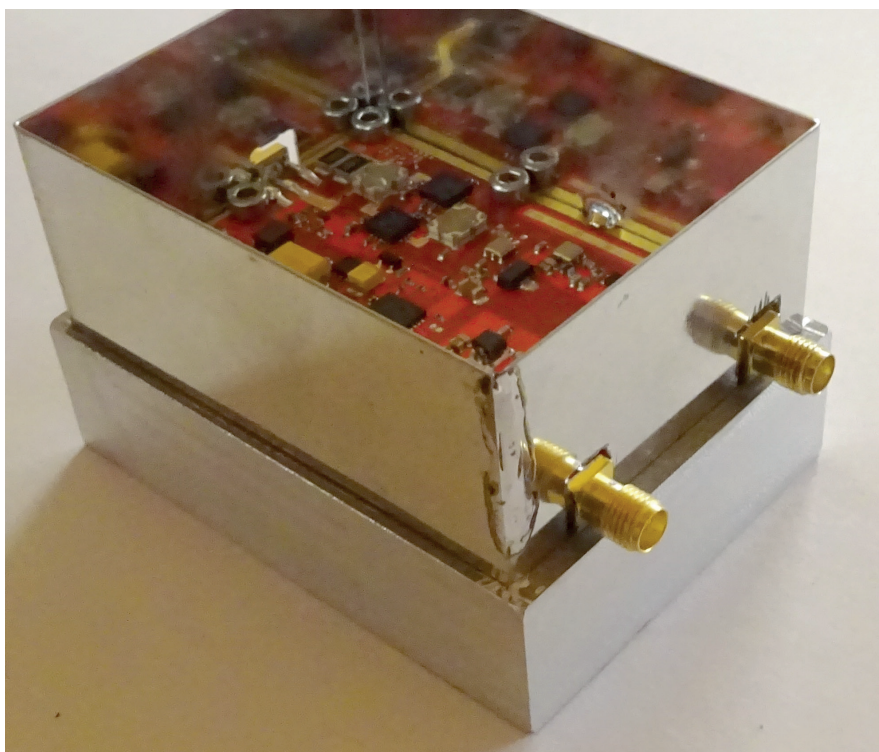


Bild 8: Der UpCon6W mit aufgestecktem Rahmen

standshülsen und M3-Schrauben befestigt (**Bild 7**).

Das Wärmeleitpad hat 3,15 mm Dicke, die Abstandshülsen 3 mm. Dadurch wird das Pad um 0,15 mm gestaucht und hat eine gute wärmeleitende Verbindung.

Wichtig! Keine 3-mm-Beilagscheiben verwenden, diese würden evtl. Leiterbahnen berühren!

Am besten eignen sich Kunststoffscheiben oder 3 mm Abschnitte von Messingröhrchen. Jetzt wird der Weißblechrahmen aufgesteckt, bis er am Kühlkörper aufliegt (**Bild 8**). Dann wird er mit dem Rand der Platine verlötet. Für die 12-V-Versorgung kann man eine Bananenbuchse einbauen, oder auch einen mehrpoligen Stecker (z.B. Sub-D 9-pol.),

wenn man auch PTT und den seriellen Ausgang herausführen will. Dies ist aber nicht unbedingt notwendig, denn in den meisten Fällen kann man die PTT mit einem Jumper fest auf Masse verbinden (**Bild 9**):

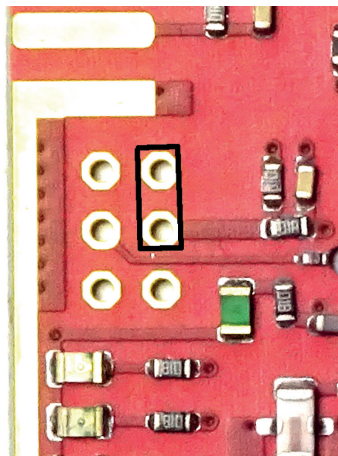


Bild 9: Die PTT wird mit einem Jumper fest auf Masse verbunden

Nach dem Anschluss der 12-V-Versorgungsleitung und evtl. Stecken von Jumpern zur Frequenzwahl kann der Deckel des Weißblechgehäuses aufgesteckt werden. Zum Abschluss klebt man eine Beschriftung auf. Der Deckel wird nicht verlötet, da man evtl. noch Einstellungen auf der Platine vornehmen muss (z.B. Jumper).

Inbetriebnahme

- **Auswahl der Transceiver-Sendefrequenz:** Der UpCon6W kann verschiedene Eingangsfrequenzen nach 2,4 GHz umsetzen. Das gewünschte Band wird mit zwei Steckbrücken ausgewählt, siehe Kapitel „Anschlüsse“. Beispiel: möchte man auf 10 489,700 MHz gehört werden, so muss man auf 2400,200 MHz senden (siehe QO-100 Bandplan auf der Webseite der AMSAT-DL). Wenn keine Stückbrücke gesteckt ist, so muss man auf 430,200 MHz senden, der UpCon6W setzt dieses Signal auf 2400,200 MHz um. Sind beide Steckbrücken gesetzt, so muss man auf 1290,200 MHz senden.
- **Aktivieren der PTT:** Man verbindet mit einer Steckbrücke PTT mit Masse, siehe Bild oben.

- **Einschalten der Versorgungsspannung:** Die 12-V-Versorgungsspannung wird angelegt. Eine Spannungsquelle zwischen 9 und 15 V und ca. 3 A Belastbarkeit kann verwendet werden. Befindet sich das Netzgerät sehr weit vom Upconverter entfernt (>10 m) oder werden dünne Kabel benutzt, so ist es empfehlenswert direkt vor dem Upconverter einen Elko ca. 1000 μF /25 V zwischen +12 V und Masse anzuschließen. Man kann den Elko z.B. zwischen der +12-V-Bananenbuchse (plus) und dem Weißblechgehäuse (minus) verlöten.
- **Antennenanschluss:** wie bei allen Funkgeräten üblich muss auch hier am Antennenanschluss eine für 2,4 GHz geeignete Antenne oder Dummyload angeschlossen werden. Ohne Antenne darf nicht gesendet werden! Egal ob man einen Patch-Feed, eine Helix oder irgendeine andere passende Antenne anschließt: der Antennenausgang darf keinesfalls offen bleiben. Eine Dummyload muss die maximale Ausgangsleistung von 6 W verkraften.
- **Sendebetrieb:** Der Eingang des Upconverters kann Leistungen bis maximal 1 W Dauer oder 3 W SSB verarbeiten. Bei höheren Leistungen besteht die Gefahr des Überhitzens des Eingangswiderstandes. Man stellt den Transceiver auf die gewünschte Sendefrequenz (siehe Steckbrücken) und die kleinste mögliche Ausgangsleistung. Ist die Ausgangsleistung immer noch zu hoch, so reduziert man die Mikrofonverstärkung, wodurch die Ausgangsleistung ebenfalls zurückgeht, ein Kompressor sollte dabei ausgeschaltet sein. Das Sendesignal wird auf 2,4 GHz umgesetzt und am Antennenausgang ausgegeben.

Benutzung mit AMSAT-DL Downconverter V3

Der AMSAT-DL Downconverter V3 stellt ein präzises 40-MHz-Referenzsignal zur Verfügung (OCXO oder GPS stabilisiert). Man stellt die Brücke F1/F2 auf externen Betrieb um und verbindet den 40 MHz Ausgang des Downconverters mit dem REFIN Eingang dieses Upconverters.

Eingangsdämpfungsglied

Der Eingang des Upconverters ist sehr empfindlich. Um ihn auch mit der kleinsten Leistung üblicher Transceiver ansteuern zu können befindet sich gleich nach

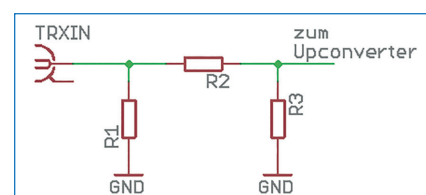


Bild 10: Das Eingangs-Dämpfungsglied

dem SMA Stecker ein Eingangs-Dämpfungsglied. Das π -Dämpfungsglied bestehend aus drei Widerständen (**Bild 10**). R1 muss die Leistung des Transceivers aushalten und besteht aus zwei parallelen 100 Ω Widerständen. Zusammen mit R2 (470 Ω) und R3 (51 Ω) entsteht ein 50- Ω -Dämpfungsglied mit einer Dämpfung von ca. 25 dB. Damit kann der Upconverter mit ca. 1 W (SSB) angesteuert werden. Für spezielle Anwendungen (z.B. Ansteuerung mit einem SDR) kann dieses Dämpfungsglied geändert oder ganz entfernt werden. Die Ansteuerleistung ohne Dämpfungsglied sollte 5 mW nicht übersteigen.

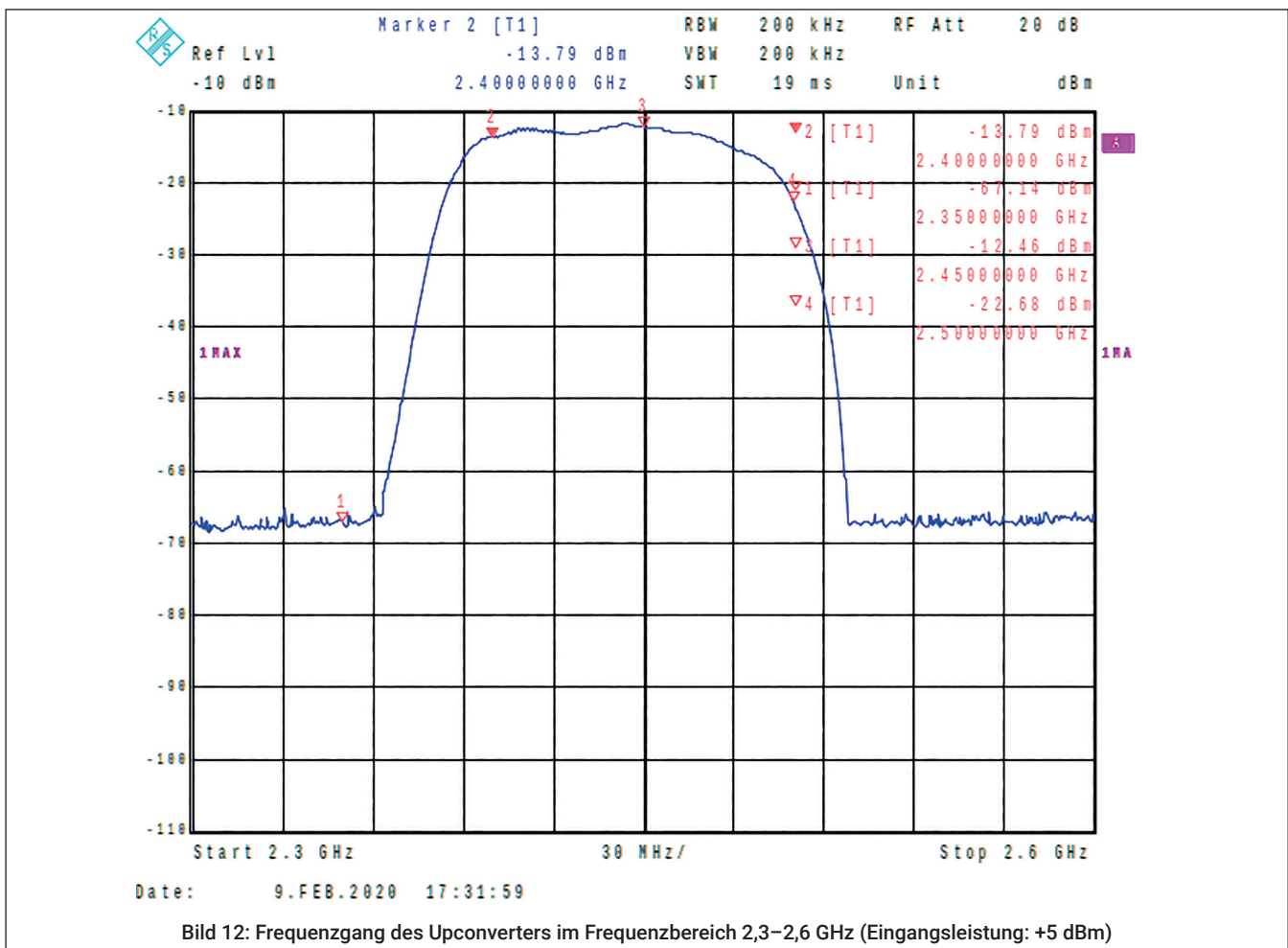
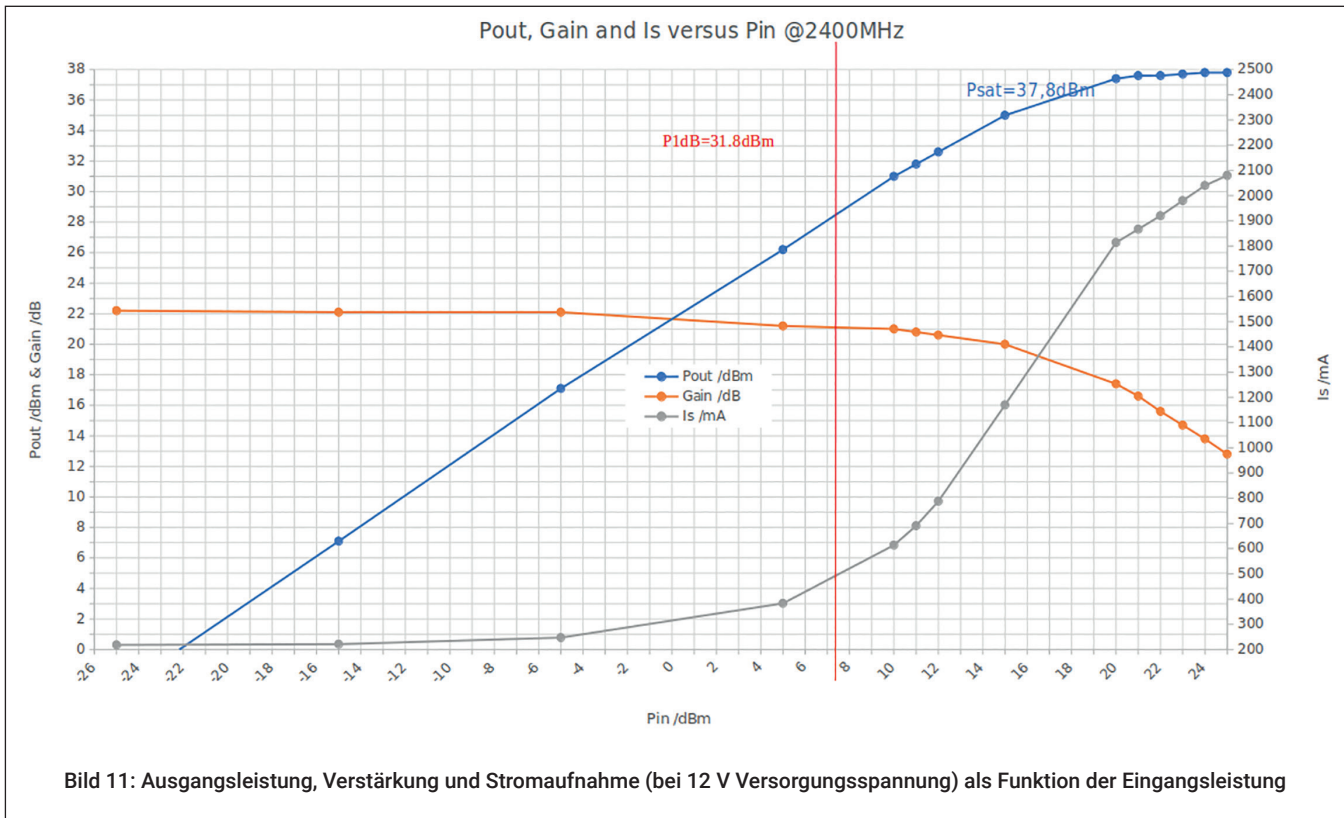
Messungen an einem Mustergerät

Die **Bilder 11–14** zeigen einige typische Messergebnisse. Toleranz aufgrund von Bauteilestreuungen ca. 0,3 dB.



Technische Daten

Versorgungsspannung	9 bis 15 V Gleichspannung
Ruhestromaufnahme	250 mA
Stromaufnahme bei Volllaststeuerung	2,5 A
Ansteuerleistung (SSB)	ca. 1 W
Wirkungsgrad	ca. 20 %
Bandbreite	ca. 2380 bis 2500 MHz
LO-Unterdrückung	>80 dB (bei 430 MHz Eingang)



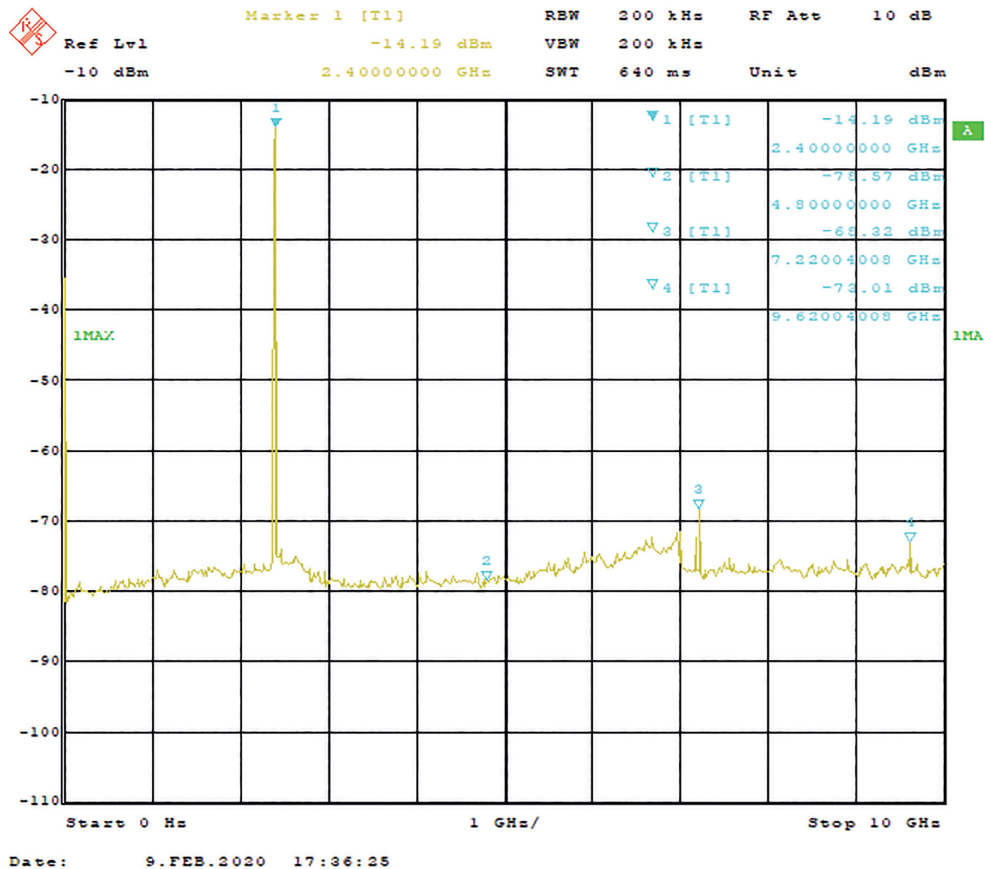


Bild 13: Ausgangsspektrum (Ausgangsleistung: +26 dBm)

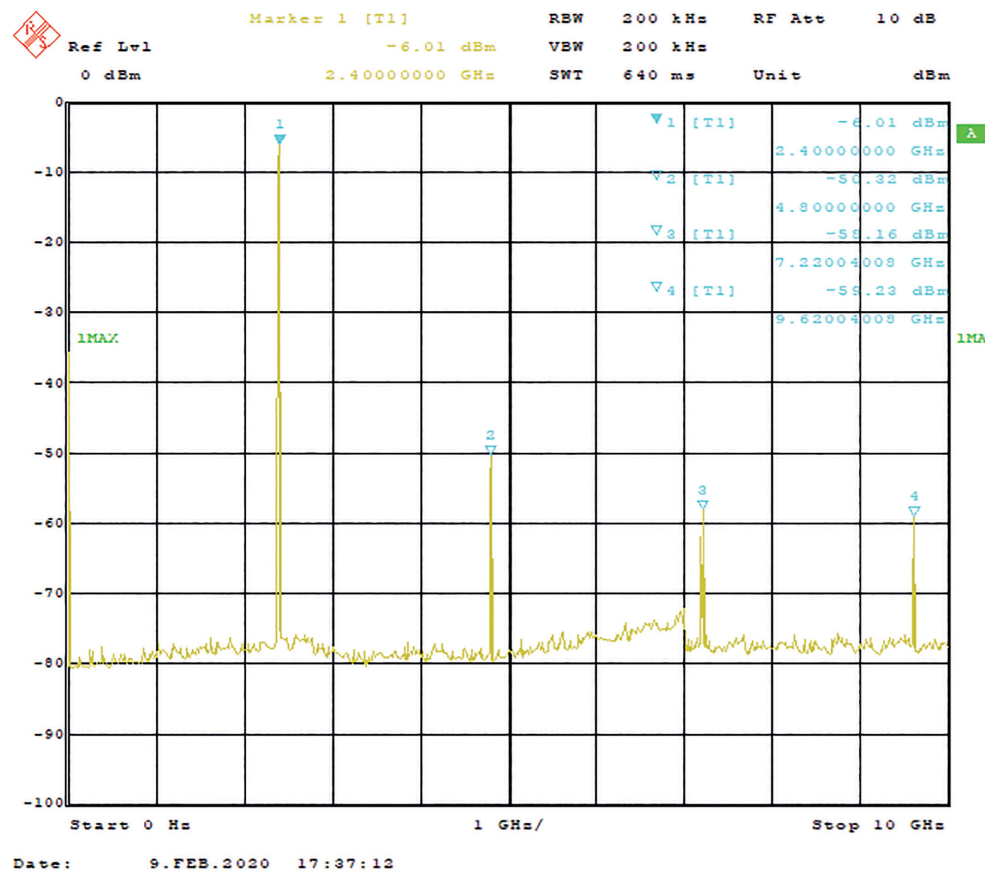


Bild 14: Ausgangsspektrum (Ausgangsleistung: +34,5 dBm)