

# Baumappe zum Netzwerktester FA-NWT01

NORBERT GRAUBNER – DL1SNG; GÜNTHER BORCHERT – DF5FC

*Elektronik-Bausätze setzen ein gewisses Grundmaß an Fachwissen und handwerklichem Geschick voraus. Dennoch hat jeder einmal angefangen und war froh über jeden Hinweis, der ihm bei Aufbau und Verständnis elektronischer Schaltungen weiterhalf. Um dieses Verständnis zu erleichtern, wurden in FA 10 und 11/06 Funktion und Technik der Netzwerktester-Platine FA-NWT01 umfassend beschrieben und erklärt.*

*Die nachfolgende Baumappe setzt die Kenntnis dieser beiden Folgen voraus und beschreibt zusätzlich einige grundlegende Arbeitsmethoden, die beim Bau des Netzwerktester-Bausatzes zu beachten sind.*

## 1. Mechanische Nacharbeiten

Ab Platinenversion 4.1 (10.9.07) sind keine mechanischen Nacharbeiten mehr nötig. Wer eine ältere Platine besitzt und eine dazu gehörende Baumappe benötigt, wende sich an den FA-Leserservice oder an die am Ende dieser Baumappe angegebene E-Mail-Adresse.

## 2. Optional: SMD-Bestückung der leeren Platine

*Leser, die einen Bausatz mit bestückter Platine BX-060 erworben haben, können dieses Kapitel überspringen und ab Kapitel 3 weiterlesen. SMD-Bestückungsplan Bild 2 und 3 sowie Tabelle 1 dienen dann nur zur Information.*

Wir weisen ausdrücklich darauf hin, dass die SMD-Bestückung unserer Platine BX-

sprechenden Industrielieferanten hat und mit den kleinen Bauteilen umgehen kann, wird diese Platine als eines von vielen SMD-Projekten relativ leicht aufbauen.

### 2.1 Arbeitsmittel für die SMD-Technik

Zum Arbeiten mit SMD-Bauteilen benötigt man gutes Licht, eine halbwegs ruhige Hand und gute Augen oder – als älterer Mensch – eine spezielle Nahbrille mit schmalen Gläsern, mit der man aus höchstens 18 cm Abstand (Vorderkante Brille) zu hundert Prozent scharf sehen kann. Das entspricht einer zusätzlichen Brechkraft von +5,5 Dioptrien. Eine Leuchtlupe ist weniger gut, weil man beim Arbeiten häufig daran stößt und dann wackelt alles eine Ewigkeit. Obendrein ist sie teurer als eine gute Nahbrille vom Optiker.



**Bild 1:**  
Ansicht der  
bestückten Platine  
des FA-NWT mit  
aufgelöten  
Abschirmungen

Foto: Red. FA

065 kein Vorhaben für Anfänger ist, denn viele der SMD-Bauteile haben eine Baugröße von nur 0603 und das Pin-Raster des vielpoligen DDS-ICs AD9951 beträgt nur 0,5 mm. Dennoch ist sie – eine ordentliche Werkstattausstattung vorausgesetzt – kein Hexenwerk. Eine Beschäftigung mit dieser Thematik lohnt sich, denn wer damit umgehen kann, erschließt sich den Zugang zu vielen neuen, interessanten Bauteilen und weiteren technischen Möglichkeiten.

Der FA-Leserservice bietet den Netzwerktester FA-NWT01 in mehreren Optionen an, u. a. als leere Platine. Wer entsprechende SMD-Sortimente bzw. Zugang zu ent-

Zum Nachprüfen der fertigen Lötstellen benötigt man außerdem unbedingt eine stark vergrößernde Nahaufnahme mit einer Brennweite etwa nur 3,5 cm (am besten einen so genannten Fadenzähler). Außerdem braucht man eine präzise, gerade, nicht zu schwache, nadelspitze Pinzette (am besten aus antimagnetischem Edelstahl). Dazu eine einstellbare, automatisch geregelte Lötstation mit auswechselbarer Lötspitze mit einer Breite von maximal 0,4 mm – eine billige „Lötspitze“ ist absolut ungeeignet.

Dazu müssen weitere, wesentlich breitere Wechsel-Lötspitzen vorhanden sein. Die

Lötspitze wird jeweils unmittelbar vor dem Löten mit Küchenpapier blitzsauber abgewischt.

Lötzinn sollte in einer Stärke von 0,4 mm (Bürklin, #11L4331) verwendet werden (auch wenn das nicht ganz billig ist; man braucht ja nur ganz wenig). Lötzinn mit 0,5 mm Durchmesser geht notfalls auch, die richtige Dosierung ist aber schon deutlich schwieriger. Außerdem braucht man zwingend ein gutes Flussmittel-Gel, z. B. Edsyn FL22 (Bürklin, #11L1308).

All dies sind keine unerfüllbaren Voraussetzungen. Von bleifreiem Lötzinn raten wir ab. Dieses hat deutlich höhere Schmelztemperaturen, belastet dadurch die Bauteile mehr und kann normalerweise nur unter industriellen Voraussetzungen (großflächiges Vorwärmen etc.) zuverlässig verarbeitet werden. Für private Anwendungen hat die Vorschrift ohnehin keine Bedeutung.

## 2.2 Bestücken von SMD-Bauteilen

Zu allererst werden die ICs mit den feinsten Pin-Rastern bestückt. Dies hat den Vorteil, dass man ringsum an alle Beinchen gut herankommt und auch bei Kurzschlüssen frei hantieren kann.

Vor dem Bestücken eines SMD-Bauteils (-ICs) werden zunächst alle zugehörigen Lötaugen auf der Platine mit Flussmittel-Gel benetzt (mit Zahntocher sparsam auftragen). Dieser Schritt ist extrem wichtig; wer es noch nicht kennt, staunt, wie gierig danach das heiße Lot jedes erreichbaren Metallfleckchen benetzt.

Im zweiten Schritt erhält eines der Lötpads einen möglichst sparsamen Lotauftrag, die übrigen dürfen keinen (unebenen) Auftrag haben. Nun wird das Bauteil mit der Pinzette halbwegs genau platziert und durch kurzes Antippen mit dem Lötkolben am verzinten Pad fixiert.

Nach dem Abkühlen übt man mit der Spalte der Pinzette einen ganz leichten Druck auf das Bauteil aus und erwärmt noch einmal kurz denselben Pin. Im Augenblick des Schmelzens „sackt“ das Bauteil deutlich hörbar mit all seinen Beinchen bis auf die Platinenoberfläche durch. Nun kann man unter neuerlichem Erwärmen der Lötstelle die Platzierung korrigieren (soweit erforderlich).

Wenn die Platzierung korrekt ist, wird das gegenüberliegende Pad zunächst flüchtig fixiert und noch einmal der korrekte Sitz geprüft. Dann lötet man das erste Pad sauber nach (das war ja nur „gepappt“).

Dann wieder das gegenüberliegende Pad nachlöten und erst zum Schluss die restlichen Pads (soweit vorhanden) mit möglichst wenig Zinn sauber löten. Zur Kontrolle sofort anschließend alle Lötstellen unter seitlicher Sicht mit dem Fadenzähler prüfen!

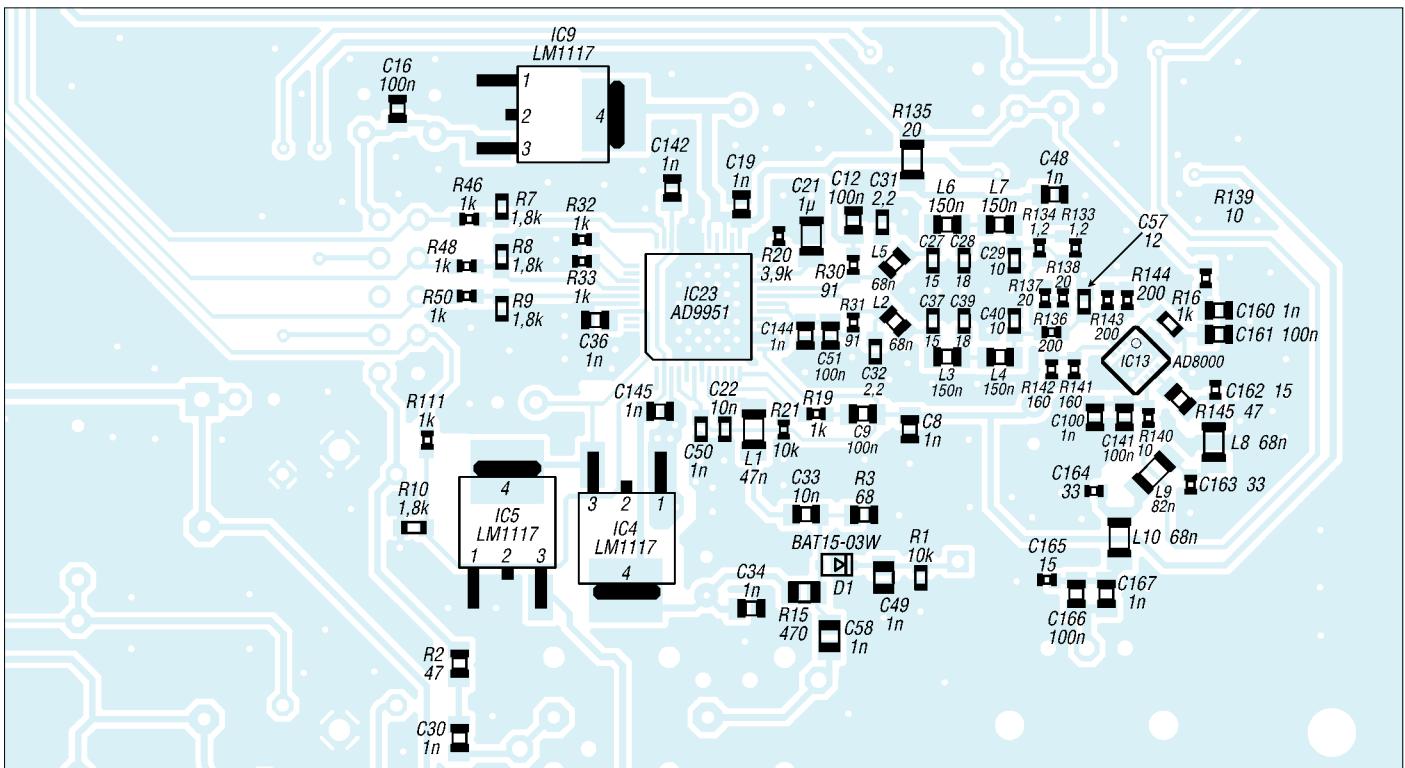


Bild 2: Im Maßstab 2:1 vergrößerter Ausschnitt der SMD-Seite der Platine; hier befinden sich DDS-Generator, Filter und Endverstärker.

### 2.3 Exposed Pads

In der HF-Technik findet man zunehmend ICs mit einer metallischen Kühlfläche auf der Unterseite. Eine solche Fläche heißt englisch *Exposed Pad* (EP) und dient sowohl zur Kühlung als auch zur elektrischen Erdung. Sie muss mit einer entsprechenden Kupferfläche auf der Platine verlötet werden. Über darin eingebettete Durchkontak-

tierungen wird die Wärme des ICs zur Massefläche auf der Platinenoberseite. Auch dieses Pad muss vor dem Bestücken mit Flussmittel-Gel benetzt worden sein. Gelötet wird durch die Platine hindurch, d.h. von der Masseseite aus. Dieser Arbeitsschritt muss möglichst zügig, d.h. innerhalb von höchstens 10 s, durchgeführt sein. Die Platine ist waagerecht und mit den SMD-Teilen frei nach unten hängend auf einer Kante (z.B. ein offener Karton) zu lagern oder an einer ihrer Kanten in einem Tischschraubstock einzuspannen. Dann wird mithilfe einer sehr breiten, kurzen und sehr heißen Lötzange ( $450^{\circ}\text{C}$ ) die Massefläche unter dem zu lötenden Exposed Pad so schnell wie möglich heiß gemacht und dabei durch eine der Durchkontaktierungen hindurch dünnes Lötzinn auf das Exposed Pad geschoben. Sobald man merkt, dass das Zinn nicht mehr an der heißen Wandung, sondern am heißen Pad schmilzt, ist Eile geboten, denn wenn die Wärme längere Zeit ansteht, schmilzt auch das Lot an den Beinchen des ICs. Dann besteht die Gefahr, dass sich der IC verschiebt (dies ist übrigens die Methode des Auslöten bei dieser Art IC).

Allerdings passiert dabei genau so lange nichts, wie man keinen Druck durch die Durchkontaktierungen hindurch (kaltes Lot?) auf den IC ausübt. Das Pad ist genau dann ideal verlötet, wenn das Zinn durch die Durchkontaktierungen hindurch von allein nach unten zum Pad abgeflossen ist. Man sollte nur so viel Lot zugeben, dass die Durchkontaktierungen zum Schluss

höchstens halb voll sind. Wegen der guten Wärmeleitung ist es nicht erforderlich, dass die Fläche des Exposed Pad zu 100 % gelötet ist – im Zweifel vorher aufhören!

### 2.4 Kurzschlüsse und Reparaturarbeiten

Kurzschlüsse zwischen IC-Beinchen kann man mit etwas Flussmittel-Gel, Entlötlötze und einer etwas breiteren Lötzange leicht entfernen. Die dabei entstehende Verschmutzung in Form von braunen Kollophoniumrückständen wird später abgewaschen. Auf gar keinen Fall darf eine Entlötpumpe zum Einsatz gelangen – der Rückstoß verbiegt die dünnen Beinchen und kann in den winzigen Teilen Haarrisse verursachen, die zu Spätausfällen führen.

Zum Auslöten von zweipoligen Bauteilen (falsch bestückt?) ist ein zweiter Lötkolben der einfachste und schnellste Weg (beidhändig arbeiten). Das ist billiger und universeller als ein spezieller SMD-Entlötkolben. Man kann aber auch mit einer entsprechend breiten Lötzange beide Enden des Bauteils gleichzeitig erwärmen und dabei das Bauteil mit der Pinzette aufnehmen. Wenn man einen IC austauschen muss (defekt oder falsch eingelötet), hilft eine dicke Lötzange und ein Stück dicker, versilberter Schaltdraht. Den biegt man in Rechteckform genau so, dass er ringsum auf allen Beinchen des ICs zu liegen kommt und verlötet ihn ganz brutal mit allen Beinchen. Durch die gute Wärmeleitfähigkeit des dicken Kupferdrahtes sind dabei bald alle Lötstellen des ICs flüssig

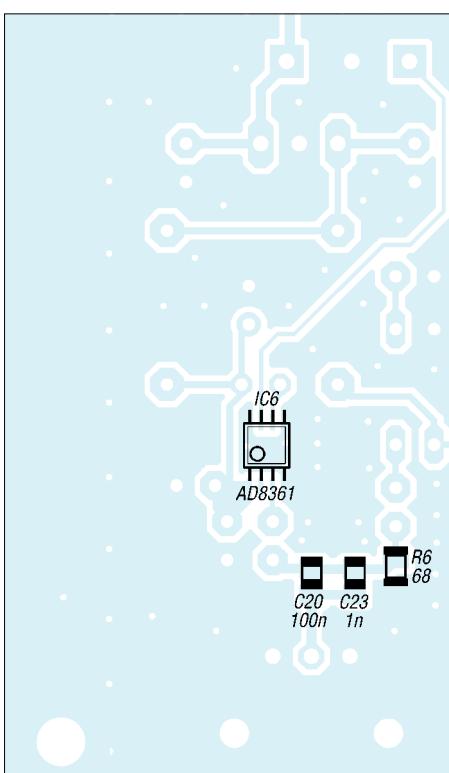


Bild 3: SMD-Seite der Platine; hier Detektor

und man kann den IC mitsamt Drahtring völlig ohne Gewalt und ohne verbogene Pins mit der Pinzette herausheben.

Außerhalb der Schaltung trennt man Draht und IC und reinigt die Beinchen des ICs mit Entlötlitzte (evtl. einen Helfer rufen, der den IC fixiert). Die Lötpads auf der Platine müssen mit Entlötlitzte ganz sorgfältig „abgesaugt“ werden, sodass wieder der glatte Urzustand der Platine hergestellt wird. Dann kann der gereinigte (oder ein neuer) IC (hoffentlich richtig herum) eingebaut werden.

## 2.5 SMD contra Bestückungsaufdruck

Auf einer dicht gepackten SMD-Platine wird man einen Bestückungsaufdruck vergeblich suchen – es sei denn, der Konstrukteur hat großzügig auf den Hauptvorteil der SMD-Technik, nämlich die hervorragende Packungsdichte, verzichtet. Wegen der begrenzten Auflösung des Aufdrucks kann nämlich die Schriftgröße gar nicht so klein

gemacht werden, wie man das braucht. Außerdem würde Druckfarbe unvermeidlich auf den Lötflächen landen, wo sie die Lötbarkeit sehr beeinträchtigen könnte. Es dürfte jedoch kein Problem sein, unter Hinzuziehung von Schaltplan und Stückliste eine Bestückung auch anhand eines auf Papier gedruckten Bestückungsplans hinzubekommen. Dabei kann man sich schon einmal in aller Ruhe Gedanken über Sinn und Zweck der einzelnen Bauteile machen und den Schaltplan mit dem Layout vergleichen.

## 2.6 Reinigung der Platine

Flussmittel-Gel und Entlötlitzte hinterlassen eine Menge Schmutz auf der Platine. Deshalb muss die Platine nach der vollständigen SMD-Bestückung gründlich gereinigt werden. Das gelingt ganz gut mit Universal-Nitroverdünner (gibt's im Baumarkt oder Farbenhandel); Alkohol oder Seifenlösung funktionieren nicht. Gehäuse mit offenen Bohrungen (z.B. ein TCXO mit Trimm-

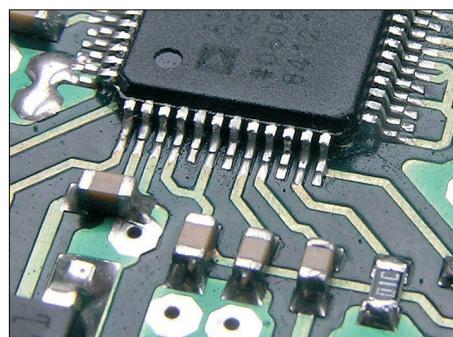


Bild 4: Nahaufnahme eines selbst eingelötzten AD9951; das Pinraster beträgt 0,5 mm.

kondensator), Spulen und Filter, Relais, Steckverbinder, Potenziometer oder andere Bauteile mit offenen Kontakten dürfen noch nicht bestückt sein.

Mit einem kurzen, kräftigen Borstenpinsel, der zwischendurch immer wieder in einen alten Teller mit wenigen Kubikzentimetern Verdünner eingetaucht wird, reinigen Sie die Platine, dabei besonders die Engstellen

Tabelle 1: Stückliste der SMD-Bauelemente

Name	Bild	Wert	Bauform	Name	Bild	Wert	Bauform
C8	11	1 nF	0603 NPO	IC23	11	AD9951A	TQFP48
C9	11	100 nF/16 V	0603 X7R	L1	11	47 nH	1206, Fa. Stelco
C12	11	100 nF/16 V	0603 X7R	L2	11	68 nH	0805, Fa. Stelco
C16	11	100 nF/16 V	0603 X7R	L3	11	150 nH	0805, Fa. Stelco
C19	11	1 nF	0603 NPO	L4	11	150 nH	0805, Fa. Stelco
C20	9	100 nF/50 V	0805 X7R	L5	11	68 nH	0805, Fa. Stelco
C21	11	1 $\mu$ F/16 V	1206 X7R	L6	11	150 nH	0805, Fa. Stelco
C22	11	10 nF	0603 X7R	L7	11	150 nH	0805, Fa. Stelco
C23	9	1 nF/50 V	0805 X7R	L8	11	68 nH	1206, Fa. Stelco
C27	11	15 pF	0603 NPO	L9	11	82 nH	1206, Fa. Stelco
C28	11	18 pF	0603 NPO	L10	11	68 nH	1206, Fa. Stelco
C29	11	10 pF	0603 NPO	R1	11	10 k $\Omega$	0603
C30	11	1 nF	0805 NPO	R2	11	47 $\Omega$	0805
C31	11	2,2 pF	0603 NPO	R3	11	68 $\Omega$	0805
C32	11	2,2 pF	0603 NPO	R6	9	68 $\Omega$	1206
C33	11	10 nF	0603 X7R	R7	11	1,8 $\Omega$	0603
C34	11	1 nF	0603 NPO	R8	11	1,8 $\Omega$	0603
C36	11	1 nF	0603 NPO	R9	11	1,8 $\Omega$	0603
C37	11	15 pF	0603 NPO	R10	11	1,8 $\Omega$	0603
C39	11	15 pF	0603 NPO	R15	11	510 $\Omega$	0805
C40	11	10 pF	0603 NPO	R16	11	1 k $\Omega$	0805
C48	11	1 nF	0603 NPO	R19	11	1 k $\Omega$	0603
C49	11	1 nF	0603 NPO	R20	11	3,9 k $\Omega$	0603
C50	11	1 nF	0603 NPO	R21	11	10 k $\Omega$	0603
C51	11	100 nF/16 V	0603 X7R	R30	11	91 $\Omega$	0603
C57	11	18 pF	0603 NPO	R31	11	91 $\Omega$	0603
C58	11	1 nF	0805 NPO	R32	11	1 k $\Omega$	0603
C100	11	1 nF	0603 NPO	R33	11	1 k $\Omega$	0603
C141	11	100 nF/16 V	0603 X7R	R46	11	1 k $\Omega$	0603
C142	11	1 nF	0603 NPO	R48	11	1 k $\Omega$	0603
C144	11	1 nF	0603 NPO	R50	11	1 k $\Omega$	0603
C145	11	1 nF	0603 NPO	R111	11	1 k $\Omega$	0603
C160	11	1 nF	0603 NPO	R133	11	1,2 k $\Omega$	0603
C161	11	100 nF/16 V	0603 X7R	R134	11	1,2 k $\Omega$	0603
C162	11	18 pF	0603 NPO	R135	11	20 $\Omega$	1206
C163	11	33 pF	0603 NPO	R136	11	200 $\Omega$	0603
C164	11	33 pF	0603 NPO	R137	11	20 $\Omega$	0603
C165	11	18 pF	0603 NPO	R138	11	20 $\Omega$	0603
C166	11	100 nF/50 V	0805 X7R	R139	11	10 $\Omega$	0603
C167	11	1 nF/50 V	0805 NPO	R140	11	10 $\Omega$	0603
D1	11	BAT15-03W	SOD323-R (Option)	R141	11	160 $\Omega$	0603
IC4	11	LM1117DT-1.8	DPAK	R142	11	160 $\Omega$	0603
IC5	11	LM1117DT-3.3	DPAK	R143	11	200 $\Omega$	0603
IC6	9	AD8361	TSSOP8	R144	11	200 $\Omega$	0603
IC9	11	LM1117DT-1.8	DPAK	R145	11	47 $\Omega$	0805
IC13	11	AD8000, nicht 8039!	LFCSP				

zwischen den IC-Beinchen gut ausbürsten (Platine nicht im Verdünner „baden“). Sofort anschließend müssen Sie die Platine mit sauberem Küchenpapier abwischen oder mit Pressluft trocken blasen (Bild 4).

### 3. Bestückung der bedrahteten Bauteile

Im FA-Leserservice ist die Platine auch mit fertiger SMD-Bestückung erhältlich (Bild 5). Die noch fehlenden bedrahteten Bauteile sind als Bausatz zu beziehen oder man entnimmt diese den eigenen Vorräten, siehe Stückliste Tabelle 2.

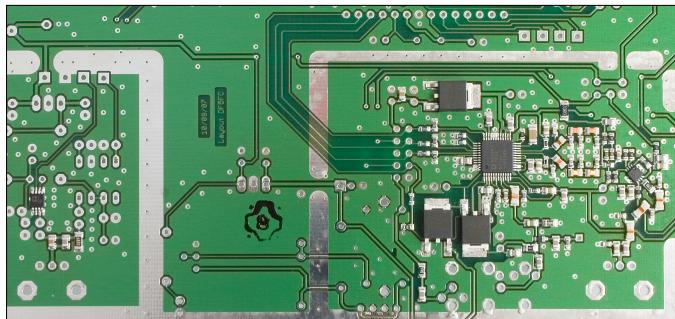


Bild 5:  
Platine mit fertiger  
SMD-Bestückung

#### 3.1 Arbeitsmittel

Auch für das Bestücken bedrahteter Bauteile gelten gewisse Mindestanforderungen. Man benötigt eine temperaturgeregelte Lötmachine mit mehreren Lötspitzen in unterschiedlicher Breite, dazu blei- und flussmittelhaltiges Lötzinn in 0,8 bis 1 mm

Stärke, einen scharfen Elektronik-Seiten-schneider ohne Wate (das ist eine feine Abschrägung parallel zur Schneide, die zwar die Schneide robust macht, z. B. um unbeschadet einen Eisennagel abzwicken zu können, aber die Schnittqualität verschlechtert), eine Flachzange mit schlanken, glatten Backen und eine präzise, aber kräftige, spitze Pinzette. Leute, die den Farbcodes der Widerstände (noch) nicht im Kopf haben, benötigen eine Farbtabelle, denn der Bausatz kommt wild gemixt in einer Tüte daher.

Auch die Beschriftung der Tantalkonden-satoren ist etwas gewöhnungsbedürftig. Der Aufdruck „106“ bedeutet z. B.  $10\text{ }\mu\text{F}$ ; gemeint ist eine 10, gefolgt von 6 Nullen, also eigentlich 10 Millionen pF.

Zur Arbeitserleichterung empfehle ich, die Teile auf beschrifteten Zetteln vorzusortieren. Dadurch vermeidet man Sucherei, spart Zeit und kann wahlfrei bestücken, d. h. so, wie es auf der Platine gerade kommt.

Wer beim Kauf des Bausatzes die 400-MHz-Option erworben hat, lässt R147 frei. Man sollte es sich zur Gewohnheit machen, alle Widerstände stets in derselben Orientierung einzubauen (Platine so vor sich liegend wie im Bestückungsplan, dabei die Farbcodes nur von links nach rechts bzw. von oben nach unten lesbar, nicht umgekehrt). Das sieht ordentlich aus und erleichtert hinterher Kontrolle und Fehlersuche. Die Drähte liegender, axialer Bauteile sollten rechtwinklig abgebogen sein, sodass diese ohne Kraftanwendung in die Bohrungen hineinfallen. Die dünnen Drähte der Dioden (DO-35) werden mit der Pinzette gebogen, bei den Widerständen hat man nach einiger Zeit das Abbiegen über dem Daumenfingernagel besser im Griff.

Es ist eine weit verbreitete Unsitte, die Drähte nach dem Bestücken des Bauteils auf der anderen Seite der Platine umzuknicken. Das kann zu Kurzschlüssen führen

#### 3.2 Bestücken der axialen Bauteile

Bei der Reihenfolge der nun folgenden Bestückung sollte man sich grob an der Höhe der Bauteile orientieren, d. h. man beginnt zweckmäßig mit den liegenden Dioden und Widerständen, ggf. unter Nutzung o. g. Farbtabelle.

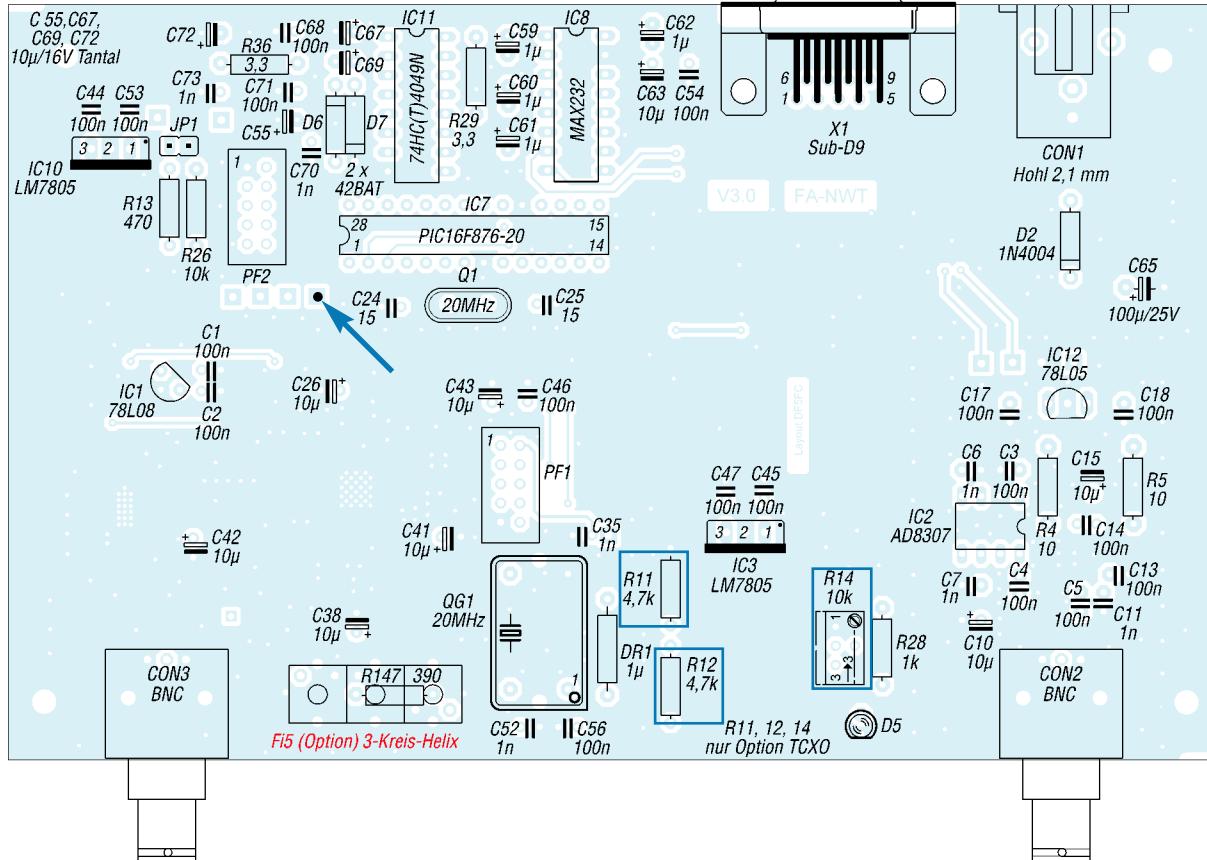


Bild 6:  
Bestückungs-  
seite der dopp-  
seitigen Pla-  
tine FA-NWT01,  
M 1:1;  
rot: Option  
400 MHz;  
blauer Pfeil: hier  
kann gemäß [3]  
sowie Tabelle 3  
ein zweiter  
Messkopf an-  
geschlossen  
werden.  
R11/12 und R14  
werden lediglich  
bei der Option  
TCXO benötigt;  
dabei R11/12  
oder R14 alter-  
nativ bestücken!

Tabelle 2: Stückliste der bedrahteten Bauelemente

Name	Bild	Wert	Bauform	Name	Bild	Wert	Bauform
C1	11	100 nF	keramisch X7R, RM2,5	C70	10	1 nF	keramisch, RM2,5
C2	11	100 nF	keramisch X7R, RM2,5	C71	10	100 nF	keramisch, X7R, RM2,5
C3	9	100 nF	keramisch X7R, RM2,5	C72	10	Tan 10 $\mu$ F/16 V	Tropfen RM2,5
C4	9	100 nF	keramisch X7R, RM2,5	C73	10	1 nF	keramisch, RM2,5
C5	9	100 nF	keramisch X7R, RM2,5	CON1	10	HOHL2,1	für Stecker 5,5 × 2,1 mm
C6	9	1 nF	keramisch RM2,5	CON2	9	BNC-RA	BNC-Buchse, Metall!
C7	9	1 nF	keramisch RM2,5	CON3	11	BNC-RA	BNC-Buchse, Metall!
C10	9	10 $\mu$ /63 V	Elko 105°, radial, RM2,5	D2	10	1N4007	DO-41
C11	9	1 nF	keramisch RM2,5	D5	10	LED_GN	LED 3 mm, rund
C13	9	100 nF	keramisch X7R, RM2,5	D6	10	BAT42	DO-35
C14	9	100 nF	keramisch X7R, RM2,5	D7	10	BAT42	DO-35
C15	9	10 $\mu$ F/63 V	Elko 105°, radial, RM2,5	DR1	11	1 $\mu$ H	MCC-Choke, Epcos
C17	9	100 nF	keramisch X7R, RM2,5	FI5	11	397 MHz	3-Kreis-Helixfilter, Option!
C18	9	100 nF	keramisch X7R, RM2,5	IC1	11	78L08	TO-92A
C24	10	15 pF	keramisch C0G, RM2,5	IC2	9	AD8307	DIL8
C25	10	15 pF	keramisch C0G, RM2,5	IC3	11	LM7805	TO220 liegend*
C26	11	10 $\mu$ F/63 V	Elko 105°, radial, RM2,5	IC7	10	PIC16F876-20	DIL28-3
C35	11	1 nF	keramisch, RM2,5	IC7a	10	GS28P-S	Präzisions-IC-Fassung für PIC
C38	11	10 $\mu$ F/63 V	Elko 105°, radial, RM2,5	IC8	10	MAX232N	DIL16
C41	11	10 $\mu$ F/63 V	Elko 105°, radial, RM2,5	IC10	10	LM7805	TO220 liegend*
C42	11	10 $\mu$ F/63 V	Elko 105°, radial, RM2,5	IC11	10	74HC4049	DIL16
C43	11	10 $\mu$ F/63 V	Elko 105°, radial, RM2,5	IC12	9	78L05	TO-92 stehend
C44	10	100 nF	keramisch X7R, RM2,5	JP1	10	1 x 2-polig	Stiftleiste, gerade, RM2,5
C45	11	100 nF	keramisch X7R, RM2,5	PF1	11	2 x 5-polig	Stiftleiste, gerade, RM2,5
C46	11	100 nF	keramisch X7R, RM2,5	PF2	10	2 x 5-polig	Stiftleiste, gerade, RM2,5
C47	11	100 nF	keramisch X7R, RM2,5	Q1	10	20 MHz	HC18
C52	11	1 nF	keramisch NPO, RM2,5	QG2	11	20 MHz	DIL14 (80 MHz@Opt. 400 MHz)
C53	10	100 nF	keramisch X7R, RM2,5	R4	9	10 $\Omega$	0207
C54	10	100 nF	keramisch X7R, RM2,5	R5	9	10 $\Omega$	0207
C55	11	10 $\mu$ F/63 V	Elko 105°, radial, RM2,5	R11	11	4,7 k $\Omega$	0207 <sup>1)</sup>
C56	10	100 nF	keramisch X7R, RM2,5	R12	11	4,7 k $\Omega$	0207 <sup>1)</sup>
C59	10	Tan 1 $\mu$ F/35 V	Tropfen RM2,5	R13	10	470 $\Omega$	0207
C60	10	Tan 1 $\mu$ F/35 V	Tropfen RM2,5	R14	11	10 k $\Omega$	Mehrgangpoti, Bauform 4 <sup>1)</sup>
C61	10	Tan 1 $\mu$ F/35 V	Tropfen RM2,5	R26	10	10 k $\Omega$	0207
C62	10	Tan 1 $\mu$ F/35 V	Tropfen RM2,5	R28	10	1 k $\Omega$	0207
C63	10	Tan 10 $\mu$ F/35 V	Tropfen RM2,5	R29	10	3,3 $\Omega$	0207
C65	10	100 $\mu$ F/35 V	Elko 105°, radial, RM5	R36	10	3,3 $\Omega$	0207
C67	10	Tan 10 $\mu$ F/16 V	Tropfen RM2,5	R147	11	390 $\Omega$	0207 (nicht bei Option 400 MHz)
C68	10	100 nF	keramisch, X7R, RM2,5	X1	10	F09HP	Sub-D-Federleiste 9-polig
C69	10	Tan 10 $\mu$ F/16 V	Tropfen RM2,5	–	–	8 mm, M3	Distanzhülsen, Metall, Sechskant

\*verlötet mit Massefläche; <sup>1)</sup> nur Option TCXO

und erschwert spätere Reparaturen oder Änderungen. Stattdessen steckt man die Bauteile einzeln dorthin, wo sie hingehören, dreht die Platine unter Festhalten des noch losen Bauteils um und legt sie flach hin. Dann lötet man nur das erste der Beinchen provisorisch mit ganz wenig Zinn an, damit das Bauteil nicht mehr herausfallen kann. Nun prüft man noch einmal den korrekten Sitz des Bauteils und schneidet anschließend beide (bzw. alle) Drähte des Bauteils mit dem Elektronikseitenschneider etwa 1,5 bis 2,0 mm über der Platinenoberfläche ab. Dann lötet man alle bisher nicht gelösten Drähte sauber fest. Zuletzt wird das zuerst fixierte Beinchen sauber nachgelötet. Wer unbedingt zuerst löten und dann abzwicken will, muss anschließend nachlöten, denn beim Abzwicken können feine Haarrisse in der Lötzung entstehen, die zu sehr unangenehmen Spät-ausfällen führen.

Gute Lötstellen haben übrigens Hohlkehlen zwischen den zu lötenden Flächen (Bild 7). Dazu braucht man nur wenig Lot. Wer mehr aufträgt, unternimmt den zwecklosen Versuch, kalte Lötstellen zu kaschieren, denn eine kugelige Lötstelle

ist fast immer ein Hinweis auf ungenügende Oberflächenhaftung, deren Grund be-seitigt werden muss.

Im Sinne möglichst guter HF-Eigenschaften haben wir im Layout der Platine auf „Wärmefallen“ verzichtet. Dadurch sind viele Lötstellen beidseitig in Masseflächen der Platine eingebettet. Leider beeinträchtigt dies die Lötfähigkeit, denn die Wärmeableitung der Masseflächen ist beträchtlich. Speziell an diesen Stellen benötigt man einen sehr heißen Lötkolben mit kurzer, dicker Spitze, denn die Lötzung ist nur dann in Ordnung, wenn das Lot die Durchkontaktierung in voller Länge ausfüllt.

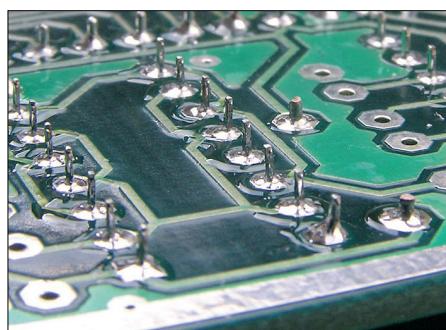


Bild 7: Lötstellen von bedrahteten Bauteilen

Hier liegt auch der Grund, weshalb es eine einstellbare Lötstation sein sollte. Wegen der hohen Temperatur (450 °C) braucht man sich keine Gedanken machen, denn die Wärme wird ja zu großen Teilen von den Masseflächen abgeführt und belastet die Bauteile kaum. Notfalls muss man von beiden Seiten löten.

### 3.3 ICs

Als nächsthöhere Bauteile sollten nun die ICs bzw. die IC-Fassung für den PIC (IC7) eingebaut werden. Dabei ist äußerste Sorgfalt geboten, denn ein einmal falsch herum oder an falscher Stelle eingebauter IC ist kaum noch ohne Schäden an der Platine herauszubekommen. Keinesfalls den PIC-Controller einlöten, sondern nur dessen Fassung! Da die Beinchen von ICs im DIL-Gehäuse meist etwas auseinander stehen, sind diese vor dem Bestücken mit der Flachzange genau rechtwinklig zu richten.

Die beiden Spannungsregler IC3 und IC10 (beide 7805) werden nicht – wie im Bestückungsaufdruck gezeichnet – stehend, sondern liegend eingebaut und an der Kühl-fahne festgelötet! Damit sich die rückwärtige Kühlfläche der ICs möglichst leicht mit

der Massefläche verbindet, sollte man vorher ein wenig Flussmittel-Gel (*Edsyn FL22*; siehe Abschn. 2.1) auftragen. Keinesfalls darf man lange „herumbraten“, sondern muss unter Verwendung eines richtig heißen Lötkolbens ( $450^{\circ}\text{C}$ ) mit kurzer, dicker Spitze möglichst zügig arbeiten. Unter leichtem Andruck (Übertragung der Wärme auf die Massefläche!) erwärmt man das obere Ende der flach liegenden

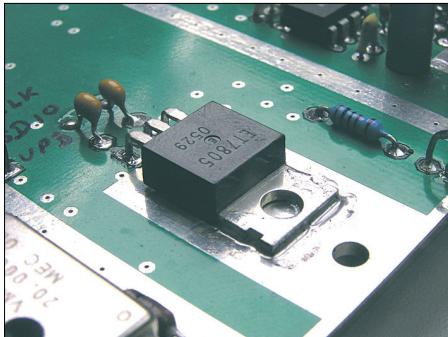


Bild 8: Zwecks Kühlung liegend aufgelöteter Spannungsregler

Kühlfahne und tippt gleichzeitig mit dem Lötzinn an die Innenkante der 3,6-mm-Bohrung in der Kühlplatte. Nach kurzer Zeit ist die Massefläche heiß genug, sodass etwas von dem Zinn in den Spalt unter dem IC läuft – das genügt! Herausgezogenes Flussmittel wird nach dem Erkalten abgewischt (Bild 8).

#### 3.4 Stehende Bauteile

Nun werden einzeln die stehenden Bauteile bestückt, wiederum beginnend mit der geringsten Bauhöhe. Auch wenn es sich um bipolare Bauteile handelt, sollten die Keramikkondensatoren – wie die Widerstände – alle in gleicher Orientierung eingebaut werden.

Die Polung der Elektrolytkondensatoren ist zu beachten! Bei manchen Herstellern ist die Polung der Tropfen-Tantal-Elektrolytkondensatoren nicht immer explizit angegeben: Beim Blick auf die beschriftete Seite – die beiden Beinchen nach unten – befindet sich der Pluspol rechts.

Die grüne Leuchtdiode D5 wird zunächst provisorisch und ohne Kürzung der Anschlussdrähte stehend eingelötet. Später, bei der Montage des Gehäuses, siehe 6.2, wird sie nochmal ausgebaut, abgewickelt und so eingefügt, dass sie bis zum Kragen in der Bohrung des Gehäuses steckt.

Alle Teile werden einzeln, nach derselben Methode wie bei den Widerständen, eingebaut. Ganz zum Schluss werden der stehend einzubauende Spannungsregler IC12 (78L05; abweichend zu FA 10/05, S. 1156!), die beiden BNC-Buchsen (CON2, CON3), die Sub-D-Buchse X1 und der Kleinspannungs-Hohlsteckverbinder CON4 eingebaut. Zum Löten der Metallbolzen an den

BNC-Buchsen und der Sub-D-Buchse benötigt man wieder eine relativ breite, heiße Lötspitze.

Pin 1 des 20-MHz-Quarzoszillators (QG2) ist nicht nur an einem (schlecht zu sehenden) kleinen Punkt auf der Gehäuseoberseite zu erkennen, sondern vor allem an einer spitzen Ecke – die anderen drei Ecken der Bodenplatte des Gehäuses sind abgerundet. Auf JP1 keinen Jumper stecken!

#### 3.5 Option TCXO

Den 20-MHz-Quarzoszillator (QG2) gibt es gegen Aufpreis auch in einer hochstabilen, einstellbaren Variante *TCXO*. Während die Standardversion (XO) eine Genauigkeit von  $\pm 50 \text{ ppm}$  hat, bringt es der TCXO laut Datenblatt (es handelt sich um den VM38T5 von Mercury) über einem Temperaturbereich von  $0^{\circ}\text{C}$  bis  $+60^{\circ}\text{C}$  auf  $\pm 5 \text{ ppm}$ .

Durch ein Loch im Gehäuse lässt er sich an einem eingebauten Trimmkondensator sehr fein um  $\pm 3 \text{ ppm}$  trimmen, darüber hinaus kann man die Frequenz mithilfe einer Spannung an Pin 1 ( $+2,5 \text{ V} \pm 1 \text{ V}$ ) um  $\pm 10 \text{ ppm}$  variieren, siehe Punkt 4.4. Zu den ab Platinenversion 3.0 vorgesehenen R11, R12 und R14 siehe Abschnitt 4.4.

#### 3.6 400-MHz-Option

Wer die 400-MHz-Option erworben hat, bestückt jetzt für QG2 den 80-MHz-Typ, ferner das Helixfilter Fi5, und setzt den PIC-Controller mit der 400-MHz-Firmware *HFM91-400.HEX* in die Fassung ein (Polung beachten!). Die anderen OMs verwenden den PIC in der Standard-Version *HFM91.HEX*.

### 4. Inbetriebnahme

Für die Inbetriebnahme ist ein einstellbares Labornetzteil mit Strombegrenzung notwendig. Man schließt es ganz normal über den Kleinspannungs-Hohlstecker an (Pluspol innen). Vorher die Strombegrenzung des Netzteils auf 250 mA einstellen, Spannung auf 0 V.

#### 4.1 Betriebsspannungen für den DDS-IC

Messungen mit dem Oszilloskop macht man am besten mit einer 10:1-Tastspitze. Das daran befindliche kurze Massekabel wird irgendwo an einem Massepunkt der Platine angeschlossen, z.B. an der Vorderkante einer BNC-Buchse. Keinesfalls darf das Oszilloskop zur „Arbeitserleichterung“ über eine meterlange Laborschnur mit Masse verbunden werden.

Die Platine mit der SMD-Bestückung nach oben flach hinlegen und die Tastspitze des Oszilloskops auf die breite Kühlplatte des Spannungsreglers IC9 aufsetzen.

Dann die Versorgungsspannung, bei 0 V

beginnend und unter Beobachtung der Stromaufnahme, langsam hochdrehen. Bei etwa 3 V Netzteilspannung beginnt die Spannung an IC9 zu steigen. Ab diesem Zeitpunkt zwischendurch auch die Spannung an den Kühlfahnen von IC4 und IC5 überwachen.

Ab etwa 5 V Betriebsspannung erreicht die Spannung an IC9 eine Höhe von 1,8 V. Sie darf keinesfalls weiter steigen! Das Gleiche gilt für IC4; hier werden die +1,8 V etwa bei 6,3 V Eingangsspannung erreicht. Ab etwa 7 V Eingangsspannung bleibt die Spannung auch an IC5 stabil; sie muss 3,3 V betragen.

Achtung! Keinesfalls darf die Netzteilspannung weiter erhöht werden, wenn eine dieser drei Spannungen die genannten Werte (IC9: 1,8 V, IC4: 1,8 V, IC5: 3,3 V) überschreitet. Dabei würde der teure AD9951 zerstört.

#### 4.2 Sonstige Betriebsspannungen

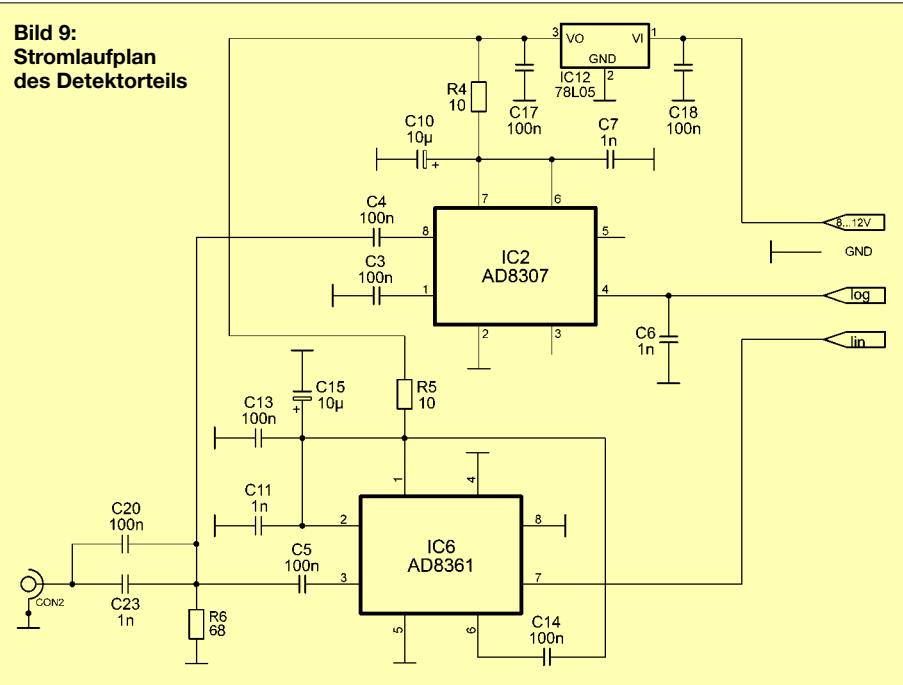
Nun die Platine herumdrehen (bedrahtete Seite nach oben, die BNC-Buchsen zu sich gerichtet) und die Tastspitze an IC10, Pin 3 anlegen (ganz links). Bei der zuletzt eingestellten Netzteilspannung von +6,3 V muss hier eine Spannung von etwa 4 V anliegen. Beim Erhöhen der Eingangsspannung bis auf +9 V muss diese Spannung bei +5 V stehen bleiben.

Für eine weitere +5 V-Versorgung ist IC12 (78L05) zuständig. Möglicherweise ist hier im Bestückungsplan noch ein stehendes TO-220-Gehäuse gezeichnet. Dieses wurde aber im letzten Moment gegen ein TO-92-Gehäuse getauscht. Am Pin 3 (links) müssen +5 V anliegen. Nun muss bereits die Ladungspumpe im MAX232 (IC8) funktionieren: An Pin 3 muss ein Rechtecksignal von  $U_{ss} = 5 \text{ V}$  mit  $5,5 \mu\text{s}$  Periodendauer und einem Tastverhältnis von nahezu 50% anliegen; die Ecken sind etwas unsauber. An Pin 2 müssen etwa +9,5 V Gleichspannung, an Pin 6 etwa -9,5 V anliegen.

An den Pins 2, 4, 6, 10, 12, 15 des Treiber-ICs 74HC4049 (IC11) muss ein sauberes Rechteck von  $U_{ss} \approx 4,3 \text{ V}$  anstehen, am Widerstand R36 ( $3,3 \Omega$ ) muss eine Gleichspannung von etwa -2,5 V zu messen sein (beide Seiten praktisch gleich). Nun verbleibt noch der Spannungsregler IC1 (78L08). Spätestens bei +11 V Eingangsspannung muss seine Ausgangsspannung (Pin rechts unten) den Nennwert von +8 V erreicht haben. Sind alle Spannungen korrekt vorhanden, darf die Betriebsspannung auf den Nennwert von +12,6 V (bis maximal +15 V) erhöht werden.

Der Stromverbrauch sollte bei etwa 180 bis 210 mA liegen. Liegt dieser nur bei 120 bis 140 mA, fehlt der PIC oder er ist defekt bzw. nicht programmiert.

**Bild 9:**  
Stromlaufplan  
des Detektorteils



### 4.3 Oszillatoren

Sofern es die Bandbreite des Oszilloskops erlaubt, lässt sich nun das Schwingen der beiden Oszillatoren prüfen. An Pin 10 von IC7 (PIC16F876-20) muss eine 20-MHz-Sinusschwingung von knapp  $U_{SS} = 5$  V anliegen.

Ebenso muss am Ausgang des Quarzoszillators (QG2, Pin 8) entweder eine 20-MHz- oder eine 80-MHz-Rechteckschwingung anliegen (je nach bestückter Option; wegen der auch bei kurzer Verbindung nicht idealen Masseverbindung zum Oszilloskop enthält dieses Rechteck scheinbar ein mehr oder weniger starkes Überschwingen). Das Signal ist zum Pfostenverbinder PF 1, Pin 10, herausgeführt und lässt sich dort von der Platinenoberseite aus messen.

Bei der 400-MHz-Option muss u.U. das Helixfilter nachgeglichen werden. Mit ei-

nem passenden Abgleichwerkzeug werden die Kerne des Filters so eingestellt, dass die Gleichspannung am Messpunkt MP1 jeweils ein Maximum erreicht.

Da die HF-Spannung an der Diode D1 nur etwa 150 mV beträgt (völlig ausreichend für den DDS IC23, da über L1 noch eine Hochtransformation erfolgt), sind Dank Vorspannung von D1 über R15 etwa 150 bis 200 mV Gleichspannung zu messen. Nun müsste am Ausgang (linke BNC-Buchse, CON3) eine saubere 4-MHz-Schwingung zu sehen sein. Die Leerlaufspannung beträgt  $U_{SS} = 2$  V. Dies bedeutet, dass die Firmware im PIC der DDS-IC und der nachfolgende Verstärker korrekt arbeiten.

Die Genauigkeit der Frequenzeinstellung wird durch den Taktgenerator des DDS-Chips bestimmt. Da die Frequenz des Quarzoszillators nicht immer mit dem auf-

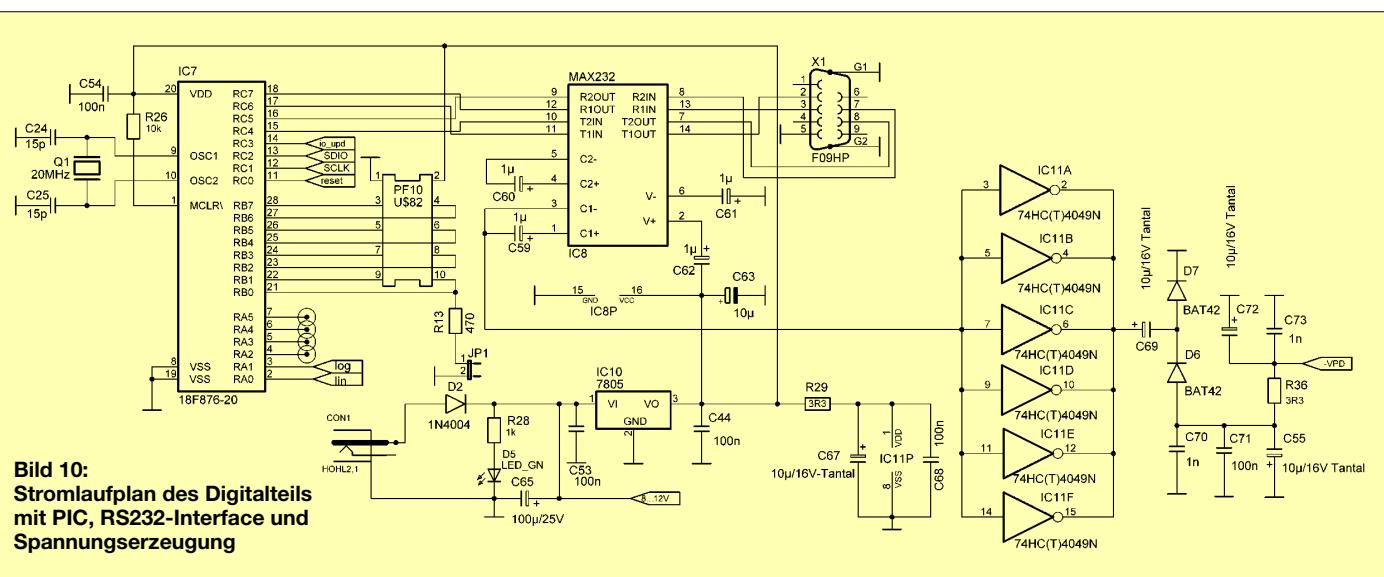
gedruckten Wert übereinstimmt, hat DL4JAL eine Frequenzkorrektur über die Software vorgesehen, siehe dazu [3].

### 4.4 TCXO

Der optionale TCXO ist vorab abgeglichen. Wer nicht über einen genauen Frequenzzähler verfügt, sollte deshalb die Einstellung des TCXOs nicht verändern, sondern an Pin 1 lediglich einen Spannungsteiler anschließen, sodass dort eine Gleichspannung von +2,5 V ansteht. Hierzu sind die bedrahteten Widerstände R11 und R12 à 4,7 kΩ vorgesehen, die bei dieser Option mit ausgeliefert werden. Auch dadurch verbessert sich noch die Frequenzstabilität gegenüber der Standardvariante.

Da an Pin 14 (direkt daneben) eine gut stabilisierte Spannung von +5 V zur Verfügung steht und auch der nächste Masseanschluss nicht weit ist, kann man auch bei den vorigen Platinenversionen ganz gut einen entsprechenden Spannungsteiler aus zwei SMD-Widerständen unterbringen.

Nun zum Abgleich auf die Sollfrequenz: Hierzu benötigt man einen hochgenauen Frequenzzähler, der idealerweise mithilfe des Zeitzeichensenders DCF77 kalibriert sein sollte. Über ein 50-Ω-BNC-Kabel wird der Zähler an der Buchse CON3 angeschlossen. Nun sucht man am Trimmkondensator des TCXOs zunächst die maximale und minimale Frequenz und stellt ihn dann so ein, dass die abgegebene Frequenz einen Mittelwert dazwischen einnimmt. Bei den Platinenversionen vor 3.0 schließt man über drei provisorische Leitungen ein Potenziometer von 10 oder 20 kΩ an Pin 7 (Linksanschlag; Masse), Pin 14 (Rechtsanschlag; +5 V) und Pin 1 (Schleifer) an. Nachdem die Lötstellen wieder kalt sind, stellt man das Potenziometer so ein, dass die abgegebene Frequenz genau 4.000.000 MHz beträgt. Die Spannung am Schleifer misst man aus und ersetzt das Potenzio-



meter durch einen Spannungsteiler aus zwei SMD-Widerständen (Bild 6), sodass man dem Messwert möglichst nahe kommt. Ab Platinenversion 3.0 sind hierfür das Potenziometer R14 sowie die bedrahteten Festwiderstände R11 und R12 vorgesehen.

Nach dem Abkühlen der Lötstellen und nach mindestens 10 min Betrieb stellt man dann die abgegebene Frequenz mithilfe des Trimmkondensators im TCXO auf genau 4.000 000 000 MHz.

Aufgrund des nur ganzzahlig verfügbaren Frequenzabstimmwortes im DDS (siehe 2. Folge des Beitrags [1]) liegt zwar die korrekte Frequenz nicht ganz genau auf diesem Wert (genau: 4.000 000 003 725 29 MHz), aber diese Abweichung ist derart gering (0,001 ppm), dass sie komplett in der Ungenauigkeit des TCXOs untergeht ( $\pm 5$  ppm).

## 5. PC-Software starten

WinNWT läuft unter Windows XP, 2000, 98SE (Testergebnisse zu anderen Win-

dows-Versionen liegen nicht vor). Zur Installation Programm *winnwt\_setup\_V108.exe* ausführen und bei Abfrage die Lizenzbedingungen akzeptieren. Als Programmverzeichnis empfehlen wir ein Verzeichnis unter *C:\Programme\...*, beispielsweise *C:\Programme\Afu\WinNWT\*. Alle erforderlichen DLLs und Programmteile werden installiert und ein Icon auf dem Desktop erzeugt. Sämtliche Einstellungen sind (falls später von Interesse) bei Windows XP unter *Dokumente → Einstellungen* beim jeweiligen Nutzer im Verzeichnis *hfm9* abgelegt. Bei Win98SE liegt dieses Verzeichnis *hfm9* im Rootverzeichnis auf *C:\*.

Den von der Installationsroutine letztlich vorgeschlagenen Schritt *Launch WinNWT* klicken wir zunächst einmal weg.

### Weitere notwendige Schritte

An der Firmware der vom FA-Leserservice ausgelieferten Bausätze braucht nichts verändert zu werden, der mitgelieferte PIC besitzt eine Firmware, die für WinNWT

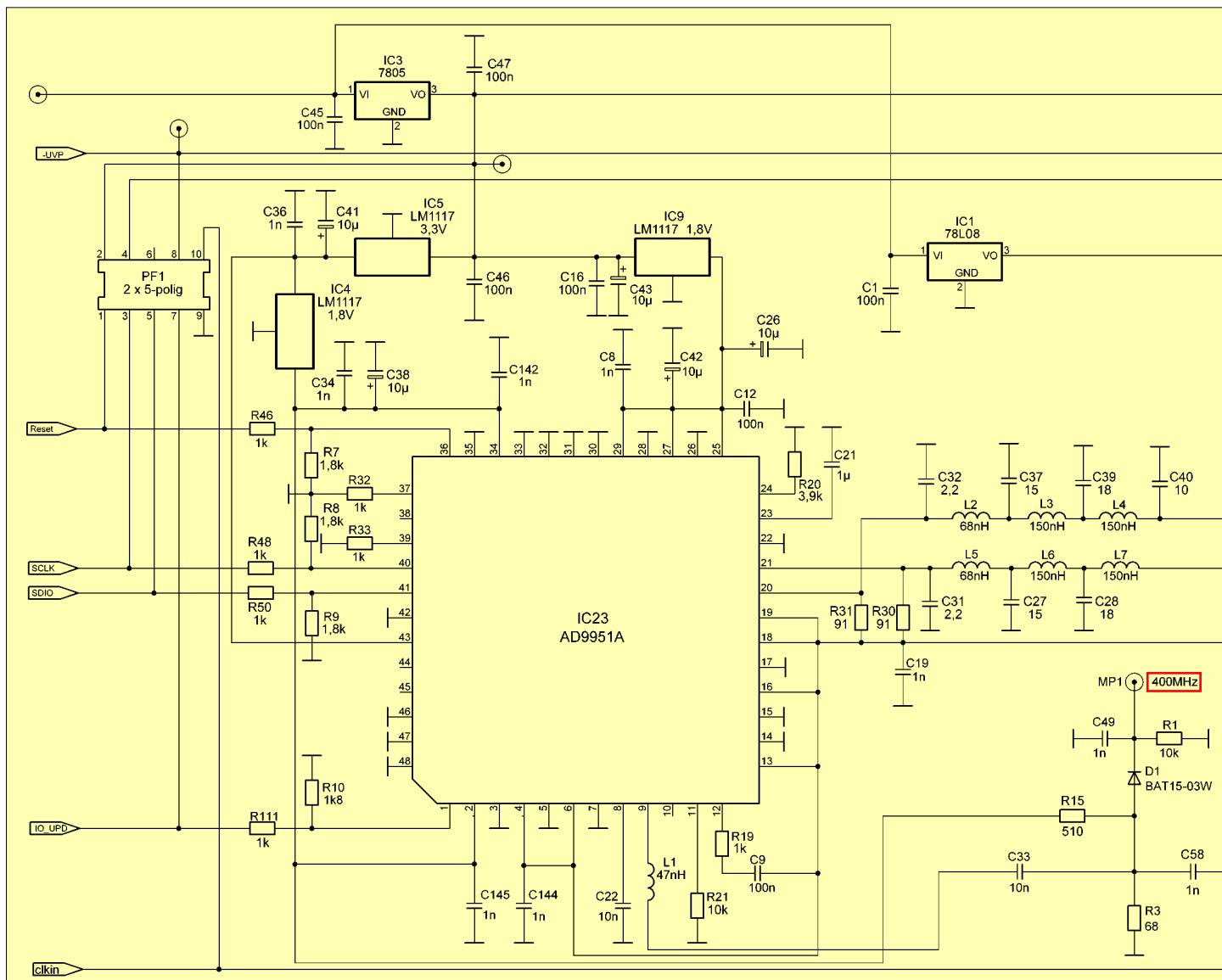
von DL4JAL geeignet ist. Falls Sie jedoch die Hardware-Option 80/400 MHz (**BX-062**) erworben haben, prüfen Sie, ob der richtige PIC steckt.

Wenn Sie den FA-NWT nicht direkt an eine serielle Schnittstelle anschließen können/wollen, sondern einen USB-Adapter benutzen, ist zunächst noch dieser zu installieren. Für den **BX-067** haben wir eine spezielle Kurzanleitung erstellt [3]. Der Adapter installiert sich als virtueller COM-Port. Dessen Nummer lässt sich folgendermaßen ermitteln: *Systemsteuerung/System → Register Hardware → Geräte-Manager → Anschlüsse*.

Schließlich ist noch zu prüfen, ob der FA-NWT mit Spannung versorgt wird (LED!) und ob das Kabel zur PC-Schnittstelle steckt.

### Grundlegende Einstellungen

Nun können Sie WinNWT starten (gelbes Icon *WINHFM9.exe* auf dem Desktop). Nach dem Start müssen zunächst unter Menüpunkt *Einstellungen → Option eini-*



ge Häkchen gemäß Bild 1 verändert werden. Auch die oberen Frequenzgrenzen stellen wir besser alle auf 160 000 000 Hz. Bei einem USB-Adapter ist die entsprechende virtuelle Schnittstelle *COMxx* auszuwählen. Vergessen Sie nicht, die Änderungen mit *OK* zu bestätigen.

Der FA-NWT besitzt nur einen Kanal – daher Häkchen Einkanalig. Ein zweiter Kanal müsste extern nachgerüstet werden, was noch nicht durch einen Bausatz unterstützt wird; Anschlüsse hierfür sind aber vorgesehen, siehe Baumappe [4]. Wir klicken dann gleich noch auf Hilfe und setzen das Häkchen *Tipp?*.

#### *Und wenn es immer noch nicht geht?*

Es gibt aber zwei einfache Wege, um festzustellen, wo der Fehler in etwa liegt. Die Überprüfung der drei Betriebsspannungen sollte zunächst erfolgreich verlaufen sein. Sollte der PIC funktionieren, so können Sie bei einem noch nicht gesteckten seriellen Verbindungskabel 4 MHz am Ausgang (BNC-Buchse) des FA-NWT01 messen.

Dafür eignen sich auch ein durchstimmbarer Empfänger, dessen Antennendraht in die Nähe der Buchse gelegt wird, oder ein am Ausgang angeschalteter Frequenzzähler. Dadurch ist feststellbar, ob PIC und DDS zusammenarbeiten. Mögliche Fehler auf der Übertragungsstrecke, im PC und der Pegelwandlung werden dabei nicht berücksichtigt.

Wenn dieser Test erfolgreich war, stecken Sie bitte das serielle, 9-polige Kabel an den FA-NWT01 bzw. den PC an und starten die DL4JAL-Software am PC. Nach dem Auswählen der korrekten Schnittstelle in der Software (über *Einstellungen* und dann *Optionen*) und einem Neustart der Software fragen Sie bitte über *Einstellungen* die Firmware-Version ab. Steht dort als Ergebnis 000, so gibt es zwei mögliche Fehlerursachen: Einerseits kann der PIC entweder nicht korrekt gesteckt (evtl. Kontaktprobleme?) oder zerstört worden sein und andererseits die Pegelwandlung mit dem MAX232 nicht arbeiten.

Bei der Abfrage der Firmware-Version wird

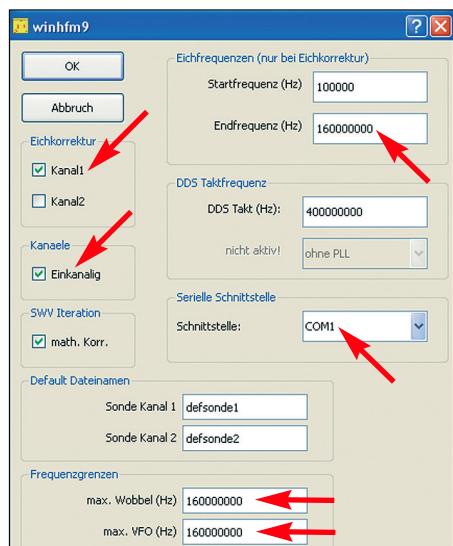


Bild 11a: Karteikarte Einstellungen/Option mit entsprechenden Einstellungen

vom PC ein Byte zum NWT gesandt, das dieser mit einem Byte beantwortet. Die Abfrage lässt sich beliebig oft wiederholen. Sollten Sie die Möglichkeit haben, die Signale auf der RS232-Schnittstelle zu kontrollieren, so bietet dieser Menüpunkt eine Variante, „Betrieb“ auf der Verbindung zwischen NWT und PC zu erzeugen.

Bitte kontrollieren Sie aber vor eventuellen Suchaktionen auf der Platine unbedingt das verwendete Kabel. Dessen Adern müssen direkt durchgeschaltet (Pin 1 an Pin 1, Pin 2 an Pin 2 usw.) sein und dürfen keine Kreuzungen aufweisen. Dies lässt sich einfach mit einem Durchgangsprüfer kontrollieren. Sind die Prüfspitzen Ihres Durchgangsprüfers zu dick, so eignen sich zur Kontaktierung der Buchse des Kabels eine dicke Nadel oder eine Büroklammer. In die letztere kann man mit etwas Geschick gleich noch die Prüfspitze einklemmen.

## 6. Abschirmungen und Gehäuse

Die Platine ist für den Einbau in ein Weißblech-Abschirmgehäuse mit den Standard-Abmessungen 102 mm × 162 mm × 30 mm vorgesehen. Dieses Gehäuse enthält alle erforderlichen Durchbrüche und ist im Komplettbausatz enthalten.

Zusätzlich hierzu kann beim FA-Leserservice für die direkte Abschirmung von DDS-Generator und Detektorteil ein Kit mit kleineren Weißblechgehäusen bezogen werden.

Auch diese enthalten bereits alle Durchbrüche. Für diese Innenabschirmungen sind – ebenso wie für das vorgenannte Abschirmgehäuse – auf der Platine entsprechende Freimachungen im Lötstopplack vorhanden.

Die gleichzeitige Verwendung von Innenabschirm(en) und Weißblech-Abschirmgehäuse ist möglich!

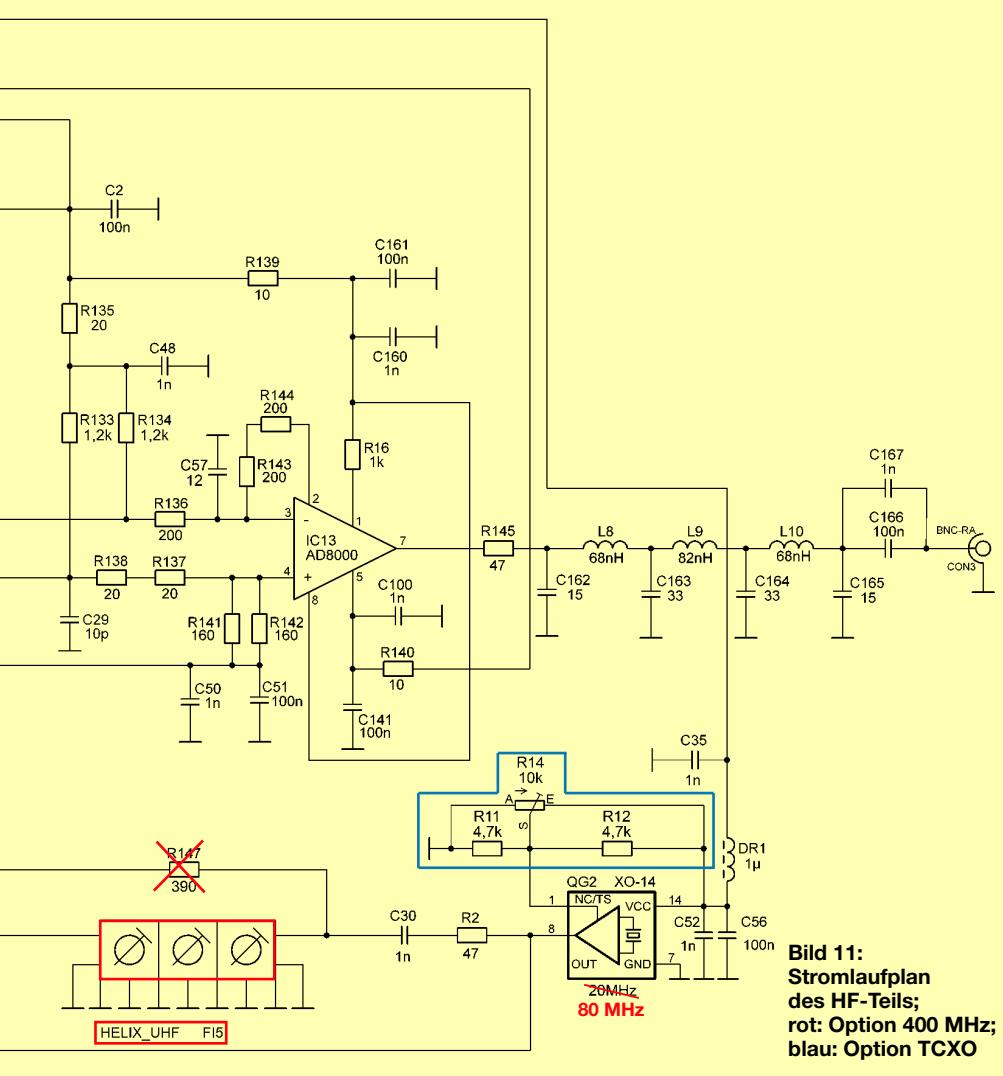


Bild 11:  
Stromlaufplan  
des HF-Teils;  
rot: Option 400 MHz;  
blau: Option TCXO

## 6.1 Weißblechgehäuse

Die vordere Seitenwand des großen Weißblechgehäuses wird locker mit den beiden BNC-Buchsen verschraubt. Die bisher nur provisorisch eingelötete grüne LED wird ausgebaut, die Anschlussdrähte passend gebogen und so eingelötet, dass sie leichtgängig durch die Stanzung hindurch schaut. Die schmale Biegelasche des Seitenblechs muss mit der Kantenfräzung der Platine übereinstimmen. Die Blechunterkante muss genau bündig mit den vier Sechskantbolzen sein.

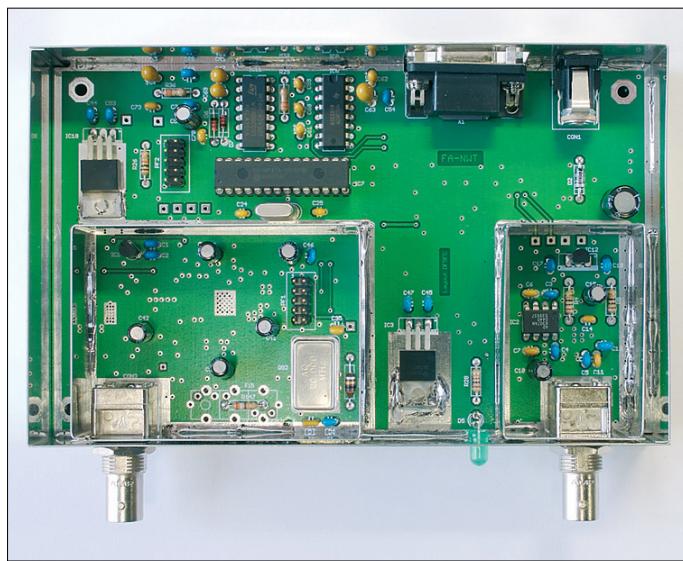
Dann wird das Ganze in den unteren Gehäusedeckel gelegt, das hintere Seitenblech dagegen gestellt und auch der obere Deckel aufgesetzt. In diesem Zustand werden die beiden Seitenbleche provisorisch

Die Deckel werden nicht festgelötet, da dies spätere Änderungen und Reparaturen sehr behindern würde (Bild 13).

## 6.2 Innenabschirmungen

Wer keine Innenabschirmungen verwendet, kann diesen Abschnitt überspringen. Ansonsten werden sie mit aufgesetzten Deckeln zusammengesetzt und die Seitenwände provisorisch zusammengelötet. Dann werden die Deckel wieder abgenommen und die seitlichen Lötnähte bis zu den Kanten verlängert (damit man die Deckel auch hinterher noch aufsetzen kann, darf kein Lot aus der Fuge herausquellen).

Nun werden die zusammengesetzten Seitenwände mit Deckel auf die Platine gesetzt und mit einer nicht zu kleinen, heißen



**Bild 13:**  
Fertige Platine im  
Weißblechgehäuse,  
hier mit (optionalen)  
Innenabschirmungen

zusammengelötet, danach die Deckel wieder abgenommen und die seitlichen Lötnähte bis zu den Kanten verlängert (Lot darf nicht überqueren).

Dann wird die Platine mitsamt den Seitenblechen auf eine plane Oberfläche gestellt. Als Lehre für die Montage haben wir vier Sechskant-Distanzhülsen vorgesehen, die Sie unterhalb der Platine etwa dort platzieren, wo sich die 3-mm-Löcher befinden. Ein Anschrauben der Distanzhülsen ist nicht notwendig. Sowohl die Distanzhülsen als auch die Unterkanten der Bleche sollen in einer Ebene liegen.

Unter leichtem Andruck nach innen und unten werden die Bleche – von der Mitte der vier Seiten ausgehend – punktweise gehaftet. Wenn alles korrekt sitzt, bleiben die Distanzhülsen nach dem Anheben der Platine auf der Tischplatte zurück und sind wegzuräumen, denn sie würden das saubere Löten behindern.

Zum Schluss fährt man die Kanten **auf der Unterseite** – unter Zugabe von wenig Lot – nochmals ab, dabei auf möglichst durchgehende, saubere Hohlkehlen achten.

Lötspitze auf die Platine gelötet. Um Kurzschlüsse zu vermeiden, weisen die Abschirmwände überall dort, wo später unter der Blechkante eine Leiterbahn ins Innere des Abschirmgehäuses führt, Kerben auf. Diese sind so zu platzieren, dass sich Leiterbahn und Gehäusewand nicht berühren. Man heftet die Bleche zunächst nur mit wenigen Punkten, sodass sie ringsum sauber aufsitzen, und fährt anschließend mit wenig Lotzugabe die Kanten noch einmal komplett ab – dabei auf eine möglichst durchgehende, saubere Hohlkehle achten! Dann die Muttern der BNC-Buchsen festziehen.

Auf der SMD-Seite der Platine werden die Deckel der Innenabschirmungen direkt aufgelötet. Auch hier sind vorher überall dort, wo eine Leiterbahn ins Innere führt, entsprechende Kerben vorhanden, die genau zu platzieren sind.

## 7. Umrüsten auf 400 MHz Taktfrequenz

Durch Verwendung der 400-MHz-Option vermindert sich das Phasenrauschen um

## Kommunikation zwischen Firmware und Software

### COM-Parameter:

57600, 8, N, 1; kein Soft- oder Hardwarehandshake (erledigt die Steuersoftware)

### Frequenzeinstellung und A/D-Umsetzung:

Daten vom PC zum PIC

Sende 4 Byte (32 Bit) DDS-Frequenzeinstellwort w

w =  $2^{32}/\text{Takt} \cdot \text{Frequenz}$

Reihenfolge: MSB zuerst, höchstwertigstes Bit muss 0 sein.

Nach Wartezeit *Delay* und Einschwingen des Systems sende 1 Byte zum Start der A/D-Umsetzung; Bedeutung der Bits 7 bis 0:

B7, B6: Reserve für Erweiterungen, hier beide = 0

B5, B4, B3: 0 = 0 dB Dämpfungsglied  
1 = 10 dB Dämpfungsglied  
(1 x 10 dB)  
2 = 20 dB Dämpfungsglied  
(1 x 20 dB)  
3 = 30 dB Dämpfungsglied  
(10 dB + 20 dB)  
4 = 20 dB Dämpfungsglied  
(1 x 20 dB)  
5 = 30 dB Dämpfungsglied  
(10 dB + 20 dB)  
6 = 40 dB Dämpfungsglied  
(20 dB + 20 dB)  
7 = 50 dB Dämpfungsglied  
(10 dB + 2 x 20 dB)

B2, B1, B0: 0 = AD0, 8 Bit Auflösung  
1 = AD1, 8 Bit Auflösung  
2 = AD2, 8 Bit Auflösung  
3 = AD3, 8 Bit Auflösung  
4 = AD0, 10 Bit Auflösung  
5 = AD1, 10 Bit Auflösung  
6 = AD2, 10 Bit Auflösung  
7 = AD3, 10 Bit Auflösung

Daten vom PIC zum PC

### Rückgabewert:

- bei 8 Bit A/D-Umsetzung

1 Byte mit dem Messwert

- bei 10 Bit A/D-Umsetzung

2 Byte mit dem Messwert, linksbündig

Achtung, neues Frequenzeinstellwort erst senden, wenn Rückgabewert empfangen wurde!

### Abfrage der Analogeingänge

Daten vom PC zum PIC

Sende ein Byte  
080H Analogeingang RA0  
081H Analogeingang RA1  
082H Analogeingang RA2  
083H Analogeingang RA3  
085H Analogeingang RA5

Daten vom PIC zum PC

### Rückgabewert:

10 Bit A/D-Umsetzung, 2 Byte mit dem Messwert, linksbündig

Achtung, neues Abfragewort erst senden, wenn Rückgabewert empfangen wurde!

etwa 30 dB. Wer die Option gleich mitbestellt hat, hat diese bereits von vornherein eingebaut, siehe 3.6.

Mit etwas Mühe lässt sich aber die Platine auch nachträglich umrüsten. Dazu muss der Quarzoszillator (QG2) ausgetauscht werden (20 MHz → 80 MHz), der Widerstand R147 ist auszubauen und stattdessen das Helixfilter Fi5 einzubauen. Außerdem benötigt man einen PIC-Controller, der mit der Firmware *HFM91-400.HEX* programmiert ist, oder man programmiert den vorhandenen PIC gemäß Kapitel 8 um.

Am schwierigsten dürfte der Ausbau des Quarzoszillators sein, speziell an seinem Massepin (Pin 7). Hier helfen nur viel Geduld, Entlötlitzte, evtl. Flussmittel-Gel und eine spitze Pinzette, mit der zunächst die Pins 1, 8, 14 so weit entlötet werden, bis sich die Drähte frei in der Bohrung hin- und herbewegen lassen. Unter Umständen hilft es sogar, den Pin noch einmal neu zu verlöten und dann mit Entlötpumpe und/oder Entlötlitzte erneut einen Reinigungsversuch zu unternehmen. Wenn alle drei Pins im kalten Zustand frei beweglich sind, wird der Massepin mit einer dicken und sehr heißen Lötpitze erwärmt; nach einigen Sekunden lässt sich das Bauteil ohne Gewaltanwendung herausziehen.

Die Lötstelle macht man anschließend frei, indem man einen sehr heißen Lötkolben (450 °C) für etwa 10 s breit auf das Pad setzt, sodass sich die Wärme nicht nur auf der oberen Massefläche ausbreitet, sondern zum Teil auch die gegenüberlie-

betrieben werden. Ansonsten würde der DDS-IC übertaktet und könnte Schaden nehmen.

## 8. Änderungen an Soft- und Firmware

Die Firmware *HFM9* (im PIC abgearbeitet) sowie die PC-Software *NWT9* wurden von Bernd Kernbaum, DK3WX, und Andreas Lindenau, DL4JAL, in deren Freizeit erstellt. Da zukünftige Änderungen nicht ausgeschlossen sind, folgen an dieser Stelle noch einige Bemerkungen.

Auf der CD-ROM zum Bausatz befindet sich die Software von Andreas Lindenau, DL4JAL. Von dieser gibt es sowohl eine Windows-Version (*WinNWT\_setup.exe*) als auch eine unter *SuSE 10.0* und *Ubuntu* lauffähige **Linux**-Version (*LinNWT.tar.gz*). Beide Versionen befinden sich einschließlich einer umfangreichen Dokumentation (PDF) mit auf der CD zum FA-Bausatz. Eine separate Beschreibung dieser Software erfolgt in [3] sowie neuerdings auch in [5]. Die auf den mit dem Bausatz ausgelieferten PICs sowie auf der CD-ROM befindliche Firmware *hfm9\_v106\_xxx.hex* arbeitet mit der PC- und Linux-Software von DL4JAL zusammen. Für ältere *hfm9*-Firmwareversionen gilt dies nicht!

### 8.1 Firmware-Update

Der PIC befindet sich in einer Steckfassung und lässt sich ohne Schwierigkeiten wechseln. Es besteht allerdings auch die Möglichkeit, eine geänderte oder aktualisierte

ger Verzögerung die Meldung „Datenübertragungsfehler“ erscheint (siehe auch Abschn. 5. „PC-Software starten“). Die weitere Vorgehensweise ist folgende:



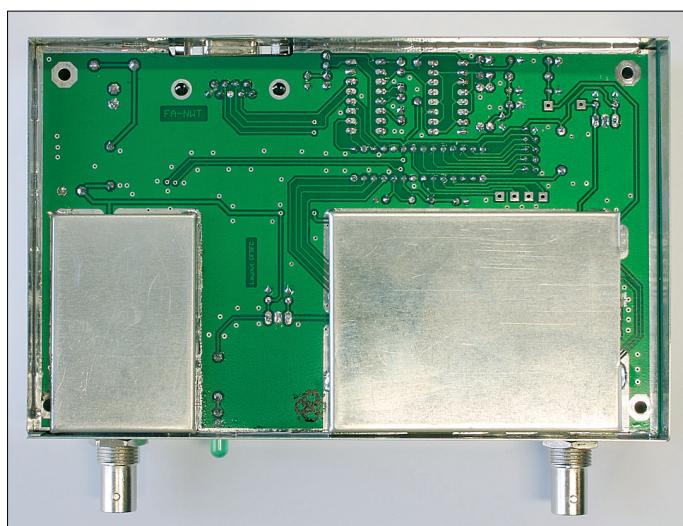
**Bild 15:** Die beiden Autoren Norbert Graubner, DL1SNG (links), und Günther Borchert, DF5FC, beim Fachsimpeln am Rande der UKW-Taugung Weinheim 2006

Fotos: DL1SNG (3), DK3RED (5), DL2RD (1)

- Platine ausschalten bzw. noch nicht einschalten.
- Pin 21 (RB0, auch zugänglich in Pin 10 des Pfostensteckverbinder PF 2) über einen Widerstand 470 Ω mit Masse verbinden. Ab Platinenversion 3.0 ist dieser Widerstand (R13) mit auf der Platine und die Masseverbindung erfolgt (**erst jetzt!**) durch Stecken eines Jumpers auf JP1.
- PC- bzw. Linux-Software von DL4JAL starten.
- Platine einschalten. Dabei wird die bisherige Software als gelöscht markiert und es **muss** eine neue Version geladen werden.
- Neue Firmware über das Menü Übertragen/Textdatei senden... das neue \*.hex-File (z.B. *hfm9\_v106\_ohne\_pll.hex*) auswählen und öffnen (Dateityp \*.\* wählen); **Achtung:** die nachzuladende Firmware muss eine Version **ohne** Bootloader sein! Siehe ggf. *LiesMich.pdf* auf der CD.
- Platine wieder ausschalten und die Brücke mit dem Widerstand entfernen. Nach erneutem Einschalten arbeitet der PIC mit der neuen Firmware.

### 8.2 Softwareschnittstelle

Für diejenigen, die des Programmierens kundig sind und es mit einer eigenen Software versuchen möchten, stellt der Kasten auf S. 10 das Kommunikationsprotokoll dar. Bernd Kernbaum hatte sich in der Entwicklungsphase für ein kurzes, einfaches Übertragungsprotokoll entschieden und dieses über mehrere Gerätevarianten ausgebaut. Freilich können sich Interessenten auch ein eigenes Protokoll definieren. Die Anschlüsse am PIC liegen fest (DDS-IC und RS232-Schnittstelle, siehe Bild 10); die weiteren Randbedingungen ergeben sich aus den



**Bild 14:**  
Ansicht der Platinenunterseite mit aufgesetzten Abschirmhauben (optional)

gende Massefläche anwärm. Mit etwas Glück lässt sich das Loch dann mit einer Entlötpumpe frei saugen (Lötkolben dabei nicht wegziehen, sondern nur ein wenig zur Seite nehmen, sodass das Loch für die Pumpe gerade zugänglich wird!).

**Achtung!** Der 80-MHz-Quarzoszillator darf nur zusammen mit der 400-MHz-Variante der Firmware und dem Helixfilter

Firmware direkt in den alten PIC einzuspielen. Dazu enthält bereits das alte Programm einen so genannten Bootloader. Zum Durchführen eines Updates muss die Platine insofern funktionsfähig sein, als sie sicher mit dem PC zusammenarbeitet. Dies ist daran zu erkennen, dass das PC-Programm nach dem Start sofort auf dem Bildschirm erscheint und nicht nach eini-

**Tabelle 3: Kontaktbelegung am Pfosten-Steckverbinde PF2 bzw. am PIC IC7**

PF2	PIC	Bedeutung
1		Masse
2		+ 5 V
3	RB7 (28)	
4	RB6 (27)	
5	RB5 (26)	+ 20 dB Dämpfung <sup>1</sup>
6	RB4 (25)	+ 20 dB Dämpfung <sup>1</sup>
7	RB3 (24)	+ 10 dB Dämpfung <sup>1</sup>
8	RB2 (23)	
9	RB1 (22)	
10	RB0 (21)	Firmware-Update <sup>2</sup>
-	RA5/AN4 (7)	Eingang 2. Messonde [3]

<sup>1)</sup> High-aktiv, TTL-Pegel,  $\leq 10$  mA belastbar<sup>2)</sup> Low-aktiv, Aktivierung: 470  $\Omega$  gegen Masse bzw. Stecken von JP1 ab Platinenversion 3.0

Datenblättern des AD9951 sowie aus der COM-Schnittstellendefinition des PCs.

## 9. Abschließende Bemerkungen

Mit dem FA-NWT steht ein vielseitig einsetzbares Messinstrument zur Verfügung, das sowohl unter Windows als auch unter Linux einsetzbar ist und über einen USB/seriell-Konverter auch an modernen Notebooks ohne RS232-Schnittstelle betrieben werden kann. Für Messungen an Antennen ist ein Reflexionsmesskopf erforderlich, z.B. FA-Artikel BX-066, siehe [2].

Bei Messungen an Baugruppen, die mehr als 5 dB verstärken, ist ein Dämpfungsglied in den Signalweg einzuschleifen. Um dieses ggf. auch automatisch ansteuern zu können, verfügt die Software von DL4JAL über die Möglichkeit, die Pins 24 bis 26 des PIC mit entsprechenden High-aktiven Schaltsignalen (0 V = Dämpfung aus, 5 V = Dämpfung aktiv, belastbar mit  $\leq 10$  mA) gemäß Tabelle 3 zu beaufschlagen, s.a. Kasten S. 10. Ein automatisch umschaltbares Dämpfungsglied für 0 bis

64 dB befindet sich beim FA-Leserservice in Vorbereitung, siehe auch Tabelle 3. Wie schon im zweiten Teil des Beitrags zum FA-NWT [1] ausführlich beschrieben, enthält das Ausgangssignal der Platine einige Ober- und Nebenwellen. Im Vergleich zu früheren Varianten des Netzwerktesters hat sich hier bereits sehr viel getan, bis hinauf zu 30 MHz bemerkt man davon praktisch nichts mehr.

Lediglich bei breitbandigen Messungen im UKW-Bereich treten sie noch etwas in Erscheinung. Ursache sind geringfügige Nichtlinearitäten im Endverstärker (IC13, AD8000), obwohl es sich hierbei um den derzeit linearsten und breitbandigsten Verstärkertyp handelt, der überhaupt zu finden war. Um das Problem zu vermeiden, hätte man mitlaufende Filter vorsehen müssen – ein sehr aufwändiges Konzept, das im Rahmen einer kostengünstigen Selbstbauplatine kaum zu realisieren gewesen wäre.

Und so wird man z.B. an einem guten 145-MHz-Bandfilter bei der halben Durchlassfrequenz des Filters (72 MHz) eine Phantom-Kurve in einer Stärke von etwa -40 dB unterhalb der Durchlassdämpfung des Filters beobachten (sofern das Filter bei dieser Frequenz eine bessere Dämpfung hat). Wenn man weiß, wie diese Fehlmessung entsteht, kann man damit (hoffentlich) leben.

Der FA-Leserservice wünscht nun allen OMs ein gutes Gelingen beim Nachbau des Bausatzes. Abschließend gilt unser Dank allen an diesem Projekt Beteiligten für ihre Mitwirkung. Besonders hervorzuheben sind die wertvollen Beiträge von Dr.-Ing. Werner Hegewald, DL2RD, Manfred Heusy, DJ3KK, Dipl.-Ing. Ingo Meyer, DK3RED, Dipl.-Ing. Andreas Lindenau, DL4JAL, Dipl.-Ing. Rainer Müller,

DM2CMB, Dr.-Ing. Klaus Sander und Dipl.-Ing. Henning Christof Weddig, DK5LV. Auch die Teilnehmer des im November/Dezember 2005 durchgeführten Beta-Tests haben viele zielführende Ideen beigesteuert.

Last but not least sei dem Initiator dieses Projektes, Dipl.-Ing. Bernd Kernbaum, DK3WX, an dieser Stelle noch einmal ausdrücklich für die Entwicklung dieses richtungsweisenden Konzepts und für die freundliche Bereitstellung der Betriebssoftware im PIC (*HFM91.HEX*) sowie für die Offenlegung der Schnittstelle (Kapitel 8.2) gedankt.

*nwt@funkamateuer.de*

## Literatur und URL

- [1] Graubner, N., DL1SNG; Borchert, G., DF5FC: Bausatz Netzwerktester FA-NWT. FUNKAMATEUR 55 (2006) H. 10, S. 1154–1157; H. 11, S. 1278–1282
- [2] Nussbaum, H., DJ1UGA: Messung der Reflexionsdämpfung mit dem FA-Netzwerktester. FUNKAMATEUR 55 (2006) H. 12, S. 1398–1401
- [3] Lindenau, A., DL4JAL: LinNWT und WinNWT – Software zum FA-Netzwerktester. FUNKAMATEUR 56 (2007) H. 1, S. 38–41; Download der Software und Dokumentation: [www.dl4jal.eu](http://www.dl4jal.eu)
- [4] Red. FA: Neuerungen beim FA-Netzwerktester. FUNKAMATEUR 56 (2007) H. 2, S. 158
- [5] Hegewald, W., DL2RD: Kurzanleitung zur Software WinNWT für den FA-Netzwerktester. Beilage zum Bausatz, Box 73 Amateurfunkservice GmbH, Berlin 2007; [www.funkamateuer.de](http://www.funkamateuer.de) → *Online-Shop* → *Bausätze* → *FUNKAMATEUR* bzw. Datei *Softwarehandbuch.pdf* auf der dem Bausatz beiliegenden CD-ROM
- [6] Redaktion FA: Netzwerktester FA-NWT: USB-Adapter unter Windows nutzen; [www.funkamateuer.de](http://www.funkamateuer.de) → *Online-Shop* → *Bausätze* → BX-067 bzw. Datei *USB-Adapter.pdf* auf der dem Bausatz beiliegenden CD-ROM

**Beachten Sie bitte den Anhang ab der folgenden Seite!**

## Anhang zur Baumappe

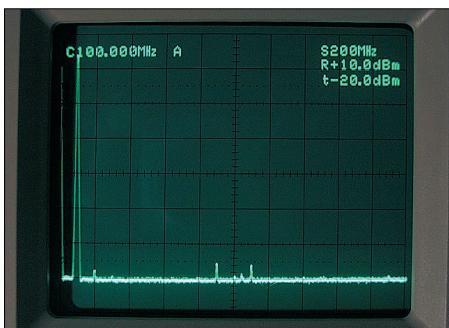


Bild A1: Ausgangsspektrum eines Signals bei 5 MHz, gemessen mit Hameg HM5014-2

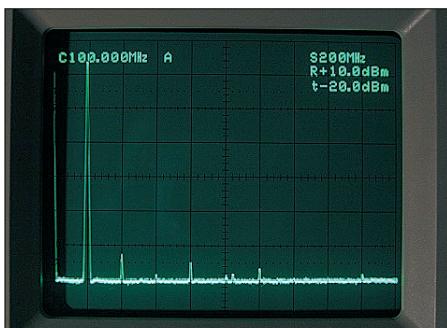


Bild A2: Ausgangsspektrum eines Signals bei 20 MHz

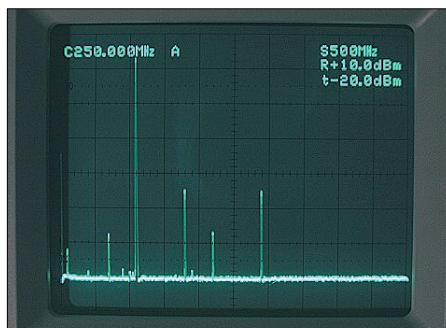


Bild A3: Ausgangsspektrum eines Signals bei 110 MHz  
Fotos A1 ... 3: DL1SNG

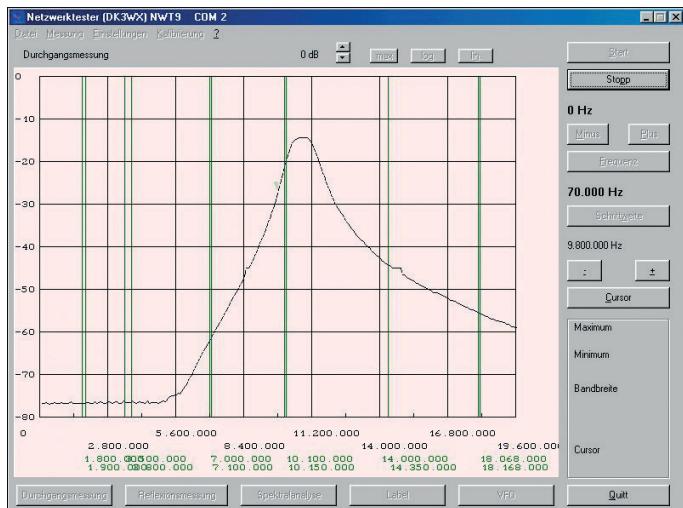


Bild A4: Messbeispiel eines zweikreisigen Bandfilters bei 11 MHz mit der Software NWT9 von DK3WX  
Screenshot: DL1SNG

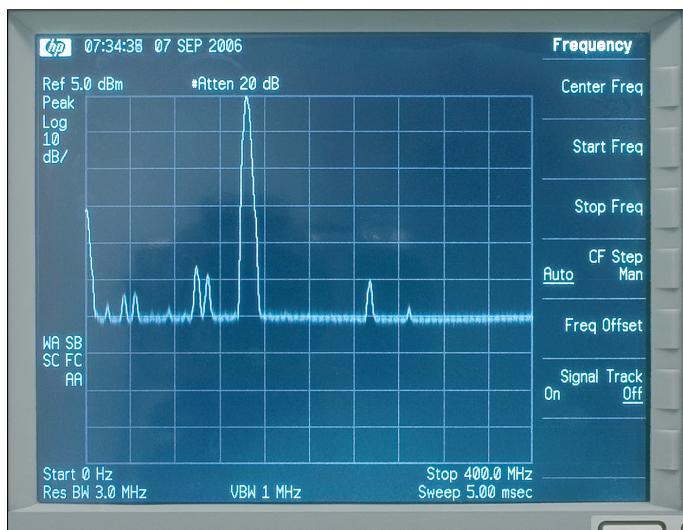


Bild A5:  
Ausgangsspektrum eines Signals bei 145 MHz, gemessen mit HP ESA-L1500A  
Foto: DK3RED

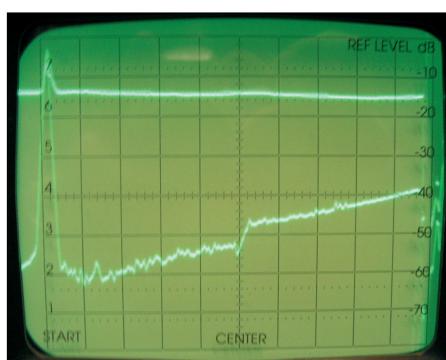
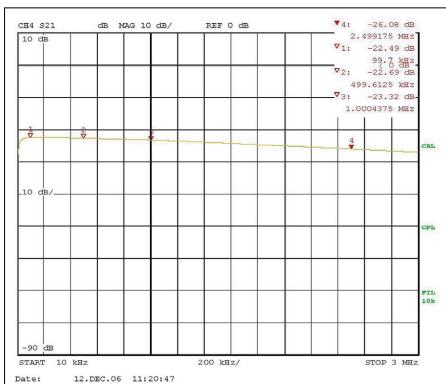
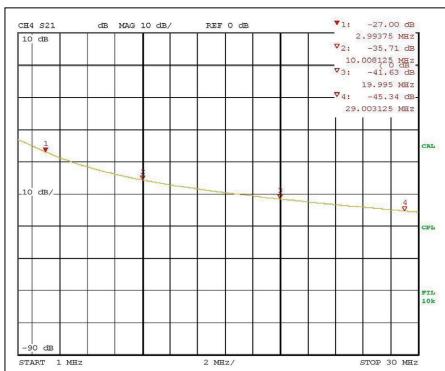


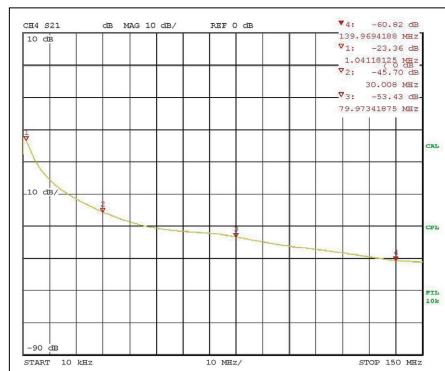
Bild A6: Eingangsanpassung des Detektoreingangs von 0 bis 200 MHz, 20 MHz bzw. 10 dB pro Teilstrich; die Rückflussdämpfung ist die Differenz beider Kurven und beträgt mit R6 = 68 Ω bis 160 MHz mindestens 28 dB, entsprechend  $r = 0,04$  und  $s = 1,08$ .  
Foto: DJ1UGA



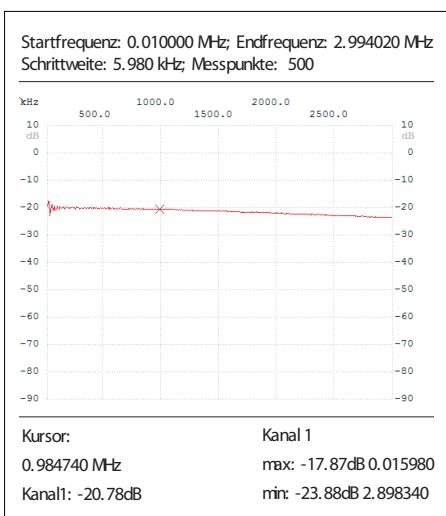
**Bild B1: RC-Tiefpass, gemessen mit R&S ZVRE im Bereich 10 kHz bis 3 MHz**



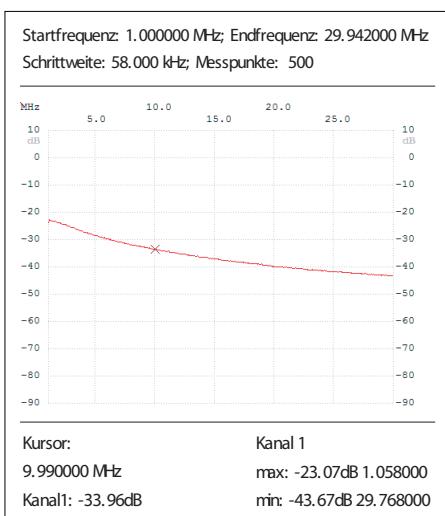
**Bild B2: RC-Tiefpass, gemessen mit R&S ZVRE im Bereich 1 MHz bis 30 MHz**



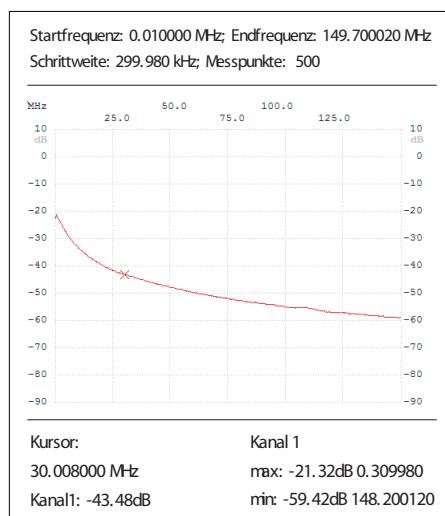
**Bild B3: RC-Tiefpass, gemessen mit R&S ZVRE im Bereich 10 kHz bis 150 MHz**



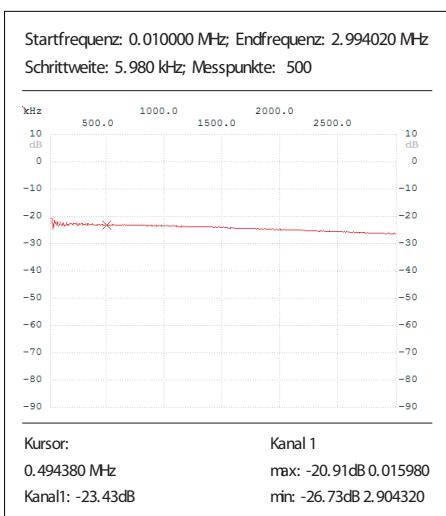
**Bild B4: RC-Tiefpass, gemessen mit FA-NWT (Standardversion) und der Software WinNWT V 1.04 im Bereich 10 kHz bis 3 MHz**



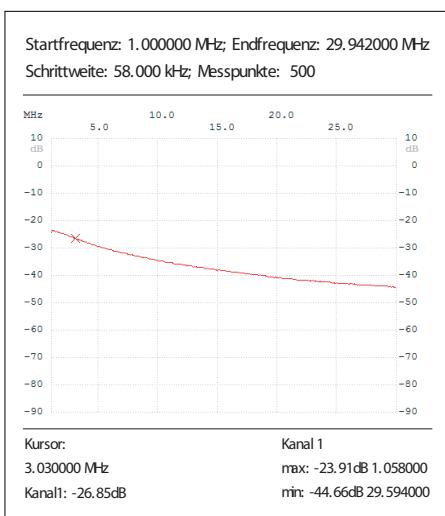
**Bild B5: RC-Tiefpass, gemessen mit FA-NWT (Standardversion) und der Software WinNWT V 1.04 im Bereich 1 MHz bis 30 MHz**



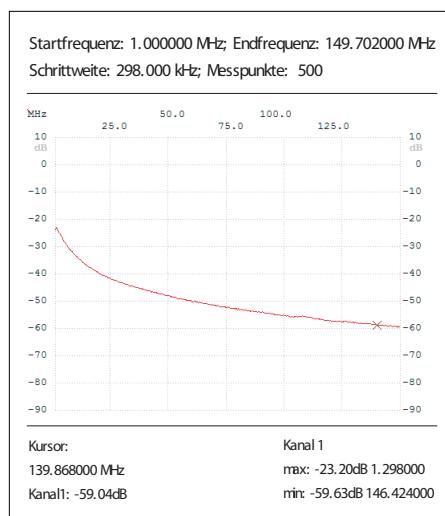
**Bild B6: RC-Tiefpass, gemessen mit FA-NWT (Standardversion) und der Software WinNWT V 1.04 im Bereich 10 kHz bis 150 MHz**



**Bild B7: RC-Tiefpass, gemessen mit FA-NWT (mit Option 400 MHz) und der Software WinNWT V 1.04 im Bereich 10 kHz bis 3 MHz**



**Bild B8: RC-Tiefpass, gemessen mit FA-NWT (mit Option 400 MHz) und der Software WinNWT V 1.04 im Bereich 1 MHz bis 30 MHz**



**Bild B9: RC-Tiefpass, gemessen mit FA-NWT (mit Option 400 MHz) und der Software WinNWT V 1.04 im Bereich 10 kHz bis 150 MHz**  
Screenshots B1 bis B9: DD9WL

# Versionsgeschichte zur Baumappe

Die aktuellste Fassung dieser Baumappe wird jeweils im Online-Shop des FUNK-AMATEUR als ergänzende Information zum Produkt *Netzwerktester NWT01, Komplettbausatz*, Artikel-Nr. BX-060, zum Download bereitgestellt.

Damit Leser, die vorige Textversionen bereits kennen, nicht alles neu lesen müssen, führen wir an dieser Stelle auf, was sich von Version zu Version geändert hat.

## Version 071128

- neue Platinenversion 4.1;
- Hinweise zu mechanischen und sonstigen Nacharbeiten entfernt, da nicht mehr relevant;
- für bessere Nebenwellenfreiheit AD8000 im LFCSP-Gehäuse eingesetzt;
- es wird ausschließlich Bezug auf die ausgereifte Software von Andreas Lindenau, DL4JAL, genommen.

## Version 070321

- Hinweis auf neue Kurzanleitung zu WinNWT S. 11 und 12 eingearbeitet;
- D6, D7 in Tabelle 2 präzisiert (BAT42 besser);
- Hinweis zum Jumper JP1 auf S. 6 und 12 eingearbeitet;
- korrekte Bestückung der Widerstände R13 und R26 eingefügt;
- Modifikationen am großen Abschirmdeckel auf der Unterseite erläutert.

## Version 070222

- Bauelemente R11 bis R15, C58 und JP1 in Schaltungen, Bestückungsplänen, Tabellen hinzugefügt und entsprechende Erläuterungen im Text ergänzt (Betrifft nur Optionen 80/400 MHz, TCXO bzw. Firmwareupdate).
- R6 auf  $68 \Omega$  geändert (verbessert geringfügig die Anpassung des Detektoreingangs an  $50 \Omega$  – lediglich von akademischem Wert, vgl. Bild A6)

## Version 070125

- Punkt 5: Hinweis zur Fehlersuche bei ausbleibender Kommunikation mit dem PC ergänzt;
- Punkt 4.3: Hinweis zur Spannung am Messpunkt MP1, betrifft nur 400-MHz-Option;
- Punkt 3.5 und 4.4: Bemerkungen zur Mittenspannung an Pin 1 des TCXO und zu den Widerständen des Spannungsteilers korrigiert, betrifft nur Option TCXO;
- Bild 6: Hinweis auf Anschluss zweiter Messsonde gemäß [3] ergänzt;
- Literatur: Hinweis auf Beitrag in FA 2/07 [4] ergänzt.

## Version 061215

- Punkt 5: Hinweis zu USB-/seriell-Konverter ergänzt;
- Tabelle 1: C40 muss richtig  $10 \text{ pF}$  lauten, betrifft nur Erwerber von unbestückten Leiterplatten;
- Anhang mit Messergebnissen erweitert.

## Version 061205

- Punkt 9: Tabelle 3 zu Erweiterungsmöglichkeiten ergänzt; ferner Hinweis auf Reflexionsmesskopf eingefügt;
- Punkt 6.1: Verfahrensweise mit Distanzhülsen geändert;
- Tabelle 2: diverse Präzisierungen, insbesondere zu Bauformen der vom Leserservice gelieferten Bauelemente;
- Anhang mit Messergebnissen hinzugefügt.