

# Baumappte zum vektoriellen Antennenanalysator

NORBERT GRAUBNER – DL1SNG

*Auf Wirkungsweise und Funktionen des FA-Antennenanalysators wurde in [1] tiefgründig eingegangen. Hierauf aufbauend beschreibt die nachfolgende Baumappte Arbeitsmethoden und Handgriffe, die beim Nachbau des Geräts zu beachten sind.*

Wer eine Platine oder einen Bausatz mit fertiger SMD-Bestückung vorliegen hat, kann den gesamten Abschnitt 1 überspringen. Bild 2 und Bild 3 sowie Tabelle 1 haben für diesen Leserkreis nur informativen Charakter.

## 1. Optional: SMD-Bestückung

Für die anderen weisen wir ausdrücklich darauf hin, dass die SMD-Bestückung der Leerplatine kein Vorhaben für Anfänger ist. Speziell die beiden HF-ICs N1 (AD9958) und N4 (AD8342) haben ein außerordentlich schwer von Hand zu lötenes LFCSP-Gehäuse. Bei diesen beinchenlosen SMD-Gehäusen befinden sich die Anschlüsse in einem Raster von nur 0,5 mm auf der glatten Unterseite. Die Kontaktflächen können nur mit einer sehr feinen Lötspitze seitlich an etwa 0,2 mm breiten Kanten erwärmt werden. Die Gehäuse müssen mit einer Genauigkeit von weniger als einem Zehntelmillimeter platziert werden. Neben dem notwendigen Werkzeug braucht man viel Geduld und eine sehr ruhige Hand. Hieran gemessen ist das Löten der restlichen SMD-Bauteile (Größe 0805) ein Kinderspiel.

Nur wer entsprechende SMD-Sortimente, bzw. Zugang zu entsprechenden Industrielieferanten hat und mit den kleinen Bauteilen umgehen kann, für den ist der Bezug der unbestückten Platine, bzw. die Selbstbestückung der SMD-Teile sinnvoll. Bild 3 zeigt den kompletten Bestückungsplan, Tabelle 1 die zugehörige Stückliste.

### 1.1 Arbeitsmittel für die SMD-Technik

Zum Arbeiten mit SMD-Bauteilen benötigt man gutes Licht, eine 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 dran stößt und dann wackelt alles eine Ewigkeit. Obendrein kompensiert sie nicht eine eventuelle Stabsichtigkeit, d. h. man sieht unschärfer und sie ist teurer als eine Nahbrille vom Optiker.

Zum Nachprüfen der fertigen Lötstellen benötigt man zusätzlich eine stark vergrößernde Nalupe 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 austauschbarer Lötspitze mit einer Breite von maximal 0,4 mm – eine billige „Lötnadel“

Bild 1:  
FA-  
Antennenanalysator  
in dem zum Bausatz  
gehörenden  
Stahlblechgehäuse



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. Dazu Entlötlitze; auch in der SMD-Technik empfiehlt sich (in Verbindung mit einer nicht zu schmalen Lötspitze) die etwas breitere Version mit etwa 2,8 mm Breite – es saugt einfach besser. Außerdem braucht man zwingend ein gutes Flussmittel-Gel, z. B. Edsyn FL22 (Bürklin, 11L1308). 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.

### 1.2 Bestücken der SMD-Bauteile

Zuallererst werden die ICs mit den feinsten Pinrastern bestückt. Dies hat den Vorteil, dass man ringsum an alle Beinchen gut heran kommt und auch bei Kurzschlüssen frei hantieren kann.

Vor dem Bestücken eines SMD-Bauteils (-ICs) werden zunächst alle zugehörigen Lötungen auf der Platine mit Flussmittel-Gel benetzt (mit Zahnstocher sparsam auftragen). Dieser Schritt ist extrem wichtig; wer es noch nicht kennt, staunt, wie gierig danach das heiße Lot jedes erreichbare Metallfleckchen benetzt und dabei dennoch auch schmale Isolationsstege respektiert. Im zweiten Schritt erhält eines der Löt pads 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 Löt kolben am verzintten Pad fixiert.

Nach dem Abkühlen übt man mit der Spitze 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 wird das erste Pad sauber nachgelötet (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!

### 1.3 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 mit der Platine verlötet werden. Über darin eingebettete Durchkontaktierungen wird die Wärme des ICs zur Massefläche auf der Platineoberseite abgeleitet.

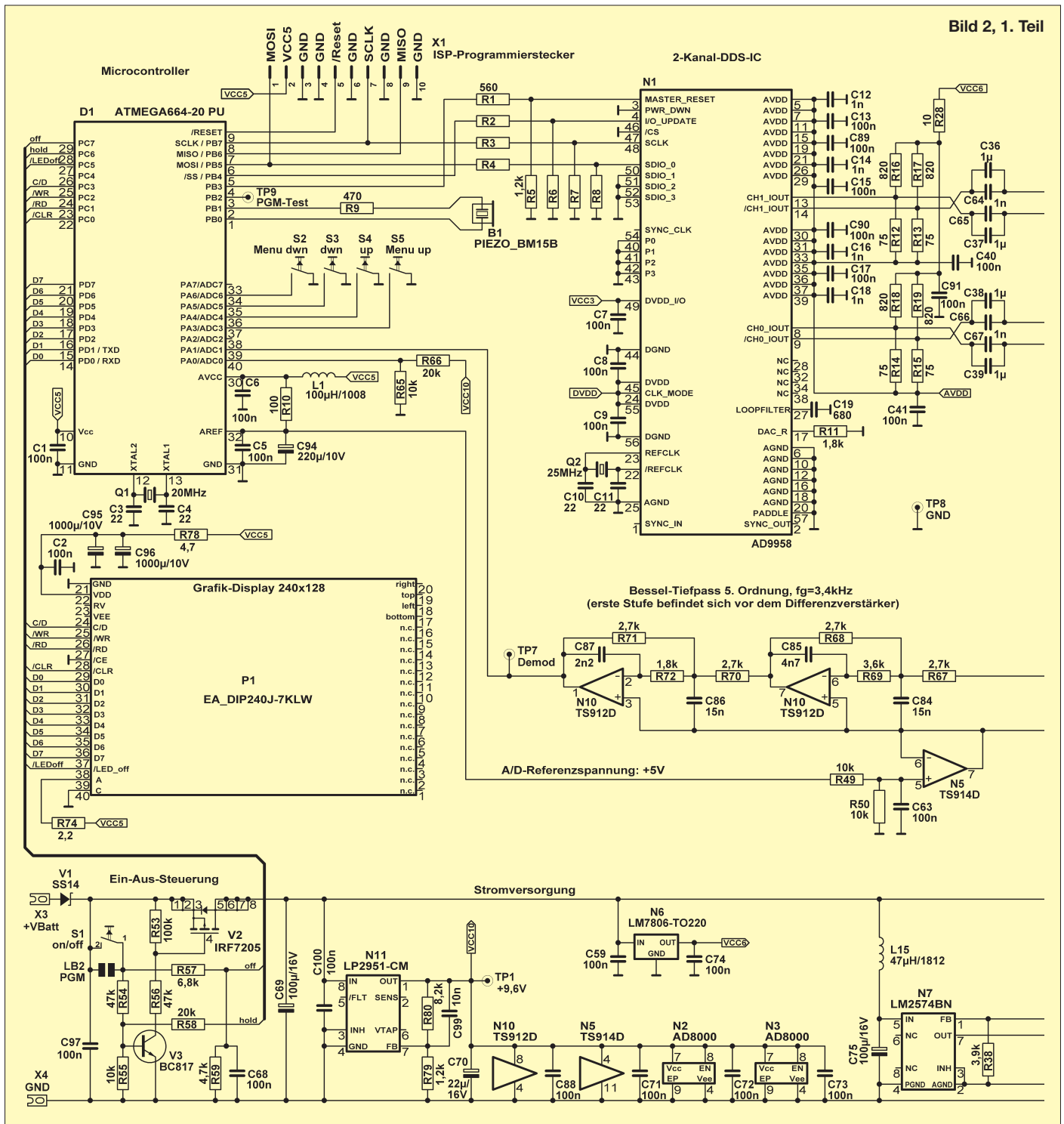
Auch dieses Pad muss vor dem Bestücken mit Flussmittel-Gel benetzt worden sein. Gelötet wird durch die Platine hindurch, d.h. von der Masseseite aus. Dieser Arbeitsschritt muss möglichst zügig, d.h.

innerhalb von höchstens 10 s durchgeführt sein. Die Platine ist waagrecht 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 mit Hilfe einer sehr breiten, kurzen und sehr heißen Lötspitze (450 °C) die Massefläche unter dem zu lötenen *Exposed Pad* so schnell wie möglich heiß gemacht und dabei durch eine der Durchkontaktierungen hindurch dünnes Lötzinn auf das 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 über den kalten, steifen Lötdraht keinen Druck durch die Durchkontaktierungen hindurch auf den IC ausübt. Das Pad ist genau dann ideal verlötet, wenn das Zinn durch die Durchkontaktierungen hindurch von allein nach unten



zum Pad abgefließen ist. Man sollte nur soviel 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 hundert Prozent gelötet ist – im Zweifel vorher aufhören!

## 1.4 Kurzschlüsse und Reparaturarbeiten

Kurzschlüsse zwischen IC-Beinchen kann man mit etwas Flussmittel-Gel, Entlötlitze und einer etwas breiteren Lötspitze leicht entfernen.

Die dabei entstehende Verschmutzung in Form von braunen Kolophoniumrückständen wird später abgewaschen. Auf gar keinen Fall darf eine Entlötpumpe zum Einsatz gelangen – der Rückstoß verbiegt die dünnen Beinchen (soweit vorhanden) oder 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 Lötspitze beide Enden des Bauteils gleichzeitig erwärmen und dabei das Bauteil mit der Pinzette aufnehmen.

Wenn man einen IC, der keinen *Exposed Pad* hat, austauschen muss (defekt oder falsch eingelötet), hilft eine dicke Lötspitze 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 und man kann den IC mit samt Drahtring völlig ohne Gewalt und ohne verbogene Pins mit der Pinzette heraus heben.

Außerhalb der Schaltung trennt man Draht und IC und reinigt die Beinchen des ICs mit Entlötlitze (evtl. einen Helfer rufen, der das IC fixiert). Die Lötungen auf der Platine müssen mit Entlötlitze 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.

## 1.5 SMD-Technik contra Bestückungsaufdruck

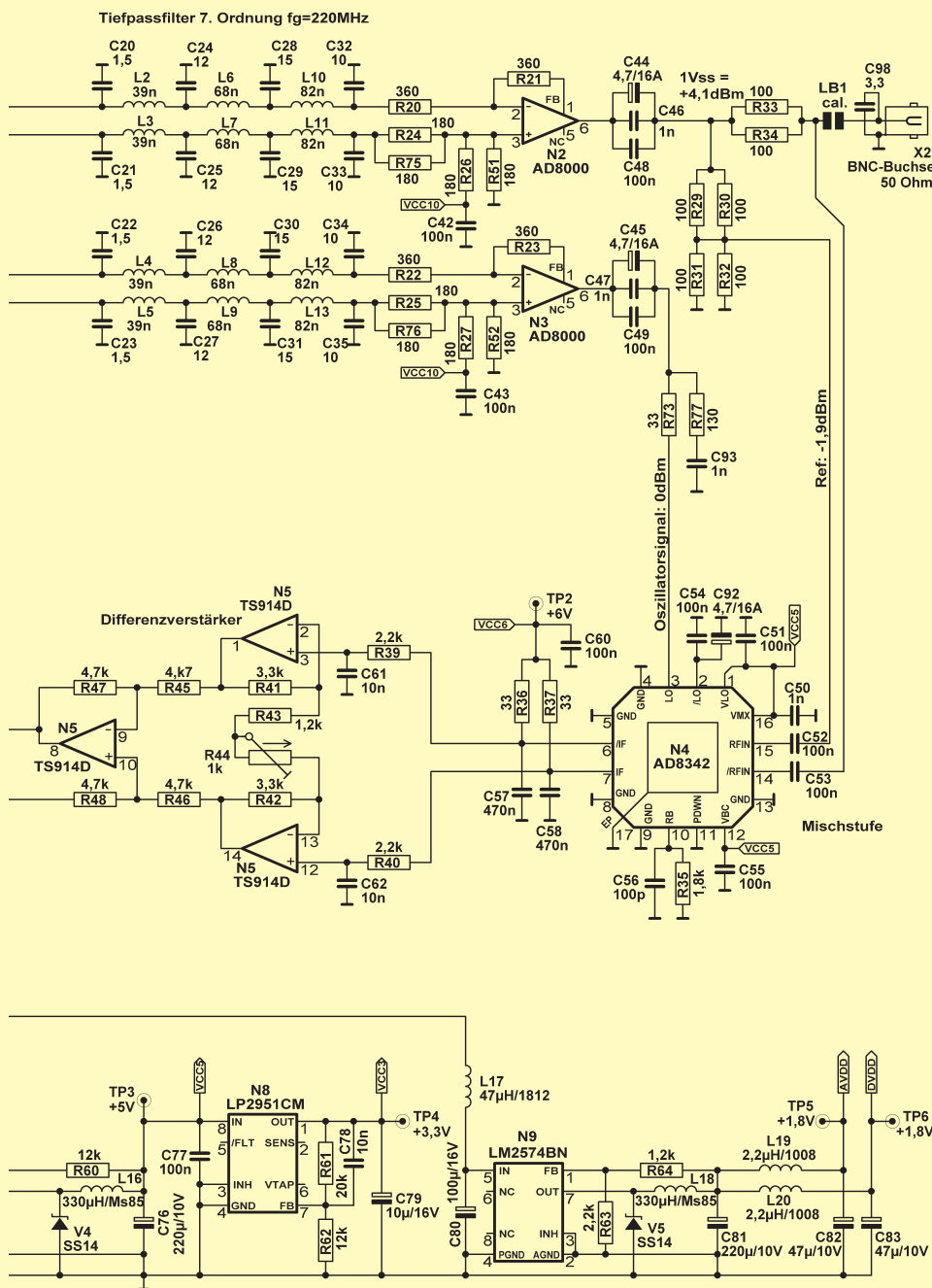
In einer ordentlichen SMD-Platine wird man einen Bestückungsaufdruck vergeblich suchen – es sei denn, der Konstrukteur hat großzügig auf den Hauptvorteil der SMD-Technik, nämlich die hervorragende Packungsdichte, verzichtet. Wegen der begrenzten Auflösung des Aufdrucks kann nämlich die Schriftgröße gar nicht so klein gemacht werden, wie man das braucht. Außerdem würde Druckfarbe unvermeidlich auf den Lötflächen landen, wo er 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 hin zu bekommen. Dabei kann man sich schon mal in aller Ruhe Gedanken über Sinn und Zweck der einzelnen Bauteile machen und den Schaltplan mit dem Layout vergleichen.

## 1.6 Reinigung der Platine

Flussmittel-Gel und Entlötlitze 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 (gibts im Baumarkt oder Farbenhandel); Alkohol oder Seifenlösung funktionieren nicht. Gehäuse mit offenen Bohrungen, Spulen und Filter, Relais, Steckverbinder, Potenziometer

Bild 2: Stromlaufplan der Platine, 2. Teil



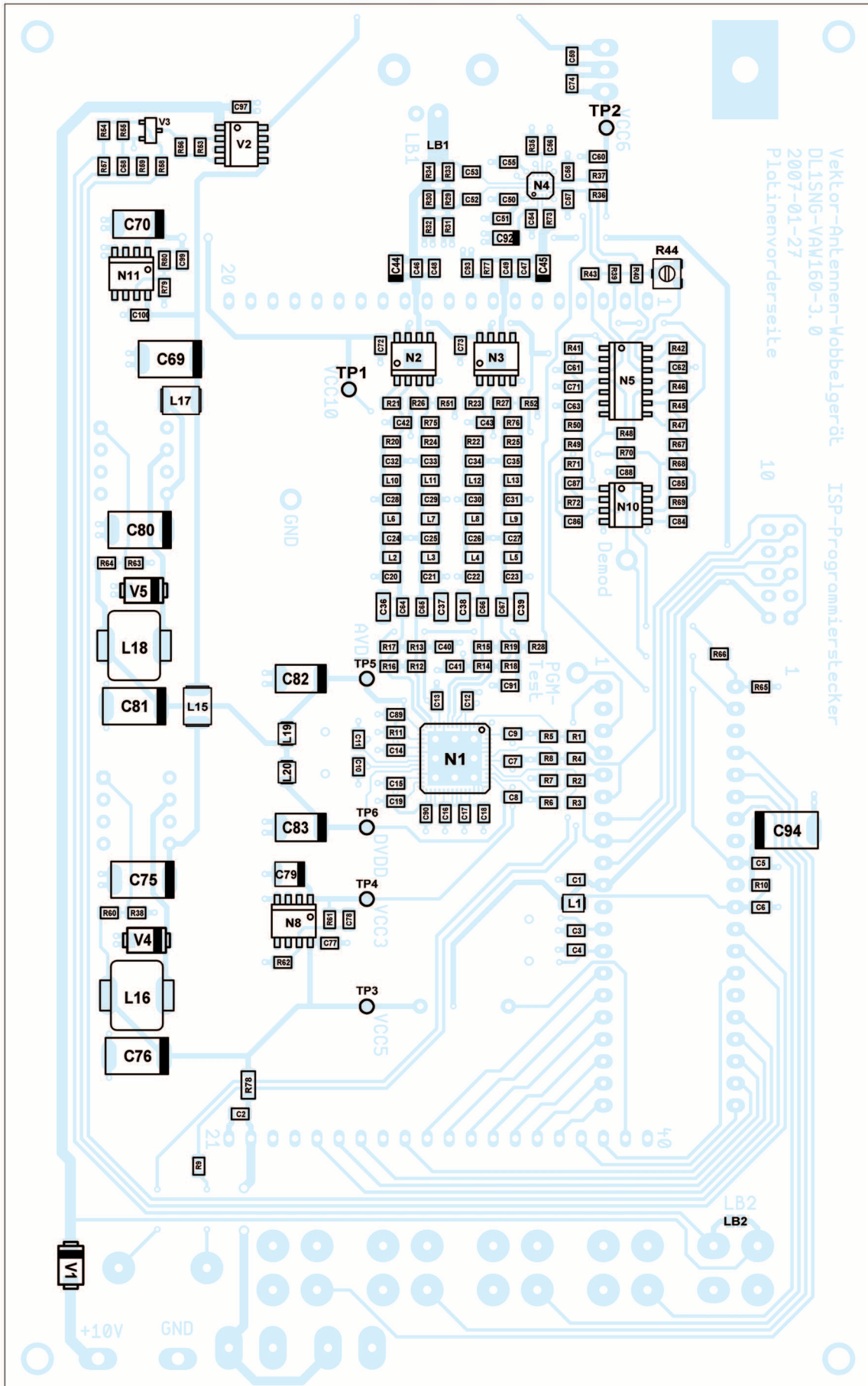


Bild 3: Bestückungsplan, SMD-Bauteile, Platinenunterseite; Maßstab 1,5 : 1

oder andere Bauteile mit offenen Kontakten dürfen bei diesem Arbeitsschritt noch nicht bestückt sein.

Mit einem kurzen, kräftigen Borstenpinsel, der zwischendurch immer wieder in einen

alten Teller mit wenigen Kubikzentimetern Verdüner eingetaucht wird, reinigen Sie die Platine, dabei besonders die Engstellen zwischen den IC-Beinchen gut ausbürsten (Platine nicht im Verdüner „ba-

den“). Sofort anschließend müssen Sie die Platine mit sauberem Küchenpapier abwischen oder mit Pressluft trocken blasen.

## 2. Bestückung der bedrahteten Bauteile

Im FA-Leserservice ist die Platine auch mit fertiger SMD-Bestückung erhältlich (Bild 4). Die noch fehlenden bedrahteten Bauteile sind im Bausatz BX-100 enthalten und wie folgt zu bestücken (siehe Stückliste, Tabelle 2).

### 2.1 Arbeitsmittel

Auch für das Bestücken bedrahteter Bauteile gelten gewisse Mindestanforderungen. Man benötigt eine temperaturgeregelte Lötstation und einen Satz Lötspitzen in unterschiedlicher Breite, dazu blei- und flussmittelhaltiges Lötzinn in 0,8 bis 1 mm Stärke, einen scharfen Elektronik-Seitenschneider ohne Wate (das ist eine feine Abschrägung parallel zur Schneide, die zwar die Schneide robust macht, die aber die Schnittqualität verschlechtert), eine Flachzange mit schlanken, glatten Backen und eine präzise, aber kräftige, spitze Pinzette.

### 2.2 Bestücken

Mit Ausnahme der fünf Taster und des Grafik-Displays werden bei dieser Platine die bedrahteten Bauteile auf derselben Seite wie die SMD-Teile bestückt (Bild 4). Wie üblich, beginnt man mit den kleineren, flachen Bauteilen.

Die Drähte der Bauteile werden auf der Unterseite nicht umgebogen. Im Idealfall sitzt das Bauteil locker in den Bohrungen. Dies erschwert zwar das anschließende Löten, denn das Bauteil muss dabei gegen Herausfallen fixiert werden, aber es hat den großen Vorteil, dass dadurch spätere Änderungen oder Reparaturen ganz erheblich erleichtert werden. Obendrein müssen bei der vorliegenden Platine die Drähte ohnehin bündig zur Platine abgezwickt werden.

Um das Herausfallen der Teile beim Umdrehen der Platine zu vermeiden, lötet man entweder einzelne Anschlüsse von der Bestückungsseite aus (soweit man auf dieser Seite an die Lötäugen heran kommt) oder man drückt die Teile mit dem Finger leicht an, nimmt etwas Zinn auf die Lötspitze und heftet möglichst schnell (sodass das Flussmittel wenigstens nicht ganz verdampft) zunächst provisorisch einen der Anschlüsse von unten. Dann kann man die Platine herum drehen und die restlichen Beinchen in aller Ruhe löteten. Das provisorisch geheftete Beinchen wird zum Schluss sauber nachgelötet.

Gute Lötstellen zeichnen sich durch Hohlräume zwischen Draht und Lötäuge aus

**Tabelle 1: Stückliste SMD-Bestückung**

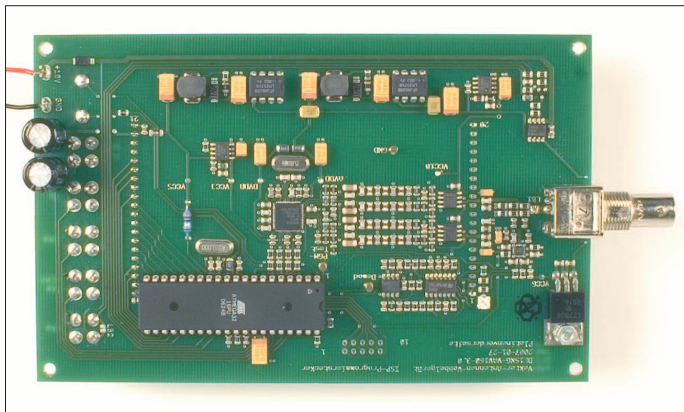
Bauteil	Wert/Bezeichnung
C1, C2, C5...C9, C13, C15, C17, C40...C43, C48, C49, C51, C55, C59, C60, C63, C68, C71...C74, C77, C88...C91, C97, C100	100 nF, 10 %, X7R, SMD-0805
C3, C4, C10, C11	22 pF, 5 %, NP0, SMD-0805
C12, C14, C16, C18, C46, C47, C50, C64...C67, C93	1 nF, 5 %, NP0, SMD-0805
C19	680 pF, 5 %, NP0, SMD-0805
C20...C23	1,5 pF, ±0,5 pF, NP0, SMD-0805
C24...C27	12 pF, 5 %, NP0, SMD-0805
C28...C31	15 pF, 5 %, NP0, SMD-0805
C32...C35	10 pF, 5 %, NP0, SMD-0805
C36...C39	1 µF, 10 %, X7R, SMD-1206
C44, C45, C92	4,7 µF/16 V, EPCOS, SMD-Tantal_A
C56	100 pF, 5 %, NP0, SMD-0805
C57, C58	470 nF, 10 %, X7R, SMD-0805
C61, C62, C78, C99	10 nF, 10 %, X7R, SMD-0805
C69, C75, C80	100 µF/16 V, EPCOS, SMD-Tantal_D
C70	22 µF/16 V, EPCOS, SMD-Tantal_C
C76, C81	220 µF/10 V, EPCOS, SMD-Tantal_D
C79	10 µF/16 V, EPCOS, SMD-Tantal_B
C82, C83	47 µF/10 V, EPCOS, SMD-Tantal_C
C84, C86	15 nF, 10 %, X7R, SMD-0805
C85	4,7 nF, 10 %, X7R, SMD-0805
C87	2,2 nF, 10 %, X7R, SMD-0805
C94	220 µF/10 V, EPCOS, SMD-Tantal_D
L1	100 µH, 10 %, Simid-1008A, SMD-1008A
L2...L5	39 nH, 10 %, Stelco, SMD-0805
L6...L9	68 nH, 10 %, Stelco, SMD-0805
L10...L13	82 nH, 10 %, Stelco, SMD-0805
L15, L17	47 µH, 10 %, Simid-1812A, SMD-1812
L16, L18	330 µH, 10 %, Neosid, SMD-MS85
L19, L20	2,2 µH, 10 %, Simid-1008A, SMD-1008A
N1	AD9958, SMD-LFCSF56
N2, N3	AD8000, SMD-SO8
N4	AD8342, SMD-LFCSF16
N5	TS914D, SMD-SO14
N8, N11	LP2951CM, SMD-SO8
N10	TS912D, SMD-SO8
R1...R4	560 Ω, 1 %, SMD-0805
R5...R8, R43, R64, R79	1,2 kΩ, 1 %, SMD-0805
R9	470 Ω, 1 %, SMD-0805
R10, R29...R34	100 Ω, 1 %, SMD-0805
R11, R35, R72	1,8 kΩ, 1 %, SMD-0805
R12...R15	75 Ω, 1 %, SMD-0805
R16...R19	820 Ω, 1 %, SMD-0805
R20...R23	360 Ω, 1 %, SMD-0805
R24...R27, R51, R52, R75, R76	180 Ω, 1 %, SMD-0805
R28	10 Ω, 1 %, SMD-0805
R36, R37, R73	33 Ω, 1 %, SMD-0805
R38	3,9 kΩ, 1 %, SMD-0805
R39, R40, R63	2,2 kΩ, 1 %, SMD-0805
R41, R42	3,3 kΩ, 1 %, SMD-0805
R44	1 kΩ, 20 %, SMD-POT1_P22A
R45...R48, R59	4,7 kΩ, 1 %, SMD-0805
R49, R50, R55, R65	10 kΩ, 1 %, SMD-0805
R53	100 kΩ, 1 %, SMD-0805
R54, R56	47 kΩ, 1 %, SMD-0805
R57	6,8 kΩ, 1 %, SMD-0805
R58, R61, R66	20 kΩ, 1 %, SMD-0805
R60, R62	12 kΩ, 1 %, SMD-0805
R67, R68, R70, R71	2,7 kΩ, 1 %, SMD-0805
R69	3,6 kΩ, 1 %, SMD-0805
R77	130 Ω, 1 %, SMD-0805
R78	4,7 Ω, 1 %, SMD-1206
R80	8,2 kΩ, 1 %, SMD-0805
V1, V4, V5	SS14, SMD-DO214AC
V2	IRF7205, SMD-SO8
V3	BC817-25, SMD-SOT23

(Bild 10). Dazu braucht man nur sehr wenig Lot. Hingegen sind kugelige Lötstellen fast immer ein Hinweis auf kalte Lötstellen und ein Zeichen dafür, dass hier ein Anfänger am Werk war.

Damit auch die Testpfosten nach dem Löten gerade stehen (sie werden beim Löten zu heiß um sie andrücken zu können), legt man die Platine flach auf eine hohle Unterlage (offener Karton o.ä.) und heftet sie erst mal von der Bestückungsseite aus an. Dann dreht man die Platine um und lötet von unten nach; wegen der Kapillarwirkung des flüssigen Lots fallen die Pfosten nicht heraus und bleiben senkrecht ausgerichtet.

Die Quarze (Q1 = 20 MHz, Q2 = 25 MHz) dürfen nicht vertauscht werden!

Keinesfalls sollte der Controller D1 fest in die Platine eingelötet werden, sondern nur dessen Fassung (GEH12).



**Bild 4:**  
SMD-Seite (Unterseite) der Platine des Antennenanalysators

Der Spannungsregler N6 wird vor dem Löten mit einer kurzen M3-Schraube mit Mutter befestigt und gerade ausgerichtet. Für das Löten der dicken Massepins an der metallenen BNC-Buchse X2 benötigt man einen sehr heißen LötKolben mit kurzer, dicker Spitze. Dabei ist die Platine mit einem spitzen Gegenstand, den man zwischen den beiden Pins ansetzt, fest gegen die Buchse zu drücken und es ist darauf zu achten, dass die Buchse möglichst genau rechtwinklig heraus schaut (die Bohrungen haben etwas Spiel, zum Andrücken evtl. einen Helfer rufen). Nach dem Löten des ersten Massepins unbedingt nachprüfen, ob die Buchse flach auf der Platine aufsitzt! Erst wenn beide Massepins gelötet sind, werden (bei normalen LötKolbentemperaturen) die beiden elektrischen Anschlüsse gelötet. Auch die Lötbrücke LB1 wird jetzt geschlossen.

Nach dem Abkühlen der Buchse kürzt man die Anschlüsse des bedrahteten 3,3-pF-Kondensators C98 bis auf wenige Millimeter und lötet ihn, so wie in Bild 9 gezeigt, parallel zu den beiden Drähten, die hinten aus der BNC-Buchse herausführen, direkt am Knick an. Dieser Kondensator kompensiert den zu hohen Wellen-

lenwiderstand der Drähte und muss genau hier angeschlossen sein.

Bevor die Bestückung der Platinenrückseite beginnt, müssen alle Drähte, die noch aus der bisher unbestückten Rückseite der Platine herausragen, mit einem Elektronik-Seitenschneider ohne Wate möglichst flach abgezwickt werden – aber bitte so, dass die Lötäugen der Platine nicht beschädigt werden. Damit in den Lötstellen keine Haarrisse zurück bleiben, ist jedes abgezwickte Beinchen nochmals (flach!) nachzulöten. Zuviel Zinn kann mit Entlötlitze aufgenommen werden. Dies ist notwendig, weil die Drähte sonst später mit den Bauteilen des Grafik-Displays kollidieren; hier muss ein Abstand von mindestens 1 mm verbleiben.

Anschließend sind die vier Stehbolzen mit Schrauben auf der SMD-Seite zu montieren.

Display wird auf der Platinenoberseite bestückt. Die Nummerierung der Pins und damit die Orientierung des Displays zur Platine ist auf den Platinen angegeben.

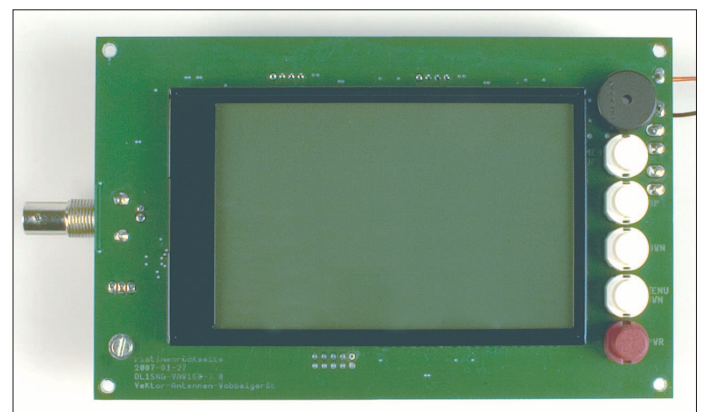
Da die Platine eine gewisse Verwindung haben kann, wird das Display zuerst nur an den vier Ecken angelötet (Pin 1, 20, 21 und 40). Anschließend werden diese Lötstellen nochmals einzeln erwärmt und dabei das Display mit Gefühl angedrückt, so dass es nirgendwo hoch steht. Erst dann werden die Pins 22 bis 39 gelötet. Die Pins 2 bis 19 werden nicht gelötet; man hat dann im Notfall (z. B. Reparatur der Platine) nur 22 Pins, die entlötet werden müssen.

Ganz zum Schluss wird der Controller in die Fassung gesteckt, ggf. müssen dazu die Beinchen mit einer Flachzange etwas nachgebogen werden.

### 3. Inbetriebnahme

Für das Verständnis der Schaltung sei hier nochmals der Stromlaufplan in Bild 2 abgedruckt.

Für die Inbetriebnahme benötigt man ein einstellbares Labornetzteil mit Strombe-



**Bild 5:**  
Displayseite (Oberseite) der Platine des Antennenanalysators

Nun werden der Piezo-Signalgeber und die fünf Taster bestückt, und zwar auf der bisher freien Platinenrückseite (Bild 5). Der rote Taster ist der PWR-Taster (S1). Die Orientierung der flachen Seite an den Tastern ergibt sich aus dem Bestückungsplan. **Achtung – sehr wichtig! Bevor nun das Display eingebaut wird, ist unbedingt die Lötbrücke J3 auf dessen Rückseite zu schließen** (Bild 8). Hiermit wird das Textformat von 8 × 8 Pixel auf das von der Software vorgesehene 6 × 8-Format umgeschaltet. Davon ist auch die Grafik betroffen. Wer das vergisst, hat später das Problem, das teure Display mit seinen 40 Pins zerstörungsfrei aus der Platine auslöten zu müssen. Aus geometrischen Gründen (Höhe der Taster) kann das Grafik-Display nämlich nur ohne Steckverbinder eingebaut werden. Das heißt, es wird direkt in die Platine gelötet.

Dieser Arbeitsschritt erfolgt jetzt, also ganz am Ende der Bestückung. Auch das

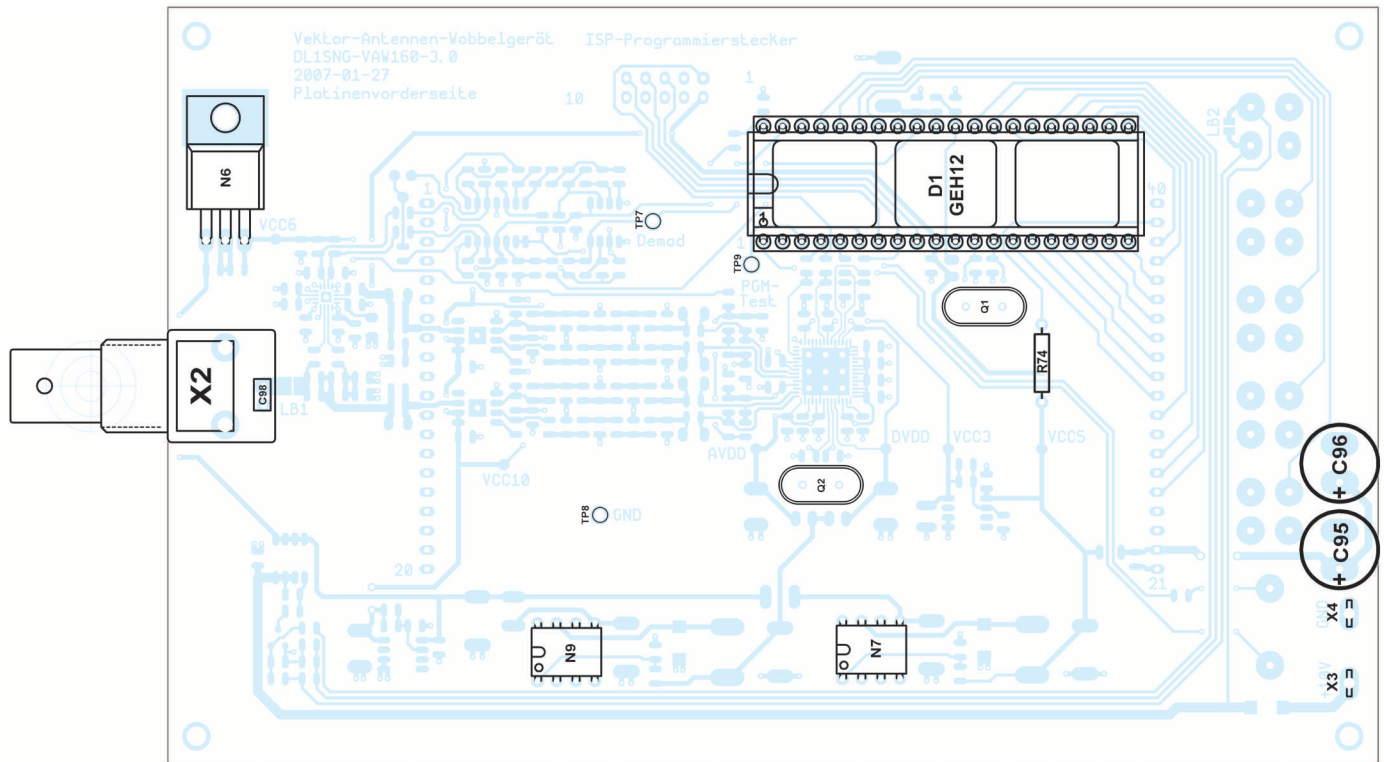
grenzung. Ein Oszilloskop wäre sehr nützlich. Die Strombegrenzung des Netzteils wird auf 500 mA eingestellt, die Spannung vorläufig auf 0 V. Es wird an die Lötösen X3 und X4 angeschlossen.

Die Lötbrücke LB2 (unter dem roten Power-Taster S1) ist zu schließen.

Die nun folgenden Messungen mit dem Oszilloskop macht man am besten mit einer 10:1-Tastspitze. Das daran befindliche kurze Massekabel wird am GND-Pfosten der Platine (TP8) angeschlossen. Wer kein Oszilloskop zur Verfügung hat, kann evtl. auch ein Multimeter verwenden.

#### 3.1 Betriebsspannungen

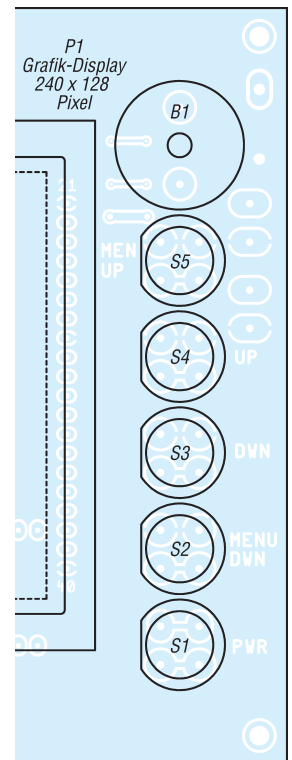
Die Platine enthält eine Reihe richtig teurer Bauteile. Um diese nicht durch triviale Fehler zu gefährden, ist zuallererst die korrekte Funktion der Spannungsregler nachzuprüfen. Eine Falschbestückung oder eine offene Verbindung in deren Gegenkopplung könnte fatale Folgen haben.



**Bild 6: Bestückungsplan, bedrahtete Bauteile, Platinenunterseite; Maßstab 1 : 1**

Eventuell prüft man die Werte und die Lötstellen der SMD-Spannungsteiler-Widerstände R38, R60, R61, R62 und R63, R64 unter dem Fadenzähler nach. Dann die Platine mit dem Display nach unten hinlegen. Die 10:1-Tastspitze des Oszilloskops (Einstellung 0,1 V/div) auf den Testpunkt „AVDD“ (TP5) aufsetzen und die Spannung des Labornetzteils langsam hochdrehen. Bei etwa 3,5 V Eingangsspannung beginnt auch die Spannung an TP5 zu steigen. Bei etwa 4,2 V Eingangsspannung erreicht AVDD einen Wert von 1,8 V und darf bei (geringfügiger) weiterer Erhöhung der Eingangsspannung keinesfalls weiter steigen. Die

Stromaufnahme beträgt in diesem Zustand etwa 150 mA. Dasselbe Verhalten muss sich am Testpunkt „DVDD“ (TP6) ergeben. In ähnlicher Weise muss sich die Spannung am Testpunkt „VCC3“ (TP4) verhalten; sie erreicht bei 5,3 V Eingangsspannung einen Wert von 3,3 V und darf nicht weiter steigen. Das Grafik-Display zeigt nun schon eine gewisse Helligkeit. Die Spannung am Testpunkt „VCC5“ (TP3) darf nur bis maximal +5 V ansteigen; dieser Punkt wird bei einer Eingangsspannung von etwa 7,4 V erreicht. Kurz vorher (bei etwa 4,3 V an TP3) hört man zwei Tonfolgen aus dem Piezo-Signal-



**Bild 7: Bestückungsplan, bedrahtete Bauteile, Platinenoberseite; Maßstab 1 : 1**

geber und die Beleuchtung des Grafik-Displays geht wieder aus. Beim genauen Hinsehen erkennt man die unbeleuchtete Impedanzmaske, mit Skalierung, aber noch ohne Kurven. Die Stromaufnahme liegt nun bei etwa 340 mA. Beim weiteren Erhöhen der Eingangsspannung muss VCC6 bei +6 V stabil bleiben; die zugehörige Eingangsspannung beträgt nun 8,4 V. Zuletzt wird die Stabilisierung am TP „Vcc10“ (TP1) geprüft. Hier müssen 9,6 V

Tabelle 2: Stückliste der bedrahteten Bauteile	
Bauteil	Wert/Bezeichnung
B1	BM15B, PIEZO_BM15B
C95	1000 µF/10 V, 105°, EK-10RM5
C96	1000 µF/10 V, 105°, EK-10RM5
C98	3,3 pF, ±0,5 pF, NP0, EDPU-RM2,5
D1	ATMEGA664-20PU, DIL-40
GEH9	BATTCLIP_4XAA_FL, 4XAA_FLACH
GEH10	BATTCLIP_4XAA_FL, 4XAA_FLACH
GEH11	HOHLST-BUCHSE
GEH12	IC-FASSNG_DIL-40
N6	µA7806, TO220
N7	LM2574N-ADJ, DIL-8
N9	LM2574N-ADJ, DIL-8
P1	EA_DIP240J-7KLW
Q1	20 MHz, HC-49/US
Q2	25 MHz, HC-49/US
R74	2,2 Ω, 1 %, R-0207
S1	DT6_RUND, rot
S2...S5	DT6_RUND, weiß
TP7...TP9	Testpfosten, 1,3 mm
X2	BNC-Buchse, Metall, Print, BNC_PR_90_MET
X3, X4	Lötstützpunkt, 1,4 mm

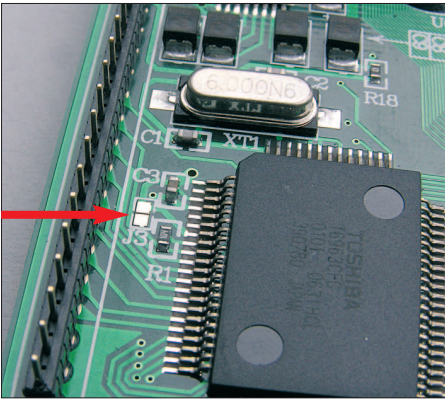


Bild 8: Lage der Lötbrücke J3 auf dem Grafik-Display

anliegen; dieser Wert wird bei etwa 10,2 V Eingangsspannung erreicht. Dies ist die Nenn-Betriebsspannung der Baugruppe. Obwohl nun die volle Betriebsspannung anliegt, hat sich auf dem dunklen Display nichts mehr verändert. Das liegt einfach daran, dass sich das Programm wegen der geschlossenen Lötbrücke LB2 „denkt“, man habe wieder abschalten wollen. Wir prüfen das, indem wir die Verbindung zum Netzteil unterbrechen und etwa 1 s später wieder schließen. Beim Wiederanschießen hören wir die Begrüßungsfanfare, sehen kurz einige Textzeilen auf dem Display, hören eine Sekunde später die Abschiedsfanfare und das Bild wird wieder schwarz. Der Stromverbrauch ist auf 300 mA zurück gegangen.

Wenn das der Fall ist, ist alles in Ordnung. Wir schalten ab, öffnen die Lötbrücke LB2 und geben wieder Spannung drauf. Zunächst passiert nichts. Wenn wir nun aber kurz die rote PWR-Taste drücken, startet das Programm und zeigt nach dem Start-Bildschirm die Impedanz-Seite. Das Gerät funktioniert, der Stromverbrauch beträgt etwa 390 mA.

### 3.2 Kalibrieren – technische Hintergründe

Bevor man das Gerät für Messungen verwenden kann, muss es kalibriert werden. Unter eindeutigen Messbedingungen misst es dabei seine eigenen Messfehler und speichert diese in einer internen Tabelle permanent ab. Beim späteren Betrieb wird diese Tabelle zur Kompensation herangezogen. Der Kalibrier-Vorgang besteht aus mehreren Schritten und sollte zweimal durchgeführt werden. Man benötigt dazu einen 50-Ω-BNC-Abschlusswiderstand.

Zuallererst wird in Mittelstellung des Potenziometers R44 die Gleichaktunterdrückung des Mixers N4 gemessen. Hierbei handelt es sich um eine Restspannung, die beim Abschluss des Eingangs mit 50 Ω – also dann wenn kein differentielles Signal am Mixereingang anliegt – aufgrund unvollständiger Gleichaktunterdrückung vom

Mixer N4 aufgenommen wird. Erst wenn dieser Wert grob erfasst und für die weitere Kalibrierung verfügbar ist, kann am Potenziometer die Gesamtverstärkung eingestellt werden. Diese sollte so eingestellt sein, dass die dabei ermittelte Korrekturkurve für den Amplitudengang nach oben und unten ungefähr gleich viel Reserve hat. Da diese Einstellung die gemessene Gleichaktspannung beeinflusst, ist nach jeder Verstellung des Potenziometers ein zweiter Durchlauf erforderlich.

Die Kalibrierung sollte bei betriebswarmem Gerät erfolgen (vorher etwa 3 min laufen lassen).

### 3.3 Durchführen der Kalibrierung

Der Kalibriervorgang wird eingeleitet, indem in einer der vier Darstellungsmodi (schwarzer Cursorbalken befindet sich auf der Überschrift *Impedanz, Betrag + Phase, Stehwellenverhaeltnis* oder *Smith-Chart*) die Tasten *UP* und *DWN* gleichzeitig kurz gedrückt werden.

In dem daraufhin erscheinenden Menü bestätigt man seinen Wunsch durch Druck auf die *UP*-Taste und schließt spätestens jetzt einen 50-Ω-BNC-Abschlusswiderstand an.

Nach dem Bestätigen mit der *UP*-Taste ermittelt das Gerät den Gleichtaktanteil (Offset) in Counts (gemeint sind die Zähl-schritte des 10-Bit-A/D-Wandlers) und fordert zum Öffnen der Lötbrücke LB1 auf (hierzu notfalls Entlötlitze verwenden). Das Gerät darf dazu **nicht** ausgeschaltet werden. Die Lötbrücke befindet sich direkt hinter der BNC-Buchse. Obwohl in der Nähe der BNC-Buchse eventuelle Kurzschlüsse kaum Schaden anrichten können, sollte man dabei doch möglichst vorsichtig arbeiten.

Nach dem Bestätigen über die *UP*-Taste ermittelt das Gerät permanent die gesuchte Korrekturkurve. Diese wird, zusammen mit der Phasenkorrekturkurve, laufend auf dem Display angezeigt. Die Phasenkurve ist punktiert dargestellt, die Amplitudenkurve durchgezogen.

Da zu jedem Amplitudenkorrekturpunkt erst noch die korrekte Phasenkorrektur zu ermitteln ist, läuft der Vorgang relativ langsam. Bei Bereichsüberschreitungen ertönt ein Warnton.

In diesem Zustand soll das Potenziometer R44 eingestellt werden. Es ist so zu justie-

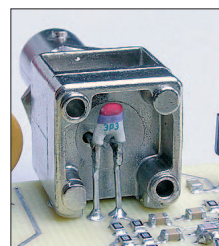


Bild 9: 3,3-pF-Kondensator an der Rückseite der BNC-Buchse

ren, dass die oberen und unteren Extremwerte der durchgezogenen Amplitudenkurve ungefähr gleich weit von den oberen und unteren Rändern entfernt liegen.

Die Phasenkurve kann man nicht verändern; wenn diese den Rand berührt, stimmt wahrscheinlich etwas mit den Filtern nicht (Phasendrehung zu hoch).

Nach dem Einstellen des Potenziometers bestätigt man mit der *UP*-Taste, woraufhin das Gerät die Daten permanent abspeichert. Damit sind sie auch nach dem Wiedereinschalten verfügbar.

Das Programm bestätigt den Speichervorgang und erwartet wieder einen Druck auf die *UP*-Taste. Danach fordert es zum Schließen der Lötbrücke LB1 auf – das tun wir - und nach nochmaligem Betätigen der *UP*-Taste ist der Vorgang abgeschlossen. Wenn das Potenziometer R44 ver-

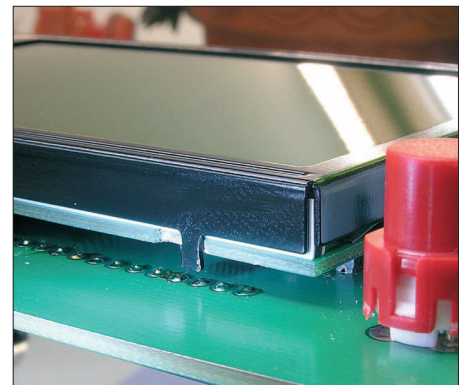


Bild 10: Saubere Lötstellen an einem bedrahteten Bauteil

Fotos: DL1SNG (3), Red. FA (3)

worden war, sollte der Vorgang ein zweites Mal (ohne weitere Verstellung) durchgeführt werden. Damit ist die Platine betriebsbereit.

## 4. Gehäuse

Im Bausatz enthalten ist ein eigens für den Antennenanalysator maßgeschneidertes, pulverbeschichtetes Stahlblechgehäuse mit allen Durchbrüche und Bohrungen enthalten.

### 4.1 Zusammenbau

Vor dem Zusammenbau ist die Platine mit dem NiMH-Lader [2] entsprechend separater Baumappte *BX-101.pdf* zu bestücken und auf der Bodenplatte des Gehäuses festzuschrauben. Den notwendigen Abstand erzielt man mit den 5 mm langen Abstandshaltern aus Plastik. Anschließend ist der Lader durch zwei isolierte Drähte mit der Analysatorplatine zu verbinden. Erst jetzt werden die Akkumulatoren eingesetzt.

Achtung – von diesem Zeitpunkt an ist peinlichst darauf zu achten, dass es nicht zu einem Kurzschluss kommt! Die Akkumulatoren sind sehr niederohmig und bei



einem Kurzschluss werden zuerst die Stahlfedern in den Batteriehaltern heiß. Diese schmelzen sich dabei in das Plastik hinein und verlieren den notwendigen Andruck. In diesem Fall benötigt man neue Batteriehalter.

Im nächsten Schritt ist die Analysatorplatine (mit Stehbolzen) so eingesetzt, dass die BNC-Buchse durch die zugehörige Bohrung ragt und dort verschraubt werden kann. Gegebenenfalls sind die beiden Bolzen, die sich nicht an der Schmalseite der Platine mit der BNC-Buchse befinden, kurzzeitig zu lösen. Erst anschließend wird sie durch das Bodenblech mit den Stehbolzen verschraubt. Zum Abschluss kommt die Blechhaube drüber – fertig!

Der Sicherungshalter ist mit einer 0,63-A-Sicherung (5 × 20 mm) zu bestücken und in die Leitung zwischen Antennenanalysator und Spannungsversorgung einzufügen. Nach dem Laden der Akkumulatoren (näheres siehe Baumappte zum NiMH-Lader *BX-101.pdf*) ist das Gerät betriebsbereit.

Ich wünsche nun allen OMs bestes Gelingen und viel Freude mit dem Gerät.

**FA-VA@funkamateurl.de**

### Literatur

- [1] Graubner, N., DL1SNG: Vektorieller Antennenanalysator als Handgerät im Selbstbau. FUNKAMATEUR 56 (2007) H. 3, S. 282-285; H. 4, S. 396-399; H. 5, S. 506-507
- [2] Sander, K.: NiMH-Akkumulatorlader für den Antennenanalysator. FUNKAMATEUR 56 (2007) H. 7, S. 737-739

## Versionsgeschichte zur Baumappte

Die aktuelle Fassung dieser Baumappte wird jeweils im Online-Shop des FUNKAMATEUR als ergänzende Information zum Produkt *Antennenanalysator nach DL1SNG*, Artikel-Nr. *BX-100*, zum Herunterladen bereitgestellt.

Damit Leser, die die vorigen Textversionen bereits kennen, nicht alles neu lesen müssen, führen wir an dieser Stelle auf, was sich von Version zu Version geändert hat. Die aktuelle Version steht dabei als Erstes.

*Version 070628*

– Ursprungsversion

*Version 070712*

– Stückliste (Tabelle 2) und Bestückungsplan (Bild 6) angepasst, Montage des Sicherungshalters ergänzt