

SMD-Reflow-Löten für Amateure

NORBERT GRAUBNER – DL1SNG

Bei den Gehäusen hoch integrierter SMD-Schaltkreise ist zunehmend feststellbar, dass die Lötflächen völlig unzugänglich auf der Unterseite liegen. Die Nutzung eines LötKolbens scheidet dadurch aus. Solche Gehäuse lassen sich nur noch im Reflow-Verfahren aufbringen. Der Beitrag beschreibt, wie diese Technologie bei sehr niedrigen Kosten auch für das Hobby nutzbar ist, wobei sich der Umgang mit der SMD-Technik insgesamt stark vereinfacht.

Zum Ärger vieler Funkamateure sind moderne Bauelemente zunehmend nur noch in SMD-Gehäusen verfügbar. Zum einen dient dies der Miniaturisierung der Endprodukte. Zum anderen ist dies technisch sinnvoll, denn die hohen Grenzfrequenzen integrierter Schaltungen sind umso besser nutzbar, je geringer die Anschlussinduktivität ist. Drittens lassen sich SMD-Gehäuse viel leichter maschinell und damit kostengünstiger bestücken als bedrahtete Bauelemente. Die beiden ersten Punkte sollten für aufgeschlossene Funkamateure Anreiz genug sein, um sich auf die SMD-Technik einzulassen.

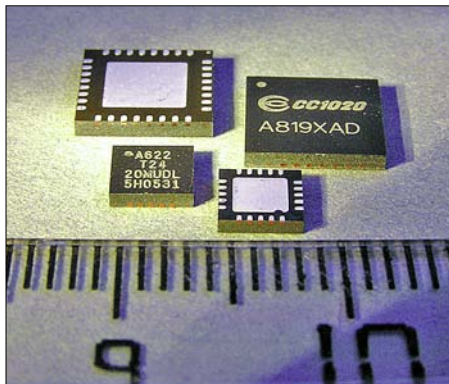


Bild 1: Bei den modernen ICs im QFN-Gehäuse sind die Lötflächen seitlich nicht mehr zugänglich.

Nicht zu verschweigen ist, dass anspruchsvolle Projekte unter Verwendung von SMD-Bauteilen mit selbst geätzten Platinen kaum realisierbar sind. Da die optische Dichte und Auflösung gedruckter Folien oft kaum ausreicht und Durchkontaktierungen unter Bauteilen unmöglich sind, sollte man die Kosten für industriell gefertigte Musterplatinen, z. B. von [1], nicht scheuen. Angesichts des bei sorgfältiger Arbeit in eigene Projekte gesteckten Zeitaufwands wäre das Selbstätzen von Platinen ein Sparen an der falschen Stelle. Ganz zurecht wird in der Layoutsoftware TARGET der PCB-Pool-Musterservice als „Alternative zum Selberätzen“ bezeichnet.

Das Handlöten der SMD-Bauteile war bisher manchmal etwas knifflig, aber durchaus machbar. Egal ob MiniMELF, 0805, SO- oder vielleicht sogar ein SSOP-Gehäuse

im 0,5-mm-Raster – all diese Gehäuse ließen sich mit LötKolben, dünnem Lötdraht, Entlötlitze, Nahbrille und etwas Geduld problemlos löten.

Bedauerlicherweise tendiert die Industrie in den letzten Jahren zu Gehäuseformen, die beim besten Willen nicht mehr manuell zu löten sind, z. B. LFCSP- oder gar QFN-Gehäuse. Sie haben keine Beinchen mehr, sondern nur noch Lötflächen, die sich auf der Unterseite der Gehäuse befinden. Ein seitlicher Wärmekontakt mit dem LötKolben ist unmöglich, denn eine hauchdünne seitliche Isolationsschicht verhindert dies, siehe Bild 1. Solche Bauteile lassen sich nur noch mit Hilfe des so genannten Reflow-Lötverfahrens aufbringen.

■ Reflow-Löten

Reflow heißt wörtlich „wieder fließen“; gemeint ist das Aufschmelzen einer Lötpaste unter berührungsloser Hitzeeinwirkung. Die Paste besteht aus 90 % Lotmetallpulver und 10 % Flussmittel. Sie ist cremig-zähflüssig und im Sieb- oder Schablonendruck in einer Stärke von etwa 150 μm auf die Lötäugen aufzutragen. Anschließend die Bauteile hineinsetzen und zum Schluss die bestückte Platine in einem speziellen Ofen komplett bis zum Aufschmelzen erwärmen.

Die Wärmeübertragung kann durch Infrarotstrahlung, durch heiße Luft (Konvektionslöten), durch die Kondensationswärme spezieller organischer, chemisch inaktiver Lösungsmittel (Kondensationslöten) oder durch gezielte Laserstrahlung erfolgen. Insbesondere das Kondensationslöten genügt wegen der implizit vorhandenen Schutzgasatmosphäre und der exakt definierten Erwärmung (Siede- bzw. Kondensationspunkt des Dampfmediums) allerhöchsten Ansprüchen. Auf jeden Fall erleichtert das Flussmittel der Lötpaste den Schmelzvorgang, indem es die Oberflächenspannung senkt, bei Anwesenheit von Luft eine Oxidation verhindert und eventuell vorhandene Oxidreste auf den Metalloberflächen chemisch reduziert. Es verdampft später und hinterlässt eine elektrisch gut leitfähige Lötverbindung zwischen Bauteilen und Lötäugen. Wenngleich das Infrarotlöten in der

Industrie inzwischen nicht mehr Stand der Technik ist und weitgehend vom Konvektionslöten abgelöst wurde, wollen wir uns trotzdem mit dieser Variante beschäftigen, denn für Amateure bleibt es wohl die einzige realisierbare Möglichkeit.

Wer, so wie ich, 45 Jahre lang von Hand gelötet hat, weiß nur zu gut, wie schlecht Zinn trotz aller Flussmittelzusätze lötet, wenn es im geschmolzenen Zustand auch nur wenige Sekunden der Luft ausgesetzt ist. Von daher stand ich dem Infrarotlöten schon von jeher skeptisch gegenüber. Aber ich war mit einem für mich sehr spannenden Projekt mit einem IC beschäftigt, den es nur im QFN-Gehäuse gibt und der in meiner handgelöteten Versuchsschaltung wegen des Lötproblems untragbare Wackelkontakte hatte.

Kurz vor dem Hinschmelzen des Projekts fiel mir die Werbung für einen Reflow-Lötoven [2] in die Hände. Er kostet nur 44 €, also weniger als eine gute Lötstation! Sollte es nicht doch möglich sein, damit auch zu Hause Erfolg zu haben? Nur um mein Projekt zu retten, ließ ich mich auf die Sache ein und bestellte den Ofen nebst Zubehör.

■ Kohleproduktion

Optional ist ein externer Regler verfügbar, mit dem sich laut Beschreibung die vom Hersteller der Lötpaste empfohlene Temperaturkurve abfahren lässt. Doch die hierfür fälligen 159 € wollte ich zunächst nicht ausgeben; ich hoffte, die Aufgabe mit rein manueller Steuerung lösen zu können.

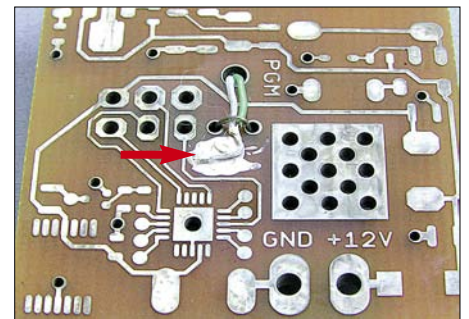


Bild 2: Messplatte mit dem daran angebrachten Thermofühler

Nach der Beschreibung schien alles ganz einfach zu sein. Die dem Bausatz beiliegende *no-clean*-Lötpaste hat mehrere Temperaturpunkte, die es in einem Zeitrahmen einzuhalten gilt. Die aus Umweltschutzgründen geforderte Bleifreiheit der Legierung erschwert die Sache etwas, denn dadurch erhöht sich der Schmelzpunkt gegenüber früheren Loten um einige zehn Kelvin und das nutzbare Temperaturfenster ist kleiner – aber das schien überschaubar.

Doch schon bei den ersten Versuchen zeigten sich Probleme. Unter Verlass auf den im Ofen eingebauten Thermostaten (250 °C) produzierte ich nur schwarz verkohlte Ver-

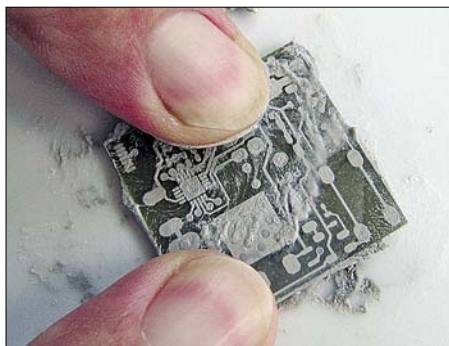


Bild 3: Reinigung von länger gelagerten, chemisch verzinnten Platinen mit Seife und Wienerkalk

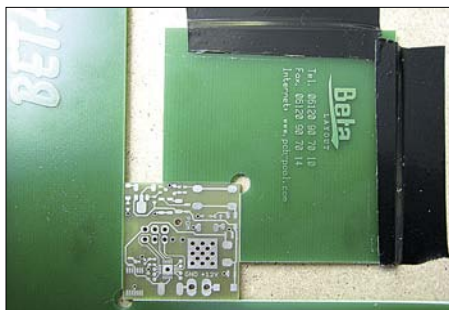


Bild 4: Fixieren der Platine in dem mitgelieferten Platinenhalter

suchsplatinen. Sie blähten und spalteten sich auf und sonderten schwarze, flüssige Harztropfen und jede Menge tagelang stinkenden Qualm ab. Das änderte sich auch nicht, als ich im Ofen neben das Testobjekt eine zweite, doppelseitig kaschierte Platine mit einem Ni/Ni-Cr-Temperaturfühler legte, der an ein Messgerät mit 1% Genauigkeit angeschlossen war. Es war wie verhext: Obwohl das Messgerät als Spitzenwert kaum mehr als die für eine einwandfreie Lötung korrekten Werte von 230 °C bis 240 °C anzeigte, verfärbte sich die zu löten- de Versuchsplatine braun bis schwarz!

Erst nach Rücksprache beim Lieferanten des Ofens stellte sich heraus, dass es nicht gleichgültig ist, welche Struktur die Platine hat, die zur Temperaturmessung dient. Sie sollte ähnlich wie die zu lötende Platine aussehen. Die Oberflächentemperatur hängt stark davon ab, ob die Infrarotstrahlung auf zinn-glänzende Flächen oder auf Epoxid trifft. Bei einer Projektplatine mit offener Epoxidfläche und nur wenigen Leiterbahnen muss auch die Messplatine eine solche Struktur haben. Ich hatte aber nur eine Stück Rohmaterial mit beidseitig durchgehender und nachträglich verzinnter Kupferfläche verwendet. Wegen Reflexion erwärmte sich dieses Material viel langsamer als das Epoxid der Versuchsplatine. Erst als ich diese Regel beherzigte, konnten sich die Ergebnisse erstmals sehen lassen.

Der erste Erfolg war also da. Aber es gab noch ein Problem mit der korrekten Temperaturkurve. Für eine möglichst zuverlässige Lötung sollte die Temperatur während

der Vorwärmphase relativ langsam ansteigen, während der eigentliche Lötvorgang oberhalb 160 °C möglichst rasch erfolgen sollte, um die Bauteile zu schonen. So etwas ließe sich mithilfe einer Leistungssteuerung erreichen. Die hätte ich aber erst bauen müssen. Die einfachere und schnellere Lösung bestand in der Anwendung des optional erhältlichen Reglers, zumal ich nun doch wissen wollte, wie er funktioniert. Neugierig geworden, ließ ich mich darauf ein und war sofort begeistert über die einfache Bedienung. Von nun an gelang das Reflow-Löten stets zuverlässig.

■ **Wie funktioniert es genau?**

Die einzelnen Arbeitsschritte sind denkbar einfach. Sehr zu empfehlen ist die Verwendung von chemisch verzinnten Platinen. Diese haben eine deutlich glattere Oberfläche als die bisher üblichen heißluftverzinnten Ausführungen (engl.: *hot air levelling*, HAL). Dies erleichtert das möglichst dünne Auftragen der Zinnpaste. Bei [1] kosten beide Ausführungen dasselbe. Außerdem werden dort die Platinendaten u. a. im TARGET-Format akzeptiert, sodass keinerlei Arbeit mit der Konvertierung in Gerber-, Sieb&Meyer- und ähnlichen Ausgabeformaten entsteht.

Schritt 1: Platine reinigen

Ein Nachteil der chemischen Verzinnung ist die geringere Lagerfähigkeit gegenüber HAL. Die feine Oxidschicht, die sich schon nach wenigen Tagen Lagerung bildet, lässt sich aber leicht mit einem sehr feinkörnigem Scheuermittel, z. B. ein Gemisch aus Seife und Wienerkalk beseitigen, siehe Bild 3. Das ist zweckmäßigerweise kurz vor Arbeitsbeginn zu machen. Anschließend gut abspülen und trocknen. Größere Putzmittel, z. B. Akopads oder Stahlwolle, tragen die dünne Verzinnung ab und sind daher nicht verwendbar.

Schritt 2: Schablone platzieren

Nun die gereinigte Platine, wie in Bild 4 zu sehen, unverrückbar in den mitgelieferten Platinenhalter klemmen und die dazugehörige bewegliche Ecke sorgfältig mit Klebeband am Untergrund fixieren. Dann die dünne Edelstahlschablone auflegen, sodass die Durchbrüche in der Schablone genau auf die SMD-Lötaugen zu liegen kommen. Ein Längskante mit Klebeband, sodass sie entsprechend Bild 5 jederzeit hochklappbar ist. Anschließend unbedingt mit einer starken Lupe nochmals den genauen Sitz nachprüfen und ggf. korrigieren.

Schritt 3: Lötpaste auftragen

Wegen der besseren Haltbarkeit ist der Behälter mit der Lötpaste im Kühlschrank bei

4 °C bis 10 °C zu lagern. Vor dem Gebrauch einige Stunden bei Raumtemperatur lagern und unmittelbar vor dem Auftragen mit einem sauberen Werkzeug (kein Holz!) gut durchrühren.

Für das nun fällige Auftragen der Lötpaste ist etwas Erfahrung nötig. Großflächige Lötaugen mit darin eingebetteten Durchkontaktierungen schlucken sehr viel Löt- paste. Deshalb muss man an diesen Stellen schon am Startpunkt entsprechend viel auftragen. Man trägt also eine Art Wurst auf den Rand der Schablone auf – natürlich dort wo noch keine Lötaugen sind – und variiert die Dicke dieser Wurst anhand des zu erwartenden Verbrauchs in Streichrichtung.

Schritt 4: Rakeln

Etwas Erfahrung erfordert das Verteilen der Lötpaste auf die Lötaugen. Das Rakel nur einmal über die Schablone ziehen, weil

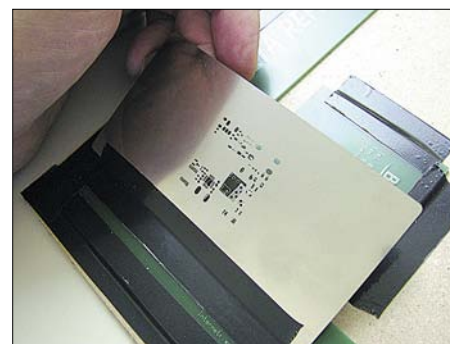


Bild 5: Anbringen der Lötpastenschablone mit Klebestreifen

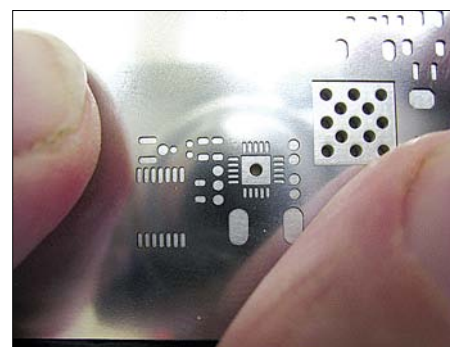


Bild 6: Kontrolle des passgenauen Sitzes der Lötpastenschablone

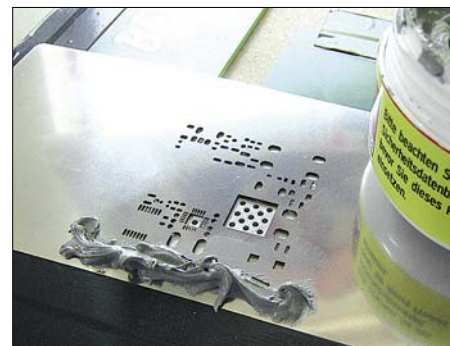


Bild 7: Auftragen der Lötpaste; größere Durchbrüche erfordern mehr Paste am Rand.

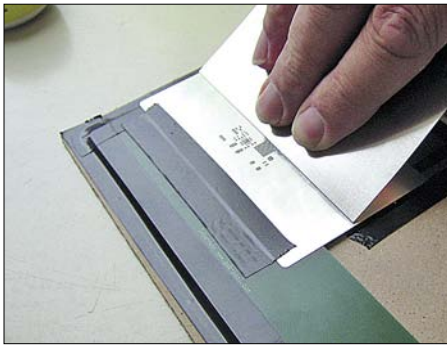


Bild 8: Die Lötpaste beim Rakeln in einem Zug in die Löcher der Schablone drücken.

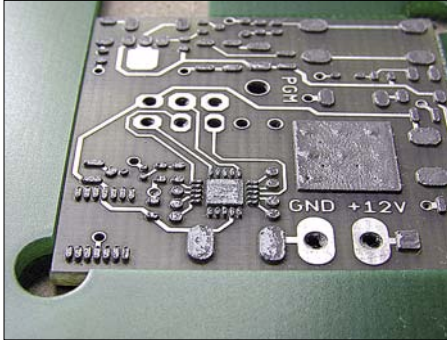


Bild 9: Nach dem Abheben der Schablone ist die aufgetragene Lötpaste gut zu erkennen.



Bild 10: Ansicht der fertig bestückte Platine; jetzt nur nicht mehr die Bauteile bewegen!

es sonst insbesondere an den feinen Löt-
augen die Paste breitdrückt und dadurch
später Kurzschlüsse entstehen können. Wie
wir später noch sehen, ist die Menge der
aufgetragenen Lötpaste trotz der relativ
dünnen Schablone (0,15 mm) immer noch
mehr als reichlich. Es ist alles für einen
möglichst dünnen Auftrag der Lötpaste zu
tun. Die Menge der Paste hängt auch vom
Anstellwinkel des Rakels ab: Je flacher er
ist, desto mehr drückt sich die Paste hinter
dem Rakel wieder hoch. Umgekehrt reißt
bei zu steilem Winkel, was gleichbedeutend
mit einem zu geringen Auftrag ist, der Ma-
terialfluss leicht ab.

Es ist also etwas Übung erforderlich. Zum
Glück ist das kein Problem; wenn der
Streich misslingt: Einfach die Schablone
hochklappen, die Platine herausnehmen
und alles mit Spiritus reinigen. Wegen der
Gefahr von Verunreinigungen mit dem
Zurückfüllen von Paste in das Vorratsgefäß

äußerst zurückhaltend sein. Die Bilder 8
und 9 zeigen den Vorgang des Rakelns und
das Ergebnis in Großaufnahme.
Sobald sämtliche SMD-Lötlagen einen
einwandfreien Lötpastenauftrag erhalten
haben, ist die Platine vorsichtig aus dem
Halter herauszunehmen. Von nun an die
Lötlagen mit der darauf befindlichen Paste
nicht mehr berühren.

Schritt 5: Bestücken der SMD-Teile

Das Bestücken der winzigen Bauteile ver-
liert bei Verwendung einer genau passenden
SMD-Nahbrille seinen Schrecken. Diese
sollte eine Brechkraft von etwa +5 Diop-
trien bezogen auf das gesunde Auge haben,
d. h., bei komplett entspanntem Auge sollte
der Betrachtungsabstand etwa 0,2 m betra-
gen. Bei der Anpassung durch einen Opti-
ker berücksichtigt dieser normalerweise
auch eine eventuelle Stabsichtigkeit und
eine ungleiche Brechkraft der Augen – ein
großer Vorteil gegenüber den billigen Aus-
führungen, die es gelegentlich bei Han-
delsketten gibt.

Mit einer solchen Brille ist trotz alterssich-
tiger Augen müheloses Arbeiten und Er-
kennen allerfeinster Details möglich. Den-
noch muss so ein gutes Stück vom Optiker
nicht teuer sein, denn es sind ja weder eine
modische Fassung noch entspiegelte oder
gar getönte Gläser erforderlich. Gegebenen-
falls ist sogar eine alte Fassung nutzbar.

Ich habe für meine SMD-Brille nur etwa
60 € bezahlt. Mit meinen alterssichtigen
Augen ist sie für mich bei der Arbeit mit
SMD-Bauteilen zu einem unverzichtbaren
Werkzeug geworden. Der Verzicht auf Boh-
nenkaffee sorgt für ruhigere Hände.

So ausgerüstet geht es ans Bestücken. Mit
einer sehr präzisen, feingühligen Pinzette
sind die Bauteile einzeln aus dem Vorrats-
behälter zu nehmen, auf den jeweiligen
Positionen ganz zart in die weiche Lötpaste
zu drücken und nach Möglichkeit nicht
mehr zu verschieben!

Die Paste ist zäh genug, um auch runde
Bauteile, z. B. MELF oder MiniMELF,
sicher am Wegrollen zu hindern. Erschüt-
terungen der Platine und das Berühren plat-

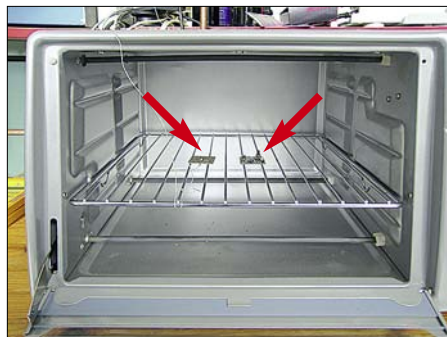


Bild 11: Der Ofen bietet auch Platz für größere
Platinen. Hier waren es nur die Testplatine und
eine Messplatine daneben.

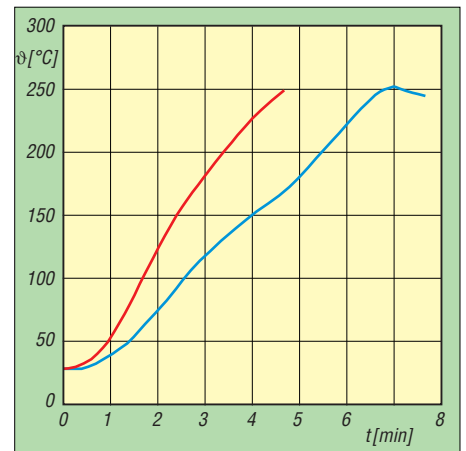


Bild 12: Temperaturkurve bei Verwendung
des Reglers (blau) und ohne Regler (rot)

zierter Bauteile sind unbedingt zu vermei-
den.

Diese Platzierungsarbeit geht wesentlich
schneller von der Hand als das bisher üb-
liche manuelle Lötten – einfach nur neh-
men und platzieren! Bei ruhigem Arbeiten
sind so etwa drei Bauteile pro Minute zu
schaffen. Bild 10 zeigt die fertig bestückte
Platine.

Schritt 6: Lötten der Bauteile

Soweit noch nicht geschehen, nun in den
noch kalten Lötöfen die Messplatine mit
dem Thermofühler eingelegt. Dabei sollte
die Zuleitung des Fühlers mindestens
zweimal am Gitterrost fixiert sein, damit
sich die Platine beim Schließen der Tür
nicht verschiebt und womöglich die be-
stückte Platine herunterreißt. Damit die
Eisenstäbe des Gitterrosts die Messung
nicht verfälschen, ist der Thermofühler auf
der Messplatine möglichst in der Mitte
zwischen zwei Stäben zu platzieren. Da-
neben die bestückte Platine legen, wie in
Bild 11 zu erkennen.

Nach dem Schließen der Glastür kann es
losgehen. Stolze Besitzer des weiter vorn
erwähnten Temperaturreglers schließen den
Thermofühler an diesen an, drehen den
Zeitschalter des Ofens bei Voreinstellung
auf Ober- und Unterhitze auf mindestens
15 min und betätigen sodann den Solder-
Knopf am Regler. Dieser steuert nun voll-
automatisch die einzelnen Betriebsphasen
(Preheat, Soak, Reflow und Dwell). Zum
Schluss ertönt das Signal zum Öffnen der
Tür. Nach einer Weile die abgekühlte Pla-
tine herausnehmen und das Ergebnis be-
gutachten.

Wer keinen Temperaturregler hat, schließt
den Fühler an ein gutes Digitalthermome-
ter an (möglichst mit 1% Genauigkeit!) und
versucht, die mit dem Originalregler er-
reichte und in Bild 12 gezeigte Tempe-
raturkurve bestmöglich von Hand nachzu-
bilden. Es empfiehlt sich, dies vorher zu
üben.

Wichtig ist, dass in der Aktivierungsphase (engl.: *Soak*) der Temperaturanstieg zwischen 120°C und 160°C deutlich langsamer erfolgt als beim eigentlichen Lötvorgang oberhalb von 160°C.

Im Wesentlichen sollte der Ofen bis etwa 160°C mit der halben Leistung arbeiten, darüber mit der vollen Leistung (1,5 kW). Beim Erreichen von 232°C ist die Heizung abzuschalten. Die Wärmekapazität der Heizstäbe reicht aus, um diese Temperatur über die nächsten 20 s hinweg zu halten. Keinesfalls 250°C überschreiten, denn dies beschädigt Bauteile und Leiterplatte. Findige Bastler konstruieren sich eine einfache Stellbox, z. B. mit einer TRIAC-Steuerung, die diese Vorgaben erfüllt.

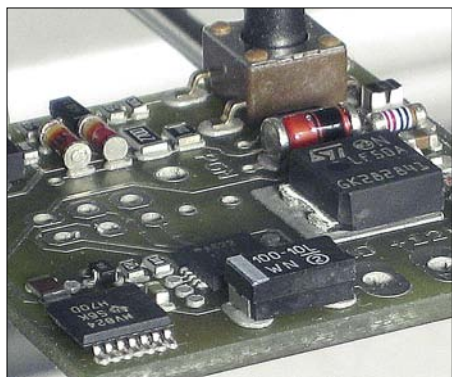


Bild 13: Platine in der Vorwärmphase; die Paste ist noch zäh.

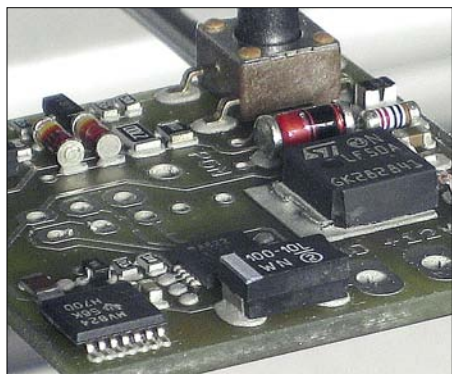


Bild 14: Platine in der Aktivierungsphase; die Paste schmiegt sich an die Bauteile an.

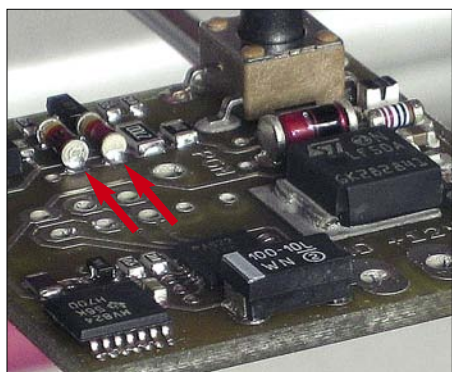


Bild 15: Aufschmelzen der Lötpaste; der silbrige Glanz ist insbesondere an den beiden MiniMELF-Dioden im Hintergrund gut zu erkennen.

Vom Einlegen der Platine in den auf 250°C vorgeheizten Ofen – so wie in der Anleitung beschrieben – halte ich nichts, denn dabei kann vom Einhalten der vorgeschriebenen Temperaturkurve keine Rede sein. Außerdem stößt man mit dem Handrücken zu leicht an die rot glühenden Heizstäbe und riskiert schwere Verbrennungen. Überdies bleibt wegen der großen Hitzeentwicklung kaum die Ruhe, die Platine ausreichend erschütterungsfrei einzulegen.

Die Bilder 13 und 14 zeigen, dass während der Vorwärm- und Aktivierungsphase deutliche Veränderungen an der Lötpaste zu beobachten sind. Die anfänglich eher abweisende Lötpaste schmiegt sich zusehends an die Bauteile an, bettet diese richtiggehend ein und schützt sie so nicht nur vor Oxidation, sondern aktiviert sogar ältere Metallflächen mithilfe chemischer Vorgänge. Die im Muster verwendeten MiniMELF-Dioden hatten z. B. eine Lagerzeit von mehr als 20 Jahren in der SMD-Box hinter sich und ließen sich dennoch einwandfrei löten!

Ab 160°C beginnt der eigentliche Lötvorgang mit voller Heizleistung, wobei das Aufschmelzen der Lötpaste bei etwa 210°C erfolgt, bei den größeren Bauteilen etwas später. Dies ist deutlich in Bild 15 zu sehen. Sobald sich die Temperatur dem Wert von 232°C nähert, ist die Heizleistung so weit zu reduzieren und eventuell abzuschalten, dass die Temperatur insgesamt etwa 20 s auf diesem Wert verharrt. Dann den Ofen ausschalten und die Tür vollständig öffnen. Da die Lötstellen noch flüssig sind, den Ofen während des Lötvorgangs und danach keinerlei Erschütterung aussetzen und die Platine erst nach dem weitgehenden Abkühlen herausnehmen.

■ Ergebnisse

Gemessen am geringen Aufwand kann sich das Ergebnis sehen lassen. Die Lötstellen sind zwar zugegebenermaßen etwas zu fett, was auch prompt zu einem Kurzschluss am IC mit dem 0,5-mm-Raster im Vordergrund von Bild 16 führte, aber immerhin exakter, als dies beim Handlöten möglich wäre. Zudem entfiel das Reinigen der Platine – die dem Reflow-Kit beiliegende *No-clean*-Lötpaste trägt ihre Bezeichnung also völlig zu Recht. Beim Typ des Tasters (rechts hinten in Bild 10) gab es beim Handlöten stets Probleme; die Beinchen zeigten sich äußerst widerspenstig gegen Verzinnen. Mit der Lötpaste ging es hingegen einwandfrei.

Der Kurzschluss am vorderen IC ließ sich mit Entlötlitze leicht beseitigen. Die übrigen Lötstellen waren in Ordnung, auch unter dem ATtiny24 im 20-poligen QFN-Gehäuse mit nur 0,5 mm Anschlussabstand gab es keine Kurzschlüsse und keine Wa-

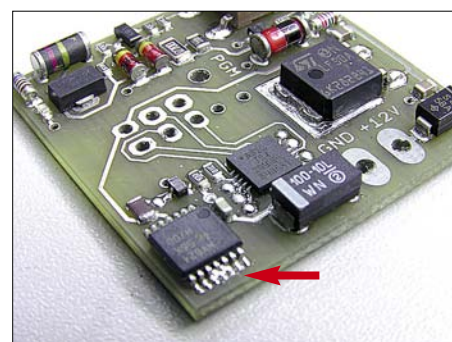


Bild 16: Fertig gelötete Platine; lediglich der IC vorne weist eine Lötbrücke auf.

Fotos: DL1SNG

ckelkontakte – die Schaltung funktionierte auf Anhieb.

Mit Absicht hatte ich auf der Musterplatine möglichst unterschiedliche Gehäuseformen kombiniert, angefangen von einem Transistor (NE68819), der nur halb so groß ist wie ein SOT23-Gehäuse und für den es noch nicht einmal eine internationale Gehäuseform gibt, über Widerstände und Kondensatoren im Gehäuse 0603, die jahrelang in der SMD-Box gelagert worden waren, bis hin zu einem relativ großen Spannungsregler im DPAK-Gehäuse mit immerhin neun Durchkontaktierungen unter der Auflagefläche. Alle waren einwandfrei und völlig problemlos zu löten – was für eine Erleichterung!

Das SMD-Reflow-Löten löst das mühsame und fehlerträchtige Handlöten ab und ermöglicht die Verwendung noch kleinerer Bauteile als bisher – ein riesiger Fortschritt, sowohl für Amateure als auch für Profis, die gelegentlich Musterplatinen zu bauen haben!

Meinen ganz herzlichen Dank richte ich an Herrn Gernot Seeger, DL5ZAO, von Beta-Layout, der mich insbesondere bei meinen anfänglichen Problemen bestmöglich unterstützt hat. Die persönliche Begeisterung und Überzeugung für das hier vorgestellte extrem preiswerte Infrarot-Reflow-Löten war ihm deutlich anzumerken. Die Methode erleichtert und erweitert die Verwendung von SMD-Bauteilen durch Funkamateure ganz erheblich.

norbert.graubner@freenet.de

Bezugsquellen

- [1] Beta-Layout GmbH: Im Aartal 14, 65326 Aarbergen; Tel. (0 61 20) 90 70-10, Fax -14; E-Mail: info@pcb-pool.com; www.pcb-pool.com
- [2] Beta-Layout GmbH: Reflow-Kit. www.reflow-kit.de