



Löten mit dem Reflow-Ofen

Einfach und professionell

Immer mehr Bauteile sind nur noch in SMD-Ausführung lieferbar, die meisten davon kaum oder gar nicht mit einem LötKolben lötbar. Da liegt es auch nahe, gleich ein komplettes SMD-Layout selbst zu erstellen und ganze Baugruppen mit SMD-Bauteilen auszuführen. Selbst mit Heißluft gerät man schnell an Grenzen, hier setzt die Reflow-Technik an. Wir haben ein Reflow-Kit getestet, das diese Löttechnik auch dem Hobbyelektroniker zugänglich macht.





Klein, kleiner, noch kleiner ...

Betrachtet man moderne Elektronikplatinen, ist man schier erschlagen von der enormen Packungs- und Pindichte und den winzigen, kaum noch mit bloßem Auge sichtbaren Bauteilen. Bei ICs hat die Pindichte so zugenommen, dass man den Gedanken an manuelles Löten von vornherein aufgeben kann. Insbesondere QFN-Schaltkreise oder gar BGA-ICs machen Handlöten endgültig unmöglich.

Dennoch hat man heute selbst in der Hobbypraxis immer öfter auch mit solchen Schaltkreisen zu tun, man nehme nur einmal den bekannten USB-Interface-Schaltkreis CP2102 oder einen modernen Empfängerchip wie den Si4705. Bis zu einer gewissen Grenze kommt man mit einer Heißluftstation weiter, was allerdings ein recht aufwendiges und langwieriges Verfahren darstellt, das sich eher für das Entlöten eignet. Und spätestens wenn hitzeempfindliche Teile in ein Bauteil integriert sind, etwa bei USB- oder HDMI-Buchsen, ist Schluss mit Heißluft, dazu ist sie nicht exakt genug positionierbar.

Da bleibt am Ende eigentlich nur noch das Reflow-Löten. Reflow bedeutet hier, dass man Bauteile durch Aufschmelzen mit einer speziellen Lötpaste auf ihren Löt pads verlötet. In diesem Prozess wird zunächst über eine lasergeschnittene Schablone hauchdünn die Lötpaste auf die Platine aufgetragen. Die Schablone (Fachbegriff „Stencil“, wird von einigen Platinenlieferanten auf Anforderung sogar kostenlos mit der Platine geliefert) sorgt dafür, dass sich die Lötpaste tatsächlich nur auf den Löt pads befindet.

Anschließend werden die Bauteile aufgesetzt und die so vorbereitete Platine mit einem genau definierten Temperaturverlauf komplett erwärmt. Dies kann mit verschiedenen Verfahren erfolgen, wobei durchaus auch wieder Heißluft, aber speziell geführt, zum Einsatz kommen kann. Verbreiteter und für den Hobbyelektroniker erschwinglicher und beherrschbar ist das Erwärmen per Infrarotwärme. Das hat verschiedene Vorteile, so können die Bauteile nicht verrutschen und Infrarot ist gegenüber anderen Verfahren wie Laser oder Kondensation einfach für jedermann zugänglich, preiswert und beherrschbar.

So gibt es schon seit geraumer Zeit Eigenbaulösungen, die auf handelsüblichen Infrarot-Haushaltsöfen basieren und entweder „nach Gefühl“ oder mit Eigenbausteuerungen, wie man sie z. B. im Mikrocontroller-Forum beschrieben findet, gesteuert werden. Denn der Ablauf des Reflow-Prozesses erfordert das Abfahren eines definierten Temperaturverlaufs von

Erhitzen und Abkühlen, um ordnungsgemäße Ergebnisse zu erhalten.

Für den, der nicht selbst bauen will, offerieren industrielle Anbieter für den Hobby- bzw. semiprofessionellen Gebrauch sowohl spezielle Reflow-Öfen als auch auf dem oben beschriebenen Haushaltsöfen basierende Lösungen. Eine solche Lösung ist das von Beta Layout offerierte Reflow-Kit. Dieses wollen wir näher betrachten und testen.



*Bild 1: Das komplette Reflow-Kit enthält alles, was man zur Verarbeitung einer SMD-Platine benötigt. Auch ein kleiner Bausatz ist für den Einstieg dabei.
Best.-Nr. CA-12 09 47, € 479,-*

Löten mit dem Pizzaofen

Ja, genau darum geht's, denn die Grundlage des Reflow-Kits (Bild 1) ist ein handelsüblicher Pizzaofen. Er bringt genau die Voraussetzungen mit, die man an das Reflow-Löten im Labor, der Servicewerkstatt oder eben im privaten Einsatz stellt: Er ist preiswert, kann mit Ober- und Unterhitze arbeiten und ist als fertiges und handelsübliches Industrieprodukt elektrisch sicher.

Gegenüber früheren Versionen dieses Ofens beträgt die aktuelle Leistung 1500 W und ist damit ausreichend, um das komplette Temperaturprofil der hierzu angebotenen Lötpaste (Peak: 245 °C) abarbeiten zu können.

Kern des Kits ist jedoch weniger der Ofen als vielmehr die mitgelieferte Steuerung (Bild 2).



*Bild 2: Der neue Controller des Reflow-Kits ist sehr flexibel und einfach zu bedienen.
Best.-Nr. CA-12 09 48, € 229,-*

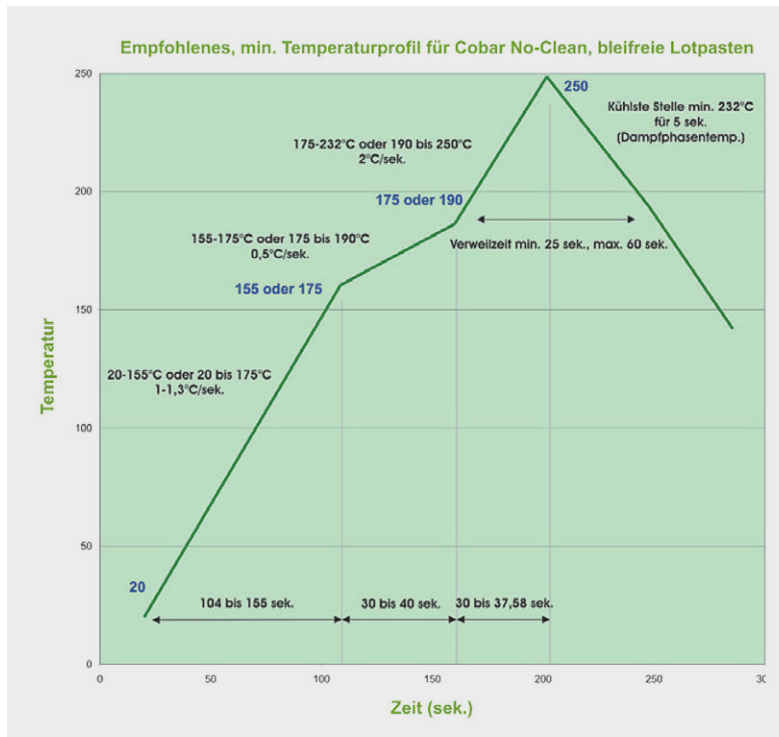


Bild 3: Ein typisches Temperaturprofil für einen Reflow-Prozess: Vorheizen, Aktivieren/Heizen, Reflow, Verweilen, Abkühlen

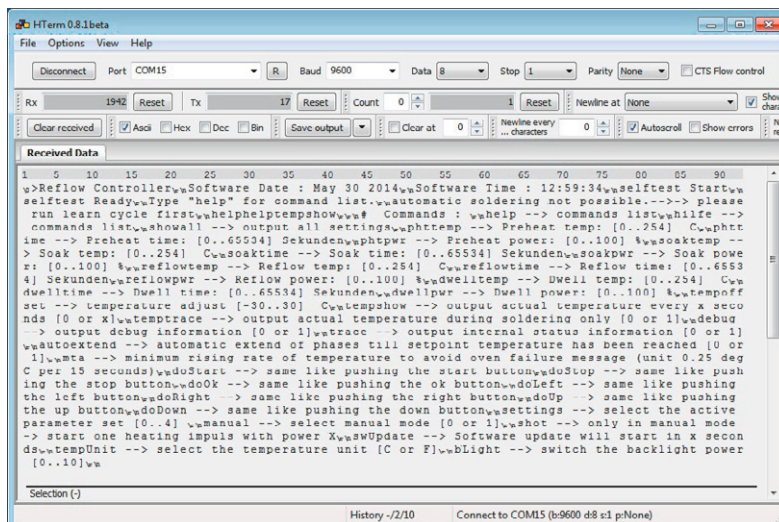


Bild 4: Die Kommunikation zwischen PC und Controller erfolgt per Terminalprogramm über einen gut dokumentierten Befehlsatz.

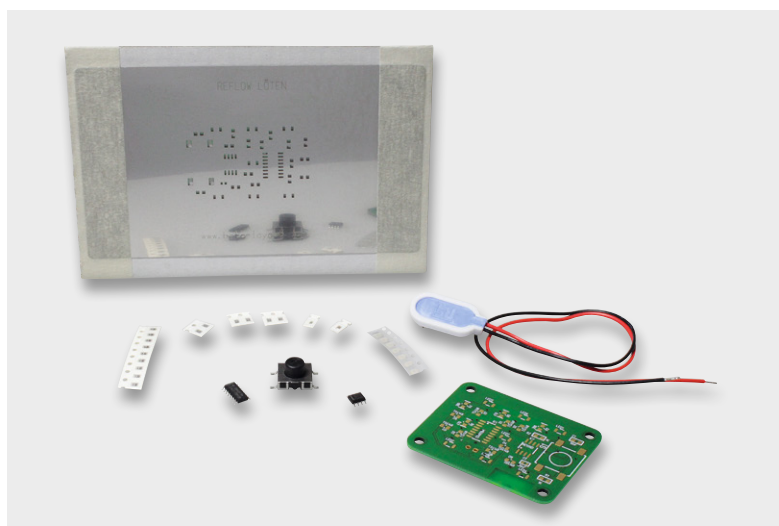


Bild 5: Zum Reflow-Kit wird ein kleiner Elektronikbausatz samt Stencil für den schnellen Einstieg mitgeliefert.

Diese sorgt für die genaue Temperatursteuerung (Bild 3 zeigt ein Temperaturprofil) im Ofen. Der Controller kann sowohl sofort mit den ab Werk eingespeicherten fünf Temperaturprofilen arbeiten als auch mit selbst zu erarbeitenden und abzuspeichernden Temperaturprofilen versehen werden. Dies kann intern über die Tastatur und das zweizeilige LC-Display erfolgen, aber auch über die vorhandene USB-Schnittstelle per Terminalbefehl von einem PC aus (Windows/Linux/Mac OS). Auf dem Rechner wird lediglich ein übliches Terminalprogramm benötigt, eine ausführlich erläuterte Befehlstabelle für das Erarbeiten eigener Parametersätze findet sich in der umfangreichen (deutschen) Anleitung zum Controller. Bild 4 zeigt ein Kommunikationsbeispiel über das Terminalprogramm „HTerm“ [1]. Hier wurde der verfügbare Befehlsatz abgerufen.

Der Controller verfügt über ein Lernprogramm, über das er die Heizcharakteristik des verwendeten Heizgeräts erlernen und seine Temperaturprofile darauf abstimmen kann. Zusätzlich kann man jederzeit auch manuell über das Tastenfeld in den Prozess eingreifen. Über den mit dem Ofen mitgelieferten Temperatursensor, der klein genug ist, dass man ihn entweder direkt auf der zu bearbeitenden Platine oder direkt daneben auf einer möglichst in Bezug auf Material-, Layer- und Layout-Aufbau gleichen Platine fixieren kann, erfolgt die Temperaturkontrolle des Prozesses. Der Prozessablauf ist jederzeit über das Display der Steuerung zu verfolgen.

Alles dabei

Zum Reflow-Set gehört alles, um sofort einzusteigen. Neben einem kleinen Elektronikbausatz samt passendem Stencil (Bild 5) gehören Lötpaste, eine Rakel zum Auftragen und Einarbeiten der Lötpaste, Spatel, eine professionelle SMD-Pinzette und vor allem ein Schablonendrucker (Bild 6) zum Lieferumfang.

Der Schablonendrucker macht das Auftragen der Lötpaste auf die dort rutschfest zu fixierende Platine ebenso einfach wie das Herstellen mehrerer Platinen. Denn der Stencil wird hier sehr sicher durch starke Magnete fixiert und kann nach Auftragen der Lötpaste zur Seite geklappt werden, ohne dass er oder die Platinenfixierung (Magnetfolie) verrutschen kann. Auf diese Weise kann man auch ohne erneuten Einstellaufwand mehrere Platinen hintereinander verarbeiten.

So gerüstet kann es losgehen mit dem Reflow-Löten! Ach ja, bleibt noch zu erwähnen, dass man den für das Löten verwendeten Ofen nicht zur Speisenzubereitung nutzen darf. Denn durch die Erhitzungsprozesse bilden sich (auch nicht sichtbare) Rückstände, die gesundheitsschädlich wirken können.

Vorbereitungen

Bei der ersten Inbetriebnahme bzw. nach einem Firmware-Update muss der Controller an die Charakteristik des Ofens angelernt werden, denn er ist auch mit anderen Heizgeräten einsetzbar. Dazu ist zunächst der mitgelieferte Temperatursensor so auf einer Platine zu befestigen (Bild 7), dass er die Platinentemperatur erfasst und nicht die der Luft. Dies

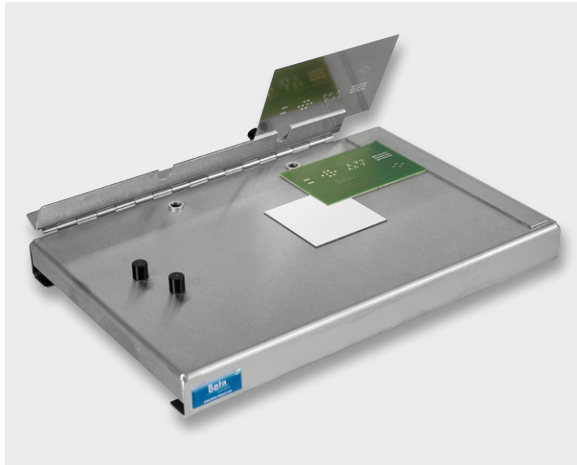


Bild 6: Mit dem Schablonendrucker wird das saubere Auftragen der Lötpaste via Stencil ganz einfach.

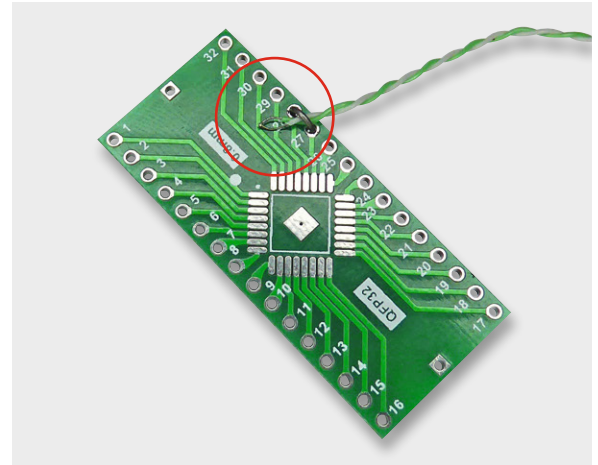


Bild 7: Extrem wichtig für den Lötterfolg: Der Temperatursensor des Controllers muss Kontakt zur verarbeiteten Platine oder einer ähnlich gestalteten Platine haben.

ist auch später beim Reflow-Prozess zu beachten. Der Sensor ist entweder auf der zu verarbeitenden Platine selbst oder aber auf einer Restplatine, die ähnlich in Bezug auf Material, Layeraufbau usw. aufgebaut ist wie die verarbeitende Platine, anzubringen.

Dann legt man die Platine mit dem Sensor in den Ofen und startet den menügeführten Lernvorgang, der auch in der Dokumentation zum Controller sehr ausführlich beschrieben wird. Das Display informiert ständig über die Abläufe (Bild 8), während der Controller anhand einiger Heiz- und Abkühlvorgänge die Heizcharakteristik ermittelt. Denn es ist z. B. zur Anpassung der Temperaturkurve wichtig herauszufinden, wie lange und wie weit sich der Ofen weiter aufheizt, wenn die Heizung heruntergefahren oder abgeschaltet wird. Zum Löten selbst wählt man dann einen Parametersatz, der zum verwendeten Lot passt.

Lötpaste auftragen und bestücken

Wir demonstrieren das Löten sowohl anhand der mitgelieferten Bausatzplatine als auch an einer noch feiner layouteten, mit den kritischen Bauteilen teilbestückten Platine eines HDMI-LVDS-Umsetzers von [2]. Die Pins der LVDS-Treiber haben einen Abstand von gerade 0,3 mm – das wird spannend!

Mithilfe der mitgelieferten Magnetfolie wird die sorgfältig gereinigte und per Glasfaserpinsel o. Ä. von eventuellen Oxidrückständen befreite Platine zunächst auf dem Schablonendrucker fixiert (Bild 9). Die links im Bild zu sehende Platte dient dem Höhenausgleich für dünnere Platinen (1 mm). Danach erfolgt die Positionierung des Stencils, und zwar so, dass die gelaserten Öffnungen ganz genau auf den Lötflächen liegen (Bild 10). Danach wird der Stencil mit den starken Magneten des Schablonendruckers fixiert. Dem folgt das Auftragen der mindestens zwei Stunden zuvor aus dem Kühlschrank (die Lagerung muss kühl erfolgen) entnommenen und gut durchgemischten Lötpaste mit der Rakel, sodass alle Stencilöffnungen nun mit dem Lot versehen sind (Bild 11). Danach klappt man das Scharnier des Schablonendruckers mit dem Stencil hoch und kann nun kontrollieren, ob alle vorgesehenen Lötflächen sauber mit Lot belegt sind (Bild 12).



Bild 8: Beim Lernprozess ist jeder Schritt über den Controller verfolgbar.

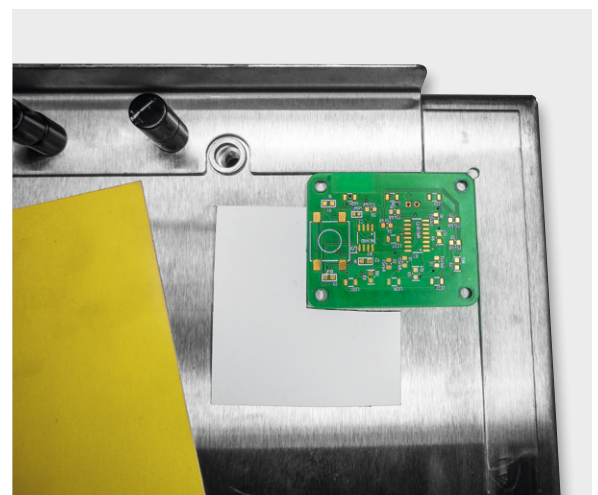


Bild 9: Die Platine wird mit Magnetfolie auf dem Schablonendrucker fixiert.

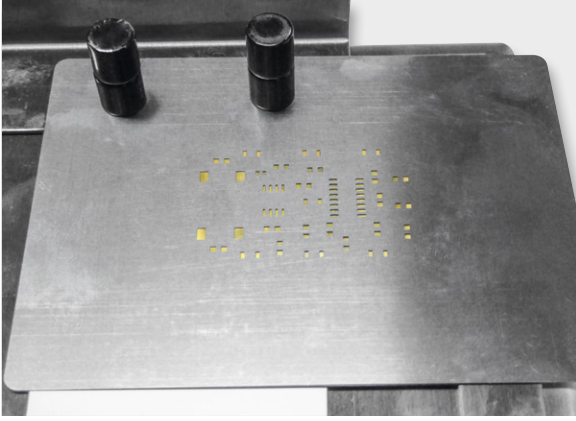


Bild 10: Der Stencil wird exakt über den Löt pads der Platine platziert und mit Magneten fixiert.

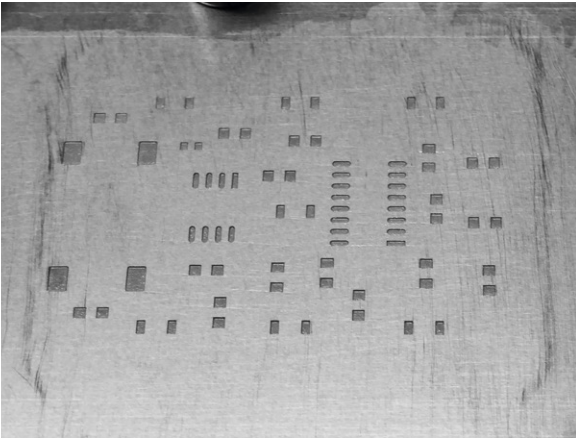


Bild 11: Alle Maskenlöcher des Stencils werden per Rakel mit Löt paste gefüllt.

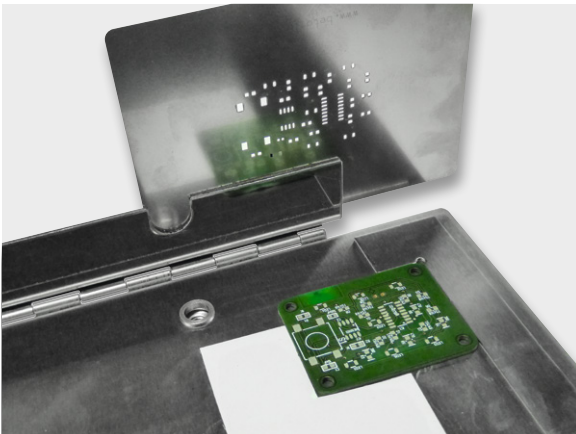


Bild 12: Das Auftragen der Löt paste hat geklappt – alle Löt pads sind sauber mit Löt paste versehen.



Bild 13: Die bestückte Platine. Im Hintergrund ein praktischer SMD-Bauteiltester.

Ist das der Fall, kann die Platine bestückt werden (Bild 13), die mitgelieferte feine Pinzette leistet dabei ebenso gute Dienste wie eine kleine SMD-Komponenten-Messzange für die Kontrolle von Widerstands- und Kapazitätswerten. Außerdem braucht man schon eine ruhige Hand, und eine gute Lupenbrille schadet auch nicht.

Gelingt das Aufsetzen eines Bauteils nicht auf Anhieb, ist es besser, es wieder abzunehmen und erneut aufzusetzen, so verteilt man nicht unnötig die Löt paste auf der Platine. In der Detailaufnahme in Bild 14 kann man gut sehen, wie die Pins auf dem Lot sitzen. Man muss das Bauteil nicht in das Lot drücken, es sinkt beim späteren Löt en von selbst dort ein. Man kann hier auch noch gut erkennen, dass die Löt paste vor dem Verlöten noch mattgrau aussieht, nach dem Löt en muss sie metallisch blank erscheinen.

Das Reflow-Löt en

Nach dem Einlegen der bestückten Platine in den Ofen (Temperatursensor nicht vergessen!) kommt der nach dem wohl für die meisten eher anstrengenden Bestücken der angenehme Teil – wir können dem Ofen beim Löt en zusehen!

Nach dem Starten des Controllers läuft das Löt en nun automatisch ab, das Display informiert wie immer über den gerade stattfindenden Prozess (Bild 15). Nach dem Ablauf des Löt vorgangs, Abkühlen und vorsichtigen Entnehmen der Platine kann man das Ergebnis sehen (Bild 16). Sind alle Löt stellen so metallisch blank wie hier zu sehen, haben wir alles richtig gemacht. Bei größeren Bauteilanschlüssen wie am Taster ist vermeintlich von der Löt stelle nicht viel zu sehen, ein Blick von der Seite verrät jedoch, dass auch er fest angelötet ist.

Gleich beim allerersten Löt versuch wollten wir es wissen und haben auch den LVDS-Konverter mit seinem Pinabstand von 0,3 mm mit in den Ofen gegeben. Der Detailausschnitt in Bild 17 zeigt es – bis auf eine Löt brücke, die sich leicht wieder entfernen lässt, ist der Versuch gelungen!

Bei derart dichten Pinabständen gerät ein solches System allerdings auch deshalb an seine Grenzen, weil der Lot auftrag per Rakel und Hand am Ende doch etwas Toleranzen hat, die solch ein enges Layout mit Brückenbildung quittieren kann. Dafür kann der Reflow-Ofen aber nichts!

Ein ganz klein wenig zu viel in den Stencil gedrückt, und schon sind die Zehntelmillimeter teilweise überbrückt und laufen beim Löt en zu. Das passiert aber selbst bei maschineller Verarbeitung ab und an. Dazu kommt, dass die Vorbereitung schon beim Platinenentwurf anfängt.

Der Platinenhersteller, der den Stencil herstellt, kann zwar aus den meisten Layoutentwürfen selbst eine sogenannte Pastenmaske generieren, diese kann dann aber durchaus so ausfallen, dass die Maskenlöcher genauso groß sind wie die Löt pads. Es erweist sich aber in der Praxis, besonders bei sehr geringen Pinabständen, dass es besser ist, die Pastenmaske so zu definieren, dass die Maskenlöcher etwas kleiner sind als die Pads.

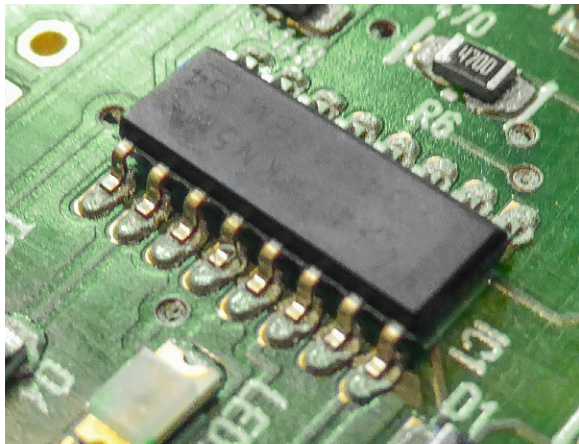


Bild 14: Vor dem Löten sieht die Lötpaste noch grau aus, später, nach dem Reflow-Prozess, glänzt sie silbrig wie Lötzinn.

Solder Preheat	1	35°C	63s
Solder Soak	1	123°C	25s
Solder Reflow	1	168°C	7s
Solder Dwell	1	231°C	17s
Ready Press OK		232°C	
Warning Oven Hot	1	229°C	13s

Bild 15: Der gesamte Reflow-Prozess lässt sich über den Controller beobachten.

Auf diese Weise kann beim manuellen Eindrücken mit der Rakel nicht zu viel Lot auf das Pad geraten und kleine „Unfälle“, wie in Bild 17 zu sehen, werden so vermieden.

Fazit

Was bleibt als Fazit? Das Reflow-Kit ist eine sehr willkommene Bereicherung der kleinen Werkstatt, des Hobby-Arbeitsplatzes, aber auch für die Anfertigung von Labor- und Prototypen.

Umgang und Verarbeitung klappen dank der umfangreichen Ausstattung des Kits und der hervorragenden Anleitungen auf Anhieb.

Highlight ist der flexible und einfach bedienbare Controller, der dank seiner variablen Programmierbarkeit auch den Einsatz verschiedener Lote und Platinenmaterialien erlaubt.

So verliert das Löten selbst von Bauteilen mit hoher Pindichte oder gar von Bauteilen in QFN- oder BGA-Ausführung seinen Schrecken, und es eröffnen sich dem Hobbyelektroniker neue Möglichkeiten zur Realisierung seiner Projekte. **ELV**



Weitere Infos:

- [1] www.der-hammer.info/terminal/
- [2] <http://gsg-elektronik.de/>

Das Reflow-Kit und den Reflow-Controller finden Sie im Web-Shop unter: www.werkstatt.elv.de

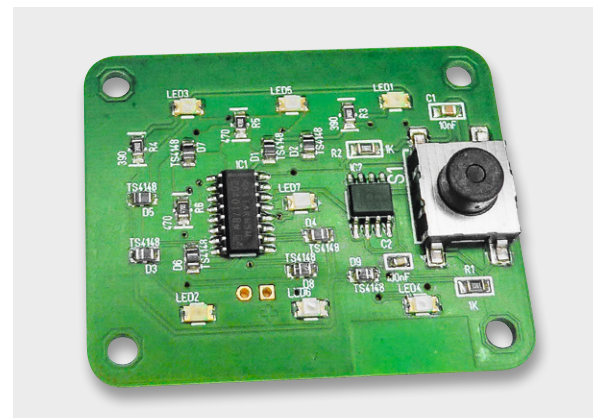


Bild 16: Die erste Platine aus dem Pizzaofen – gelungen!

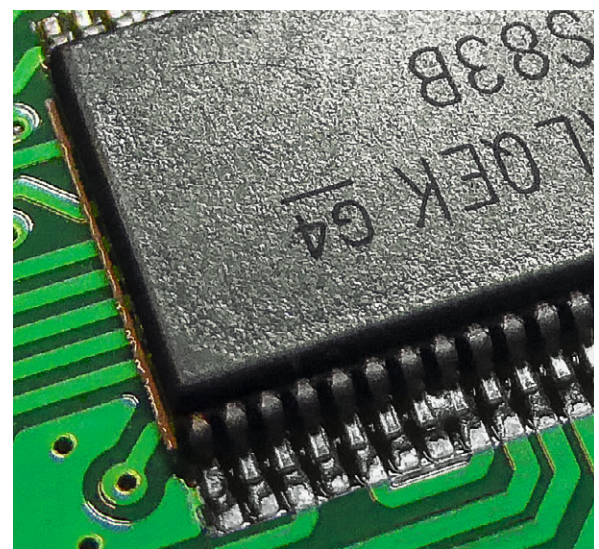


Bild 17: Bis auf eine Lötbrücke ebenfalls gelungen: der Schaltkreis mit 0,3 mm Pinabstand – von Hand überhaupt nicht lötfähig.