

Bestück- und Lötlabor R BG.050

Einführung

Das Bestück- und Lötlabor in R BG.050 ist Teil des Labors für Aufbau- und Verbindungstechnik (AVT) unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. Feiertag. Betreut wird es von Herrn Armin Hadzimujic sowie Herrn Thomas Schalk. Nach entsprechender Einführung kann das Labor von allen Studenten der Fakultät 04 genutzt werden. Termine und Anmeldungen, der regelmäßig stattfindenden Löturse, sind über Moodle zu finden:

<https://moodle.hm.edu/course/view.php?id=2286>

Weitere Informationen sind auf der AVT Laborseite zu finden:

<https://www.ee.hm.edu/fk04/labore/avt.de.html>

Inhaltsverzeichnis

1. Grundlagen der Löttechnik	3
2. Arbeitsplatz im Bestück- und Lötlabor	5
3. Arbeitstechniken	7
3.1. Handlöten	7
3.2. Oberflächenmontage	8
3.2.1. Erzeugen eines Lötdepots	8
3.2.1.1 Dispensen	8
3.2.1.2 Aufschmelzen	9
3.2.1.3 Lötschablone	9
3.2.2 Platzieren der Bauteile	10
3.2.3 Reflowlöten	12
3.2.3.1 Reflowlöten per Hand	12
3.2.3.2 Reflowlöten maschinell	13
4. Bauteilbevorratung im Lötlabor	14

1. Grundlagen der Löttechnik

Anwendung findet im Lötlabor ausschließlich das Weichlöten, wobei Temperaturen von kleiner 450°C verwendet werden. Bei höheren Temperaturen spricht man dagegen von Hartlöten. Bei den verwendeten Weichloten handelt es sich um Legierungen auf Zinnbasis, wobei bleihaltiges und bleifreies Lötzinn unterschieden werden. Folgende Tabelle 1 gibt eine kleine Übersicht der verschiedenen Weichlote mit den zugehörigen Schmelztemperaturen:

Bemerkung	Zusammensetzung	Schmelztemperatur
Zinn/Blei-Lot	63%Sn, 37%Pb	183°C
Zinn/Blei/Silber-Lot	62%Sn, 36%Pb, 2%Ag	179°C
Zinn/Silber/Kupfer	30°C-40°C höhere Schmelztemperatur bei schlechterer Benetzung	
SAC-Lot	96,5%Sn, 3,5%Ag, 0,5%Kupfer	218°C

Tabelle 1: Übersicht verschiedener Weichlote

Flüssiges Lot auf einer lötbaren Oberfläche führt zur Wechselwirkung zwischen Lot und Oberflächenmaterial des Fügeteils, wobei sich eine Legierungsschicht an der Grenzfläche zwischen den beiden Fügeteilen und dem Lot ausbildet. Im Übergangsbereich zwischen Fügeteil und Lot bilden sich durch Diffusion intermetallische Phasen aus.

Beim Löten ist auf eine schmutz- und oxidfreie Oberfläche zu achten, da es für das Lot sonst schwierig bis unmöglich ist, die Oberfläche zu benetzen. Zum Einsatz kommen daher Flussmittel, Stoffe die bei metallurgischen Verarbeitungsverfahren die Viskosität geschmolzener Metalle herabsetzen. Zusätzlich weisen diese Mittel Reinigungs- und Lösemittelfunktionen auf und sorgen außerdem dafür, dass keine Oxidation während des Lötvorgangs auf den Fügeteilen stattfindet. Basis des Flussmittels ist meist Kolophonium, welches dem Lot beigemischt sein kann. Lotdrähte besitzen daher oftmals eine Seele aus Flussmittel. Während des Lötvorgangs wird das Flussmittel erhitzt und verbrennt. Das dabei entstehende Rauchgas ist als gesundheitsgefährdend eingestuft und es ist daher auf eine geeignete Belüftung und Absaugung zu achten. Rückstände von Flussmitteln können korrosive Wirkung zeigen, deshalb müssen elektronische Bauteile und Baugruppen nach dem Löten gereinigt werden.

Eine gute Benetzung, also das Verhalten des Lotes auf der Feststoffoberfläche, ist eine Grundvoraussetzung für eine gute Lötverbindung. Ein Maß zur Beurteilung der Benetzung stellt der Kontaktwinkel, auch „dihedrischer Winkel“ genannt, dar. Dieser bildet sich zwischen Lot und Verbindungsteil aus und ist in

Abbildung 1 schematisch für unterschiedliche Benetzungswinkel dargestellt.

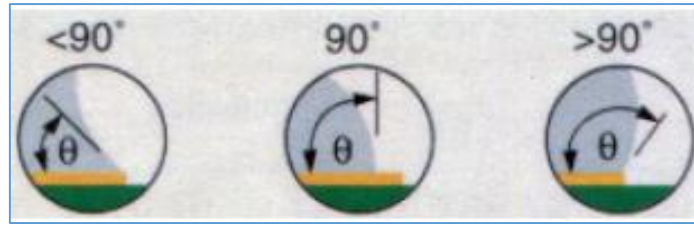


Abbildung 1 schematische Darstellung unterschiedlicher Benetzungswinkel

In Tabelle 2 ist die Beurteilung der Benetzungsqualität zusammengefasst. Wobei eine schlechte Benetzung zu Lötfehlern führt.

Benetzungswinkel	Qualität
$<90^\circ$	Gute Benetzung
90°	Ausreichende Benetzung
$>90^\circ$	Schlechte Benetzung

Tabelle 2: Beurteilung der Benetzungsqualität

2. Arbeitsplatz im Bestück- und Lötlabor

Abbildung 2 zeigt einen der sechs Arbeitsplätze im Bestück und Lötlabor. Diese sind mit verschiedenen Geräten für unterschiedliche Löttechniken ausgestattet, welche in Tabelle 3 kurz beschrieben werden.

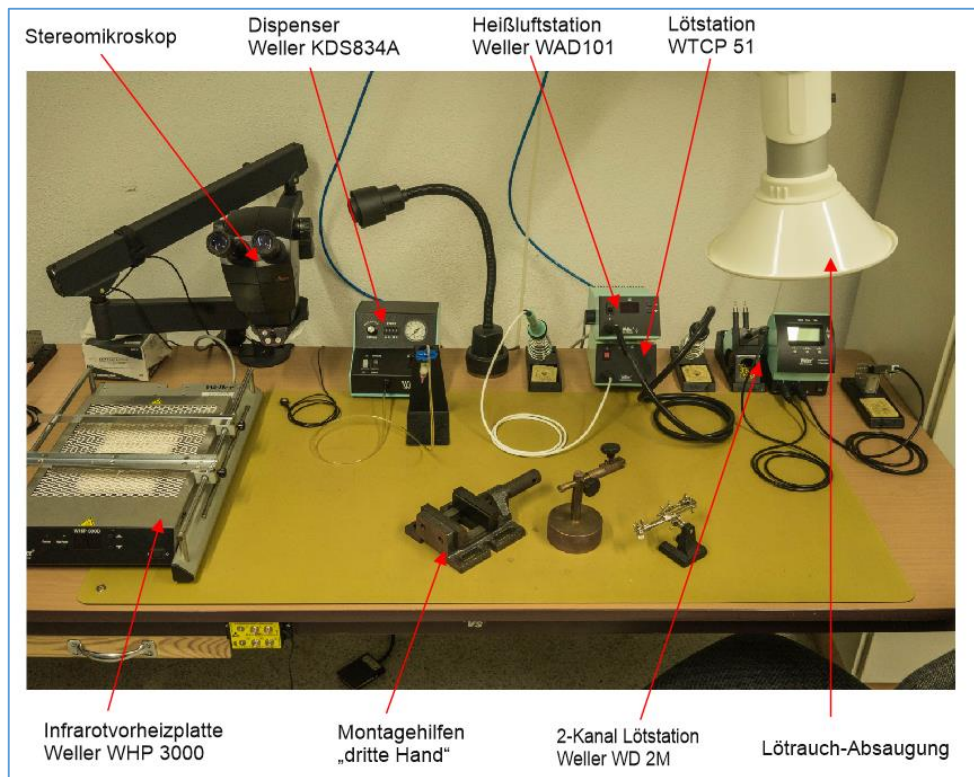


Abbildung 2: Arbeitsplatz im Bestück- und Lötlabor

Gerät	Beschreibung
Lötstation WTCP 51	Handlötgerät für grobe Lötarbeiten. Magnostat-System mit ferromagnetischem Temperaturfühler. Regelung der Stromversorgung über Dauermagneten, der durch Temperaturfühler nach Erreichen einer bestimmten Temperatur angezogen oder abgestoßen wird. So wird die Stromversorgung zum Heizelement schnell ab- bzw. zugeschaltet. Es stehen Lötspitzen mit verschiedenen Spitzentemperaturen zur Verfügung.
Lötstation WD2M	Handlötgerät für feinere Lötarbeiten Zweikanal-Steuergerät mit Highspeed Regelung für Mikrolötwerkzeuge. Zugehörige Lötwerkzeuge besitzen einen Magnetschalter, so dass das Heizelement erst nach Entnahme aus der Halterung zugeschaltet wird.
Dispenser KDS834A	Dosiergerät mit elektronischem Fußschalter um Lotpaste auf Platine aufzutragen. Die Dosierung kann zeitgesteuert oder manuell erfolgen. Druckluft notwendig, wobei der einstellbare Druck unter 1mbar sein sollte.
Heißluftstation WAD 101	Heißluftstation für Löt und Entlötarbeiten an kleinen SMD-Bauteilen. Regulierung der Luftmenge über seitlichen Drehknopf. Druckluft notwendig.
Infrarotheizplatte WHP 3000	Heizplatte zum Vorheizen von Leiterplatten, wird hauptsächlich bei der Durchführung von Reparaturarbeiten verwendet um thermische Schäden zu reduzieren. Temperatursteuerung kann intern oder über externen Temperaturfühler erfolgen.
Montagehilfen	Zur Herstellung qualitativ hochwertiger Lötverbindungen von Hand, werden zunächst die zu verlötenden Teile erwärmt und anschließend das Lötzinn zugeführt. Um dies zu bewerkstelligen wird mit einer Hand der LötKolben und mit der anderen Hand das Lötzinn zugeführt, die zu verlötenden Teile können mit der „dritten Hand“ zueinander fixiert werden.
Stereomikroskop	Hilfsmittel für feine Lötarbeiten. Um einen optimalen räumlichen Eindruck zu erhalten müssen die Okulare auf die Augen, der damit arbeitenden Person, eingestellt werden.

Tabelle 3: Gerätebeschreibung

Zusätzlich befindet sich am Arbeitsplatz eine kleine Schublade mit Werkzeug für Lötarbeiten. Tabelle 4 zeigt den Inhalt der Schublade.


	Inhalt
	<ul style="list-style-type: none">- Abisolierzange- Flachzange- Seitenschneider- Abisolierwerkzeug 0,5mm- Pinzette spitz- Pinzette rund- Pinzette flach- Skalpell- Vakuumgriffel- Zinnpumpe- Pinsel fein- Entlötlitze- Flußmittelgel

Tabelle 4: Inhalt der Schublade am Arbeitsplatz



Bitte achten Sie darauf, die Arbeitsplätze sauber und aufgeräumt zu hinterlassen. Prüfen Sie außerdem vor dem Verlassen des Labors, ob die Druckluft an jedem Arbeitsplatz abgedreht und alle Geräte ausgeschaltet sind.

Vielen Dank!

3. Arbeitstechniken

3.1. Handlöten

Zum Handlöten stehen zwei Lötstationen von Weller mit den Bezeichnungen WTCP 51 und WD2M zur Verfügung.



Abbildung 3: Lötstationen für Handlötarbeiten

Diese sind mit unterschiedlichen LötKolben ausgestattet, deren Lötspitzen sich wechseln lassen und deren Wahl entscheidenden Einfluss auf die Qualität der Lötstellen hat. Zu beachten ist, dass zur Erwärmung der Lötstelle und des Lots zunächst nur die in der Lötspitze gespeicherte Wärmemenge zur Verfügung steht. Die Wärme fließt in die zu verlötenden Teile ab, wobei die Lötspitze abkühlt. Es dauert einige Zeit, bis die Temperaturregelung die Heizleistung des LötKolbens steigert und damit die Lötspitze wieder auf die gewünschte Temperatur erwärmt. Bei zu geringer Heizleistung der Lötspitze reicht die Wärmemenge nicht aus um das Lot aufzuschmelzen, dies tritt vor allem bei der Wahl einer zu kleinen Lötspitze auf. Hierbei ist zu beachten, dass eine Temperaturerhöhung bei zu klein gewählter Lötspitze nicht als Problemlösung dient, da das für den Lötvorgang unbedingt notwendige Flussmittel sehr schnell thermisch zerstört wird. Die optimale Temperatur der Lötspitze richtet sich nach dem Lotmaterial und dem verwendeten Flussmittel. Die Temperatur der Lötspitze wird beim handlöten etwa um 100...120°C höher eingestellt, als die Schmelztemperatur des Lotes. Zur Unterstützung und Verringerung der Wärmeabfuhr kann zusätzlich die Infrarotvorheizplatte verwendet werden. Das wird vor allem dann notwendig, wenn die Platine oder größere Bauteile eine große Wärmemenge abziehen.

Zur Herstellung qualitativ hochwertiger Lötstellen stehen außerdem Montagehilfen zur Verfügung, da zunächst die zu verlötenden Teile erwärmt und erst anschließend das Lot zugeführt wird, wofür beide Hände benötigt werden. Vor dem Lötprozess müssen die beiden Fügeteile also so zueinander fixiert werden, wie sie später verlötet werden sollen.

3.2. Oberflächenmontage

Bei der Oberflächenmontage von Bauteilen werden zunächst Lotdepots auf Stellen der Leiterplatte erzeugt, an denen diese später mit den Anschlüssen der Bauteile verlötet werden sollen. Dabei kann das Lotdepot mit Hilfe eines Dispensers, durch Aufschmelzen oder auch durch Schablonendruck erzeugt werden. Im Anschluss werden die Bauteile entweder mit der Heißluftstation oder im Lötöfen verlötet.

3.2.1. Erzeugen eines Lötdepots

3.2.1.1 Dispensieren

Beim **Dispensieren** wird mit Hilfe einer druckluftgesteuerten Dosiervorrichtung Lotpaste (Lotkügelchen, vermischt mit Fluss- und Lösungsmittel) auf die Landflächen der Leiterplatte aufgebracht. Die Lotmenge wird dabei durch die Größe der Dosiernadel sowie die Dosierdauer bestimmt und nicht durch den Druck mit der die Lotpaste beaufschlagt wird. Um ein separieren der Lotpaste, die dadurch unbrauchbar wird, zu vermeiden, sollte der Druck so gering wie möglich ($<1\text{bar}$) gewählt werden. Lotpaste wird mit unterschiedlich feinen Körnern und unterschiedlichen Viskositäten angeboten. An der Oberfläche der Lotkügelchen bildet sich eine Oxidschicht, deren Dicke vom Durchmesser der Kugeln relativ unabhängig ist. Allerdings gilt, je kleiner dieser Durchmesser, desto höher wird der Oxidanteil im Lot. Daher empfiehlt es sich, Lote mit größerem Kugeldurchmesser zu verwenden und somit den Oxidanteil geringer zu halten. Bei kleinen Lotdepots müssen entsprechend feine Dosiernadeln verwendet werden. Um einen ausreichenden Lotpastenfluss zu gewährleisten, muss ein entsprechend kleiner Kugeldurchmesser gewählt werden. Beim Dosieren der Lotpaste muss die Viskosität der Paste niedrig (350...450 Pas) sein, wohingegen die Viskosität beim Schablonendruck hoch (500...900Pas) sein muss. Außerdem muss die Lotmenge an die Größe des Löt pads angepasst werden. Gleichgroße Löt pads müssen mit der gleichen Lotmenge versehen werden.

Abbildung 4 zeigt die eigentliche Dosiervorrichtung, welche über einen Fußschalter am Boden gesteuert werden kann, außerdem sind die Dosierspitze und die Lotpaste dargestellt sowie eine Leiterplatte mit Lotdepots.



Abbildung 4: Dosiervorrichtung; Dosierspritze mit Nadel, Werkzeug zum Befüllen, mit Lotpaste, befüllte Dosierspritze; Leiterplatte mit Lotdepots

Die Dosiervorrichtung kann im MANUELL oder TIMED Modus betrieben werden. Wobei im MANUELL Modus die Lotpaste solange mit Druck beaufschlagt wird, solange der Fußschalter betätigt ist. Im TIMED Modus hingegen wird die Zeit für den Dosiervorgang vorgegeben. Sobald der Fußschalter betätigt wird beginnt der Dosiervorgang für die vordefinierte Zeit und unabhängig davon, wie lange der Fußschalter betätigt wird. Dadurch lassen sich gleichmäßig große Lotdepots erzeugen.

3.2.1.2 Aufschmelzen

Beim **Aufschmelzen**, einer weiteren Methode um Lötdepots zu erzeugen, wird das Lot mit Hilfe einer Lotdepotspitze aufgebracht. Diese spezielle Spitze verfügt über eine kleine Mulde, welche mit Lot gefüllt wird, so dass sich dort ein Vorrat mit flüssigem Lot bilden kann. Anschließend wird die Lötspitze mit gleichmäßiger Geschwindigkeit und so, dass nur der flüssige Vorrat und nicht die Spitze selbst die Pads berührt, über die Löt pads der Leiterplatte geführt. Dabei benetzt das flüssige Lot die Leiterbahnen der Löt pads, wobei ein kleiner Teil der Vorratsmenge der Lötspitze vom Löt kolben auf das Löt pad fließt und dort verbleibt. Um eine sichere Benetzung der Löt pads sicherzustellen, müssen diese vor der Belotung mit Flussmittel bestrichen werden. Vorzugsweise wird diese Methode bei vielpoligen IC-Gehäusen mit kleinen Pitchabständen (0,6mm und kleiner) angewendet. Abbildung 5 zeigt die Lötdepotspitze die an die Lötstation WD2M montiert werden kann.

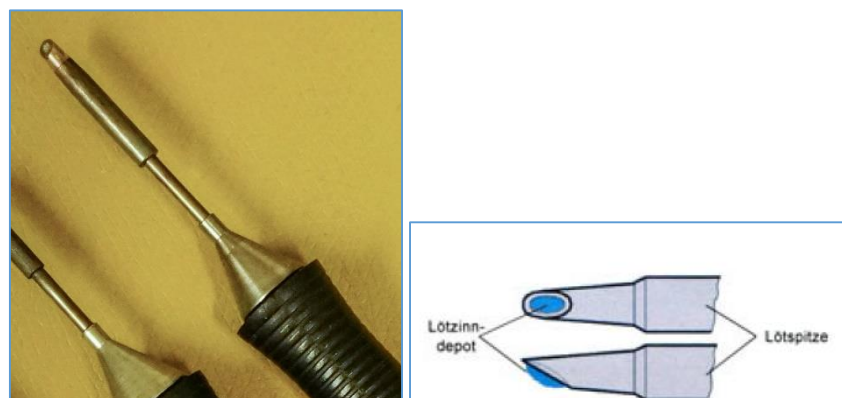


Abbildung 5: Lötdepotspitze

3.2.1.3 Löt schablone

Lotdepots können auch mit Hilfe einer Löt schablone, genau definiert und sehr präzise, auf einer Leiterplatte appliziert werden. Dies kann maschinell mit einem entsprechenden Drucker oder händisch mit einer Spachtel erfolgen. Als Druckschablone kommen dabei dünne Edelstahlbleche (100 bis 300µm Blechstärke) zum Einsatz. Diese enthalten Öffnungen an den Stellen, an denen Lotpaste auf die Leiterplatte aufgetragen werden sollen. Üblicherweise werden die Schablonen mit Lasern geschnitten

und erhalten anschließend eine Oberflächenbehandlung (bürsten, polieren, beschichten, usw.). Abbildung 6 zeigt die Vorrichtung um Lotpaste per Hand zu applizieren. Dabei wird die Schablone zunächst exakt auf der Platine ausgerichtet und anschließend fixiert. Die Lotpaste wird dann gleichmäßig mit einer Spachtel auf der Schablone verstrichen, so dass die Lotpaste durch die Öffnungen auf die Platine appliziert wird.

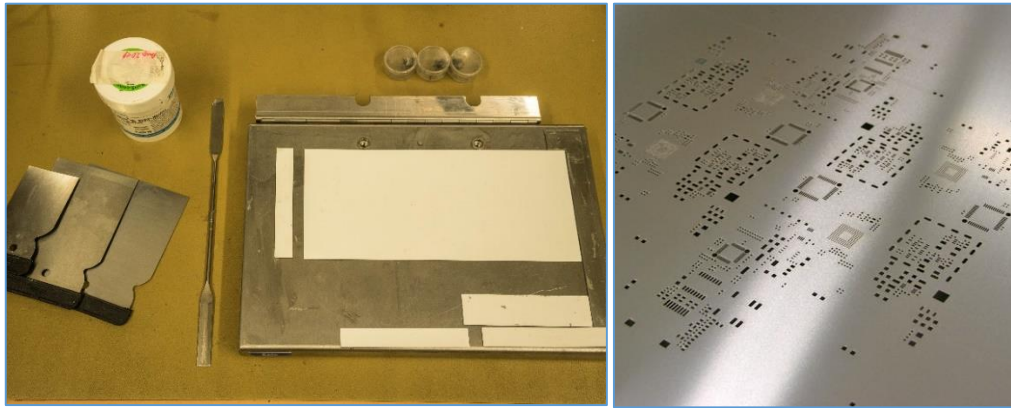


Abbildung 6: Material für Schablonendruck von Hand und typische Schablone

3.2.2 Platzieren der Bauteile

Mechanisch unempfindliche Bauteile, wie z.B. Widerstände und Kondensatoren, können mit Hilfe einer Pinzette bestückt werden. Um unterschiedliche Bauformen bestmöglich aufnehmen zu können, stehen Pinzetten mit verschiedenen Spitzen zur Verfügung. Bei Verwendung einer feinen Spitzenform ist darauf zu achten, die Kraft möglichst fein zu dosieren. Ein Verbiegen der Pinzettenspitzen sollte dabei auf jeden Fall vermieden werden. Die Verwendung einer breiten und stabileren Pinzette ist daher oft ratsam. Beim Absetzen des Bauteils in das Lotdepot, siehe hierzu Abbildung 7, ist darauf zu achten, die Pinzettenspitze nicht mit Lotpaste zu kontaminieren. Dadurch wird diese mit Flussmittel verschmutzt, in Folge dessen das Bauteil daran festklebt. Ein kontrolliertes Absetzen ist dann nicht mehr möglich und die Pinzette muss mit Isopropanol gereinigt werden.

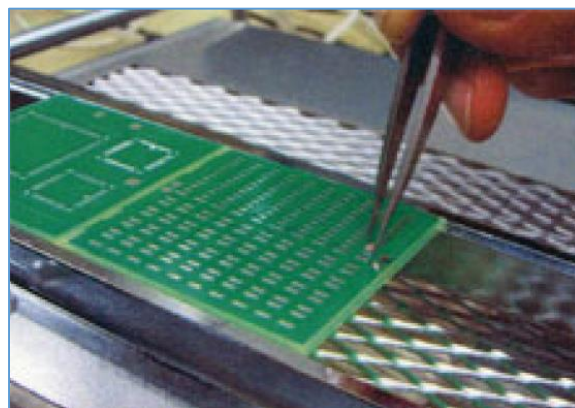


Abbildung 7: Bestücken einer Platine mit Pinzette

Bei empfindlicheren Bauteilen besteht bei der Verwendung einer Pinzette die Gefahr, dieses mechanisch zu beschädigen (z.B. durch Verbiegen der Bauteilanschlüsse). Eine schonende Möglichkeit der Bauteilaufnahme und -platzierung bietet die Verwendung einer Vakuumpinzette, die ebenfalls im Lötlabor zur Verfügung steht. Ein Unterdruck in der Nadelspitze dieser Pinzette sorgt für die Haftung des Bauteils an dieser. Zur besseren Abdichtung, vor allem bei größeren und schwereren Bauteilen, wird auf die Nadelspitze ein Gummisaugnapf aufgesteckt. Abbildung 8 zeigt ein mehrpoliges Bauelement das mit einer Vakuumpinzette aufgenommen wurde. Das aufgenommene Bauteil wird über die Leiterplatte positioniert und mit den Löt pads in Deckung gebracht. Decken sich das Leiterbild der Löt pads mit dem Anschlussbild der Bauteile, wird das Bauteil in das Lotdepot gesetzt und der Unterdruck in der Nadel wird aufgehoben. Besteht das Lotdepot aus Lotpaste, so haftet das Bauteil in der klebrigen Lotpaste und bleibt an seinem Bestückungsort liegen. Besteht das Lotdepot aus aufgeschmolzenem Lot, so muss vor dem Bestückungsvorgang auf die Lotdepots Flussmittel, optimal in Gelform, aufgebracht werden, damit das Bauteil am Bestückungsort liegen bleibt und anschließend problemlos verlötet werden kann.

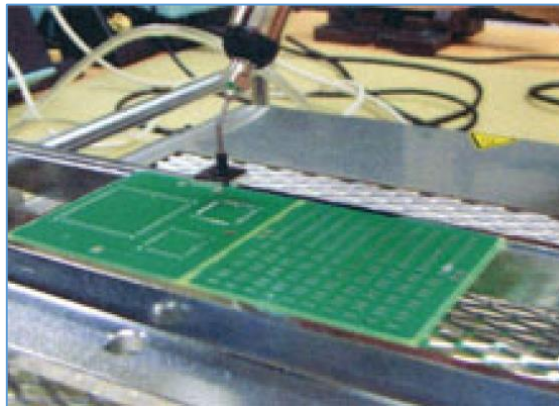


Abbildung 8: Bestücken einer Platine mit Vakuumpinzette

3.2.3 Reflowlöten

Das Verlöten der oberflächenmontierten Bauteile mit den Leiterbahnen des Schaltungsträgers erfolgt durch Aufschmelzen des Lotdepots. Das Auf- bzw. Wiederaufschmelzen des Depots wird als „Reflowlöten“ bezeichnet. Das Reflowlöten kann per Hand oder maschinell mittels Lötöfen stattfinden.

3.2.3.1 Reflowlöten per Hand

Das **Reflowlöten per Hand** erfolgt durch partielles Erwärmen der Baugruppe. Um die einzelnen Lötdepots soweit zu erwärmen, dass das Lot wieder aufschmilzt und sich eine Lötstelle ausbilden kann, ist es sinnvoll die gesamte Baugruppe großflächig mittels der Infrarotheizplatte vorzuwärmen. Das partielle Aufschmelzen des Lotes erfolgt mit Hilfe einer LötKolbenspitze oder mittels Heißluft. Abbildung 9 zeigt das Vorheizen der Leiterplatte sowie das partielle Aufschmelzen.

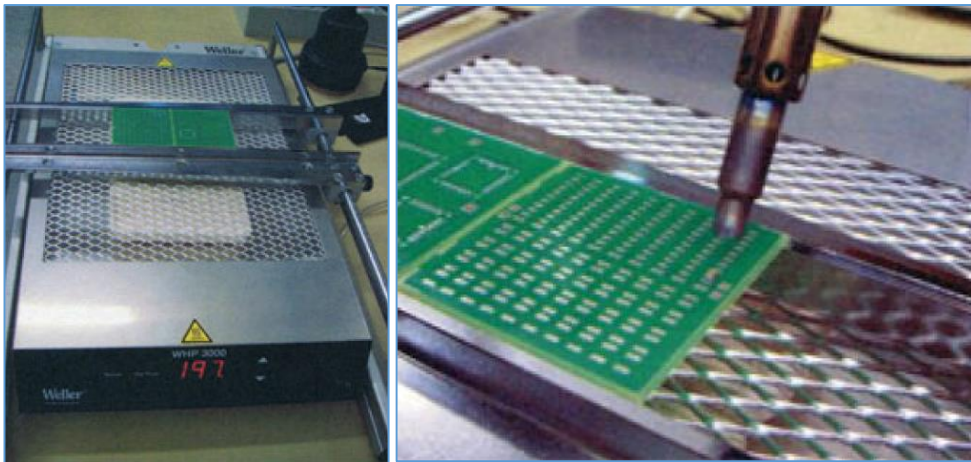


Abbildung 9: Vorheizen der Leiterplatte und partielles Aufschmelzen

Erfolgt das Aufschmelzen des Lotes mittels Heißgas, so ist darauf zu achten, dass das Erwärmen eines Bauteils so erfolgt, dass möglichst an allen Bauteilanschlüssen das Lot zu gleichen Zeit flüssig ist. Dies ist bei kleinen Bauteilen mit wenig Anschlüssen problemlos zu bewerkstelligen. Bei großvolumigen und vielpoligen Bauteilen ist das gleichzeitige Aufschmelzen allerdings nicht ganz so einfach und erfordert ein wenig Übung. Das gleichzeitige Aufschmelzen des Lotes an allen Anschlüssen gewährleistet zum einen, dass das Bauteil mit seinen Anschlüssen alle Lotdepots erreicht und zum anderen erfolgt durch die Oberflächenspannung des flüssigen Lotes eine Selbstzentrierung der Bauteilanschlüsse im Lotdepot.

3.2.3.2 Reflowlöten maschinell

Das maschinelle Reflowlöten erfolgt, indem die Baugruppe einem definierten Temperatur-Zeit-Verlauf ausgesetzt wird. Dabei befindet sich die Baugruppe zunächst auf Raumtemperatur und wird langsam auf die Vorheiztemperatur erwärmt. Durch das langsame Aufheizen (ca. 1...3°C pro Sekunde) wird gewährleistet, dass sich das Lösungsmittel der Lotpaste langsam verflüchtigt und die Paste nicht „aufkocht“, da dies sonst zu Lotkugeln außerhalb der Löstelle führen kann. In der Vorheizzone wird außerdem das Flussmittel aktiviert und so die Metallisierung des Schaltungsträgers und der Bauteile für den Lötvorgang vorbereitet. Das Aufheizen der Baugruppe über den Schmelzbereich des Lotes soll rasch erfolgen. Die maximale Temperatur, die auf der Baugruppe erreicht wird liegt dabei um ca. 30...50°C oberhalb der Schmelztemperatur des Lotes, wobei die Verweilzeit in diesem Bereich in der Regel bei 40...100s liegt. Nachdem sich die Lötstellen ausgebildet haben, kann die Baugruppe schnell auf Raumtemperatur abgekühlt werden. Ein solcher Temperaturverlauf wird als Lötprofil bezeichnet. Abbildung 10 zeigt ein typisches Lötprofil für bleifreies Lötzinn sowie die Vollkonvektionslötanlage im Bestück- und Lötlabor.

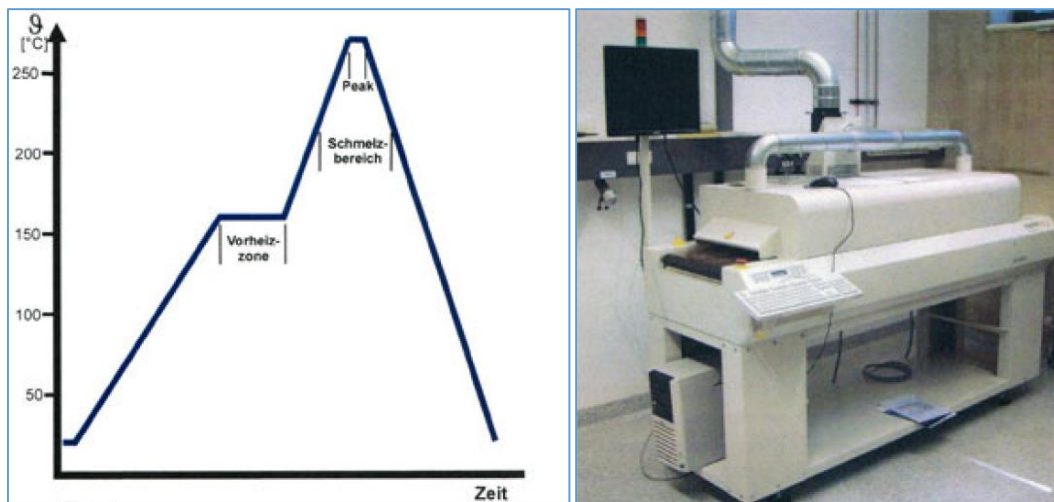


Abbildung 10: typischer Temperatur-Zeit-Verlauf (Lötprofil) eines Reflowlötprozesses mit bleifreiem Lötzinn und Vollkonvektionslötanlage

Im Lötöfen werden die Baugruppen mittels eines umlaufenden Transportbands durch unterschiedlich beheizte Zonen gefahren, wobei die Heizung mittels heißer Luft und der Wärmeübergang durch Konvektion erfolgt. Eine Anleitung zur Benutzung des Lötöfens liegt aus, zu beachten ist vor allem, die Absaugung einzuschalten, das richtige Programm zu wählen (passend zur Baugruppe und verwendetem Lötlötinn) sowie den Ofen auf mindestens 150°C abkühlen zu lassen bevor dieser ausgeschaltet wird.

4. Bauteilbevorratung im Lötlabor

Im Bestück- und Lötlabor werden ausgewählte Bauteile bevorratet, die den Studierenden frei zur Verfügung stehen. Die Bauteile sind in den blauen, roten und weißen Schubladenboxen im weißen Schrank auf der rechten Raumseite zu finden. Abbildung 11 zeigt die Schubladenboxen mit den bevorrateten Bauteilen. Eine Liste dieser Bauteile ist auf der Seite des Lötlabors zu finden:

<https://www.ee.hm.edu/fk04/labore/avt.de.html>



Abbildung 11: Bevorratete Bauteile im Bestück- und Lötlabor

In der Regel sind die Bauteile als E-Reihe vorhanden, wobei es sich um eine genormte Folge von Eigenschaftswerten elektrischer Bauelemente handelt. Dabei gibt die Zahl hinter dem E an, wie viele Werte die Reihe innerhalb einer Dekade enthält. Im Folgenden sind die Werte der E6 und E12-Reihen aufgelistet:

E6 – Reihe: 1,0 / 1,5 / 2,2 / 3,3 / 4,7 / 6,8
E12 – Reihe: 1,0 / 1,2 / 1,5 / 1,8 / 2,2 / 2,7 / 3,3 / 3,9 / 4,7 / 5,6 / 6,8 / 8,2

Bei Fragen rund um das Bestück- und Lötlabor wenden Sie sich bitte an die Laborbetreuer:

Armin Hadzimujic: Email: armin.hadzimujic@hm.edu Telefon: -3680

Thomas Schalk: Email: thomas.schalk@hm.edu Telefon: -3444



- Bitte achten Sie darauf, Bauteile nicht durcheinander zu bringen und sortieren Sie diese nicht zurück! Die Verwechslungsgefahr ist hierbei zu groß und es sollten keinesfalls abweichende Werte in die beschrifteten Döschen geraten.

- Bitte hinterlassen Sie Ihren Arbeitsplatz aufgeräumt und sauber. Außerdem ist darauf zu achten, dass alle Geräte ausgeschaltet sind sowie die Druckluft abgedreht ist.

- Sollten Bauteile fehlen oder ein Gerät nicht funktionieren, schreiben Sie bitte eine kurze Email an die Laborbetreuer.