

Wissenswertes übers Löten

Das Löten gehört nach wie vor zu den zuverlässigsten und wirtschaftlichsten Verbindungstechniken in der Elektronik. Die häufig prophezeite Verdrängung durch andere Methoden ist unterblieben, im Gegenteil, durch die Entwicklung vom handwerklichen zum wissenschaftlichen Löten konnte auch höchsten Qualitätsanforderungen entsprochen werden.

Dieser Wandel innerhalb der Löttechnik wurde von vielen, die sich nur gelegentlich mit Löten beschäftigen, kaum wahrgenommen. Es soll deshalb im folgenden Artikel versucht werden, eventuelle Wissensdefizite auszugleichen, wobei, und das muß vorausgeschickt werden, das Weichlöten und hier speziell das Kolbenlöten im Mittelpunkt der Betrachtung steht.

Der Vollständigkeit halber sei kurz auf die Unterschiede hingewiesen: Die Definition des Begriffes „Löten“, nach der Metalle mit Hilfe von metallischen Bindemitteln (Lote) haltbar zusammengefügt werden, gilt für Hart- und Weichlöten gleichermaßen. Unterscheidungskriterium ist lediglich die Arbeitstemperatur. Im Gegensatz zum Hartlöten (offene Flamme, Glühen der zu verbindenden Metalle, Kupfer-Zink-Legierung als Bindemittel) liegen die Schmelztemperaturen der Lote beim Weichlöten meist weit unter jenen der zu verbindenden Metalle, die Arbeitstemperaturen übersteigen 450° C nicht.

Innerhalb der Weichlöttechnik haben insbesondere zwei Methoden Verbreitung gefunden, das Kolbenlöten, bei dem Lötstelle und Lot durch einen von Hand geführten LötKolben erwärmt werden, und in jüngerer Zeit das Maschinenlöten, das dort an Bedeutung gewinnt, wo Leiterplatten in Serie zu löten sind. Wie bereits erwähnt, wollen

wir unsere Ausführungen auf das Kolbenlöten beschränken, auf jene Löttechnik also, mit der Profi- und Hobbyelektroniker gleichermaßen konfrontiert werden.

Verschiedene Faktoren bestimmen die Qualität einer Lötung, so die Reinheit der Lötstelle, Lötdauer und -temperatur und infolgedessen die eingesetzten Lötmittel und richtige Gerätewahl. Wenden wir uns diesen Faktoren im einzelnen zu:

Das Flußmittel

Wie oben erwähnt, ist eine metallisch reine Lötstelle Voraussetzung für ein fehlerfreies Löten. Verunreinigungen und Oxidschichten (Verbindungen des

Metalls mit Sauerstoff) verhindern die Benetzung der zu verbindenden Metalle mit Lot. Übrigens bilden alle Metalle, außer Gold und Platin, solche Oxidschichten, sobald sie mit dem Sauerstoff der Luft in Berührung kommen. Dies ist wichtig zu wissen, denn häufig sind diese Oxidschichten dünn und durchsichtig, also kaum mit dem Auge wahrnehmbar.

Flußmittel ist nun in der Lage, bei einigen Metallen, insbesondere aber bei Buntmetallen wie Kupfer, Zink, Zinn und deren Legierungen die Oxidschicht zu durchbrechen oder Oxide durch Sauerstoffentzug in ihren metallischen Zustand zurückzuführen (Reduktion), so daß flüssiges Lot sich mit

Tabelle 1: Auswahl von Flußmitteln zum Weichlöten nach DIN 8511, Blatt 2

Typ-Kurzzeichen	Typbeschreibung und Merkmale	Lieferform	Hinweise f. die Verwendung
F-SW 12	auf der Basis von Zink- und ggf. anderen Metallchloriden und/oder Ammoniumchlorid. Die Flußmittelrückstände sind sorgfältig mit Wasser abzuwaschen.	Flüssigkeit	Kühlerbau Klempnerarbeiten Tauchverzinnen
F-SW 22	auf der Basis von Zink- und ggf. anderen Metallchloriden in organischer Zubereitung (z. B. höhere Alkohole, Fette und Mineralölprodukte) jedoch ohne Ammoniumchlorid. Die Flußmittelrückstände sind im allgemeinen mit einem geeigneten Reinigungsverfahren zu beseitigen.	Flüssigkeit Paste Lot- und Flußmittelgemisch	Kupfer und Kupferleg., Kupferrohrinstallation
F-SW 25	auf Basis organischer Halogenverbindungen (z. B. Anilinhydrochlorid, Cetylpyridinbromid, Hydrazinhydrochlorid). Flußmittelrückstände sind sorgfältig mit Wasser abzuwaschen.	Flüssigkeit Paste Pulver	Elektrotechnik, bes. für Tauch- und Induktionslöten Metallwaren, Feinlötungen
F-SW 26	auf Basis natürlicher Harze (Kolophonium) oder modifizierter natürlicher Harze mit Zusätzen organischer halogenhaltiger Aktivatoren (z. B. Glutaminsäurehydrochlorid). Die Flußmittelreste rufen bei Nichteisenmetallen keine Korrosion hervor; sie können deshalb auf der Lötstelle bleiben.	Pulver, Flußmittelsee in Weichloten Lot-Flußmittelgemische Flüssigkeit	Elektrotechnik Elektrogerätebau Metallwaren (bes. für Induktionslöten)
F-SW 31	auf der Basis natürlicher oder modifizierter natürlicher Harze ohne Zusätze. Die Flußmittelrückstände können auf der Lötstelle verbleiben.	Pulver, Flußmittelsee in Weichloten	Elektrotechnik, Elektronik, Abdeckung von Lotbädern
F-SW 32	auf der Basis natürlicher oder modifizierter natürlicher Harze mit organischen halogenfreien Aktivierungszusätzen (z. B. Stearin-, Salizyl-, Adipinsäure). Die Flußmittelrückstände können auf der Lötstelle bleiben.	Pulver, Flußmittelsee in Weichloten Flüssigkeit	Elektrotechnik, Elektronik Miniaturtechnik gedruckte Schaltungen

dem Werkstoff in Form winziger Verzahnungen verbinden (eindiffundieren) kann.

Flußmittel befreit aber nicht nur die Metalle von Oxidschichten, es verhindert auch gleichzeitig die Bildung neuer Oxidation während des Lötvorgangs, und es verringert die Oberflächenspannung des Lotes, was eine bessere Benetzung der Metalloberfläche mit Lot ermöglicht.

Je nach Anwendungsbereich werden in der Löttechnik säurehaltige (korrosive) und weitgehend säurefreie (nicht korrosive) Flußmittel eingesetzt. Letztere bestehen in aller Regel aus Natur- und Kunstharzen (Kolophonium), die in Alkohol oder Spiritus gelöst sind. Im Elektro- und Elektronikbereich sollten nur diese Flußmittel Verwendung finden. Zum Löten von Eisen, Messing usw. hingegen eignen sich säurehaltige Flußmittel, die jedoch nach dem Lötvorgang mit Wasser oder Lösungsmitteln neutralisiert werden müssen, um Korrosionsschäden zu vermeiden.

Das Aufbringen von Flußmitteln auf die Lötstelle ist ebenfalls vom Anwendungsbereich abhängig. So haben sich im wesentlichen zwei Verfahren herauskristallisiert und bewährt. Bei Installations- und Spenglerarbeiten sowie im Karosserie- und Kühlerbau z. B. wird das Flußmittel vor dem Lötvorgang auf die Lötstelle aufgetragen, während in der Elektrotechnik und Elektronik sog. Röhrenlote eingesetzt werden, die eine oder mehrere Flußmittelseelen enthalten. Hierdurch wird gewährleistet, daß das Flußmittel aus dem schmelzenden Lotmantel zur Spitze des LötKolbens und von dort zur Lötstelle fließt und damit seinen optimalen Wirkungsgrad erreicht (s. hierzu auch den Abschnitt Weichlote).

Weichlote

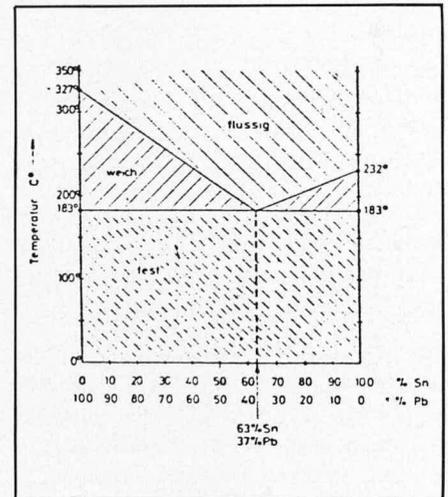
Die Qualität und Eigenschaften von Lötstellen erfahren in der Praxis häufig eine Bewertung nach unterschiedlichsten Kriterien. Dementsprechend wurde eine Vielzahl von Lotlegierungen

entwickelt. Für unsere Betrachtung genügt es hingegen völlig, wenn wir uns auf eine grundsätzliche Beschreibung der Weichlote und die für den Elektro- und Elektronikbereich gängigste Legierung beschränken.

Weichlote sind Zinn-/Blei-Legierungen mit geringen Zusätzen von Antimon (Sb), Silber (Ag), Cadmium (Cd) und Zink (Zn). Zinn kommt dabei eine besondere Bedeutung zu, weil es beim Weichlöten sehr viele Metalle gut benetzt, Blei hat die Aufgabe, das Lot fließfähiger und mechanisch belastbarer zu machen. Die am häufigsten in der Elektronik und Elektrotechnik benutzten Lote sind die Lotlegierungen L-SN 63 Pb und L-Sn 60 Pb, völlig geschmolzen bei 183° C bzw. 190° C und einem Zinngehalt von 63 % bzw. 60 %, von Elektronikern und Bastlern auch der Einfachheit halber als 60/40er Lot bezeichnet. Diese Lotlegierung hat den Vorteil, direkt vom festen in den flüssigen Zustand überzugehen, während alle anderen Mischungsverhältnisse eine teigige Übergangsphase durchlaufen (s. Schaubild).

Tabelle 2: Übersicht der nach DIN 1707 genormten Lote

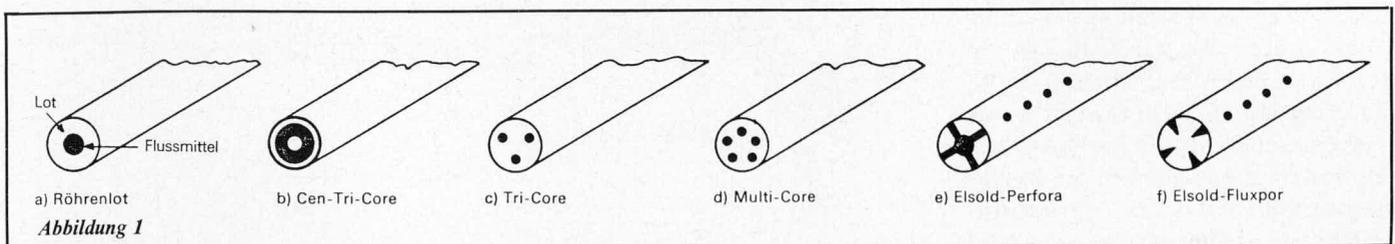
Gruppe	Kurzzzeichen	Werkstoffnummer	Zusammensetzung Gewichts-%	Schmelzbereich		Verwendung
				Solidus	Liquidus	
antimonhalt. (Ah)	L-pbSN4OSb	2.3442	40 Sn; 0,5 bis 2,4 Sb; Rest Pb	186° C	225° C	Kühlerbau, Klempnerlot
antimonhalt. (Ah)	L-Sn50PbSb	2.3653	50 Sn; 0,5 bis 3,0 Sb; Rest Pb	186° C	205° C	feinere Klempnerarbeiten
antimonarm (Aa)	L-Sn50Pb (Sb)	2.3655	50 Sn; 0,12 bis 0,5 Sb; Rest Pb	183° C	215° C	Feinlötungen
antimonarm (Aa)	L-Sn60Pb (Sb)	2.3665	60 Sn; 0,12 bis 0,5 Sb; Rest Pb	183° C	190° C	Feinlötungen Elektroindustrie
antimonfrei (Af)	L-Sn50Pb	2.3650	50 Sn; Rest Pb	183° C	215° C	Kupferrohr-Installation (Kaltwasser)
antimonfrei (Af)	L-Sn60Pb	2.3660	60 Sn; Rest Pb	183° C	190° C	Elektroindustrie
antimonfrei (Af)	L-Sn63Pb	2.3663	63 Sn; Rest Pb	183° C	183° C	gedruckte Schaltungen
mit Cu-Zusatz	L-Sn50PbCu	2.3651	50 Sn; 1,2 bis 1,6 Cu; Rest Pb	183° C	215° C	Elektrogerätebau, Elektronik
mit Cu-Zusatz	L-Sn60PbCu2	2.3662	60 Sn; 1,6 bis 2,0 Cu; Rest Pb	183° C	190° C	gedruckte Schaltungen
mit Ag-Zusatz	L-Sn60PbAg	2.3667	60 Sn; 3,0 bis 4,0 Ag; Rest Pb	178° C	180° C	Elektronik
mit Ag-Zusatz	L-Sn63PbAg	2.3666	63 Sn; 1,3 bis 1,5 Ag	178° C	178° C	gedruckte Schaltungen



Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß für Lötarbeiten in der Elektrotechnik und Elektronik Lötdrähte mit einer oder mehreren Flußmittelseelen eingesetzt werden.

Abbildung 1 zeigt diese Anordnungen der Flußmittelfüllungen.

Im Kühler- und Karosseriebau sowie bei Installations- und Spenglerarbeiten finden hingegen massive Lötdrähte oder Stangenlot Verwendung.



Der LötKolben

Von der auszuführenden Lötarbeit hängt es ab, welche LötKolben eingesetzt werden, oder anders ausgedrückt, die erforderliche Heizleistung muß dem jeweiligen Anwendungsfall angepaßt sein. Die folgenden Abbildungen zeigen eine Reihe gängiger und bewährter Produkte mit entprechenden Anwendungshinweisen.

LötKolben mit einer Heizleistung von 5 W eignen sich für allerfeinste Lötungen (unter Lupe oder Mikroskop) und Mikroschaltungen, wie sie z. B. in Quarzarmbanduhren vorhanden sind.

LötKolben mit einer Leistung bis 30 W sind geeignet zum Löten an gedruckten Schaltungen in der Funk- und Fernsehtechnik, zum Verlöten von kleinen Steckern und Verteilerleisten.

Lötpistolen oder Schnell-Lötgeräte eignen sich durch ihre kurze Anheizzeit (10 s) besonders für Einzellötungen, wie sie im Servicebetrieb oft anfallen.

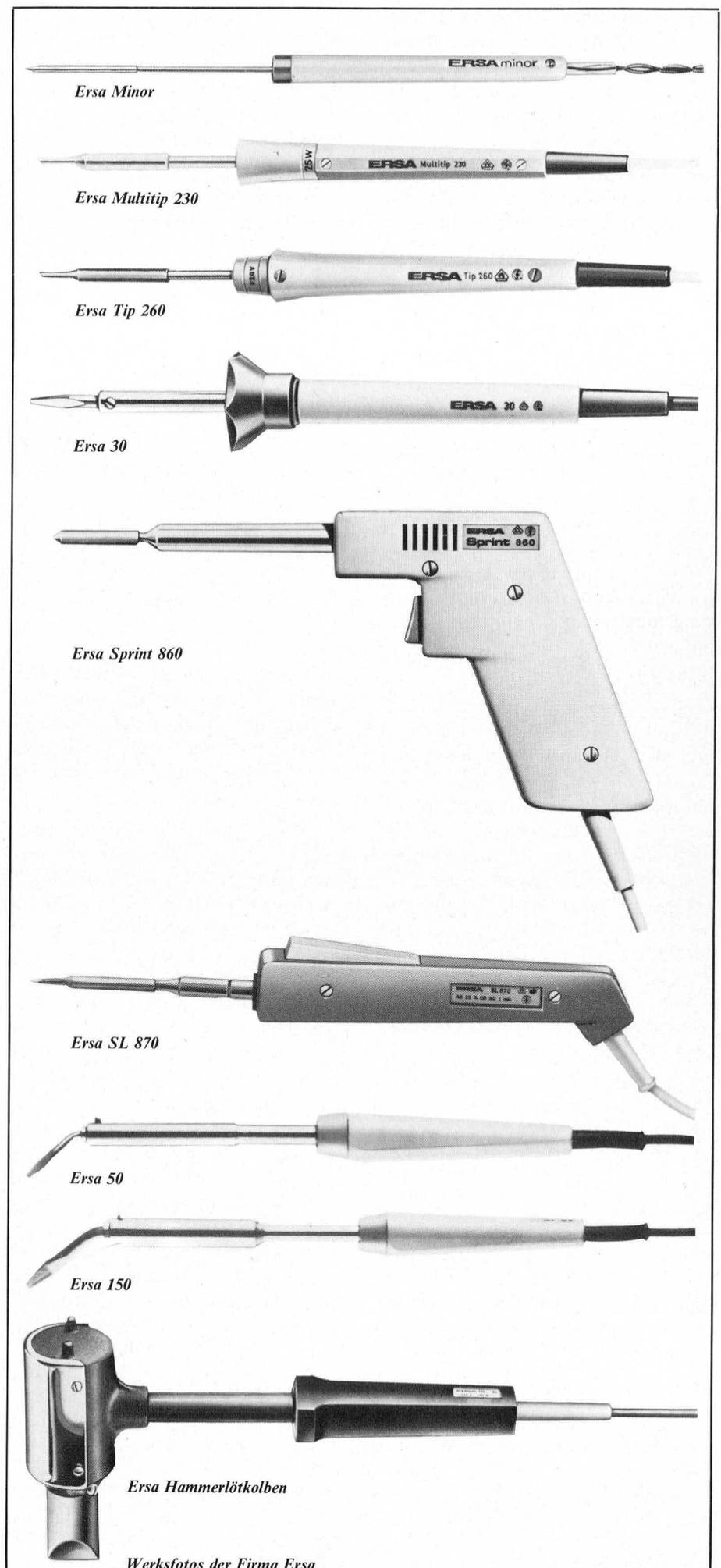
LötKolben von 50 bis 150 W eignen sich zum Löten von Drähten bis 2,5 mm Durchmesser sowie für Blechlötungen bis zu einer Dicke von 1,5 mm (an Eisen- und Kupferblechen).

Heizleistungen von 250 bis 750 W werden hauptsächlich für Installateur- und Spenglerarbeiten benötigt.

Da jedoch nicht alleine die Wahl des richtigen Kolbens, sondern auch der Umgang mit dem Gerät und vor allem mit der Lötspitze für eine ordentliche Lötung von äußerster Wichtigkeit ist, wollen wir uns mit dem Aufbau und der Handhabung näher befassen.

Im wesentlichen besteht ein LötKolben aus den Teilen Griffereinheit, Heizkörper und Lötspitze.

Der Gestaltung des Kolbengriffes kommt, ebenso wie dem Kolbengewicht übrigens, besondere Bedeutung zu, wenn mit einem Lötgerät häufig gearbeitet wird. Griff erwärmung, Griffdurchmesser und ergonomische Formgebung sind für ein ermüdungsfreies, zielsicheres Arbeiten entscheidend. Der Käufer eines LötKolbens sollte darauf achten, daß der Kolben gut in der Hand liegt, eine möglichst optimale Schwerpunktlage erreicht wurde und keine störenden Ecken oder Kanten bei längeren Arbeiten zu Druckstellen führen können. Die Griff erwärmung sollte 60° C möglichst



nicht übersteigen, eine Griff erwärmung von 70° C z.B. ist für den Anwender unzumutbar. Griffbefestigungsschrauben sollten nach Möglichkeit aus Kunststoff und nicht aus wärmeleitendem Metall bestehen.

Der Heizkörper eines LötKolbens dient als Wärmeerzeuger. Er funktioniert nach dem gleichen Prinzip wie z.B. ein Bügeleisen oder ein elektrischer Heizofen: Eine Drahtspirale wird mit Hilfe elektrischen Stroms zum Glühen gebracht und gibt Wärme ab. Der Heizdraht selbst besteht aus einem Widerstand-Werkstoff, z.B. aus Chromnickel. Zur elektrischen Isolation verwendet man keramische Stoffe und Glimmer. Den Heizkörper eines LötKolbens sollte man nie mechanischen Belastungen aussetzen oder z.B. zur Abkühlung nach dem Löten in Wasser abschrecken. Dieser so selbstverständliche Hinweis findet häufig gerade im Hobbybereich keine Beachtung, obgleich man eigentlich davon ausgehen müßte, daß der mit dem LötKolben Arbeitende sich über die Tatsache, daß es sich um ein elektrisches Gerät handelt, im klaren sein sollte.

Die Lötspitze dient dem Wärmetransport vom Heizkörper zur Lötstelle und ist gleichzeitig Übertragungselement von Lot. Sie bedarf deshalb besonderer Aufmerksamkeit. Man unterscheidet einerseits innenbeheizte Lötspitzen, die das Heizelement des Kolbens umschließen, und andererseits außenbeheizte, welche vom Heizelement umschlossen werden. Ein weiteres Unterscheidungskriterium ist die Oberflächenbeschaffenheit der Lötspitze. Hier findet man

- die reine Kupferspitze
- Dauerlötspitzen
- Stahlspitzen.

Die reine Kupferspitze wird der Forderung nach hoher Wärmeleitfähigkeit am besten gerecht. Sie hat jedoch den großen Nachteil, daß sie durch die Berührung mit Flußmittel und Lot starkem Verschleiß unterliegt und durch den Einfluß der Temperatur sehr schnell verzündert (oxidiert). Da Kupfer durch das Lot aufgelöst wird, kommt es zu Auswaschungen. Beides, Zunder und Auswaschungen, führt zu einer Erhöhung des Wärmeübergangswiderstandes und damit der Erwärmungszeit. Um diese Nachteile auszugleichen, ist ein häufiges Nacharbeiten der Lötspitze mit einer Feile erforderlich. Der von einigen Herstellern durch

Alu-Kupfer-Legierungen oder einen Nickelauftrag geschützte Spitzenschaft führt zwar dazu, daß das Schaftende weniger verzündert und damit zumindest für die Wärmeübertragung vom Heizelement auf die Spitze günstige Bedingungen bestehen, jedoch ist ein Schutz der Lötbahn nicht gegeben.

Der Forderung nach hoher Wärmeleitfähigkeit bei gleichzeitiger Verbesserung der Spitzenstandzeit entsprechen hingegen in der Regel die Dauerlötspitzen. Sie bestehen zwar ebenfalls aus Kupfer, sind jedoch durch eine galvanisch aufgebraute Chrom- und Eisenschicht gegen Oxidation und Verschleiß weitgehend geschützt. Man geht davon aus, daß eine Dauerlötspitze (z.B. ERSADUR) die 10- bis 25fache Lebensdauer einer normalen Kupferspitze erreicht.

Stahlspitzen sind nahezu völlig verschleißfest und für mehr als 2 Mio. Lötungen ohne Nacharbeit ausgelegt. Der Nachteil bei diesen Spitzen liegt jedoch in der mangelhaften und für manche Anwendungsfälle ungenügenden Wärmeleitfähigkeit. Stahlspitzen werden deshalb nur in Verbindung mit einer elektronischen Lötstation angeboten und sind lediglich dort zu empfehlen, wo es nicht auf die Schnelligkeit der Lötfolge ankommt und kleine Lötstellen bearbeitet werden.

Nach dieser Übersicht der gängigsten Spitzenarten noch ein Hinweis auf die Behandlung der Lötspitzen.

Kupferspitzen müssen vor dem Löten von Verbrennungsrückständen und Oxidprodukten befreit werden. Dies geschieht am einfachsten durch Reiben der Lötbahn auf Salmiakstein. Nach mehrmaligem Gebrauch muß die Spitze nachgefeilt werden.

Dauerlötspitzen hingegen dürfen *nicht* mit einer Feile bearbeitet werden, da sonst die Schutzschicht verletzt wird. Es genügt, diese Spitzen vor dem Löten an einem feuchten Viskoseschwamm abzuwischen. Es wird dabei bewußt die Betonung auf „vor dem Löten“ gelegt, denn die Spitze kann, wenn sie nicht mit Lot bedeckt ist, passiv werden und dadurch kein Lot mehr annehmen. In einem solchen Fall wird die heiße Spitze mit einer weichen Drahtbürste abgebürstet, in ein Flußmittel getaucht und verzinnt. Notfalls muß dieser Vorgang einige Male wiederholt werden.

Stahlspitzen sollten die gleiche Behandlung wie Dauerlötspitzen erfahren.

Praktisches Löten

Die materialbedingten Voraussetzungen für eine gute Lötung genügen alleine natürlich nicht, sie müssen ergänzt werden durch ein entsprechendes Vorgehen des Lötenden.

Zum einen ist darauf zu achten, daß die Arbeitstemperatur über der unteren Grenze des Lotschmelzbereichs liegt. Wird z.B. mit Untertemperatur gelötet, so werden die Lötstellen ungenügend benetzt, das Lot schmiert und platzt, die Gefahr einer „kalten Lötstelle“ besteht. (Von einer kalten Lötstelle spricht man, wenn das Lot nicht in die zu verbindenden Metalle eindiffundiert, sondern sie lediglich lose umgibt.)

Zu hohe Temperaturen andererseits machen Lot und Flußmittel unbrauchbar.

Beim Lötvorgang selbst bietet sich folgender Arbeitsablauf an:

Lötstelle mittels LötKolben erwärmen, Lötdraht der Lötstelle zuführen (niemals darf das Lot direkt erhitzt werden), Lot fließt und benetzt die Lötstelle, Lötspitze und Lötdraht entfernen.

Die Lötzeit sollte im allgemeinen 2 s nicht überschreiten. Nach dem Erkalten der Lötstelle sollten die Konturen des Leiters noch sichtbar sein. Eine korrekte Lötstelle hat eine glänzende, sehr glatte Oberfläche, mangelhafte Lötstellen sehen dagegen matt oder narbig aus.

Bei wärmeempfindlichen Bauteilen empfiehlt sich die Anbringung von Wärmeableitklammern (oder Pinzette bzw. Flachzange) zwischen Lötstelle und Bauelement.

Zum Schluß unserer Ausführungen noch ein Hinweis auf die in der modernen Elektronik immer häufiger eingesetzten temperaturgeregelten LötKolben, mit denen der Forderung nach immer kleineren und hochwertigen Lötstellen entsprochen wird. Diese LötKolben besitzen nahe an der Lötspitze einen Temperaturfühler, der in Verbindung mit einer Regelelektronik für die Einhaltung der stufenlos einstellbaren Temperatur sorgt. Durch diese Anpassung der Löttemperatur an die Lötstelle ist ein optimales Löten gewährleistet. Elektronisch geregelte Lötstationen (Abbildung) arbeiten mit einer galvanisch vom Netz getrennten

Kleinspannungsquelle, wodurch für die Bedienperson eine höchstmögliche Sicherheit erreicht wird.

Um Funkstörungen und Einstreuungen in empfindliche Meßgeräte zu verhindern, wird die Heizenergie im Nulldurchgang der Sinuswelle geschaltet. Außerdem kann durch eine sog. Potentialausgleichsbuchse an der Regelelektronik sehr einfach zwischen Lötkolbenspitze und der Bedienperson und der leitenden Arbeitsplatzunterlage Potentialgleichheit hergestellt werden. Dies ist besonders wichtig beim Verarbeiten von MOS-Bauelementen.

