

## Löttechniken für DMS-Installationen

### Einführung

Die am meisten angewandte Methode, um bei DMS-Schaltungen elektrische Verbindungen herzustellen, ist das Löten mit Weichloten in Drahtform. Andere Verbindungstechniken, z. B. mit Punktschweißen, Hartlöten, Druckkleben, Lötpasten und leitfähigen Epoxidharzen, stehen zur Verfügung, haben aber nur begrenzte Einsatzmöglichkeiten. Weichlote zeigen bei Anwendungen mit DMS-Installationen viele Vorteile; sie sind kostengünstig, in vielen verschiedenen Legierungen und damit Schmelztemperaturen verfügbar und als fester Lötendraht oder mit Flussmittelseele erhältlich. Sie sind einfach in der Anwendung und bieten für diesen Einsatzzweck ausgezeichnete elektrische und mechanische Eigenschaften.

Obwohl Löten eine grundsätzlich einfache Prozedur ist, müssen trotzdem angemessene Werkzeuge, zweckmäßiges Zubehör und sachgerechte Arbeitstechniken angewandt werden, um genaue Dehnungsmessungen zu gewährleisten. Das gilt besonders dann, wenn schwierige Versuchsanforderungen vorliegen, die in Bezug auf Langzeitstabilität, Dehnungsbereich, Ermüdungsverhalten, etc. an die Leistungsgrenzen der DMS-Schaltungen gehen. Der Einsatz inadäquater Materialien und Anwendungstechniken kann das messtechnische Leistungsvermögen der DMS entscheidend beeinträchtigen.

Der Zweck dieses Instruktions Bulletin ist es, empfohlene Vorgehensweisen und Materialien aufzuzeigen für das Anbringen von Verbindungsdrähten an DMS-Lötfahnen und Kontaktflächen von Lötstützpunkten. Diese zuverlässigen, auf lange Erfahrung beruhenden Methoden setzen voraus, dass zusammen mit dem bewährten Lötmaterial und Installationszubehör von Vishay Micro-Measurements, professionelle Qualitäts-Lötstationen eingesetzt werden.

### Lötstation und LötKolben

Für das Präzisionslöten bei DMS-Installationen ist eine temperatur- oder leistungsgesteuerte Lötstation, die die Lötspitze mit niedriger Spannung und einstellbarer Temperatur versorgt, unumgänglich. Ein unregelmäßiger, direkt vom Netz versorgter LötKolben ist gewöhnlich für DMS-Installationen unbrauchbar, da seine Lötspitzentemperatur bei weitem zu hoch ist. Bei solchen LötKolben oxidiert die Lötspitze sehr leicht, lässt Lötzinn sofort verdampfen und macht das Löten damit unnötig schwierig. Zusätzlich kann die zu hohe Temperatur dem DMS, der Kleberschicht und

sogar dem Messobjekt Schaden zufügen. Aus diesem Grund sollte es die Lötstation gestatten die LötKolbentemperatur so einzustellen, dass sie vielen verschiedenen Installationsbedingungen gerecht wird. Die Temperatur muss einerseits auf einen Wert eingestellt werden, der dem Schmelzpunkt verschiedener infrage kommender Lote entspricht, andererseits aber auch die Bedingungen am Arbeitsort (Zugluft, Kälte und dergl.) berücksichtigen. Darüber hinaus sollte die Lötstation so gestaltet sein, dass sie in der Nähe befindliche Messgeräte nicht durch elektrisches Rauschen stört, wenn beide gleichzeitig im Einsatz sind.

Die Ausführung des LötKolbens erfordert besondere Aufmerksamkeit. Er sollte leicht und gut ausbalanciert sein, mit einer hochflexiblen Zuleitung versehen und mit einem Griffbereich, der vom Heizelement thermisch isoliert ist. Solche Eigenschaften tragen stark zum Arbeitskomfort bei, erleichtern das Präzisionslöten und verhindern bei Langzeitarbeit das vorzeitige Ermüden der ausführenden Person. Die Lötspitze am LötKolben sollte meißel- oder schraubenzieherförmig sein. Runde, nadelförmige Lötspitzen sollten nicht benutzt werden. Diese Spitzen bieten eine nur sehr kleine Übertragungsfläche für die Temperatur, verlängern damit den Schmelzvorgang, ziehen Spikes aus dem Lötspunkt und machen es schwer, einen guten Lötspunkt zu erzielen. Im Gegensatz dazu haben flache Lötspitzen eine große Fläche zur Temperaturübertragung und lassen damit im Allgemeinen ein schnelleres, kontrollierteres und effektiveres Löten zu.

Die Lötgeräte von Vishay Micro-Measurements besitzen alle diese günstigen Eigenschaften und noch einige mehr, sodass mit ihnen konsistente und zuverlässige Lötverbindungen hergestellt werden können. Sie befinden sich bei professionellen DMS-Technikern weltweit im Einsatz, sowohl in der experimentellen Spannungsanalyse, als auch bei der Herstellung von Messwertaufnehmern.

### Auswahl des Lots

Vishay Micro-Measurements hält für die Anwender ein breites Sortiment an Weichloten bereit, um vielen verschiedenen Versuchsanforderungen gerecht zu werden. Während manchmal ein Lot nach bestimmten elektrischen und mechanischen Eigenschaften ausgesucht wird, ist die Grundlage für eine Entscheidung doch meistens der Schmelztemperaturbereich. Um eine Schädigung des DMS, der Kleberschicht oder des Probenwerkstoffs durch Über-

## Löttechniken für DMS-Installationen

hitzen zu vermeiden, setzt man z. B. Lote mit niedrigem Schmelzpunkt ein, wenn nichtmetallische Messobjekte vorliegen. Im Gegensatz dazu werden Lote mit hohem Schmelzpunkt benutzt, um nicht in Konflikt mit entsprechenden Temperaturbedingungen während der Messung zu geraten. Solche Lote sind in der Handhabung etwas schwieriger, weil bei den erhöhten Temperaturen das Flussmittel schnell verdampft und die Lötspitze oxidiert, beides erschwert den Lötprozess. Zum Löten mit hoch schmelzenden Loten sind spezielle LötKolbenspitzen zu empfehlen.

Für Routineanwendungen, wenn die Versuchsbedingungen weder nach niedrig- noch hoch schmelzendem Lot rufen, wird man sich für eine Lotlegierung mit einer mittleren Schmelztemperatur entscheiden. Ein 63/37% Zinn-Blei-Legierung (Typ 361A-20R) ist dann für DMS-Lötarbeiten eine ausgezeichnete Wahl. Dabei handelt es sich um eine eutektische Legierung mit einer scharf definierten Schmelztemperatur, ein Charakteristikum, das kalte Lötstellen im Wesentlichen ausschließt. Der Zusatz einer Spur Antimon zu dieser Legierung ergibt eine weitere Verhaltensverbesserung in Fällen, bei denen die Lötstellen für längere Zeit sehr niedrigen (kryogenen) Temperaturen ausgesetzt werden und die Gefahr von Zinnpest besteht.

Die Allzweck-Lötzinne werden mit einer Seele aus aktiviertem Kollophonium-Flussmittel, auch als Rosin-Flussmittel bekannt, geliefert. Das erleichtert das Löten sehr und ist besonders bei Arbeiten im Messfeld sinnvoll, wo separates Flussmittel in flüssiger Form (M-Flux AR) nicht immer verfügbar ist. Der Einsatz von festem Lötzinndraht (ohne Flussmittelseele) mit Säure-Flussmittel (M-Flux SS) wird empfohlen, wenn es um die Verdrahtungen von DMS mit den Gitterlegierungen K und D (modifizierte Karma- und Isoelastic-Legierung) von Vishay Micro-Measurements geht. Lotdrähte mit Rosin-Flussmittelseele sollten nicht zusammen mit separatem Säure-Flussmittel verwendet werden.

Silberlot (Typ 1240-FPA) wird eingesetzt, wenn die Lötverbindungen Temperaturen von über 290°C ausgesetzt werden. Dieses Lötmedium liegt als Paste vor und eignet sich nicht für das direkte Anlöten von Drähtchen auf die Lötflächen der DMS oder der Lötstützpunkte. Es ist vielmehr für die Lötverbindung von bereits am DMS vorhandenen Anschlussdrähtchen mit weiterführenden Leitern gedacht, z. B. bei der Installation von DMS der Serie WK. Dazu wird eine spezielle Widerstands-Lötstation benutzt. Die für diese Installationsart empfohlenen Techniken werden in dem Instruktions Bulletin TT-602 "DMS-Verdrahtung mit Silberlotpaste" eingehend beschrieben.

### Flussmittel

Die Funktion von Flussmitteln beim Löten ist es, von den zu verbindenden Komponenten (DMS-Anschlussflächen, Lötstützpunkte, Drähte/Litzen) Oxidation zu entfernen und während des Lötens weitere Oxidation zu verhindern. Wer-

den Drähte gespleißt und gelötet oder wird direkt auf die Konstantan- oder Kupferkontaktflächen einer DMS-Installation gelötet, ist ein Lötzinndraht mit Flussmittelseele in der Regel hinreichend. Bei Lot mit höherem Schmelzpunkt kann es jedoch notwendig werden weiteres Flussmittel zuzuführen. Für diesen Zweck ist ein flüssiges aktiviertes Flussmittel wie M-Flux AR zu empfehlen.

Auf Konstantan- oder Kupferkontaktflächen sollten niemals Säureflussmittel Verwendung finden. Das gilt auch für das Spleißen von Kupferdrähten oder -litzen, und pastenförmige Flussmittel, die Chloride enthalten, sollten für DMS-Installationen niemals und unter keinen Umständen herangezogen werden. Beim Verzinnen der blanken Anschlussflächen (solchen ohne Lötunkte der Opt. S) von DMS aus den Gitterlegierung K und D wird ein flüssiges Säureflussmittel (M-Flux SS) empfohlen. Nach dem Vorverzinnen müssen jedoch alle Flussmittelreste innerhalb von ein oder zwei Minuten restlos neutralisiert werden, und danach wird die Verdrahtung mit regulärem Lot (mit oder ohne Flussmittelseele) und dem Kollophonium-Flussmittel M-Flux AR fortgesetzt und fertiggestellt.

### Vorbereitung der Lötspitze

Neue, bisher unbenutzte Lötspitzen, sollten vor dem ersten Gebrauch verzinnt werden. Das geschieht am besten derart, dass im kalten Zustand um den Arbeitsbereich der Spitze ein Stück Lotdraht, 25 - 50 mm gewickelt wird. Wird dafür Lotdraht mit Flussmittelseele benutzt, ist kein externes Flussmittel erforderlich, allerdings sollte die so umwickelte Lötspitze in das flüssige Flussmittel M-Flux AR getaucht werden, um so zur ersten Verzinnung eine hinreichende Menge Flussmittel präsent zu haben. Jetzt wird die Lötstation auf den Schmelztemperaturbereich des benutzten Lötzinns eingestellt und eingeschaltet. Man wartet jetzt bis das umgewickelte Lötzinns komplett geschmolzen ist und wischt dann überschüssiges Lötzinns mit einem trockenen Gazetupfer von der Spitze. Man sollte niemals versuchen sich des überschüssigen Lötzinns mit einer Schleuderbewegung des LötKolbens oder durch Anschlagen an einen Gegenstand zu entledigen. Damit kann man sich selbst gefährden oder den LötKolben beschädigen.

**ANMERKUNG:** Vermischt man verschiedene Lötzinne indem man diese mit ein und derselben Spitze lötet, ergeben sich an der Spitze Lötzinnslegierungen, die weder chemisch noch thermisch und mechanisch die Eigenschaften des Lots haben, mit dem man gerade arbeitet. Um solche unerwünschten Legierungen "Kreuzungen" zu vermeiden, sollte man in der DMS-Technik für jedes benutzte Lot eine eigene Spitze reservieren. Es ist auch klar, dass eine Mischlegierung produziert wird, wenn ein vorverzinnter Lötspitze auf einer DMS-Anschlussfläche (Opt. S) aus einem bestimmten Lot besteht und das zur Verdrahtung benutzte Lot aus einem anderen. Von dieser Mischung kann man nicht erwarten, dass sie bessere Schmelzeigenschaften

## Löttechniken für DMS-Installationen

und bessere mechanische Festigkeit aufweist, als die Komponente mit dem niedrigeren Schmelzpunkt.

Oxidation der Lötspitze behindert das Löten in ernsthafter Weise. Die Tendenz zur Oxidation kann minimiert werden, indem man die Lötspitze immer gut verzinnt lässt, also überschüssiges Lötzinn einfach an der Spitze lässt, wenn die Lötarbeit beendet ist. Vernachlässigte Lötspitzenpflege oder das Abputzen der Lötspitze mit Materialien, die auf der Spitzenoberfläche verkohlen können, werden Oxidsschichten aufbauen, die gute Lötarbeiten verhindern. Oxidiert die Lötspitze, sollte man für effektives Reinigen und Verzinnen folgendermaßen vorgehen:

1. Die Lötstation auf die Schmelztemperatur des anzuwendenden Lötzinns einstellen.
2. Einige Tropfen M-Flux SS auf eine Glasplatte geben. Die Oberfläche der heißen Lötspitze in das M-Flux SS halten und Lötzinn zuführen. Eine großzügige Menge Lötzinn ist für ein gutes Verzinnen wichtig.
3. Überschüssiges Lötzinn mit einem trockenen Gazetupfer abwischen. Bei hochgradig oxidierten Spitzen muss diese Prozedur mehrmals wiederholt werden. Eine Lötspitze niemals mit Feilen oder Schmirgeln zu reinigen versuchen; damit wird die Plattierung der Spitze beschädigt, was wiederum die Oxidation beschleunigt und letztendlich zur Unbrauchbarkeit der Spitze führt. Nach dieser Reinigungsprozedur überschüssiges Lötzinn entfernen und mehrmals neu reinigen und verzinnen. Das geschieht mit Lötzinn mit Flussmittelseele oder mit festem Lötzinndraht unter Zuführung von M-Flux AR.

### Verzinnen von DMS-Anschlussfahnen und aufklebbaren Lötstützpunkten

Alle DMS-Anschlussfahnen, Kontaktflächen von Lötstützpunkten und Drähten müssen vor Herstellung der eigentlichen Lötverbindungen gut vorverzinnt werden. Das stellt sicher, dass sich alle aktiven Flächen während des Lötens hinreichend mit Lötzinn benetzen und sorgt für eine gute Wärmeübertragung. Zur Vereinfachung der Verdrahtungsarbeit sollten bei Litzen die zu löten Enden sorgfältig vorverzinnt werden, weil damit ein gut formbarer fester Leiter erzielt wird.

Bevor man die Anschlussfahnen eines DMS mit offenem Messgitter vorverzinnt, wird das gesamte Messgitter einschließlich des oberen Drittels der Anschlussfahnen mit PDT-1-Klebeband abgedeckt (siehe Abb. 1). Damit wird nicht nur das Messgitter vor Flussmittel und unabsichtlichen Lötzinnspritzern geschützt, sondern es bewirkt auch eine begrenzte, scharf definierte vorverzinnte Fläche. Diese Fläche sollte gerade groß genug sein, um der Größe des anzulötenden Drahtes so zu entsprechen, dass eine sichere Lötverbindung entsteht. Dieser Überlegung kommt besonders bei dynamischen Anwendungen oder bei Messungen

hoher Dehnung besondere Bedeutung zu.

Zum Vorverzinnen von DMS-Anschlussfahnen und Kontaktflächen von Lötstützpunkten wird zuerst einmal die heisse LötKolbenspitze gesäubert und auf sie eine kleine Menge Lötzinn aufgebracht. Danach gibt man auf die zu verzinnende Fläche einen Tropfen M-Flux AR (was bei Lötzinn mit Flussmittelseele nicht erforderlich ist). Besteht der DMS aus den Gitterlegierungen Karma) oder Isoelastic wird (nur auf die DMS-Anschlussfahnen) M-Flux SS aufgebracht.

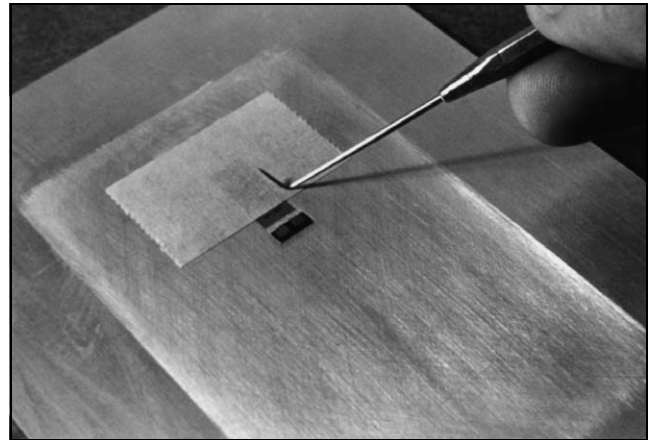


Abb. 1 - DMS-Gitter und oberer Teil der Anschlussfahnen mit Klebeband abgedeckt.

Der LötKolben wird jetzt in einem flachen Winkel ( $<30^\circ$ ) parallel über die zu verzinnende Fläche gehalten. Jetzt wird der Lötzinndraht flach auf die Anschlussfahne (oder die Kontaktfläche des Lötstützpunkts) aufgelegt, und mit der mit Lötzinn versehenen Lötspitze drückt man für ein oder zwei Sekunden flach auf das Lötzinn; dabei wird noch ca. 2 - 3mm Lötzinn nachgeschoben. Damit ist sichergestellt, dass für einen effizienten Verzinnungsprozess genug Lot und Flussmittel vorhanden sind. Jetzt werden mit einer einzigen Bewegung die Lötspitze und der Lotdraht gleichzeitig von der Fläche abgehoben.

**ANMERKUNG:** Entfernt man den LötKolben vor dem Lötzinn, kann es an der verzinnten Fläche hängen bleiben, im entgegen gesetzten Fall kann die Lötspitze aus der vorverzinnten Fläche einen Spike ziehen. Führt man der Vorgang jedoch wie beschrieben richtig durch, wird die Fläche mit einer gleichmäßigen, glatten Lötzinnschicht überzogen sein.

Wenn als Flussmittel M-Flux AR oder ein Lotdraht mit Flussmittelseele benutzt worden ist, brauchen Flussmittelreste jetzt nicht entfernt werden. Ist jedoch auf den blanken Flächen der DMS-Anschlussfahnen von DMS mit K- oder D-Gitterlegierung M-Flux SS verwendet worden, müssen die Flächen von den Resten dieses säurehaltigen Flussmittels sofort gereinigt werden. Das geschieht derart, dass man den gesamten Bereich mit einer großzügigen Menge von

## Löttechniken für DMS-Installationen

M-Prep Conditioner A mit einem weichen Pinsel sorgfältig abwäscht und mit einem Gazetupfer trocken tupft. Dann wird als nächstes der gleiche Bereich wiederum mit einer guten Menge M-Prep Neutralizer 5A sorgfältig gewaschen und trocken getupft.

**ANMERKUNG:** Spezielle Arbeitsschritte für das Verzinnen und Verdrahten von DMS, deren Anschlussfahnen mit einem vorverzinnten Lötstift (Opt. S) ausgerüstet sind, finden sich im Instruktions Bulletin TT-606 "Löttechniken zur Verdrahtung von DMS mit Lötstiften" von Vishay Micro-Measurements.

### Verzinnen und Anlöten der Drähte und Kabel

Natürlich müssen die Kabel- oder Litzen-/Drahtenden erst einmal abisoliert werden. Das bewirkt man am besten mit einem thermischen Abisoliergerät, um eine Verletzung der Kabel, Drähte oder Litzen zu vermeiden, was bei mechanischen Abisolierzangen häufig geschieht. Danach werden die Enden von Leitern oder Litzen eng verdrillt, und die Enden können jetzt mit den folgenden Arbeitsschritten einfach und sicher verzinnt werden:

1. Mit einem trockenen Gazetupfer die Lötspitze säubern. Dann legt man den LötKolben vor sich hin und lässt auf der heißen Lötspitze frisches Lötzinn aufschmelzen, das dort eine Halbkugel von etwa dem doppelten Durchmesser des zu verzinnenden Drahts bilden soll.
2. Wird ein Lötzinn mit Flussmittelsee benutzt, zieht man den blanken Draht jetzt langsam durch das aufgeschmolzene Lötzinn und führt dabei stetig weiteres Lötzinn zu. Wird Lötzinn ohne Flussmittelsee eingesetzt, benetzt man das blanke Draht-/Litzenende gut mit M-Flux AR (z. B. durch Eintauchen) und geht weiter wie beschrieben vor. So wird eine glatte, glänzende Verzinnung der blanken Draht-Litzenenden hergestellt.

Bei Anwendungen mit aufklebbaren Lötstützpunkten und Litze als Messkabel zum Instrument, ist es praktisch, wenn man ein Litzenelement als Verbindungsdrähtchen (Jumper) zwischen Lötstützpunkt und DMS-Anschlussfahne benutzt. In solchen Fällen wird das Litzenelement aus dem Litzenbündel heraus gebogen, bevor der Rest der Litzenelemente verdrillt und verzinnt wird (siehe dazu das Instruktions Bulletin TT-603 "Die richtige Anwendung von aufklebbaren Lötstützpunkten bei DMS-Installationen" von Vishay Micro-Measurements).

Alle Kabel und Verbindungsdrähtchen zum DMS und zum Lötstützpunkt sollten der Situation entsprechend richtig geformt und geführt und vor dem Anlöten mit Klebeband auf der Messobjekttoberfläche gut verankert werden. Würde man das Formen und die richtige Führung der Drähte und Kabel nach Herstellung der Lötverbindungen versuchen, würde das in vielen Fällen zur Schädigung des DMS oder der Lötstützpunkte führen. Die Führung der Kabel oder

Drähtchen in den Bereich der Lötverbindung hinein sollte immer in Richtung der minimalen Dehnung geschehen (also z. B. bei einem einachsigen Spannungsfeld in Richtung der Poisson'schen Querdehnung); das ist besonders wichtig bei Hochdehnungsmessungen oder bei dynamischen Anwendungen. Die getrimmten, verzinnten Kabel-/Drahtenden sollten kurz genug sein, damit sie nicht über die Trägerflächen von DMS oder Lötstützpunkt hinausragen und so die Gefahr eines Kurzschlusses mit dem Messobjekt entsteht. Abb. 2 illustriert diesen Arbeitsschritt. Zum Schluss wird das Draht-/Kabelende leicht gebogen, sodass ein federnder Bogen entsteht und das Ganze mit Klebeband befestigt. Der Klebebandrand sollte sich in einer Entfernung von ca. 3mm vom Lötstift befinden (siehe Abb. 3).

Jetzt wird die LötKolbenspitze gesäubert und mit frischem Lötzinn versehen. Die LötKolbentemperatur soll so eingestellt sein, dass das Lötzinn gut schmilzt, ohne dass es zu einem schnellen Verdampfen des Flussmittels kommt. Ist die Temperatur zu niedrig oder zu hoch, können schlechte Lötverbindungen die Folge sein oder der DMS, die Lötstützpunkte oder die Kleberschicht werden geschädigt. Als nächstes wird eine kleine Menge Flussmittel M-Flux AR auf den Lötverbindungsbereich aufgebracht und indem man den LötKolben fast horizontal hält, wird mit der flachen Seite der Lötspitze eine Sekunde lang fest auf den Lötstift gedrückt; danach wird die Lötspitze von der Lötverbindung abgehoben. Wenn erforderlich, kann man während des Lötvorgangs zusätzliches Flussmittel zuführen, indem man ein wenig Lötzinn mit Flussmittelsee zugibt. Die geschilderte Vorgehensweise sollte einen glatten, kuppelförmigen Lötstift ergeben, ohne Spikes oder irgendwie gezackten Konturen. Haben sich Lötstifte ergeben die weder glatt noch in ihrer Größe gleichmäßig sind, sollte man den Vorgang wiederholen und dabei, je nach Erfordernis, mehr Flussmittel oder Lötzinn zuführen.

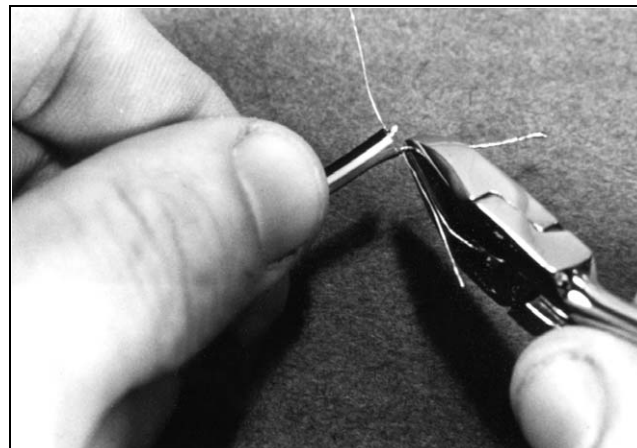


Abb. 2 - Trimmen der Drahtenden vor der Befestigung mit Klebeband.

## Löttechniken für DMS-Installationen

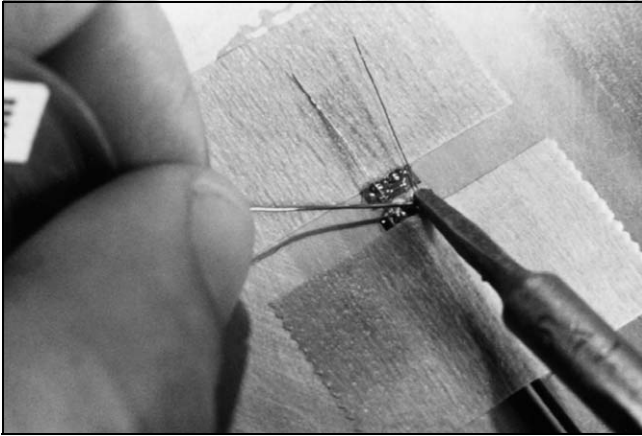


Abb. 3 - Kabelende in Vorbereitung zum Löten auf der Oberfläche befestigt.

### Säubern und Überprüfen der Lötverbindungen

Nachdem die Lötverbindung fertig gestellt ist, müssen auf jeden Fall alle Reste und Spuren von Flussmittel mit RSK Rosin Solvent (Lösungsmittel für Kollophonium-Flussmittel) komplett entfernt werden. Dieses Lösungsmittel wird jetzt auch benutzt, um das Mastix der eingesetzten Klebebänder aufzuweichen, um sie so leicht und gefahrlos ablösen zu können. Man soll nicht versuchen, die Klebebänder mit einer Pinzette oder ähnlichem Werkzeug einfach abziehen, da dieses die Lötverbindungen oder das DMS-Messgitter beschädigen könnte. Dann wird der gesamte Installationsbereich ausgiebig mit Rosin Solvent und einem weichen Pinsel abgewaschen. Besonders der unmittelbare Bereich der Lötverbindung muss so gesäubert werden, bis keine sichtbaren Reste von Flussmittel mehr vorhanden sind. Jetzt wird die ganze gewaschene Fläche mit einem Gazetupfer oder sauberem, fusselfreiem Reinigungspapier trocken getupft. Jegliche Spuren von Flussmittelresten können in Instabilität und Drift der Messstelle resultieren und die Haftung von Schutzabdeckmitteln behindern. Ein Mischen von Schutzabdeckmitteln mit Flussmittelresten kann die Funktion des Abdeckmittels total außer Kraft setzen.

Die Lötverbindungen werden jetzt im Hinblick auf ein raues oder gezacktes Erscheinungsbild und auf Flussmittelreste einer visuellen Inspektion unterzogen. Die Lötunkte sollen glatt, glänzend und gleichmäßig im Aussehen sein. Alle fragwürdig erscheinenden Lötverbindungen sollten noch einmal gelötet und die Flussmittelreste danach sorgfältig entfernt werden. Im nächsten Schritt wird mit dem DMS-Installationstester Modell GIT 1300 der Widerstand zwischen der Installation und dem Messobjekt gemessen (Widerstand gegen Masse). Widerstandswerte die zu niedrig liegen oder sich im marginalen Grenzbereich befinden deuten auf Kriechstrompfade zwischen den Lötverbindungen und dem Messobjekt hin. Meistens sind entweder Flussmittelreste oder Teilkurzschlüsse zwischen blanken

Stellen von Verbindungsdrähtchen und Messobjekt schuld an dieser Situation. Die mechanische Festigkeit von Lötverbindungen sollte nicht durch Ziehen oder Rütteln an den Drähtchen oder Kabeln geprüft werden, weil das meistens zu Beschädigungen am DMS oder den Lötstützpunkten führt.

### Zusammenfassung

Die Fähigkeit durchgehend gute Lötverbindungen herstellen zu können, ist für Präzisions-Dehnungsmessungen von entscheidender Bedeutung. Die hier beschriebenen Techniken sind auf der einen Seite unkompliziert und einfach zu meistern, auf der anderen Seite aber, wenn sie mit für DMS-Installationen professionellen Werkzeugen ausgeführt werden, höchst wirksam und zielführend. Der LötKolben sollte leicht sein, mit einer schraubenzieher- oder meiselförmige Lötspitze ausgerüstet sein und ein hochflexibles Verbindungskabel zur Lötstation haben. Diese sollte den LötKolben mit niedriger Spannung versorgen und eine gut funktionierende Regelung für die Löttemperatur zur Anpassung an alle möglichen Installationsbedingungen enthalten. Die Lötausrüstung sollte keine elektrischen Störungen austreten, die empfindliche Messgeräte in der Umgebung beeinträchtigen könnten. Die Überlegungen hinsichtlich der Lötzinne basieren im Wesentlichen auf den zu erwartenden Arbeitstemperaturen der DMS-Installation. Alle DMS-Anschlussfahnen, Lötstützpunkte und Draht-/Kabelenden sollen vor Herstellung der Lötverbindungen gut vorverzinnt sein. Die Lötverbindungen oder Lötunkte selbst sollten immer glatt und glänzend sein, ohne gezackte, irreguläre Ränder. Alle Reste von Flussmitteln müssen vor dem Aufbringen von Schutzabdeckmitteln auf das sorgfältigste entfernt werden. Der Einsatz von empfohlenen Materialien und Techniken und penibles Beachten der Details wird dann in durchgehend sachgerechten und zuverlässigen Lötverbindungen resultieren.