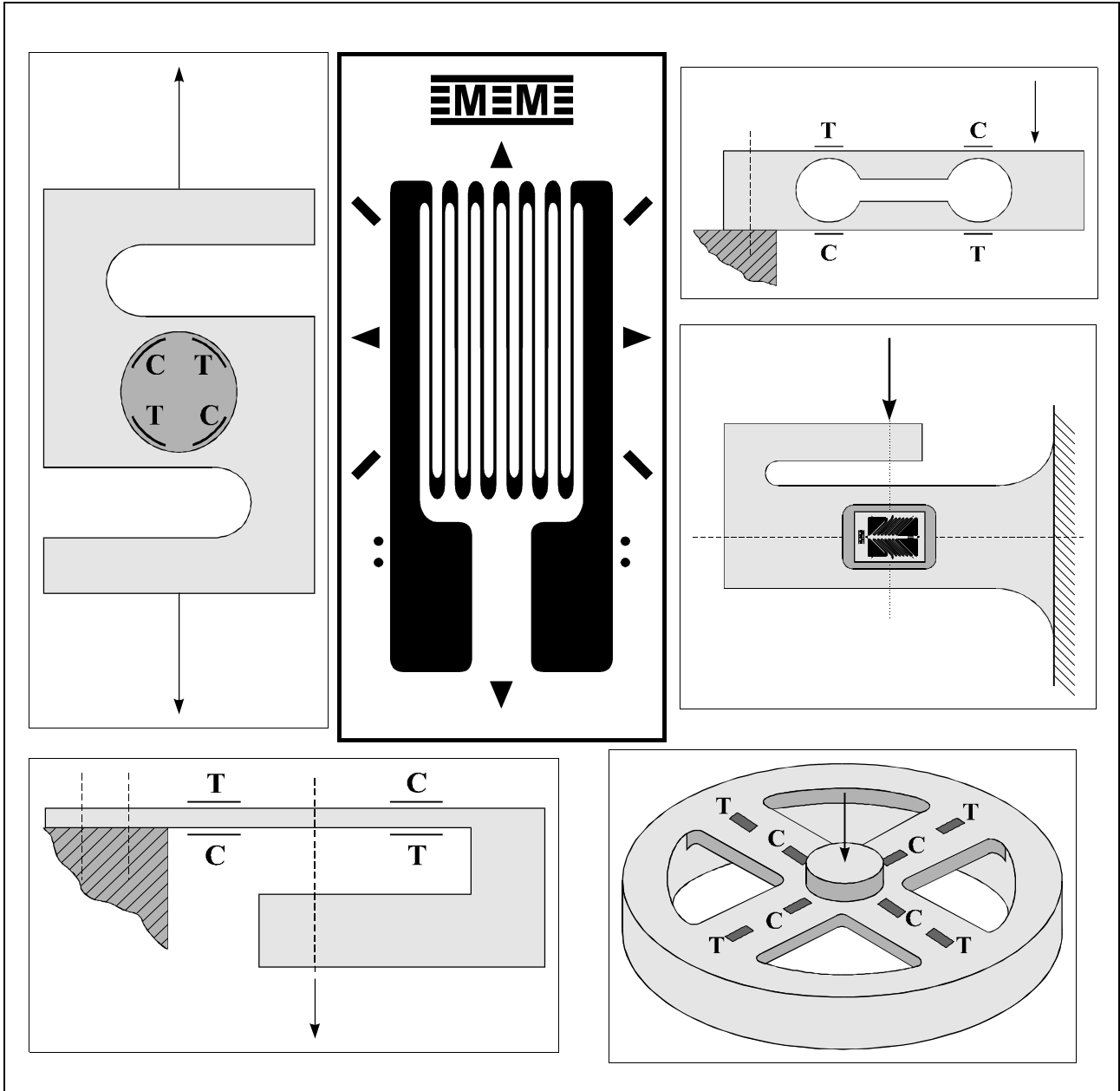


# DMS-Installationsverfahren für Messwertaufnehmer



Measurements Group Messtechnik GmbH  
 Lochhamer Schlag 6 - D - 82166 Lochham  
 Postfach 1347 - D - 82155 Gräfelfing  
 Telefon: 089 85 89 610  
 Fax: 089 85 89 61 29

## 1. Einleitung

Diese Broschüre wurde zusammengestellt, um all jenen zu helfen, die mit einer Vielzahl gleichartiger Applikationen zu tun haben. Der größte Teil, der von den DMS-Herstellern veröffentlichten Literatur, wurde für die Spannungsanalyse geschrieben, die das Kleben von DMS auf einer Vielzahl von Materialien für die Anwendung in mannigfaltigen Umgebungen mit sich bringt. Viele dieser im Überblick angegebenen Verfahren sind notwendig, um Messgenauigkeit und Stabilität bei diesen verschiedenen Applikationen zu gewährleisten. Die Erfahrung hat gezeigt, dass im Bereich der Aufnehmerproduktion viele dieser Verfahren ohne weiteres ausgetauscht und abgekürzt werden können. Die Grundlage für einige von der Produktion empfohlenen Ausrüstungen ist auf dieser Seite der Broschüre angegeben.

## 2. Dokumentation

Damit die Kontrollabteilung höchste Qualität bescheinigen kann, sollten alle Schritte für die Produktion von Kraftmesszellen sorgfältig dokumentiert werden. Das DMS-Kleben erfordert die genaue Einhaltung der Vorschriften, da Versäumnisse oft nicht für das Auge erkennbar sind und erst nach Abschluss der Montage oder nach kurzem Gebrauch zum Vorschein kommen.

Aufzeichnungen der Messwertaufnehmerseriennummern sollten bevorzugt in einem Ablaufdiagramm oder in einer Gesamtaufzeichnung darauf hinweisen, wo sich die Materiallotnummern, die Aushärtezeiten, Anpressdruck usw. befinden. Diese Aufzeichnungen können sich bei auftretenden Problemen als sehr wertvoll erweisen.

## 3. Produktionsbedingungen

Ideal wäre es, wenn die für das DMS-Kleben vorgesehene Arbeitsfläche von allen anderen Produktionsflächen abgeschlossen ist. Luftdichtes Abschließen ist nicht notwendig, die Fläche wird mit gefilterter Luft belüftet. Die Türen sollten nach Möglichkeit geschlossen bleiben. Die Beleuchtungsstufe sollte einem gut beleuchtetem Büro ähnlich sein (etwa 1600 Lumens/m<sup>2</sup>). Die ideale Temperatur beträgt 24 °C +/- 2 °C, bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 45 +/- 5%. Bänke und Stühle sollten bequem und in der richtigen Höhe sein. Luftbedingte Verschmutzungen in Form von Staub oder Öldampf sind der größte Feind der DMS-Klebearbeit. Die Tische, die für die Endreinigung und Klebstoffapplikation verwendet werden, sollten mit einem laminar strömenden Luftfiltersystem zum Entfernen der Verschmutzung ausgerüstet sein. Luft aus handelsüblichen Kompressoren sollte nicht in den Kleberaum gelangen, da diese oft Öl für das Schmieren der Maschinen enthält. Druckluftflaschen mit "trockener Luft" werden oft zum Trockenblasen oder zum Entfernen kleiner Teile von den Komponentenoberflächen verwendet.

Materialien, die in den Kleberaum kommen, sollten sauber und von Verschmutzungen frei sein. Teilweise wird bei Verfahren Öl verwendet, wie z.B. auf Silikonbasis.

Die Messwertaufnehmerelemente sollten wärmebehandelt, maschinell bearbeitet, entfettet und für das Kleben vorbereitet sein, *bevor* sie in den Raum kommen.

Lebensmittel und Getränke sollten nicht im Kleberaum aufbewahrt werden. Die Angestellten sollten fusselfreie Jacken oder Kittel als zusätzlichen Schutz vor Verunreinigungen tragen. Viele der von den Angestellten verwendeten Handcremes enthalten Silikon und sollten nicht genommen werden. Die Industrielieferanten von Laborausrüstungen können oft geeignete Handcremes empfehlen. Sie sollten zur Verfügung gestellt werden.

## 4. Oberflächenvorbereitung für das Kleben von DMS

Wie in der Einleitung erklärt, können die normalerweise empfohlenen DMS-Klebschritte beim Arbeiten mit Messwertaufnehmern verändert werden. Die meisten Spannungsanalyseapplikationen erfordern die Anwendung von zwei Reinigungsschritten, mit einem milden Ätzmittel und einer Neutralisationslösung. Dieses Verfahren wird oft bei der Messwertaufnehmvorbereitung ausgelassen.

Die typischen Teilschritte der Oberflächenaufbereitung sind:

1. Nach dem maschinellen Bearbeiten und der Wärmebehandlung sollten die Teile in eine Entfetter-Lösung kommen. Die effektivste Methode ist eine Heiß-Dampf-Entfettung mit 1-1-1 Trichlorethan.

2. Die DMS-Applikationsflächen sollten eine Rauheitstiefe von 0,4 bis 1,6 µm aufweisen, bevor das Entfetten und Trocknen abgeschlossen wird. Dieses Schmirgeln kann mit Silikon-Karbid-Papier erfolgen. Das Sandstrahlen mit sehr feinem Strahlgut ist aber zu bevorzugen, weil es eine saubere und gleichmäßige raue Oberfläche erzeugt.

Das Sandstrahlen sollte mit gefilterter, trockener Luft erfolgen. Anstelle von Luft können Behälter mit komprimiertem Kohlen-Dioxid oder Nitrogen verwendet werden. Handelsübliche Preßluft kann auch genutzt werden, wenn die mitgelieferten Filter zum Entfernen von Öl- und Wasserverunreinigungen verwendet werden. Die Filter sollten regelmäßig inspiziert werden.

Das Verwenden von Aluminium-Oxyd-Pulver mit einer Korngröße von 25 bis 30 Mikron ist empfehlenswert und ergibt eine Rauheitstiefe von 0,5 Mikrometer. Verwenden Sie kein Quarz.

Das Pulver sollte nicht wiederverwendet werden. Der Luftdruck ist gewöhnlich auf 2,7 bis 4,0 bar eingestellt und ist von der verwendeten Strahleinheit, die einen Luftstrom von 300 m/sec erzeugen sollte, abhängig.

Das Aufrauen wird durch das Führen gerader Striche, wie beim Farbspritzen, erreicht. Die Ausströmöffnung sollte 50 bis 75 mm von der Oberfläche entfernt gehalten werden und immer im Winkel von 45 ° bis 60 ° von der Oberfläche sein.

3. Nach dem Aufrauen sollten die Teile zur Endreinigung in ein Ultraschallbad gelegt werden. Die Ultraschallwellen helfen, das aufgenommene Strahlpulver zu entfernen. Da dies der letzte Schritt bei der Oberflächenvorbereitung ist, sollte das Lösungsmittel regelmäßig ausgetauscht werden, um so dem Entstehen von Verunreinigungen vorzubeugen. 1-1-1 Trichlorethan ist ein gebräuchliches Lösungsmittel. Andere Lösungsmittel können mit entsprechender Berücksichtigung der Toxizität und Feuergefährlichkeit verwendet werden.

4. Um die Feuchtigkeitskondensation zu verhindern ist es empfehlenswert, die Teile während des Trocknens leicht zu erwärmen.

5. Nach dem Reinigen sollten die Teile mit fusselreifen Handschuhen angefaßt werden und bis zum Kleben der DMS in einen geschlossenen Behälter gelegt werden.

6. Reiben Sie die DMS-Klebeflächen unmittelbar vor der Klebstoffapplikation mit einem Wattetupfer ab, der gut mit M-Prep Neutralizer 5A angefeuchtet wurde. Wischen Sie danach die Fläche trocken.

Nach der Oberflächenvorbereitung werden alle Bauteilmaterialien bei Luftzufuhr zu oxydieren beginnen. Deshalb sollten die Bauteile losweise gereinigt werden. So kann das Kleben der DMS auf allen Bauteilen innerhalb einer bestimmten Zeitperiode erfolgen, bevor die Oxydation eingesetzt hat. Die Zeit zwischen der Oberflächenvorbereitung und dem Kleben ist je nach dem Bauteiltyp unterschiedlich. Die folgende Tabelle sollte als allgemeine Richtlinie gesehen werden:

Bauteilmaterial	Zeit
Beryllium / Kupfer	Innerhalb einer ½ Stunde
Aluminium	Innerhalb 1 Stunde
Kohlenstoffstahl	Innerhalb 2 Stunden
Rostfreier Stahl	Innerhalb 4 Stunden

## 5. DMS - Positionierung

Das akkurate Positionieren des DMS auf dem Bauteil erfordert gewöhnlich Hilfslinien. Diese Linien können auf verschiedene Art und Weise erzielt werden.

1. Die einfachste Ausrichtungsmethode ist das Anreißen der Linien direkt auf dem Bauteil mit einem spitzen Werkzeug, wie z.B. einer Dentalsonde. Diese Methode bringt eine klare, scharfe Linie hervor, kann aber unerwünschte Nebenwirkungen zur Folge haben:

a) Das Anreißen der Linien erzeugt Spannungskonzentrationen, besonders bei dünnen Biegeelementen. Das vorzeitige DMS-Versagen kann eine Folge von Ermüdungsrissen sein, die aus solchen scharfkantigen Konzentrationen entstehen.

b) Harte Anrisslinien können Verschmutzungen aufnehmen, die möglicherweise zu Klebproblemen führen.

Glänzende Ausrichtungsmarkierungen sind eine Alternative zu Anrisslinien. Dies sind "polierte" Linien, die die

Kleboberfläche nicht beschädigen. Ein leerer Kugelschreiber ist für das Markieren auf Stahllegierungen bevorzugt anzuwenden. Ein harter Bleistift H4 eignet sich zum Markieren auf Aluminium, aber die Markierungen müssen mit Neutralizer 5A und einem Wattebausch sauber gerieben werden.

2. Die optische Übertragung von Ausrichtungslinien ist die beliebteste DMS-Positionierungsmethode. Das Bauteil wird in eine Spannvorrichtung gelegt, an der ein vormarkiertes Stereomikroskop befestigt ist. Beim Durchsehen durch das Mikroskop erscheinen die Markierungslinien, die in der Mikroskoplinse eingepreßt sind, auf der Bauteiloberfläche projiziert. Der Zwischenraum von DMS zu DMS kann durch entsprechendes Einstellen der Spannvorrichtung ausgerichtet werden.

3. DMS der *Transducer-Class*<sup>®</sup> haben auf ihrem Trägermaterial Trimmarken mit sehr enger Toleranz (typisch +/-0,13 mm von der Gittermittellinie zu jedem Trägermaterialende). Bei einigen Messwertaufnehmern kann der DMS-Träger selbst für die DMS-Ausrichtung verwendet werden, anstelle der kleinen, auf dem DMS vorgesehenen Markierungen.

## 6. DMS - Vorbereitung

### 6.1 Kontrolle

Die von Micro-Measurements vertriebenen DMS unterliegen einer strengen, 100 %-igen Qualitätskontrolle durch erfahrene Spezialisten. Ein unerfahrenes Auge ist nicht in der Lage, DMS-Fehler durch optische Kontrolle zu entdecken. Viele offensichtlich optische Fehler, die unter 40-facher Vergrößerung sichtbar werden, sind keine funktionellen Fehler und der DMS zeigt keinen Fehler an.

Ohne Übung und Erfahrung in den Kontrollverfahren ist die Qualitätskontrolle bei ankommenden DMS sehr schwierig. Ein annehmbares Verfahren ist die Durchführung einer oberflächlichen Kontrolle auf dem DMS vor dem Kleben der DMS und nach der Applikation.

**Hinweis:** Die DMS sollten nie mit den Fingern angefasst werden, sondern mit einer sauberen, stumpfen, spitzen Pinzette.

### 6.2 DMS - Säuberung

Micro-Measurements DMS werden beim Verpacken für das Kleben vorbereitet und erfordern kein Reinigen vor der Klebung, außer wenn es danach zu Verschmutzungen gekommen ist. Wenn Fingerabdrücke oder Staubteilchen auf dem DMS-Trägermaterial zu sehen sind, sollten diese durch das Abwischen der DMS-Kleboberfläche mit einem, leicht mit Neutralizer 5A befeuchteten, Wattestäbchen entfernt werden. Das Reinigen gelingt am besten auf einer Glasplatte, die durch häufiges Abwaschen mit Neutralizer 5A sauber bleibt. Lassen Sie genug Zeit, damit jegliche restliche Flüssigkeit vor dem Kleben verdunsten kann.

## 7. Klebstoffe

Die zwei folgenden Micro-Measurements Klebstoffe sind allgemein für Messwertaufnehmerapplikationen empfehlenswert. Sie sind wie folgt (in dieser Reihenfolge bevorzugt) anzuwenden:

### 7.1 M-Bond 610:

Zwei-Komponenten Epoxyd-Phenolharz.

Der M-Bond 610 ist der bekannteste Messwertaufnehmerklebstoff. Er erreicht die dünnste und kriechfreieste Schichtdicke. Er ist für alle DMS-Arten empfehlenswert und für Messwertaufnehmer, bei denen Aushärte- und Nachhärtetemperaturen von bis zu +250 °C möglich sind. Sollte er auf Aluminiumlegierungen verwendet werden, kann es notwendig sein, den Aushärtezyklus zu verändern. Siehe Klebstoffaushärtung.

### 7.2 M-Bond 43-B:

Ein-Komponenten-Epoxydharz.

Der M-Bond 43-B erzeugt leicht dickere Schichtdicken als der Klebstoff M-Bond 610. Die normale Nachhärtung bei diesem Klebstoff erfordert eine Temperatur von +205 °C und ist deshalb nicht für Meßwertaufnehmer aus Aluminiumlegierungen geeignet.

## 8. Klebstoffapplikationen

Reinlichkeit ist für die Klebstoffapplikation von äußerster Wichtigkeit. Laminare Luftströmung auf den Arbeitsplätzen ist in den Applikationsräumen empfehlenswert. Das Arbeiten auf leicht zu säubernden Oberflächen, wie Glas, ist auch ratsam.

Die Klebstoffe M-Bond 610 und M-Bond 43-B sind mit Nylon-Pinselkappen für die Klebstoffapplikation ausgestattet.

### 8.1 DMS-Serien N2A und EA

Die bevorzugte Methode zum Installieren der DMS-Serien N2A und EA erfordert das Beschichten der Kleboberfläche des DMS, der DMS-Ecken und der offenen Gitterfläche. Dazu wird auf dem geklebten DMS eine sehr dünne Schicht Klebstoff zum Schutz der Gitter aufgetragen. Mögliche Beschädigungen, wie Werkzeugspuren, Lösspritzer oder Fingerabdrücke, die bei späteren Behandlungen vorkommen können, werden weitgehend vermieden.

Da die Klebstoffe M-Bond 610 und M-Bond 43-B beim Erhitzen auf die jeweilige Aushärtetemperatur flüssig werden, ist eine große Menge Ausfluss zu erwarten. Ohne geeigneten Schutz für die DMS-Lötanschlüsse wird der Klebstoff darüber fließen und den Lötprozess hemmen. Diese Klebstoffschicht kann mit einem Skalpell oder durch vorsichtiges Abreiben mit Aluminiumpulver entfernt werden. Aber dies ist für die Produktion sehr zeitaufwendig. Besser ist es, den Klebstofffluss durch das Überziehen der DMS-Lötanschlüsse mit einem dünnen Klebeband vor dem Kleben abzudecken. Dieses Band hält

gleichzeitig den DMS während des Positionierens, Anpressens und Aushärtens an Ort und Stelle.

#### 8.1.1 Verfahren

1. Nehmen Sie den DMS mit einer Pinzette aus der Verpackung und legen Sie ihn, mit der Klebeseite nach unten, auf eine saubere Glasplatte. Legen Sie ein kurzes Stück Mylarband (Micro-Measurements MJG-2) auf die Hälfte der Lötanschlüsse des DMS, wie in Abb. 1 gezeigt.

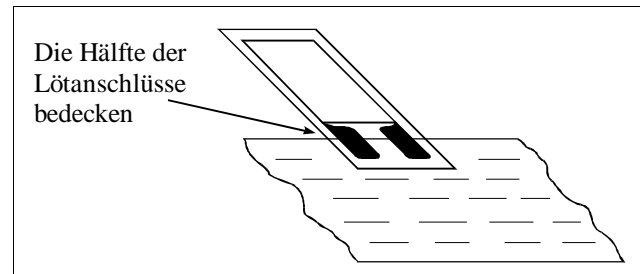


Abbildung 1

2. Heben Sie den DMS-Band-Verbund von der Oberfläche an, indem Sie das Band in einem flachen Winkel zurückziehen, bis der DMS von der Oberfläche gelöst ist. Übertragen Sie den DMS in die richtige Position auf dem Messwertaufnehmerkörper und drücken Sie das Band an dieser Stelle fest.

3. Liften Sie erneut eine kleine Ecke in einem flachen Winkel an, ziehen Sie ein Ende des Band-Verbundes zurück, um den DMS von der Oberfläche abzuheben und die Klebeseite freizulegen. Wenn Sie das Mylarband zurück auf sich selbst kleben, wird es in der Position bleiben und ist für die Klebstoffapplikation fertig.

4. Überziehen Sie das DMS-Trägermaterial, die Folie und die Ecken mit einer dünnen Klebstoffschicht. Bestreichen Sie auch das Bauteil im Bereich der DMS-Befestigung (Abb. 2).

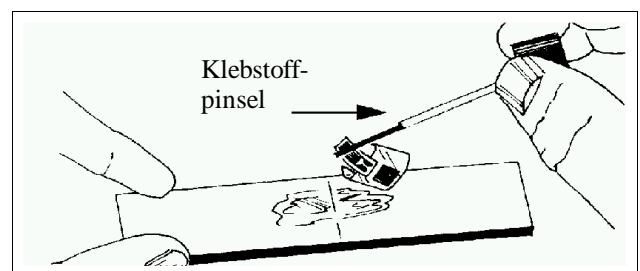


Abbildung 2

5. Lassen Sie den Klebstoff für 5 bis 30 Minuten bei +25°C und 50% relativer Luftfeuchtigkeit lufttrocknen. Längere Lufttrocknungszeiten sind bei niedrigeren Temperaturen und höherer Luftfeuchtigkeit erforderlich. Beim Kleben größerer DMS (über 3 mm) mit dem Klebstoff M-Bond 43-B ist ein zusätzlicher Trockenzyklus von 30 Minuten bei + 80°C vor dem Anpressen empfehlenswert.

6. Bringen sie das Band zurück in die Ausgangsposition (DMS-Klebeseite nach unten) und fahren Sie mit dem Anpressen fort.

## 8.2 DMS-Serien J2A und SK

Verfahren Sie wie bei der Serie N2A. Das Überziehen der DMS-Fläche ist aber nicht nötig, da die Serien J2A und SK gekapselte DMS-Gitter aufweisen.

## 8.3 DMS-Serien TK, N2K und N3K

Die Klebstoffapplikation auf den DMS-Serien TK, N2K und N3K ist dem, bei dem DMS N2A angewandten Verfahren, sehr ähnlich. Der wichtige Unterschied ist folgender: Während es *empfehlenswert* ist, dass der Klebstoff über der N2A-DMS-Fläche aufgetragen wird, ist es bei den TK-, N2K- und N3K-DMS-Flächen *erforderlich*. Es ist deshalb erforderlich, weil die Foliendicke dieser DMS-Serien geringer ist, als die der N2A-DMS. Aus diesem Grund sollte auch kein Band über die Gitterflächen dieser DMS appliziert werden.

### 8.3.1 Verfahren

1. Nehmen Sie den DMS mit Hilfe einer Pinzette aus seiner Verpackung und legen Sie ihn mit der Klebeseite nach unten auf eine saubere Glasplatte. Legen Sie ein kurzes Stück Mylar-Band über etwa 1,5 mm des DMS-Trägermaterials (Abb. 3).

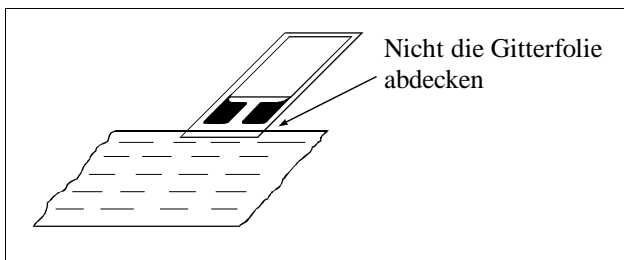


Abbildung 3

2. Heben Sie den DMS-Band-Verbund in einem flachen Winkel an, bis der DMS von der Oberfläche gelöst ist. Bringen Sie den Verbund in die richtige Position auf dem Meßwertaufnehmer und drücken Sie das Band an dieser Stelle fest.

3. Heben Sie den Verbund wieder in einem flachen Winkel an und ziehen Sie ein Ende des Verbundes zurück, um den DMS über die Oberfläche zu ziehen. Wenn Sie das Mylar-Band zurück auf sich selbst kleben, wird es in der Position bleiben und ist für die Klebstoffapplikation fertig.

4. Überziehen Sie das DMS-Trägermaterial, die offenliegenden Ecken und die gesamte Fläche des DMS, einschließlich der Kupferpads, mit einer Klebstoffschicht. Bestreichen Sie auch die Bauteiloberfläche im Bereich der DMS-Befestigung (Abb. 2).

5. Lassen Sie den Klebstoff für 5 bis 30 Minuten bei +25°C und 50% relativer Luftfeuchtigkeit lufttrocknen. Längere Lufttrockenzeiten sind bei niedrigeren Temperaturen und höherer Luftfeuchtigkeit erforderlich. Beim

Kleben größerer DMS (über 3 mm) mit dem Klebstoff M-Bond 43-B ist ein zusätzlicher Trockenzyklus von 30 Minuten bei +80°C vor dem Anpressen empfehlenswert.

6. Bringen Sie das Band zurück in die Ausgangsposition (DMS-Klebeseite nach unten) und fahren Sie mit dem Anpressen fort.

## 9. Das Anpressen

Die Klebstoffe M-Bond 610 und M-Bond 43-B erfordern das Anpressen, um einen gleichmäßigen Druck auf dem DMS zu erzeugen, bevor die Aushärtung beginnen kann. Die entscheidenden Eigenschaften des Messwertaufnehmers, besonders die Linearität, sind von dem Aufbringen eines gleichmäßigen und reproduzierbaren Anpressdrucks auf dem DMS abhängig. Der Anpressdruck ergibt eine kontrollierbare Schichtdicke und reguliert den Spannungszustand in den installierten DMS. Beides sind wichtige Faktoren für diese Eigenschaften.

Der Anpressdruck kann mit verschiedenen Methoden aufgebracht werden. Diese brauchen aber alle die gleichen Bestandteile über dem DMS, wie in Abb. 4 dargestellt.

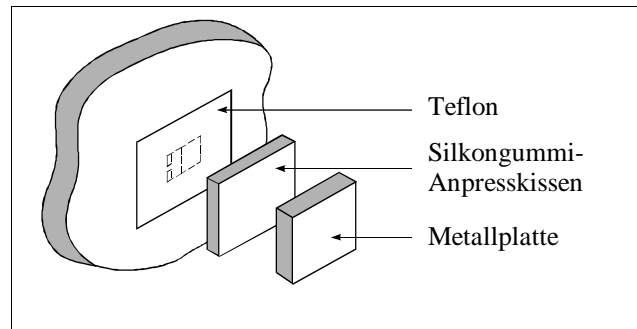


Abbildung 4

### 9.1 Teflon

Ein dünner TFE-Teflonfilm® ist erforderlich, um den Klebstoff fernzuhalten, damit dieser nicht das Druckkissen verklebt. Der dabei verwendete Film sollte aber von einem DMS-Hersteller geprüft sein, weil einige Teflons unzulänglich sind. Das auf die Anpresskissen aufgebraute Teflonband kann oft anstelle des Teflonfilms verwendet werden, um die Anpressschritte zu reduzieren.

® Registriertes Warenzeichen der Firma DuPont

### 9.2 Anpresskissen

Ein weiches Gummikissen, normalerweise Silikongummi, wird zum Verteilen der angewandten Kraft in einen gleichmäßigen Druck auf der DMS-Oberfläche genutzt. Diese Gummikissen sind wiederverwendbar, aber sie sollten regelmäßig auf Deformationen und Härte kontrolliert werden, da sich einige Arten mit der Zeit und auf Grund der Anzahl der Temperaturbeanspruchungen verändern. Die empfohlene Härte ist: Durometer A 40 bis 60; die empfohlene Dicke: 2,5 mm .

### 9.3 Metallplatte

Metallplatten werden zum Auftragen einer gleichmäßigen Kraft auf das Gummikissen angewandt. Sie sind meist ständig an der Anpressvorrichtung befestigt. Das Metall sollte die Kontur des Messwertaufnehmers haben.

### 9.4 Anpressdruck

Ein Anpressdruck von 3 bis 4 bar ist für die Klebstoffe M-Bond 610 und M-Bond 43-B empfehlenswert. Dies sollte sorgfältig berechnet und überprüft werden.

Der Anpressdruck ist leicht zu berechnen: durch das Dividieren der Anpresskraft durch die Fläche. Wenn das Gummikissen eine kleinere Fläche als die Metallplatte hat, sollte die Fläche des Kissens für das Berechnen der Anpresskraft verwendet werden. Wenn das Gummikissen größer als die Metallplatte ist (normalerweise nicht empfehlenswert), sollte die Fläche der Metallplatte für Berechnungen verwendet werden.

## 10. Anpressvorrichtungen

Viele Formen von Klemmvorrichtungen können für die DMS-Applikation adaptiert werden. Einige der am häufigsten verwendeten Arten sind folgende:

### 10.1 Totgewichte

Der Gebrauch eines Totgewichtes ist die einfachste Methode und neigt am wenigsten zu Fehlern. Die kalibrierten Gewichte, die direkt auf dem Anpresskissen positioniert werden, sind zu unhandlich und werden deshalb selten benutzt.

### 10.2 Federklemmen

Federklemmen sind infolge der relativ hohen Kräfte, die von kleinen Einrichtungen ausgehen, die wünschenswerteste Form des Anpressens. Einfache Befestigungsklemmen können für die Produktion (Abb. 5) verwendet werden. Aber fehlende Spitzen führen oft zum Kraftverlust und zu ungleichmäßigen Pressungen. Das Anbringen und Entfernen kann auch das Personal ermüden. Ein geeigneteres Federklemmverfahren ist in Abb. 6 dargestellt.

Definierte Spitzen können leicht auf den Messwertaufnehmer oder auf dem, zum Halten verwendeten Installationsteil, eingebaut werden. Die dargestellten Federn sind austauschbar, falls der Hitzezyklus zum Glühen und zum Kraftverlust führt. Die Schraube ist zum Anziehen mit elektrischen Schraubenschlüsseln vorgesehen.

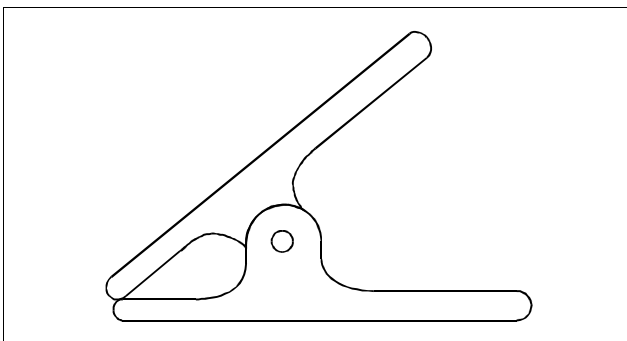


Abbildung 5

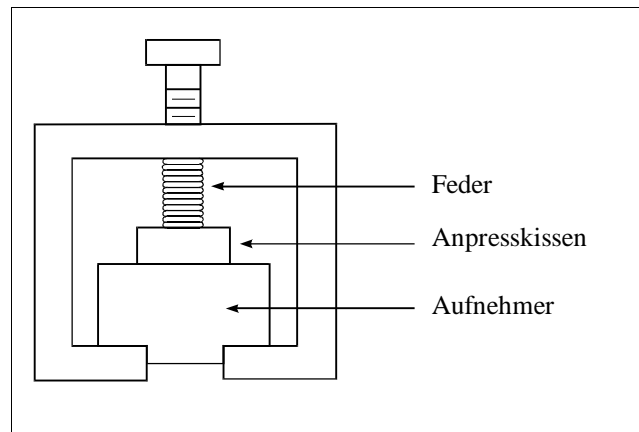


Abbildung 6

### 10.3 Luftklammern

Luftbetätigte Zylinder sind eine gute Methode für das Aufbringen der Kraft auf die DMS-Anpresskissen. Der Druck kann leicht durch das Einstellen der Luftzufuhrregler kontrolliert werden. Die vorbereitete entsprechende Einstellung wird beibehalten, deshalb kann ein Luftzylinder zum Anpressen verschiedener Messwertaufnehmer verwendet werden. Federn sind nicht notwendig, da der Luftpreßkolben direkt auf der Metallplatte befestigt wird.

### 10.4 Schlauchklemmen

Die oft auf zylindrischen Bauteilen verwendeten Schlauchklemmen sind gut geeignet, weil sie den Zylinder mit Druck umschließen und mehrere DMS zur gleichen Zeit anpressen können. Mit dem Gebrauch der Schlauchklemmen ist aber ein Problem verbunden. Ohne einen federartigen Mechanismus zum Regulieren der Kraft, führt ein kleiner Unterschied bei der Schraubeneinstellung zu großen Abweichungen bei dem Anpressdruck.

Zwei Federn, die mit dem Band in Reihe positioniert sind, werden den Anpressdruck in einem viel genaueren Maße halten. Die Federn können auch periodisch entfernt und auf ihre Kraft untersucht werden (Abb. 7).

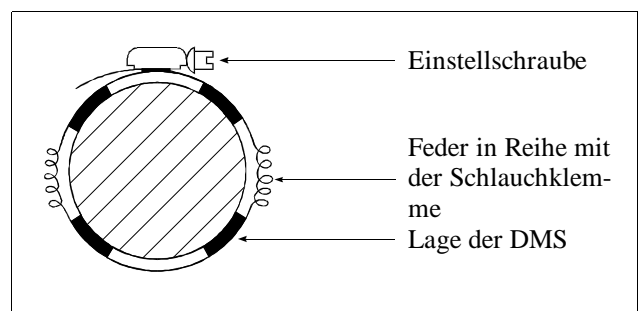


Abbildung 7

## 10.4 Knebelklemmen

Knebelklemmen, wie die in Abb. 8 dargestellten, können mit wenig Anstrengung vom Anwender betätigt werden. Sie sind für das Fixieren beliebt, sollten aber nicht für das Anpressen von DMS ohne zusätzliche Federn verwendet werden. Die meisten Hersteller der Klemmen bieten Federkolben an, die in die Klemmschiene passen. Die Kolben können in verschiedenen Kraftbereichen gekauft werden.

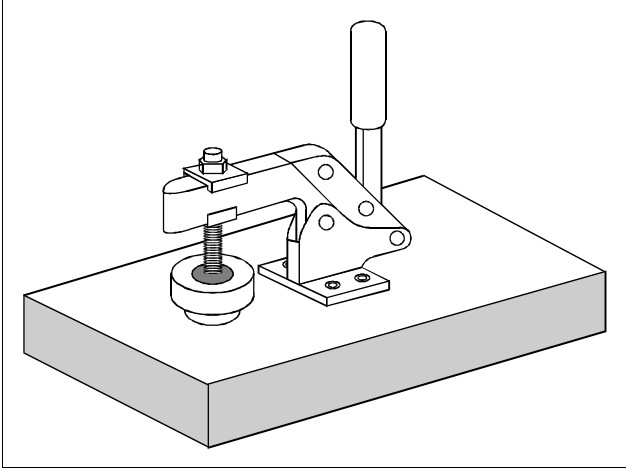


Abbildung 8

## 11. Klebstoffaushärtung

Nach dem Anpressen der DMS-Installation bleibt für beide Klebstoffarten eine bestimmte Zeit, bevor die Aushärtung beginnen muss. Für den Klebstoff M-Bond 610 beträgt diese Zeitspanne maximal 4 Stunden, für den Klebstoff M-Bond 43-B sind es 24 Stunden. Diese Zeitspanne ermöglicht es, größere Mengen zusammen in den Ofen zu geben. Für die Aushärtung und das Erhalten einer dünnen Klebstoffschicht **muss die Anheizrate des Ofens zwischen 3°K und 11°K pro Minute liegen.**

Sollte dies ausbleiben, kann es zu ungleichen Dicken (bei zu langsamer Rate) oder zu Blasenbildung (bei zu schneller Rate) kommen. Wenn der Ofen nicht vom vorhergehenden Härtezyklus ausgekühlt ist, können kleine Messwertaufnehmerbauteile (bei niedriger thermischer Masse) möglicherweise einen Temperaturanstieg über die empfohlenen 11°K pro Minute hinaus unterliegen.

Große Messwertaufnehmer (große thermische Masse) können oft in vorgeheizte Öfen zum Aushärten gelegt werden, da ihre Größe automatisch den Temperaturanstieg an dem DMS verlangsamt. Langsam bewegte Durchlauföfen können auch fortlaufend erhitzt werden, da der Temperaturanstieg durch die Geschwindigkeit des Durchlaufofens reguliert wird. Jede der für das Erhitzen angewandten Methoden sollte regelmäßig auf entsprechende Temperaturen bei dem DMS und auf den Temperaturanstieg kontrolliert werden. Die Micro Measurements ETG Temperatursensoren sind für diese Messung ideal, da sie in Masse und Größe zu den DMS äquivalent sind und an der identischen Stelle, d.h. unter der DMS-Anpressvorrichtung, montiert werden können.

## 12. Nachhärtung

Das Nachhärten der DMS-Installationen ist ein oft missverständlicher, aber grundlegender Schritt bei der Absicherung eines stabilen Messwertaufnehmerverhaltens. Während der anfänglichen Aushärtung wird der Klebstoff bei einer erhöhten Temperatur polymerisiert. Durch den hohen Druck, der während des Anpressens auf den DMS einwirkt, werden die Restspannungen im DMS eingeschlossen, wenn es zur Polymerisation kommt. Mit geeigneten Nachhärteschritten (ohne Anpressdruck) werden diese Restspannungen und ihre ausgeprägten Effekte auf das Trägermaterial und die Klebstoffstabilität beträchtlich reduziert.

### 12.1 Nachhärtungsverfahren

1. Nach dem Erreichen der erforderlichen Aushärtetemperatur und dem Halten dieser in der entsprechenden Zeit, sollten die Bauteile auf mindestens 55°C abgekühlt werden, bevor die Anpressvorrichtungen entfernt werden.
2. Ohne Anpressdruck erhöhen Sie die Temperatur auf das erforderliche Niveau und das Nachhärten kann in der empfohlenen Zeitspanne erfolgen. Die Bauteile können zum Nachhärten in einen heißen Ofen gelegt werden, wenn kein zusätzlicher Überzugklebstoff appliziert wurde.
3. Nach dem Nachhärten nehmen Sie die Bauteile aus dem Ofen und lassen sie auf Raumtemperatur abkühlen.

### Aushärtung / Nachhärtzeit / Temperaturtabelle

Klebstoff	Aushärtung	Nachhärtung
M-Bond 610	1 h bei + 175 °C	2 h bei + 200 °C
M-Bond 610 *	1 bis 1½ h bei +135 °C	2 h bei + 175 °C
M-Bond 43-B	1 bis 1½ h bei +175 °C	2 h bei + 200 °C

\* **Spezialaushärtung für Aluminiumlegierungen, um Nachteilen der Heißbearbeitung vorzubeugen**

## 13. Kontrolle der geklebten DMS

Die Kontrolle der geklebten DMS ist ein wichtiger Schritt bei der Qualitätssicherung. Das rechtzeitige Erkennen von Klebefehlern reduziert Zeitverluste beim Verdrahten und Testen. Einfache Messwertaufnehmerbauteile werden ausrangiert, wenn DMS-Klebedefekte gefunden werden. Diese Methode sollte aber gründlich überlegt werden, da das Entfernen eines schlecht geklebten DMS kein einfaches Verfahren ist. Praktisch kann kein gebräuchliches Abziehen bzw. Entfernen des geklebten DMS ohne Beschädigung des Messwertaufnehmerbauteils vorgenommen werden. Falls nötig, können die DMS durch vorsichtiges Abschaben mit einer Rasierklinge oder einem Skalpell entfernt werden.

Die Kontrolle geschieht am besten unter einem Stereomikroskop mit einer 10-fachen und 40-fachen Vergrößerung. Dieses Beleuchten sollte mit einem zusätzlichen

Spotlightset bei einem 45° - bis 60°-Winkel von der Oberfläche verbessert werden. Kontrolliert durch einen Fußschalter, kann das betreffende Licht eingeschaltet werden (zur gleichen Zeit das direkte Beleuchten ausschalten), um die Oberflächenunebenheiten bestimmen zu können. Klebefehler sind generell leicht zu erkennen und können den folgenden drei Formen zugeordnet werden.

1. **Lücken** sind Flächen, die nicht kleben. Sie erscheinen als leicht gefärbte Abschnitte gegenüber dem dunkleren Hintergrund. Die Größen reichen von Flächen, die kleiner sind als die DMS-Gitterbreite, bis zur Hälfte der DMS-Oberfläche und mehr. Die Lücken werden einfach un- deutlich mit dem Klebstoff, der einen uneinheitlichen Überzug der DMS-Oberfläche angenommen hat. Die alternative Anwendung von direkter und schräger Beleuchtung kann beim Differenzieren zwischen den beiden helfen. Geben Sie einen Tropfen Lösungsmittel, wie z.B. Isopropyl-Alkohol, über die Oberfläche des DMS. Das hilft Ihnen herauszufinden, ob unter dem Gitter eine Lücke ist oder nicht. Das gründliche Untersuchen der Fläche ist auch möglich. Beim Berühren verursachen die Lücken ausreichend Bewegung auf dem Trägermaterial, um sie klarer identifizieren zu können. Die DMS, die eine Lücke in der Gitterfläche zeigen, sollten ausgesondert werden. Kleine Lücken in den Außenflächen des Gitters können akzeptiert werden, aber sie weisen auf Probleme beim Anpressen oder bei der Klebstoffapplikation hin und sollten untersucht werden.

2. **Blasen** sind ebenso, wie bei den Lücken nicht geklebte Flächen, aber sie sind in Auftreten und Ursachen verschieden. Blasen sind immer rund und klein. Sie treten normalerweise in großer Anzahl auf. Sie werden durch Lösungsmittelausdampfung in der Klebstoffschicht während des Härtens hervorgerufen. Wenn Blasen auftreten, sollten folgende Parameter untersucht werden, um die Ursache festzustellen:

- a) die Lufttrockenzeit
- b) der Anpressdruck
- c) die Ofen-und Bauteil-Anheizrate
- d) das Verfallsdatum des Klebstoffs

Bei Blasen unter der Gitterfläche muss der betreffende DMS ausgesondert werden.

3. **Ungleiche Klebstoffschichtdicke** wird immer durch ungeeignete Anpressvorrichtungen hervorgerufen und ist eines der am schwierigsten zu entdeckenden Probleme. Eine Möglichkeit besteht darin, den Klebstoffausfluss an jedem Ende des DMS zu vergleichen.

## 14. Das Lötten

Einige Werkzeuge sind von den Industrielieferanten erhältlich und dienen dazu, die Laborzeit beim Zusammenbau elektronischer Schaltungen zu reduzieren. Einige davon, wie automatische Drahtabisolierer und Verzinner, sind bei der DMS-Verschaltung nützlich. Die aktuellen Lötverbindungen für DMS eignen sich nicht für normale elektronische Schaltbords. Die elektronischen Schaltbords

sind normalerweise gut gegen Verspannung isoliert, während die DMS der Dehnung und den Vibrationen ausgesetzt sind. Aus diesem Grund sollten den gelöteten Verbindungen zu den DMS Verfahren folgen, die gut geprüft sind und genaue Hinweise zu ihrer Zuverlässigkeit geben. Diese Verfahren sind für die einzelnen DMS-Serien verschieden und werden in den folgenden Abschnitten erklärt.

### 14.1 LötKolben

Viele LötKolbenarten können zum Verlöten der DMS verwendet werden, vorausgesetzt, sie haben eine geeignete Spitzenform und die Temperatur kann geregelt werden. Spitz zulaufende Spitzen sollten gemieden werden, da sie dazu neigen, das Lot von den Verbindungen wegzuziehen. Schraubenzieher oder meißelförmige Spitzen sind zu bevorzugen.

Die einstellbare Spitztemperatur ist für erfolgreiches Lötten sehr wichtig. Ein LötKolben mit übermäßiger Spitztemperatur kann das Flußmittel verdampfen lassen und es ist möglich, dass sich der DMS vom Trägermaterial löst. Eine niedrige Spitztemperatur verlangsamt das Lötverfahren, so dass es längere Haltezeiten erfordert. Die Spitztemperaturen sollten so eingestellt werden, dass das Lötmittel einfach ohne Verdampfen des Flußmittels schmilzt. Bei üblichen DMS-Lötmitteln (63% Zinn, 37% Blei) mit einem Schmelzpunkt von +183°C sollte die Spitztemperatur etwa +290°C auf Stahl-Feder-Elementen betragen. Eine Spitztemperatur von +315°C kann bei Aluminiumelementen auf Grund der höheren Wärmeleitung notwendig sein.

Bevor das Lötten beginnen kann, muss die Spitze sorgfältig mit dem anzuwendenden Lötmitteltyp verzinnt werden. Falls mehr als eine Lötverbindung genutzt wird, sollten einzelne Spitzen verfügbar sein, sodass zwei oder mehr Lötmittelarten nicht gemischt werden. Das Mischen ist nicht empfehlenswert, da die mechanischen Eigenschaften und Schmelzpunkte der Lötmittel beeinträchtigt werden können. Das Mischen der Lötmittelarten auf dem LötKolben sollte nicht mit dem Verwenden von zwei verschiedenen Lötmittelarten bei der DMS-Verbindung verwechselt werden. Bei DMS, die mit Lötunkten geliefert werden, hat das Lot einen Schmelzpunkt von +300°C. Das Lötmittel sollte auf den DMS vorbefestigt sein. Wenn der Messwertaufnehmer nie Temperaturen über +165°C ausgesetzt wird, ist es völlig akzeptabel, ein Lötmittel mit einem Schmelzpunkt von +183°C zum Befestigen der Leiterdrähte zu verwenden. Normalerweise ist es ein Vorteil, Lötmittel mit einem niedrigeren Schmelzpunkt zu verwenden, da diese leichter zu handhaben sind und niedrigere Spitztemperaturen zulassen. Somit werden mögliche Löt Schäden auf dem DMS reduziert.

### 14.2 Lötmittelarten

DMS-Lötmittel sind in zwei Formen erhältlich.



### 14.2.1 Lötendraht

Lötendraht wird auf Spulen geliefert und ist die bekannteste Art. Der Lötendraht ist in verschiedenen Legierungen mit oder ohne Flussmittelkern erhältlich. Die Verwendung einer Flussmittelkern-Variante oder einer, die ein extra Flußmittel erfordert, hängt von den Prioritäten des Anwenders ab. Normalerweise haben die Lote mit Flussmittelkern einen Vorteil, da sie die Anzahl der erforderlichen Handgriffe reduzieren. Das Flußmittel sollte ein aktivierter Rosin-Typ sein. Ein 63/37 Zinnbleilot mit einem Durchmesser von 0,5 mm wird am meisten verwendet.

### 14.2.2 Lötpaste

Das DMS-Löten ist manchmal wie eine »Drei-Hand-Operation«, weil das normale Verfahren die gleichzeitige Applikation von Hitze, Lötmedium und Flussmittel verbindet. Die Lötpaste vereinfacht dies durch das Liefern herkömmlicher Lötmedium in Mikrodragees, die in einem Rosin-Flußmittel schweben. Durch die cremartige Beschaffenheit kann der Anwender zuerst das Lötmedium und das Flußmittel auf den DMS-Verbindungen aufbringen. Nehmen Sie eine Hand zum Halten des LötKolbens und die andere Hand zum Anbringen des Messkabels. Die Verbindung wird durch schnelles Berühren des verzinneten LötKolbens geschaffen. Das Verdrahten von Messwertaufnehmern kann mit dieser Technik manchmal schneller geschehen.

### 14.3 Flußmittel

Richtiges Fließen ist entscheidend für das entsprechende Benetzen der DMS-Folie mit Lötmedium. Allgemein sollte beim DMS-Löten ein aktiviertes Rosin-Flußmittel verwendet werden. Ersatzstoffe sollten nicht genommen werden. Markenartikel, die nichtkorrosive Eigenschaften haben, sollten überprüft werden, ob sie Rosin-Arten sind, denn oft ist dies nicht der Fall.

Karma-DMS ohne Lötunkte oder Duplex-Kupferpads können nicht mit Rosin-Flußmittel gelötet werden. Diese erfordern Säureflußmittel mit Konzentrationen, die hoch genug sind, um die empfindliche DMS-Folie zu zerstören. Aus diesem Grund sind die DMS-Serien TK, N2K und N3K mit Duplex-Kupfer-Löt pads versehen. Dadurch kann das Rosin-Flußmittel zum Löten verwendet werden.

### 14.4 Allgemeine Lötverfahren

1. Das Löten sollte unter einer Lupe mit 2,5-facher bis 10-facher Vergrößerung erfolgen.
2. Ein LötKolben mit einer geregelten Temperatur ist notwendig.
3. Der LötKolben sollte sauber und verzinkt sein.
4. Die Drähte sollten auf Länge zugeschnitten, isoliert und vorverzinkt sein.
5. Ein kleiner Lüfter sollte verwendet werden, um die Flussmitteldämpfe abzusaugen.

6. Nachdem die Drähte entsprechend den Verfahren verbunden sind, die auf den folgenden Seiten im Überblick dargestellt werden, sollten alle Verbindungen unter einer Lupe inspiziert werden. Auf folgendes ist dabei zu achten:

a) *Benetzen mit Lot:*

Eine gründliche Überprüfung der Lötverbindungen, die direkt auf der Folie sind, sollte keine Lücken zwischen der Folie und dem Lötmedium aufweisen. Lücken zeigen ungenügendes Benetzen an, das meistens ein Ergebnis von unvollständigem Fließen ist (Abb. 9).

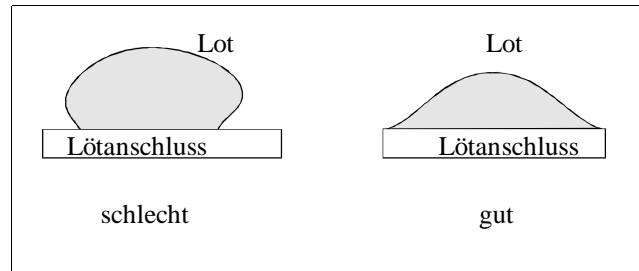


Abbildung 9

b) *Drahtposition:*

Die Drähte sollten sich innerhalb der Lötperlen befinden und nicht in andere Flächen hineinragen.

c) Das Lötmedium sollte glatt und blank sein und darf keinerlei Spitzen haben (Abb. 10a).

d) Beide in Abb. 10b dargestellten Verbindungen sollten vermieden werden. Mangelhafte Lötpraktiken können Größenunterschiede in der Lötverbindung hervorrufen. Wenn der Meßwertaufnehmer plötzlich einem Temperaturwechsel ausgesetzt wird, kann daraus eine Temperaturdifferenz zwischen den beiden Verbindungen resultieren. Mit Kupferdraht und Konstantanfolie wird ein Thermoelement an jedem DMS geschaffen und eine Thermospannung kann erzeugt werden, wenn ein Temperaturunterschied auftritt.

e) *Drahtführung:*

Die Drähte sollten aus den Lötunkten in Richtung der Minimaldehnung austreten.

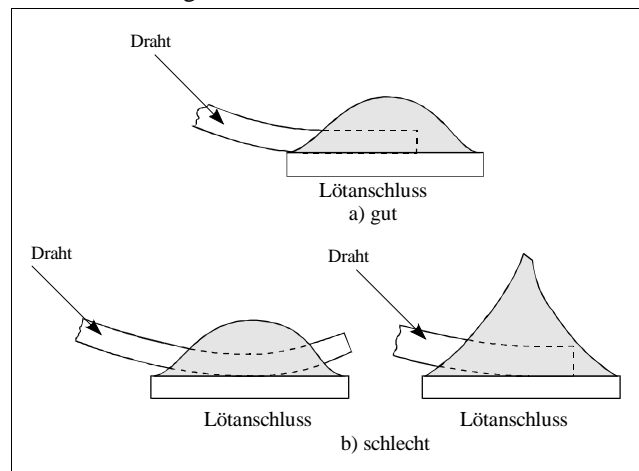


Abbildung 10

## 14.5 Lötverfahren bei den DMS-Serien N2A und EA

1. Legen Sie das Bauteil unter eine geeignete Lupe.
2. Wenn die DMS-Oberfläche nicht durch eine Schicht Klebstoff während des Klebens abgedeckt wurde, muss sie gegen Flußmittel und Lötspitzer geschützt werden. Legen Sie entsprechend viel Kreppklebeband (Micro Measurements PDT-1) über die DMS-Fläche. Lassen Sie, wie in Abb. 11 gezeigt, etwa die Hälfte der Lötanschlüsse offenliegend.

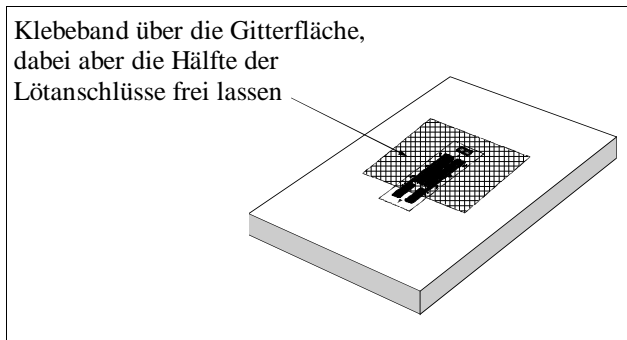


Abbildung 11

Wenn der DMS mit einer Klebeschicht bedeckt wurde, ist das Band nicht notwendig.

3. Das Benetzen des Lötmittels kann durch das Reinigen der offenliegenden DMS vor dem Verzinnen erleichtert werden. Mit einem weichen Pink-Radierstift kann die Lötfläche durch leichtes Reiben gereinigt werden, ohne das dabei die DMS-Folie beschädigt wird. Der Radierstift sollte nie mit der DMS-Gitterfläche in Berührung kommen.
4. Säubern und verzinnen Sie die LötKolbenspitze.
5. Lassen Sie das Ende des Lötdrahtes auf dem offenliegenden Lötanschluss ruhen. Wenn ein separates Flussmittel verwendet wird, sollte es zu diesem Zeitpunkt auf den DMS aufgetragen werden.
6. Drücken Sie mit dem flachen Teil der LötKolbenspitze auf den Lötanschluss und ein kleines Stück des Lötdrahtes. Wenn ein Lötzinn mit Flussmittelkern angewandt wird, wird dies für zusätzlichen Fluss sorgen.
7. Heben Sie schnell und gleichzeitig den LötKolben und den Lötdraht an. Der Schritt 6 sollte in 1 bis 2 Sekunden erledigt sein. Wenn das Verzinnen unvollständig ist, lassen Sie es 1 bis 2 Sekunden auskühlen und wiederholen sie die Schritte 4 bis 6.
8. Wiederholen Sie das Verfahren auf allen anderen Lötanschlüssen.
9. Kontrollieren Sie die Lötflächen. Das Lötmittel sollte glatt, glänzend sein und die Lötanschlüsse müssen gut benetzt sein.
10. Bringen Sie den verzinnten Draht auf die Lötanschlüsse des DMS. Wenn möglich sollte das Ausrichten des Drahtes in die Richtung der minimalen Dehnung er-

folgen. Das restliche Flußmittel von dem Verzinnen reicht für das Löten des Drahtes aus.

11. Drücken Sie den LötKolben auf den Draht, um die Verbindung herzustellen. Heben Sie den LötKolben nach einer Sekunde an.
12. Kontrollieren Sie die Verbindung. Der Draht sollte nicht über die Lötperle hinausragen. Der Draht muss flach auf dem DMS liegen, ohne das Spitzen im Lot gezogen werden.
13. Wenn die Lötverbindung nicht ausreicht, wiederholen Sie die Schritte 10 bis 12 mit dem Zusetzen kleiner Mengen von Rosin-Flußmittel (Micro-Measurements M-Flux AR).

## 14.6 Verdraltungen zu verkupferten Lötanschlüssen

Verkupferte Lötanschlüsse gehören zur Standardausführung der DMS-Serien TK, N2K und N3K. Sie sind eine kleine, gut abgegrenzte, verkupferte Lötfläche auf den Anschlußpads der DMS. Diese Flächen können leicht mit Rosin-Flußmittel gelötet werden.

Während des Klebens sollten die DMS-Serien TK, N2K und N3K mit Klebstoff überzogen werden, so wie es im Abschnitt »Klebstoffapplikation« beschrieben ist. Bei diesem Verfahren ist es erforderlich, dass der Klebstoff von den Pads vor dem Löten entfernt wird. Das gelingt leicht mit einer Dentalsonde, die meißelförmig abgeflacht ist, wie Sie in Abb. 12 sehen können. Ein leichtes Kratzen mit dieser Sonde entfernt schnell die Klebstoffschicht, mit der das Pad abgedeckt ist.

Nach dem Entfernen des Klebstofffilms fahren Sie mit der Verdrahtung fort, indem Sie die gleichen Verfahren anwenden, die für die DMS-Serien EA und N2A angegeben sind.

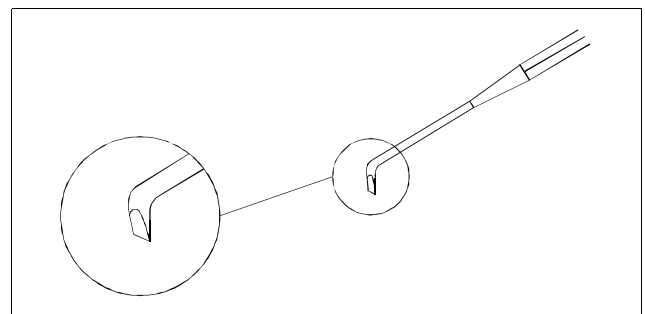


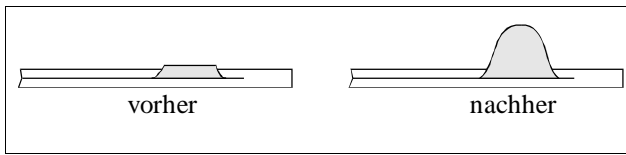
Abbildung 12

## 14.7 Verdrahtung zu DMS mit verzinnten Lötanschlüssen (Serien SA und SK)

1. Verwenden Sie einen temperaturgeregelten LötKolben, der auf den erforderlichen Temperaturbereich für das verwendete Lötmittel eingestellt wird.
2. Säubern und verzinnen Sie die LötKolbenspitze.
3. Das Vorverzinnen der Lötanschlüsse ist empfehlenswert. Legen Sie den flussmittelgefüllten Lötdraht über die Lötanschlüsse und drücken Sie den LötKolben mit dem flachen

Teil der Lötspitze für eine Sekunde auf den Lötunkt. Danach heben Sie gleichzeitig das Lot und den Lötcolben an.

Der Lötunkt sollte eine glatte Lötmitelapplikation haben, so wie in Abb. 13 gezeigt.



**Abbildung 13**

4. Wenn die Lötunkte nicht einfach verzinnt werden können, entfernen Sie die Oxydation oder den unerwünschten Klebstoff durch leichtes Abreiben der Lötspitzen mit feinem 400-Grit Silikonsmirgelpapier und wiederholen Sie den Schritt 3.

5. Die Drähte sollten geschnitten, abisoliert und verzinnt sein.

6. Halten Sie den Draht auf der Spitze der verzinnten Lötunkte mit Fingerdruck oder Klebeband. Das restliche Flußmittel von dem Verzinnen ist für das Verlöten des Drahtes ausreichend.

7. Drücken Sie den Draht mit einem sauberen, verzinnten Lötcolben in den Lötunkt hinein. Entfernen Sie den Lötcolben und warten Sie eine Sekunde, bevor Sie den Fingerdruck von dem Draht nehmen.

8. Sollte die Verbindung nicht glatt, sauber und rund sein, ist ein zusätzliches Flußmittel erforderlich. Das Flußmittel M-Flux AR sollte auf die Verbindung aufgetragen werden und die Schritte 6 und 7 müssen wiederholt werden.

## 14.8 Verdrahtungsführung

Der Draht, der zum Verbinden der DMS in einer Wheatstone'schen Brücke verwendet wird, trägt oft zu Schaltungsinstabilitäten bei, wenn er Temperaturschwankungen ausgesetzt ist. Die sorgfältige Auswahl der entsprechenden Längen des Drahtes in jedem Brückenarm trägt sehr zur Fehlerreduzierung bei. Das Führen des Drahtes, sodass er thermischen Kontakt mit dem Messwertaufnehmerkörper hat, hilft, gleichmäßige Temperaturen und die Schaltungsstabilität aufrechtzuerhalten.

In einigen Messwertaufnehmern ist es besser, zwei kurze, aber gleich lange Drähte und zwei längere anzuwenden. Das ist akzeptabel, solange diese Paare in Halbbrückenkonfigurationen angewandt werden, z.B. bei abgeglichenen Halbbrücken.

Das Kapseln der Leiter in einer Schutzabdeckung hilft beim Aufrechterhalten des Temperaturgleichgewichts. Dies sollte aber nur nach dem sorgfältigen Berechnen der Kriecheffekte des Messwertaufnehmers unter Last geschehen. DMS-Leiter, die mit Schutzabdeckungen geklebt sind, können auch Linearitätsfehler hervorrufen, wenn sie gedehnt werden. Tests mit dem Messwertaufnehmer vor

und nach dem Abdecken identifizieren diese Fehlerquellen schnell.

## 14.9 Alternativen zu konventionellen Verdrahtungen

Viele elektronische Massenprodukte verwenden elektrische Schaltungen, die gedruckt und auf einen isolierenden flexiblen Film geätzt sind. Diese flexiblen Schaltungen können leicht für DMS in Wheatstone'schen Brückenschaltungen mit integrierter Kalibrierung und Kompensationswiderständen entworfen werden. Wenn in der Produktion die Entwicklungskosten für den Schaltungspreis ausgeglichen werden können, sollten diese Schaltungen in Überlegung gezogen werden.

Wenden Sie sich bitte an die Micro-Measurements Messwertaufnehmer-Applikationsabteilung, wenn Sie weitere Informationen zu diesen flexiblen Schaltungen wünschen.

## 14.10 Flussmittelentfernung

Das Entfernen aller Flussmittlrückstände ist *entscheidend* für stabile Messwertaufnehmereigenschaften. Rosin-Flußmittel beinhalten kleine Mengen eines Aktivators. Meist sind das verdünnte Säuren. Diese müssen durch sorgfältiges Reinigen mit einem Flussmittellöser entfernt werden. Folgende Mittel können verwendet werden:

1. M-LINE Rosin Solvent (Micro-Measurements RSK-1)
2. Chlorothene SM (Dow Chemical Corporation)
3. Freon TMC (E.I. DuPont Corporation) (nicht mehr zulässig)

Jedes ausgewählte Lösungsmittel sollte in ausreichenden Mengen aufgetragen werden, damit jede Verbindungsstelle gründlich benetzt wird. Die Verwendung eines weichen Pinsels ist empfehlenswert, um feste Ablagerungen zu lösen.

## 15. Schutzabdeckungen

Die empfindlichen DMS-Schaltungen erfordern Schutzabdeckungen gegen die meisten Einsatzbedingungen der Messwertaufnehmer. Sogar Innenraumbedingungen können genug Unterschiede in Temperatur und Luftfeuchtigkeit zur Folge haben und sich auf die Langzeit-Nullstabilität auswirken. Wenn man bedenkt, dass der DMS ein Widerstand ist, der eine Stabilität gleich oder besser als hermetisch abgeschlossene Widerstände aufrechterhalten muss, wird die Notwendigkeit des Schutzes deutlich.

Die Auswahl der besten Abdeckmethoden ist schwierig, weil der verwendete Schutz sich nicht auf die Messwertaufnehmereigenschaft auswirken darf. Organische Schutzabdeckungen (z.B. Epoxyde), die eine adäquate Barriere gegen Feuchtigkeit herstellen, verändern oft die Messwertaufnehmersteifigkeit und verursachen zeitabhängige Kriecheffekte. Zusätzlich muss für viele Messwertaufnehmer garantiert werden, dass sie zeitweise auftretenden Wasserspritzern oder sogar kurzzeitigem

Untertauchen ohne Schaden widerstehen. Die am einfachsten aufzutragenden Schutzabdeckungen werden diese Behandlung nicht über längere Zeit vertragen.

### 15.1 Hermetische Versiegelungen

Der beste Messwertaufnehmerschutz ist zweifellos ein hermetischer Verschluss. Die Zeichnungen in Abb. 14 stellen die Anwendung von zwei allgemein üblichen Methoden für die vollständige Versiegelung der DMS-Fläche mit Metallverschlüssen dar, ohne die normale Steifigkeit zu beeinflussen.

Das Schweißen der Metallversiegelung ist die wünschenswerteste Methode des Verschließens und ermöglicht es, die Fläche mit einem reaktionsträgem Mittel, wie z.B. trockenes Nitrogen, zu reinigen. *Trockenes* Silikonöl wird manchmal zum Füllen des Inneren dieser Konstruktion verwendet. Wenn das Volumen des gefüllten Raumes nach dem Auftragen der Füllung reduziert wird (wie in Abb. 14 a), müssen Maßnahmen zum Ausgleich des Flüssigkeitsdrucks geschaffen werden.

Wenn sie auch nicht luftdicht sind, so können Gummimembranen und Ventile in den Metallteilen auch verwendet werden. Diese kosten viel weniger und reichen gewöhnlich aus, wenn die Einsatzbedingungen nicht extrem sind. Die Befestigung kann mit mechanischen Klammern oder durch Klebung erfolgen.

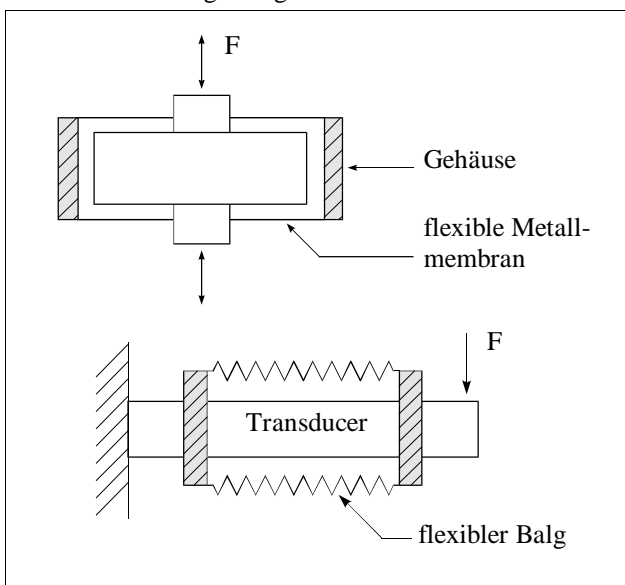


Abbildung 14a und 14b

### 15.2 Wachs

Spezielle Arten von mikrokristallinem Wachs, wie Micro Measurements W-1, werden oft als Feuchtigkeitsbarriere bei Messwertaufnehmerapplikationen verwendet. Ein Nachteil ist der Schmelzpunkt von  $+80^{\circ}\text{C}$ . Das Wachs ist eine effektive Schutzabdeckung, wenn:

1. Die Messwertaufnehmereigenschaft nicht nachteilig durch die Wachsschicht beeinflusst wird.
2. Die gesamte Verdrahtung vor dem Abdecken fest ausgeführt wird. (Die Versiegelung der Wachsabdeckung

wird leicht durch Bewegung oder Vibration der Verdrahtung brüchig)

3. Die Messwertaufnehmer bis auf  $+50^{\circ}\text{C}$  erwärmt werden können, bevor das Wachs aufgetragen wird.
4. Die Messwertaufnehmerkonstruktion den mechanischen Schutz der Wachsabdeckung erlaubt.

### 15.3 Butyl-Gummi

Micro Measurements FBT Butylgummi ist ein effektiver Feuchtigkeitsschutz, der so ausgelegt ist, dass er auch nach der Aushärtung elastisch bleibt. Mit einer Festigkeit nach dem Aushärten, die vergleichbar mit Kaugummi ist, wird normalerweise nicht die Messwertaufnehmereigenschaft beeinflusst, ausgenommen bei sehr kleinen Messbereichen. M-Coat FBT ist ein Einkomponentenmaterial und wird in Tuben geliefert. Die Applikation erfolgt meistens mit einem Spatel, obwohl auch ein automatisches Dosiergerät verwendet werden kann.

### 15.4 Silikongummi

Silikongummi (RTV) kann ein effektiver Schutz für verschiedene Messwertaufnehmer sein, vorausgesetzt, dass lang anhaltender Kontakt mit Feuchtigkeit vermieden wird. Der Silikongummi hat eine bessere mechanische Festigkeit als Wachs und ist leichter zu applizieren. Die Oberflächen müssen vor dem Abdecken gereinigt und entfettet werden. RTV-Grundierungen werden oft verwendet. Die Silikongummis bieten den geringsten Schutz gegen Feuchtigkeit, wenn man sie mit den anderen beschriebenen Schutzabdeckungen vergleicht.

## 16. Fehlersuche

Gelegentlich hat ein Produktionslos von Messwertaufnehmern eine geringere Leistungsfähigkeit als das vorangegangene Los. Da der DMS nur ein Teil des vollständigen Messsystems ist, ist es wünschenswert, ein Fehlersuchverfahren zu haben, um Fehlerquellen genau bestimmen zu können.

Angenommen, der Fehler liegt im Messwertaufnehmer (die Instrumentation sollte extra mit Referenzbrücken und kalibrierten Messwertaufnehmern kontrolliert werden), dann sollte es logisch sein, dass die Fehler aus dem DMS und der Messwertaufnehmerstruktur getrennt untersucht werden. Das geschieht unter Verwendung eines Referenzbalkens oder einer Referenzlastmesszelle, die mit DMS von dem in Frage kommenden Los ausgerüstet sind. Wenn diese DMS auf dieselbe Art und Weise funktionieren, wie das vorherige Los, kann der DMS selbst als Fehlerquelle ausgeschlossen werden. Unter Nutzung der gleichen Methode kann auch eine schlechte Klebstoffcharge getestet werden.

# Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	2
2. Dokumentation.....	2
3. Produktionsbedingungen.....	2
4. Oberflächenvorbereitung für das Kleben von DMS.....	2
5. DMS - Positionierung.....	3
6. DMS - Vorbereitung.....	3
6.1 Kontrolle.....	3
6.2 DMS - Säuberung.....	3
7. Klebstoffe.....	4
7.1 M-Bond 610:.....	4
7.2 M-Bond 43-B:.....	4
8. Klebstoffapplikationen.....	4
8.1 DMS-Serien N2A und EA.....	4
8.1.1 Verfahren.....	4
8.2 DMS-Serien J2A und SK.....	5
8.3 DMS-Serien TK, N2K und N3K.....	5
8.3.1 Verfahren.....	5
9. Das Anpressen.....	5
9.1 Teflon .....	5
9.2 Anpresskissen .....	5
9.3 Metallplatte.....	5
9.4 Anpressdruck.....	6
10. Anpressvorrichtungen.....	6
10.1 Totgewichte.....	6
10.2 Federklemmen.....	6
10.3 Luftklammern .....	6
10.4 Schlauchklemmen.....	6
10.4 Knebelklemmen.....	7
11. Klebstoffaushärtung.....	7
12. Nachhärtung.....	7
12.1 Nachhärtungsverfahren.....	7
13. Kontrolle der geklebten DMS.....	7
14. Das Löten.....	8
14.1 Lötkolben.....	8
14.2 Lötmittelarten.....	8
14.2.1 Lötendraht.....	9
14.2.2 Lötpaste.....	9
14.3 Flußmittel.....	9
14.4 Allgemeine Lötverfahren.....	9
14.5 Lötverfahren bei den DMS-Serien N2A und EA	
.....	10
14.6 Verdrahtungen zu verkupferten Lötanschlüssen	
.....	10
14.7 Verdrahtung zu DMS mit verzinnnten	
Lötanschlüssen (Serien SA und SK).....	10
14.8 Verdrahtungsführung.....	11
14.9 Alternativen zu konventionellen Verdrahtungen	
.....	11
14.10 Flussmittelentfernung .....	11
15. Schutzabdeckungen.....	11
15.1 Hermetische Versiegelungen.....	12
15.2 Wachs.....	12
15.3 Butyl-Gummi.....	12
15.4 Silikongummi.....	12
16. Fehlersuche.....	12

## **Für weitere Informationen...**

Die in dieser Broschüre aufgezeichneten Verfahren wurden als allgemeine Richtlinie für die auf DMS basierende Messwertnehmerherstellung geschrieben. Eine Abweichung zu diesen Verfahren ist besonders dann erforderlich, wenn die Messwertnehmer eine ungewöhnliche Größe oder Art darstellen. Unsere Ingenieure stehen jederzeit zur Verfügung, um mit Ihnen die jeweiligen Herstellungserfordernisse zu besprechen und helfen Ihnen, diese DMS-Klebeverfahren so aufzubereiten, dass Ihre Produktionseffektivität so hoch wie möglich ist. Rufen Sie uns an, schreiben Sie oder schicken Sie ein Fax an:

**Measurements Group Messtechnik GmbH**

**Postfach 1347**

**82155 Gräfelfing**

**Telefon: 089 85 89 610**

**Telefax: 089 85 89 61 29**

