

DEUTSCH

Montageanleitung



FS62PSS, FS62PSR, FS63LTS

Patch-Dehnungssensoren, Patch-Dehnungsrosetten
und Labor-Temperatursensoren

HBK FiberSensing, S.A.
Via José Régio, 256
4485-860 Vilar do Pinheiro
Portugal
Tel. +351 229 613 010
support.fs@hbkworld.com
www.hbkworld.com

Mat.:
DVS: A05319 05 G00 00
02.2025

© Hottinger Brüel & Kjaer GmbH

Änderungen vorbehalten.
Alle Angaben beschreiben unsere Produkte in allgemeiner Form. Sie stellen keine Beschaffenheits- oder Haltbarkeitsgarantie dar.

INHALTSVERZEICHNIS

1	Allgemeines	4
1.1	Hinweise zum Umweltschutz	4
1.1.1	Entsorgung von Verpackungen	4
1.2	In dieser Anleitung verwendete Kennzeichnung	7
2	Installationsverfahren	8
2.1	Vorbemerkungen	8
2.2	Materialliste	8
2.3	Patch-Dehnungssensor FS62PSS	9
2.3.1	Vorbereitung der Installationsfläche	9
2.3.2	Kennzeichnen der Messstelle	12
2.3.3	Positionieren des Sensors	13
2.3.4	Kleben des Sensors	14
2.4	Patch-Dehnungsrosette FS62PSR	18
2.4.1	Vorbereitung der Installationsfläche	18
2.4.2	Kennzeichnen der Messstelle	18
2.4.3	Positionieren des Sensors	19
2.4.4	Kleben des Sensors	20
2.5	Labor-Temperatursensor FS63LTS	22
2.5.1	Vorbereitung der Installationsfläche	22
2.5.2	Positionieren des Sensors	23
2.5.3	Befestigen des Sensors	23
2.6	Führen und Schützen der Kabel	24
2.7	Schutz der Sensoren	26
3	Sensorkonfiguration	30
3.1	Dokumentation zu den Sensoren	30
3.2	Berechnung der Messung	30
3.2.1	Temperatur	30
3.2.2	Dehnung	32
4	Wartung des Sensors	40
4.1	Sensor	40
4.2	Kabel	40
4.3	Anschlüsse	41

1 ALLGEMEINES

Die folgende Anleitung beschreibt das Installationsverfahren für die Patch-Dehnungssensoren FS62PSS, die Patch-Dehnungsrosetten FS62PSR und die Labor-Temperatur Sensoren FS63LTS.

Diese Sensoren können einzeln oder in werkseitig bei HBK FiberSensing vormontierten Sensor-Arrays geliefert werden.

Bestellinformationen		
Dehnungssensoren	DMS-Rosetten	Temperatursensoren
K-FS62PSS	K-FS62PSR	K-FS63LTS
1-FS62PSS-1510	1-FS62PSR-3505	1-FS63LTS-1515
1-FS62PSS-1520	1-FS62PSR-3520	1-FS63LTS-1525
1-FS62PSS-1530	1-FS62PSR-3535	1-FS63LTS-1535
1-FS62PSS-1540	1-FS62PSR-3550	1-FS63LTS-1545
1-FS62PSS-1550	1-FS62PSR-3565	1-FS63LTS-1555
1-FS62PSS-1560	1-FS62PSR-3580	1-FS63LTS-1565
1-FS62PSS-1570		1-FS63LTS-1575
1-FS62PSS-1580		1-FS63LTS-1585
1-FS62PSS-1590		1-FS63LTS-1595
Sensor-Arrays		
K-FS76BRD		

1.1 Hinweise zum Umweltschutz

1.1.1 Entsorgung von Verpackungen

Die Verpackung dieses Geräts hat die Aufgabe, es vor Schäden bei Transport und Lagerung zu schützen. Sie besteht zudem aus Materialien, die nach den Abfallmanagement-Vorschriften der Europäischen Union recycelt oder wiederverwendet werden können, um die von ihnen ausgehende Umweltbelastung zu minimieren.

Wenn Sie die Absicht haben, Ihr Gerät an unterschiedlichen Standorten einzusetzen, empfiehlt es sich, die Originalverpackung zur Wiederverwendung aufzubewahren. Damit ist nicht nur ein geeigneter Schutz beim Transport garantiert, sondern es trägt auch zur Abfallvermeidung bei.

Die Verpackungskartons sind mit einem Etikett versehen, auf dem die für diese spezifische Verpackung verwendeten Materialien angegeben sind.



Abb. 1.1 Beispiel eines Etiketts auf der Verpackung

Bitte beachten Sie für eine ordnungsgemäße und verantwortliche Entsorgung die nachstehenden Anweisungen. Sie leisten damit einen wertvollen Beitrag zum Schutz unseres Planeten. Vielen Dank!

Bei der Entsorgung sind die folgenden Hinweise zu beachten:

- Alle Etiketten, Klebstoffe, Nägel, Heftklammern oder Kappen/Verschlüsse entfernen, die nicht aus gleichem Material bestehen.
- Die Verpackung mit Wasser ausspülen, um Rückstände oder Schmutz zu entfernen.
- Die Verpackung flach zusammendrücken oder falten, um ihr Volumen zu verringern (außer bei Glas, das nicht zerkleinert werden sollte).
- Die Verpackung nach Werkstoffen trennen und in den geeigneten Recycling-Behälter oder -Beutel geben.

Unsere Verpackungen bestehen größtenteils aus Papier und Kunststoff und sind zur Wiederverwendung oder zum Recycling bestimmt. Sie eignen sich jedoch nicht als Behälter für Lebensmittel. Ausführliche Informationen zu den von HBK FiberSensing verwendeten Verpackungsmaterialien, die auf dem Verpackungsetikett jedes an Kunden ausgelieferten Produkts aufgeführt sind, finden Sie im Kapitel „Verpackungssymbole“.

Verpackungssymbole

Als Orientierungshilfe sind Verpackungsmaterialien mit dem entsprechenden Symbol gekennzeichnet.



Nicht für Lebensmittel geeignet



Recyclingfähig

Die Recycling-Symbole für die verschiedenen Werkstoffe enthalten Zahlen und Buchstaben, die den jeweiligen Werkstofftyp angeben. PET (Polyethylenterephthalat) ist beispielsweise auch mit der Zahl 1 gekennzeichnet, und PE-HD (High-Density-Polyethylen) ist mit der Zahl 2 gekennzeichnet. Für Papier (PAP) entspricht 20 Wellpappe, und 22 entspricht Papier, wie es für Zeitungen, Bücher usw. verwendet wird.

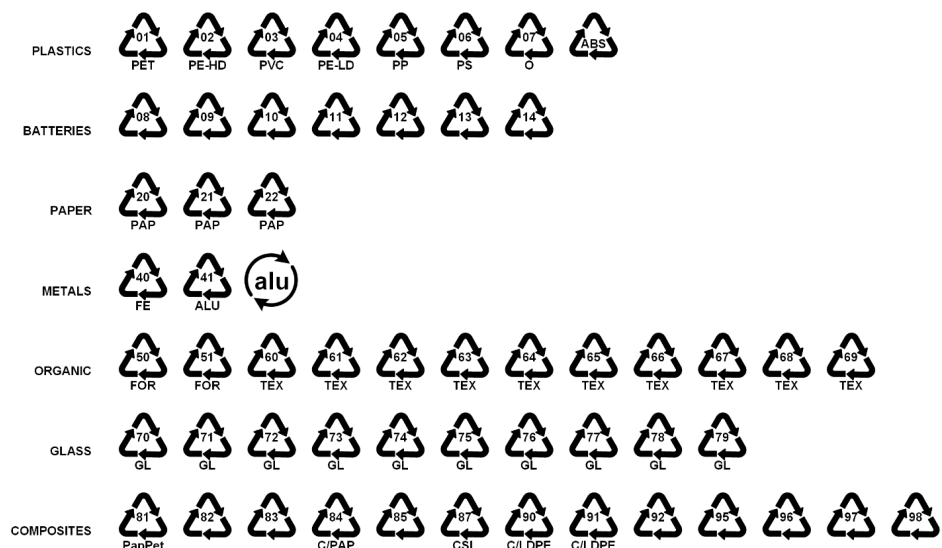


Abb. 1.2 Recycling-Symbole

Kunststoffe

Verpackungsmaterialien aus Kunststoff sind üblicherweise Beutel, Folien, Trays, Blisterverpackungen oder Behälter.

Batterien, Akkus

Batterien und Akkus gehören nicht zur Verpackung, sie können aber im Gerät oder seinem Zubehör enthalten sein. Weitere Informationen finden Sie in Abschnitt 2.1.1 „Entsorgung Ihres Altgeräts“.

Papier

Verpackungsmaterialien aus Papier sind üblicherweise Schachteln, Kartons, Umschläge oder Etiketten.

Metalle

Verpackungsmaterialien aus Metall sind üblicherweise Dosen, Folien, Kappen/ Verschlüsse oder Drähte.

Organische Materialien

Organische Verpackungsmaterialien könnten Holz, Kork oder Baumwolle sein; sie werden aus natürlichen oder biologisch abbaubaren Materialien hergestellt, die kompostiert oder wiederverwendet werden können.

Glas

Verpackungsmaterialien aus Glas sind Flaschen, Standgefäße (Einmachgläser) oder Glasfläschchen (Vials).

Verbundwerkstoffe

Verpackungsmaterialien aus Verbundwerkstoffen bestehen aus Lagen verschiedener Materialien, beispielsweise Papier, Kunststoff und Aluminium. Sie sind mit einem Recycling-Symbol und einem Buchstaben gekennzeichnet, der die Zusammensetzung der Verpackung angibt. PAP steht z. B. für Papier und Kunststoff, ALU steht für Aluminium.

1.2 In dieser Anleitung verwendete Kennzeichnung

Wichtige Hinweise für Ihre Sicherheit sind besonders gekennzeichnet. Beachten Sie diese Hinweise unbedingt, um Unfälle und Sachschäden zu vermeiden.

Symbol	Bedeutung
 VORSICHT	Diese Kennzeichnung weist auf eine <i>mögliche</i> gefährliche Situation hin, die – wenn die Sicherheitsbestimmungen nicht beachtet werden – leichte oder mittlere Körperverletzung zur Folge haben <i>kann</i> .
Hinweis	Diese Kennzeichnung weist auf eine Situation hin, die – wenn die Sicherheitsbestimmungen nicht beachtet werden – Sachschäden zur Folge haben <i>kann</i> .
 Wichtig	Diese Kennzeichnung weist auf <i>wichtige</i> Informationen zum Produkt oder zur Handhabung des Produktes hin.
 Tipp	Diese Kennzeichnung weist auf Anwendungstipps oder andere für Sie nützliche Informationen hin.
 Information	Diese Kennzeichnung weist auf wichtige Informationen zum Produkt oder zur Handhabung des Produktes hin.
<i>Hervorhebung Siehe ...</i>	Wichtige Textstellen sowie Verweise auf andere Abschnitte, Diagramme oder externe Dokumente sind durch Kursivschrift hervorgehoben.
	Diese Kennzeichnung weist auf eine Aktion in einem Verfahren hin.

2 INSTALLATIONSVERFAHREN

2.1 Vorbemerkungen

Bei der Montage der Sensoren FS62PSS, FS62PSR und FS63LTS ist Folgendes zu beachten:

- Alle Komponenten vorsichtig behandeln.
Dies sind Präzisionssensoren, ihre erreichbare Genauigkeit hängt daher von der korrekten Montage ab.
- Die Sensoren nicht überlasten.
- Querkräfte oder Drehmomente vermeiden.
- Die Kabel vor dem Befestigen vorsichtig behandeln, um Schäden zu vermeiden.
Den Sensor nicht an den Kabeln halten.
- Muttern an dem aus den Sensoren austretenden Kabel sind Teil des Sensorgehäuses und dürfen nicht gelöst werden.

Hinweis

Die Sensoren FS62PSS, FS62PSR und FS63LTS sind Präzisionsmesselemente und müssen vorsichtig behandelt werden. Stöße oder Stürze können zu permanenten Schäden an den Sensoren führen. Sorgen Sie dafür, dass auch bei der Montage keine Überlastung der Sensoren auftreten kann.

2.2 Materialliste

Im Lieferumfang enthaltenes Material		
FS62PSS	FS62PSR	FS63LTS
Sensor	Sensor	Sensor
Fluorpolymer-Installationshilfe	Fluorpolymer-Installationshilfe	
Fluorpolymer-Trennfolie	Fluorpolymer-Trennfolie	
Druck-Pad (eins pro Set)	Druck-Pad (eins pro Set)	

Benötigte Ausrüstung
Schleifmaschine (optional)

Benötigtes Material
Klebstoff Empfehlung von HBK: 1-CA80, 1-X60 oder 1-X280

Schleifpapier
Reinigungsmittel für Messstellen Empfehlung von HBK: 1-RMS1 oder 1-RMS1-SPRAY
Reinigungs-Pads Empfehlung von HBK: 1-8402,0026
Polyimid-Klebeband Empfehlung von HBK: 1-KLEBEBAND
Messstellenschutz Empfehlung von HBK: 1-ABM75 und/oder AK22

2.3 Patch-Dehnungssensor FS62PSS

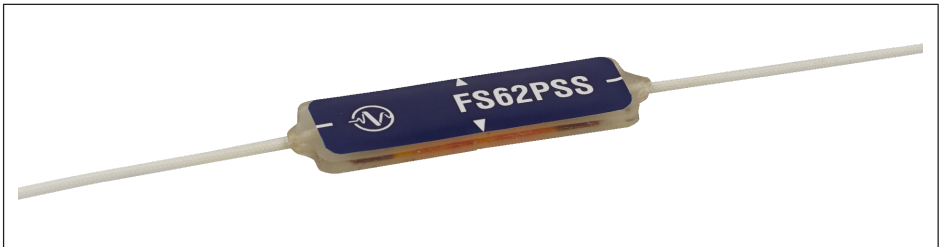


Abb. 2.1 Patch-Dehnungssensor FS62PSS

2.3.1 Vorbereitung der Installationsfläche

Für die Installation der optischen Dehnungsmessstreifen oder -sensoren muss die Oberfläche des Messobjekts gereinigt und eben sein.

Wenn das Material mit Schutzschichten aus einem Anstrich versehen ist oder sich Rost gebildet hat, die Oberfläche mit einer Maschine (Abb. 2.2) oder von Hand (Abb. 2.3) abschleifen, um diese Schichten zu entfernen. Darauf achten, dass die Oberfläche nicht uneben wird.



Abb. 2.2 Entfernen von Farbe und Rost mit einer Schleifmaschine



Abb. 2.3 Entfernen von Farbe und Rost mit Schleifpapier

Die Oberfläche mit einem geeigneten Reinigungsmittel (empfohlen wird RMS 1) und Vliesstoff-Pads (Abb. 2.4 und Abb. 2.6) reinigen.

Den Reinigungsvorgang so lange wiederholen, bis das Pad sauber bleibt.



Abb. 2.4 Verwenden von Reinigungsmittel RMS1 und Vliesstoff-Pads

Wenn das Material frei von Schutzschichten und sehr glatt ist, muss die Oberfläche trotzdem mit Schleifpapier (z. B. Körnung 180) in kreisförmigen Bewegungen aufgeraut werden (Abb. 2.5).

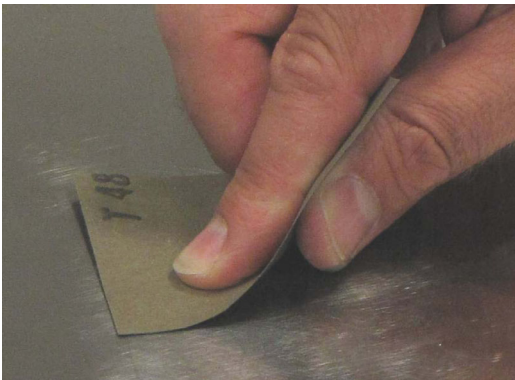


Abb. 2.5 Aufrauen der Oberfläche des Messobjekts

Danach muss die Oberfläche erneut gereinigt werden, damit die Klebestelle vollkommen frei von Staub und Fett ist.



Abb. 2.6 Reinigen der Oberfläche

Im letzten Durchgang sollten die Wischbewegungen immer in der gleichen Richtung ausgeführt werden, bis schließlich keine Verunreinigung mehr auf dem Pad zu sehen ist.

2.3.2 Kennzeichnen der Messstelle

Die Ausrichtung des Sensors festlegen. Dabei die Messrichtung und die Ausrichthilfen auf dem Sensor berücksichtigen.



Abb. 2.7 Ausrichtmarkierungen des Sensors FS62PSS



Tipp

Je nach Werkstoff der Oberfläche zum Markieren der Sensorposition ein spitzes Werkzeug oder einen Stift verwenden.



Tipp

Darauf achten, dass Hände und Werkzeug sauber sind, um eine Verunreinigung der Klebefläche zu vermeiden.

Die Länge der Hilfsline sollte ca. 60 mm in Messrichtung betragen. Mit einer ca. 40 mm langen vertikalen Hilfslinie muss die Mitte des Sensors angezeichnet werden, siehe Abb. 2.8. Beide Linien im Bereich der Klebefläche des Sensors unterbrechen.



Abb. 2.8 Kennzeichnen der Sensorposition

2.3.3 Positionieren des Sensors

Den optischen Sensor aus der Schutztasche in der Schachtel nehmen und die Fluoropolymer-Schutzfolie von der Installationsseite des Sensors abziehen.



Tipp

Die Fluoropolymer-Schutzfolie zur späteren Verwendung während der Klebephase aufbewahren.

Dann den Sensor auf die gekennzeichnete Messstelle setzen und mit der an ihr befestigten Fluoropolymer-Installationshilfe sichern. Nachdem der Sensor so positioniert ist, dass er an dem gezeichneten Kreuz ausgerichtet ist, ein 10 cm langes Polyimid-Klebeband (1-KLEBEBAND) über der Fluoropolymer-Installationshilfe aufkleben, ohne dabei den Sensor zu berühren, um die Installationshilfe am Messobjekt zu sichern (Abb. 2.9).



Abb. 2.9 Ausrichten und Platzieren des FS62PSS

Der nächste Schritt ist nicht zwingend, wird aber empfohlen, damit der Klebstoff nicht ausläuft.

Ein weiteres 10 cm langes Polyimid-Klebeband (1-KLEBEBAND) auf der anderen Seite des Sensors aufkleben, einige Millimeter vom Sensor entfernt und an seiner längeren Kante ausgerichtet (Abb. 2.10).

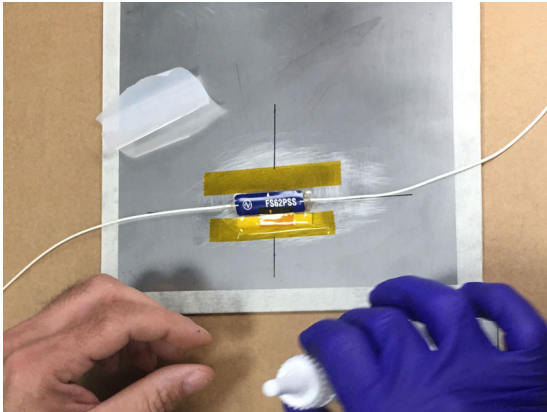


Abb. 2.10 Anbringen der Klebeband-Maske

2.3.4 Kleben des Sensors

Grundlage der folgenden Anleitungen ist der Klebstoff CA80, bei dem es sich um einen Schnellklebstoff auf Cyanacrylat-Basis handelt. Der Sensor kann auch mit anderen Klebstoffen installiert werden. Dabei muss die Gebrauchsanweisung der Klebstoffe beachtet und die folgenden Anleitungen müssen entsprechend angepasst werden.

Die folgende Tabelle fasst die Merkmale und Anwendungen der bevorzugten Klebstoffe von HBK zusammen:

Klebstoff	Aushärtung	Betriebstemperatur	Allgemeine Kommentare
CA80	bei 20 °C: 1 min	-55 °C bis 100 °C ¹⁾ -70 °C bis 120 °C ²⁾	Messungen möglich nach 30 Minuten; Konstanter Druck (mit dem Daumen) und 30 bis 80 % Luftfeuchtigkeit während der Installation erforderlich.
X60	bei 20 °C: 10 min	-200 °C bis 60 °C ¹⁾ -200 °C bis 80 °C ²⁾	Messungen möglich nach 30 Minuten; Steifer Klebstoff; Nicht geeignet für dynamische Biegebeanspruchung; Bei der Installation muss darauf geachtet werden, dass eine dünne Schicht zwischen Sensor und Oberfläche vorhanden ist.
X280	bei 10 °C: 36 h bei 20 °C: 8 h bei 65 °C: 2 h bei 95 °C: 1 h	-200 °C bis 200 °C ¹⁾ -200 °C bis 280 °C ²⁾	Empfohlen für Anwendungen mit hoher Dauerschwingbeanspruchung.

¹⁾ Bei nullpunktbezogenen Messungen

²⁾ Bei dynamischen Messungen

Den Klebstoff CA80 vorbereiten und das kleine Stück Fluorpolymer-Trennfolie (das beim Auspacken vom Sensor entfernt wurde) bereitlegen.

Den Sensor FS62PSS mit der Fluorpolymer-Installationshilfe als Scharnier für den optischen Sensor umklappen, wie in Abb. 2.11 gezeigt. Drei Tropfen des Klebstoffs CA80 auf die Fläche auftragen, die den Sensor aufnehmen wird. Darauf achten, dass die Flasche des CA80 nicht die Oberfläche berührt.

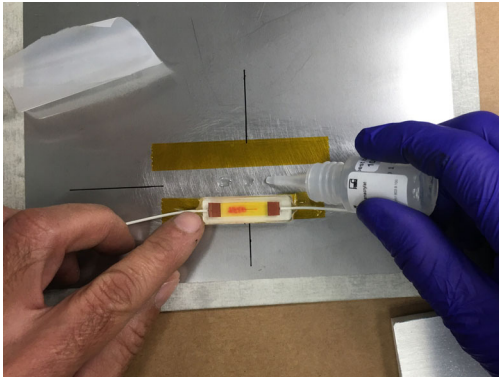


Abb. 2.11 Umklappen des FS62PSS und Auftragen des Klebstoffs CA80

Den Sensor schnell auf den Klebstoff zurückklappen. Mit der vorbereiteten Fluoropolymer-Trennfolie als Zwischenschicht abdecken und den Sensor ungefähr eine Minute fest und gleichmäßig andrücken. Zur Unterstützung dieses Schritts wird ein Druck-Pad zur Druckverteilung mitgeliefert.

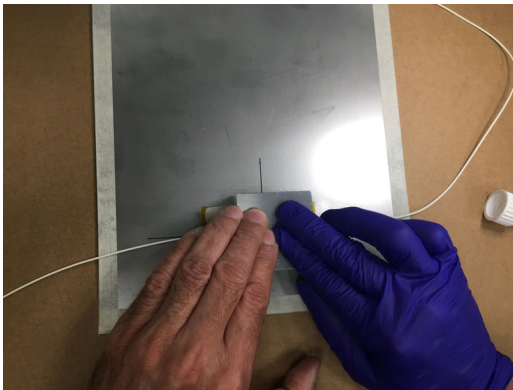


Abb. 2.12 Aufkleben des FS62PSS und Härten des Klebstoffs

Nach dem Kleben und bei Bedarf überschüssigen Klebstoff CA80 mit einem Vliesstoff-Pad von der Materialoberfläche entfernen.

Nach dem Aufkleben benötigt der Klebstoff CA80 weitere zehn Minuten zum Aushärten. Wenn die Zugentlastung gemäß der nachstehenden Beschreibung angebracht wurde, können die Klebestreifen nun entfernt werden, andernfalls ungefähr noch einmal zehn Minuten warten. Danach können alle Klebestreifen und die Installationshilfe entfernt werden. Sofern möglich, die Klebestreifen in einem kleinen Winkel und flach zur Oberfläche abziehen (Abb. 2.13).

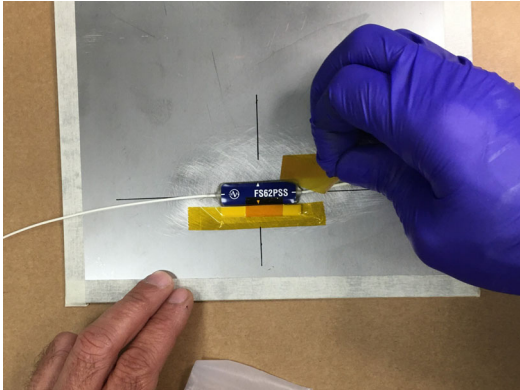


Abb. 2.13 Entfernen der zum Fixieren verwendeten Klebestreifen

Danach die Fluoropolymer-Installationshilfe vorsichtig entfernen (Abb. 2.14).

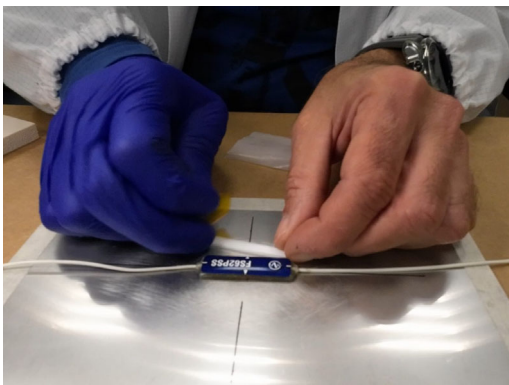


Abb. 2.14 Entfernen der Fluoropolymer-Installationshilfe

In diesem letzten Schritt eventuell noch vorhandene Klebstoffreste unter der Fluoropolymer-Installationshilfe mit einem Vliesstoff-Pad entfernen.

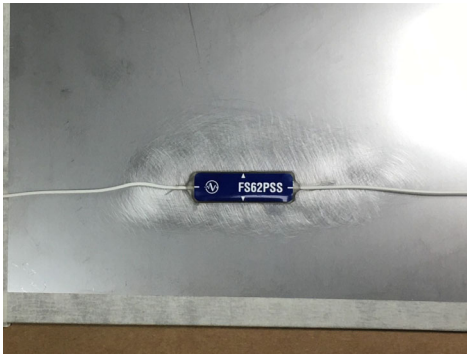


Abb. 2.15 Abgeschlossene Installation des optischen Dehnungsmessstreifens

Bitte auch die Informationen zu Aushärtungszeiten in der Installationsanleitung zum Klebstoff CA80 beachten.

2.4 Patch-Dehnungsrosette FS62PSR

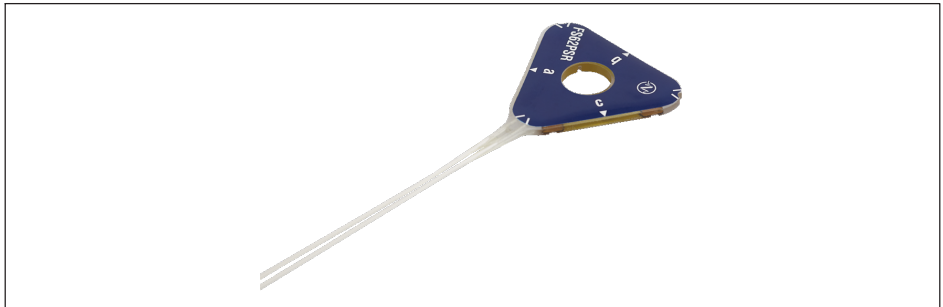


Abb. 2.16 Patch-Dehnungsrosette FS62PSR

2.4.1 Vorbereitung der Installationsfläche

Für die Installation der Patch-Dehnungsrosette FS62PSR muss die Oberfläche sauber und frei von Unebenheiten sein. Bitte die Verfahren beachten, die für FS62PSS in *Abschnitt 2.3.1 auf Seite 9* beschrieben wurden.

2.4.2 Kennzeichnen der Messstelle

Die Rosette FS62PSR verfügt über drei an den Winkelpositionen $0^\circ/60^\circ/120^\circ$ angeordnete FBGs. Die Ausrichtung jedes FBG wird durch die Ausrichtmarkierungen an jeder Ecke der Rosette angezeigt, die Richtungen sind damit als „a“, „b“ und „c“ definiert, wie in *Abb. 2.17* dargestellt.

Zuerst das Hilfslinienkreuz anzeichnen, ähnlich wie in *Abschnitt 2.3.2* beschrieben, und dafür eine der FBG-Ausrichtungen wählen, zum Beispiel „a“, sowie die Senkrechte zu ihr.

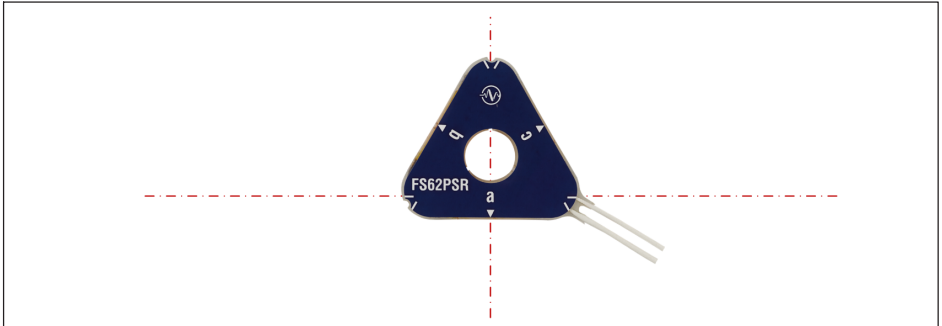


Abb. 2.17 Ausrichtmarkierungen des Sensors FS62PSR

2.4.3 Positionieren des Sensors

Die optische DMS-Rosette mit der Fluoropolymer-Installationshilfe auf dem Hilfslinienkreuz positionieren.

Die gewählte Richtung, zum Beispiel. „a“, an der horizontalen Markierung ausrichten. Zur Erleichterung dieser Positionierung an den weißen Ausrichtungsmarkierungen auf dem Sensoretikett orientieren. Dann die Ausrichtung senkrecht dazu vornehmen, zum Beispiel zwischen dem Pfeil, der die Richtung „a“ kennzeichnet, und dem Schnittpunkt zwischen den Richtungsmarkierungen „b“ und „c“, und dort die vertikale Hilfslinie anzeichnen.

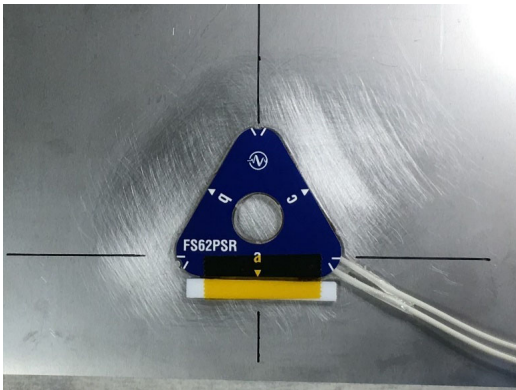


Abb. 2.18 Ausrichten der optischen DMS-Rosette

Es empfiehlt sich, eine Klebeband-Maske rund um die Sensorposition anzubringen, um ein Auslaufen des Klebstoffs beim Aufkleben der Rosette FS62PSR zu verhindern. Dazu

zwei zusätzliche Streifen des Polyimid-Klebebands parallel zu den Kanten der optischen DMS-Rosette aufkleben (siehe Abb. 2.19).

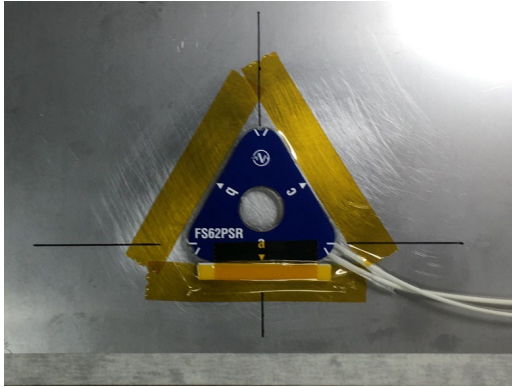


Abb. 2.19 Anbringen der Klebeband-Maske

2.4.4 Kleben des Sensors

Wie beim Patch-Dehnungssensor FS62PSS beschreiben die folgenden Verfahren die Installation der Patch-Dehnungsrosette FS62PSR mit dem Schnellklebstoff CA80. Weitere Informationen zu den verschiedenen Klebstoffen siehe im *Abschnitt 2.3.4* „Kleben des Sensors“ auf Seite 14.

Den Klebstoff CA80 und das zum Lieferumfang gehörende Stück Fluorpolymer-Trennfolie bereitlegen. Die Fluorpolymer-Installationshilfe als Scharnier für die optische DMS-Rosette verwenden und die Rosette daran zurückklappen. 6 Tropfen des Klebstoffs CA80 in einem Dreieck auf die Messstelle (unter der optischen DMS-Rosette auftragen). Darauf achten, dass die Flasche des CA80 nicht die Oberfläche berührt, *siehe Abb. 2.20*.

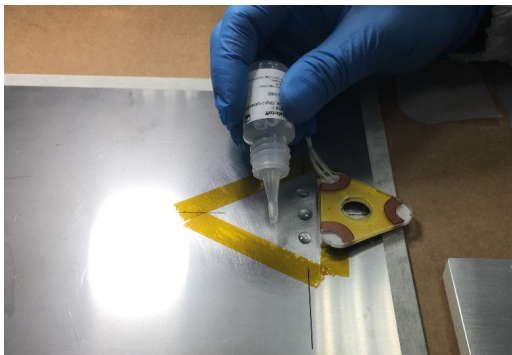


Abb. 2.20 Anwenden des Klebstoffs

Die optische DMS-Rosette schnell auf den Klebstoff zurückklappen. Mit der vorbereiteten Fluorpolymer-Trennfolie als Zwischenschicht abdecken (Abb. 2.21) und die Rosette ungefähr eine Minute fest und gleichmäßig andrücken, z. B. mit einem Druck-Pad.

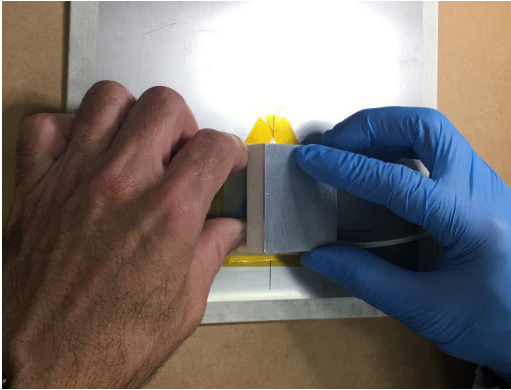


Abb. 2.21 Auflegen der Fluorpolymer-Trennfolie und des Druck-Pads



Abb. 2.22 Andrücken der Rosette für 1 Minute

Nach dem Aufkleben benötigt der Klebstoff CA80 weitere zehn Minuten zum Aushärten. Danach können alle Klebebandstreifen und die Installationshilfe entfernt werden. Sofern möglich, die Klebestreifen in einem Winkel und flach zur Oberfläche abziehen.

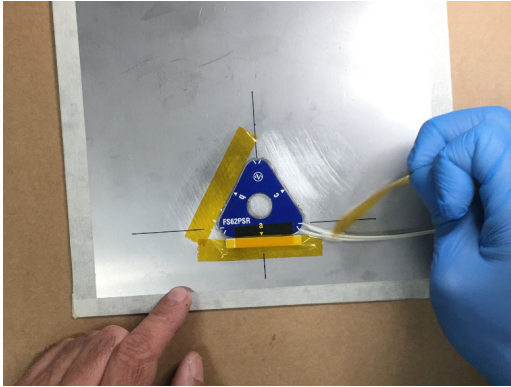


Abb. 2.23 Entfernen des Klebebands

Danach vorsichtig die Fluorpolymer-Installationshilfe entfernen, wie für FS62PSS in *Abb. 2.14 auf Seite 17* beschrieben.

In diesem letzten Schritt eventuell noch vorhandene Klebstoffreste unter der Fluorpolymer-Installationshilfe mit einem Vliesstoff-Pad entfernen. Bitte auch die Informationen zu Aushärtungszeiten in der Installationsanleitung zum Klebstoff CA80 beachten.

2.5 Labor-Temperatursensor FS63LTS



Abb. 2.24 Labor-Temperatursensor FS62LTS

2.5.1 Vorbereitung der Installationsfläche

Für die Installation des Labor-Temperatursensors FS63LTS muss die Oberfläche sauber und frei von Unebenheiten sein. Bitte die Verfahren beachten, die für FS62PSS in *Abschnitt 2.3.1 auf Seite 9* beschrieben wurden.

2.5.2 Positionieren des Sensors

Die Ausrichtung des FS63LTS spielt für eine korrekte Temperaturmessung keine besondere Rolle. Bei Verwendung zur Temperaturkompensation ist es jedoch wichtig, dass der Sensor neben den Dehnungssensoren angebracht wird. Eine wirksame Temperaturkompensation ist nur möglich, wenn die beiden Sensoren – Dehnung und Temperatur – auf gleicher Temperatur sind.



Abb. 2.25 Positionieren des Temperatursensors

2.5.3 Befestigen des Sensors

Der Temperatursensor muss mit einer Methode befestigt werden, die einen thermischen Kontakt zwischen der zu messenden Probe und dem Sensor ermöglicht. Am einfachsten lässt sich der Sensor befestigen, indem darüber ein Klebeband, zum Beispiel das Polyimid-Klebeband (1-KLEBEBAND), geklebt oder ein Abdeckmittel 1-ABM75 oder 1-AK22 aufgetragen wird. Er kann auch mit einem Klebstoff, der für einen guten thermischen Kontakt zwischen Oberfläche und Sensor sorgt, aufgeklebt werden. Dabei ist jedoch darauf zu achten, dass der Klebstoff nur auf den mittleren Teil des Sensors aufgetragen wird, damit keine Dehnung auf den Sensor übertragen wird.

Zur Temperaturkompensation den Kompensationssensor möglichst nahe an dem Dehnungssensor anordnen, dessen Dehnungssignal kompensiert werden muss.

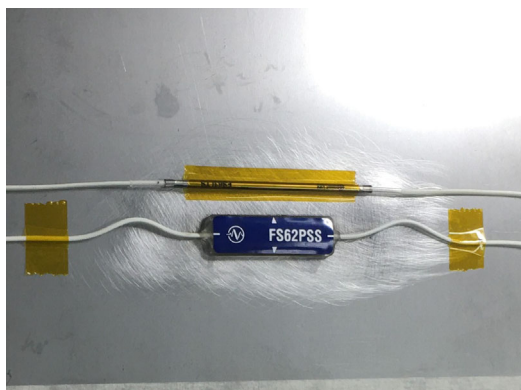


Abb. 2.26 Mit Polyimid-Klebeband befestigter FS63LTS

2.6 Führen und Schützen der Kabel

Bei der Kabelführung ist darauf zu achten, dass die Kabel nicht durchhängen und Biegungen innerhalb der für das verwendete Kabel geltenden Grenzwerte bleiben.

Bei FS63LTS-Temperatur Sensoren ist zu beachten, dass das aus dem Sensor kommende Kabel über steifere Übergänge verfügt. Sollten Kabelbiegungen nah am Sensor erforderlich sein, darauf achten, dass die Kabelbiegung mindestens 25 mm von den metallischen Begrenzungen des Sensors beginnt.



Wichtig

Enge Biegungen neben dem Sensorausgang können aufgrund des Schutzes an den Faser-
ausgängen zum Bruch der Faser führen.

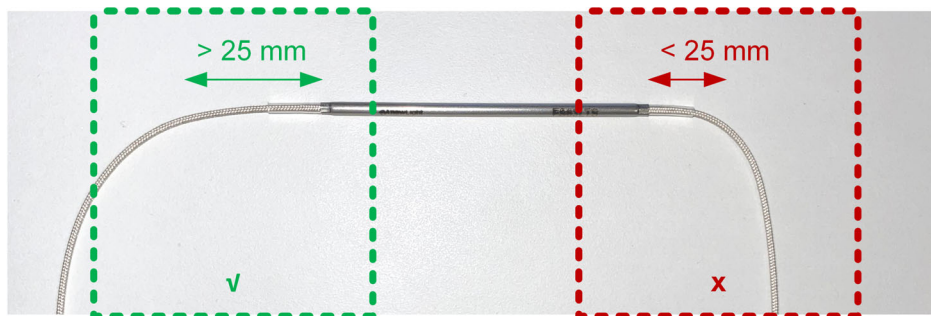


Abb. 2.27 Kabelinstallation von FS63LTS

Wir empfehlen, eine Zugentlastung für die Glasfaser zu verwenden (siehe Abb. 2.28). Die überstehenden Fasern in sanfte Kurven legen und diese mit Polyimid-Klebeband fixieren. Als Alternative kann auch Klebstoff verwendet werden (zum Beispiel X60).

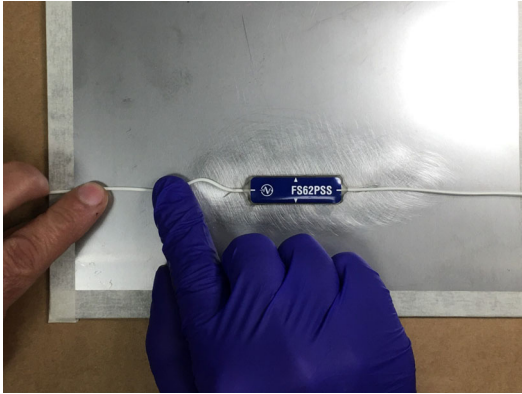


Abb. 2.28 Zugentlastung für die Glasfaser

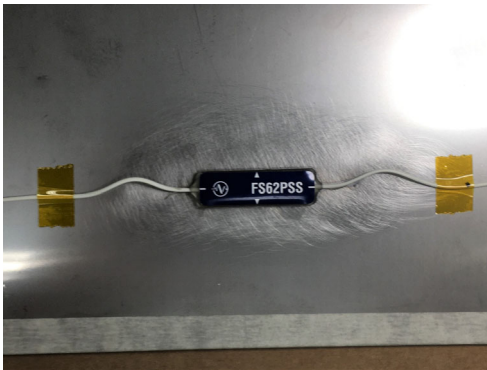


Abb. 2.29 Fixieren der Glasfaser-Zugentlastung mit Klebeband

Wenn geschützte Speistellen vorhanden sind, auch auf eine gute Fixierung der Speistellen achten.

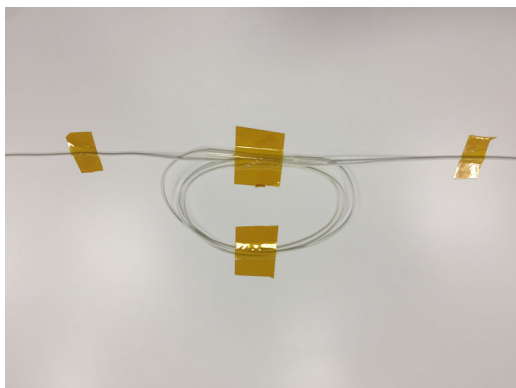


Abb. 2.30 Führung eines Kabels mit Kunststoff-Gewebeschauch

Für Anwendungen im Freien empfiehlt es sich, die Kabelwege zusätzlich vor Feuchtigkeit und mechanischer Beschädigung zu schützen. Dazu können entweder Kabelkanäle verwendet oder das Kabel kann auf der gesamten Länge mit Silikon oder einer anderen Dichtmasse (zum Beispiel DP490 von 3M) abgedeckt werden.



Information

Das Kabel mit Kunststoff-Gewebeschauch eignet sich für Installationen im Labor in kontrollierten Umgebungen. Es ist für einen weiten Temperaturbereich geeignet, aber nicht vollständig gegen mechanische Beschädigung geschützt. Falls die Sensoren in sehr rauen Umgebungen eingesetzt werden, wird ein zusätzlicher Schutz der Kabel empfohlen (mit Kunststoffrohren, Kabelschutzrohren oder durch Abdecken der Kabel mit einem schützenden Material).

2.7 Schutz der Sensoren

FS62PSS, FS62PSR und FS63LTS sind Sensoren, die für Laboranwendungen entwickelt wurden. Mit einem entsprechenden Schutz können sie aber auch in anderen Umgebungen eingesetzt werden.

Die Sensoren sollten mit den Abdeckmitteln AK22 und ABM75 vor Feuchteinfluss geschützt werden.

Zuerst alle vom Verkleben übrigen Klebstoffreste (in diesem Fall CA80) großzügig mit Abdeckkitt abdecken. Den Kitt sorgfältig von allen Seiten zum Sensor hin andrücken (Abb. 2.31).

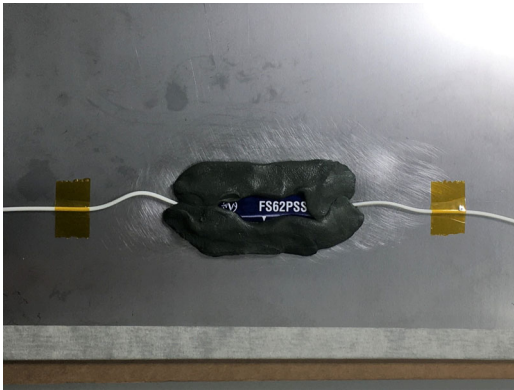


Abb. 2.31 Abdecken der Sensorkanten mit AK22

Um eine vollständige Abdeckung sicherzustellen, immer eine geringe Menge AK22 auch unter den Kabeln anbringen. Dies sollte neben dem Sensor sowie am Übergang zu den übrigen Schutzschichten gemacht werden (Abb. 2.32).

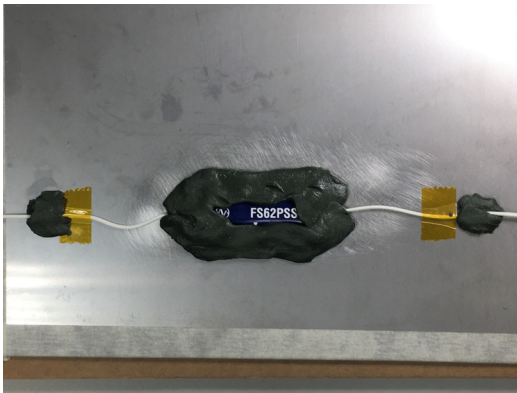


Abb. 2.32

Ein Stück Abdeckfolie ABM75 (Abb. 2.33) zuschneiden, das groß genug ist, um die Sensorfläche (einen einzigen Sensor oder mehrere nahe beieinander – z. B. einen FS62PSS und einen FS63LTS zur Temperaturkompensation) zu überdecken, und über den Sensor legen.

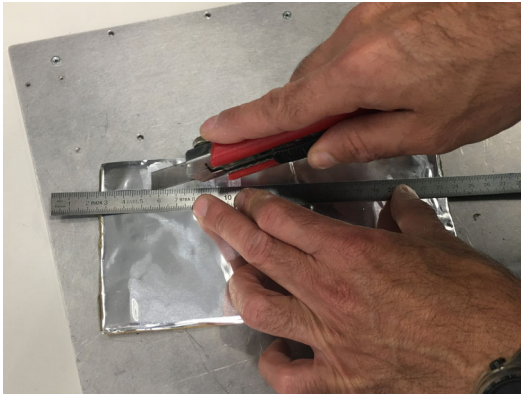


Abb. 2.33 Zuschneiden von ABM75 passend zur Sensorfläche

Die Abdeckfolie an ihren Kanten mit einem steifen Gegenstand andrücken, damit sie möglichst eng an der Oberfläche des Messobjekts anliegt.

Hinweis

Sehr sorgfältig darauf achten, dass dieser Druck nicht über dem Bereich des Kabels ausgeübt wird, da dies die Fasern beschädigen und den Messwert des Sensors beeinträchtigen kann. Im Bereich des Kabels die Folie nur vorsichtig mit den Fingern andrücken.

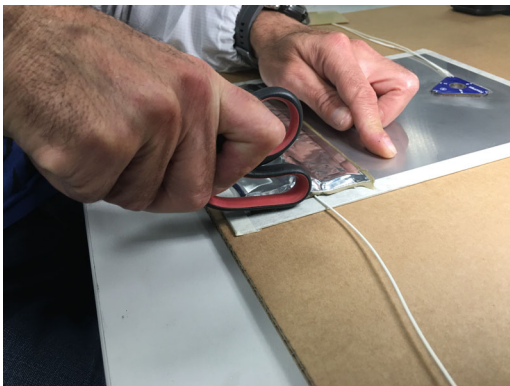


Abb. 2.34 Auflegen und Andrücken der Abdeckfolie ABM75



Abb. 2.35 Vollständig abgedeckte Messstelle

3.1 Dokumentation zu den Sensoren

Kalibrierte Sensoren von HBK FiberSensing werden mit einem Kalibrierdatenblatt ausgeliefert. Die übrigen Sensoren werden mit einem Sensordatenblatt ausgeliefert, das wichtige Informationen für die Sensorkonfiguration enthält.

Falls Sensoren in vormontierten Sensor-Arrays ausgeliefert werden, wird alternativ eine zusammenfassende Tabelle mit den relevanten Kalibrierinformationen bereitgestellt.

In der Verpackung des Sensors liegt diese Installationsanleitung als Papiausdruck bei. Die Installationsanleitung steht außerdem auf der Website von HBK zum Download bereit (www.hbm.com).

3.2 Berechnung der Messung

3.2.1 Temperatur

Die durchzuführenden Berechnungen für die Umwandlung einer Wellenlängenmessung in einen Temperaturwert sind in Abb. 3.1 dargestellt. Der Temperaturwert, der mit einem Temperatursensor gemessen wird, ist durch ein Polynom zweiter Ordnung mit den aus der Sensorkalibrierung erhaltenen Koeffizienten gegeben.

$$T = S_2(\lambda - \lambda_0)^2 + S_1(\lambda - \lambda_0) + S_0$$

Abb. 3.1 Formel zur Berechnung der Temperatur

Mit

- T gleich der gemessenen Temperatur in °C
- λ gleich der gemessenen Bragg-Wellenlänge des Temperatursensors in nm
- λ_0 gleich der Bragg-Wellenlänge des Temperatursensors bei Referenztemperatur in nm
- S_0 gleich dem Kalibrierfaktor nullter Ordnung (Referenztemperatur) in °C
- S_1 gleich dem Kalibrierfaktor erster Ordnung in °C/nm
- S_2 gleich dem Kalibrierfaktor zweiter Ordnung in °C/nm²

Wenn mit catman® gearbeitet wird, sollten die Werte λ_0 , S_0 , S_1 und S_2 in das Menü für die Konfiguration von Temperatursensoren eingetragen werden.

Messung mit Korrektur des Entfernungseffekts

Bei Messungen mit Interrogatoren, die auf dem Scannen mit durchstimmbarem Laser basieren, beispielsweise mit dem BraggMETER von HKB FiberSensing, wirkt sich die Länge der Verkabelung zwischen dem Interrogator und dem Sensor auf das gemessene reflektierte Signal aus. Der Entfernungsfehler ist bei Sensoren erheblich, die auf absolute Wellenlängenwerte angewiesen sind, wie zum Beispiel Temperatursensoren.

Der zum Scannen eingesetzte durchstimmbare Laser sendet im Laufe der Zeit eine veränderliche Wellenlänge aus. Für die Messung der vom FBG-Sensor reflektierten Wellenlänge wird die Wellenlänge identifiziert, die zu dem Zeitpunkt emittiert wird, an dem der vom Faser-Bragg-Gitter (FBG) reflektierte Peak erkannt wird. Mit steigender Erfassungsrate wird die durch die Strecke, die das Licht in beide Richtungen zurücklegt, verursachte Verzögerung immer deutlicher, was die Genauigkeit der absoluten Wellenlängenmessung verringert. Derselbe Effekt tritt bei zunehmenden Entfernungen auf.

Die Effekt der Kabellänge äußert sich in einer konstanten Verschiebung der Wellenlängenmessung, die von der Abtastrate des optischen Moduls und von der Entfernung zwischen Sensor und Interrogator abhängt. Bei niedrigen Erfassungsraten oder kurzen Entfernungen ist die Verschiebung der gemessenen Wellenlänge vernachlässigbar, erreicht bei hohen Abtastraten oder größeren Entfernungen aber eine erhebliche Größenordnung.

$$\Delta\lambda_{error} = \frac{d \cdot 2 \cdot n \cdot RepRate \cdot Fullrange}{SweepDirection \cdot DutyCycle \cdot c}$$

Abb. 3.2 Wellenlängenverschiebung aufgrund Sweep-Geschwindigkeit des Lasers

Wobei

- $\Delta\lambda_{error}$ gleich dem Wellenlängen-„Fehler“, in nm
- d gleich der Entfernung (in m) zwischen dem Sensor und dem Interrogator
- n gleich dem Brechungsindex der Faser (1,446 für Standardfaser SMF28)
- $RepRate$ gleich dem Istwert des Erfassungs-Scans des optischen Moduls (für BraggMETER-Interrogatoren ist dies die ausgewählte Erfassungsrate in S/s);
- $FullRange$ gleich der Länge des Bereichs der gemessenen Wellenlängen (102 nm für BraggMETER-Interrogatoren)
- $SweepDirection$ gleich dem Signal der Sweep-Richtung: 1 für Sweep von den niedrigsten zu den höchsten Wellenlängen und -1 für Sweep von den höchsten zu den niedrigsten Wellenlängen
- $DutyCycle$ gleich dem Sweep-Anteil des Zyklus ohne Rücklauf
- c gleich der Lichtgeschwindigkeit (3×10^8 m/s)

Ein fester Temperaturfehler, der durch die Entfernung verursacht wird, lässt sich wie folgt berechnen:

$$T_{\text{error}} = S_2 \times \Delta\lambda_{\text{error}}^2 + S_1 \times \Delta\lambda_{\text{error}}$$

Abb. 3.3 Temperaturfehler durch den Entfernungseffekt verursacht.

Der Fehler kann auf die Kalibrierungsformel zur Korrektur angewendet werden:

$$T = S_2(\lambda - \lambda_0)^2 + S_1(\lambda - \lambda_0) + S_0 - T_{\text{error}}$$

Abb. 3.4 Berechnungsformel für die Temperatur mit Entfernungseffektkorrektur

3.2.2 Dehnung

Dehnungssensoren sind nicht kalibrierte Sensoren. Das zusammen mit dem Sensor ausgelieferte Datenblatt enthält die Sensordaten, die für die korrekte Berechnung der Dehnung benötigt werden.

Für Dehnungssensoren mit Faser-Bragg-Gitter ist die Wellenlängenänderung, einschließlich Temperatureffekt, durch die Gleichung in Abb. 3.5 gegeben.

$$\frac{(\lambda - \lambda_0)}{\lambda_0} = k \cdot (\varepsilon_{\text{Last}} + (TCS + CTE) \cdot (T - T_0)) \cdot 10^{-6}$$

Abb. 3.5 Wellenlängenänderung eines FBG-Dehnungssensors durch Dehnungs- und Temperatureffekte

Mit

- λ gleich der gemessenen Bragg-Wellenlänge des Dehnungssensors in nm
- λ_0 gleich der Bragg-Wellenlänge des Dehnungssensors zum Referenzzeitpunkt in nm
- k gleich dem k-Faktor des Dehnungssensors, dimensionslos
- $\varepsilon_{\text{Last}}$ gleich der auf die Struktur angewendeten mechanischen Dehnung in $\mu\text{m}/\text{m}$
- TCS gleich dem Temperaturkoeffizienten des Kennwerts des Dehnungssensors in $(\mu\text{m}/\text{m})/^{\circ}\text{C}$
- CTE gleich dem thermischen Ausdehnungskoeffizienten des Werkstoffs der Probe, an der der Dehnungssensor befestigt ist, in $(\mu\text{m}/\text{m})/^{\circ}\text{C}$
- $T - T_0$ gleich der Differenz zwischen der Ist-Temperatur und der Temperatur zum Referenzzeitpunkt in $^{\circ}\text{C}$

Messung ohne Kompensation

Wenn keine Temperaturkompensation erforderlich ist, kann die Berechnung so erfolgen, wie in Abb. 3.6 gezeigt.

$$\varepsilon = \frac{(\lambda - \lambda_0)}{k \cdot \lambda_0} \cdot 10^6$$

Abb. 3.6 Formel zur einfachen Berechnung der Dehnung (ohne Temperaturkompensation)

Mit

- ε gleich der gemessenen Dehnung in $\mu\text{m/m}$
- λ gleich der gemessenen Bragg-Wellenlänge des Dehnungssensors in nm
- λ_0 gleich der Bragg-Wellenlänge des Dehnungssensors zum Referenzzeitpunkt in nm
- k gleich dem k-Faktor des Dehnungssensors, dimensionslos

Messung mit Temperaturkompensation bei Verwendung eines Temperatursensors

Die Dehnung mit Kompensation, angegeben in $\mu\text{m/m}$, die mit einem Temperatursensor ermittelt wird, lässt sich unkompliziert berechnen, da der Ausgang eines Temperatursensors ein Temperaturwert in $^{\circ}\text{C}$ ist. Die Berechnung ist in Abb. 3.7 dargestellt.

$$\varepsilon_{\text{Last}} = \frac{(\lambda - \lambda_0)}{k \cdot \lambda_0} \cdot 10^6 - (TCS + CTE) \cdot (T - T_0)$$

Abb. 3.7 Dehnungsberechnung mit Temperaturkompensation bei Verwendung eines Temperatursensors

Mit

- $\varepsilon_{\text{Last}}$ gleich der auf die Struktur angewendeten mechanischen Dehnung in $\mu\text{m/m}$
- λ gleich der gemessenen Bragg-Wellenlänge des Dehnungssensors in nm
- λ_0 gleich der Bragg-Wellenlänge des Dehnungssensors zum Referenzzeitpunkt in nm
- k gleich dem k-Faktor des Dehnungssensors, dimensionslos
- TCS gleich dem Temperaturkoeffizienten des Kennwerts des Dehnungssensors in $(\mu\text{m/m})/^{\circ}\text{C}$
- CTE gleich dem thermischen Ausdehnungskoeffizienten des Werkstoffs der Probe, an der der Dehnungssensor befestigt ist, in $(\mu\text{m/m})/^{\circ}\text{C}$
- T gleich der Ist-Temperatur, gemessen von dem für die Kompensation verwendeten Temperatursensor, in $^{\circ}\text{C}$
- T_0 gleich der Temperatur zum Referenzzeitpunkt, gemessen von dem für die Kompensation verwendeten Temperatursensor, in $^{\circ}\text{C}$

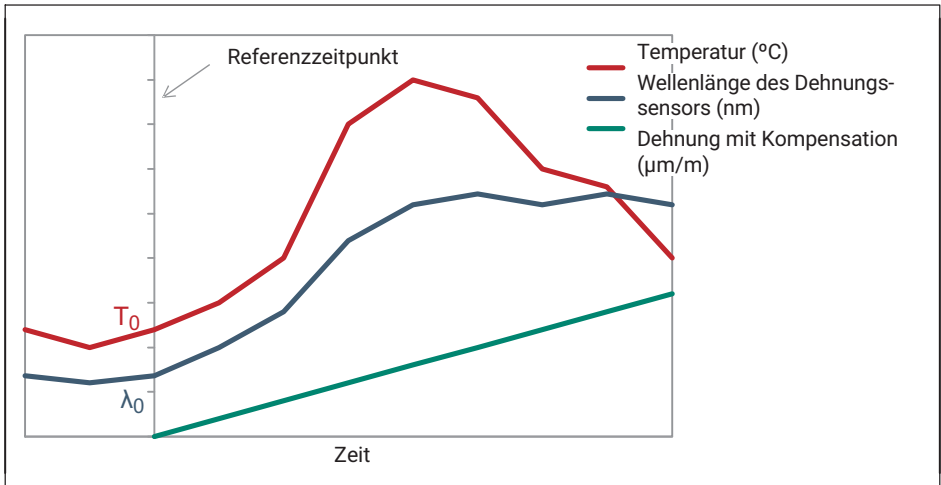


Abb. 3.8 Referenzzeitpunkt für temperaturkompensierte Dehnungsmessung bei Verwendung eines Temperatursensors für die Kompensation

Messung mit Temperaturkompensation bei Verwendung eines Kompensationselements

Die Dehnungsmessung kann auch mithilfe eines auf FBG-Technologie basierenden Kompensationselements korrekt angepasst werden. Hierfür gibt es mehrere Vorgehensweisen:

- ein Temperatursensor ohne Kalibrierzertifikat
- ein Dehnungssensor, der auf einer dehnungsfreien Fläche des gleichen Werkstoffs installiert wird
- ein Dehnungssensor, der auf einem dehnungsfreien Werkstoff mit bekannter CTE installiert wird

Die Dehnung kann mit der Gleichung aus Abb. 3.9 berechnet werden.

$$\varepsilon_{Last} = \frac{\lambda - \lambda_0}{k \cdot \lambda_0} \cdot 10^6 - \frac{\lambda_{Tc} - \lambda_{0Tc}}{\lambda_{0Tc}} \cdot \frac{(TCS + CTE)}{TCF} \cdot 10^6$$

Abb. 3.9 Dehnungsberechnung mit Temperaturkompensation bei Verwendung eines FBG-Kompensationselements

Mit

- ε_{Last} gleich der auf die Struktur angewendeten mechanischen Dehnung in µm/m
- λ gleich der gemessenen Bragg-Wellenlänge des Dehnungssensors in nm
- λ_0 gleich der Bragg-Wellenlänge des Dehnungssensors zum Referenzzeitpunkt in nm

- k gleich dem k-Faktor des Dehnungssensors, dimensionslos
- λ_{TC} gleich der gemessenen Bragg-Wellenlänge des Kompensationselements in nm
- λ_{0TC} gleich der Bragg-Wellenlänge des Kompensationselements zum Referenzzeitpunkt in nm
- TCS gleich dem Temperaturkoeffizienten des Kennwerts des Dehnungssensors in $(\mu\text{m}/\text{m})/^{\circ}\text{C}$
- CTE gleich dem thermischen Ausdehnungskoeffizienten des Werkstoffs der Probe, an der der Dehnungssensor befestigt ist, in $(\mu\text{m}/\text{m})/^{\circ}\text{C}$
- TCF gleich dem Temperaturkompensationsfaktor des Kompensationselements in $(\mu\text{m}/\text{m})/^{\circ}\text{C}$. Für einen unkalibrierten Temperatursensor wird dieser Wert auf dem Datenblatt des Sensors angegeben. Für einen Dehnungssensor, der an einem bestimmten Werkstoff angebracht wird, kann TCF so berechnet werden, wie in Abb. 3.10 dargestellt.

$$TCF = (5,7 + k \cdot CTE_{TC})$$

Abb. 3.10 Berechnung des Temperaturkompensationsfaktors

Mit

- k gleich dem k-Faktor des am Temperaturkompensationselement angebrachten Dehnungssensors, dimensionslos
- CTE_{TC} gleich dem thermischen Ausdehnungskoeffizienten des Werkstoffs des Temperaturkompensationselements in $(\mu\text{m}/\text{m})/^{\circ}\text{C}$

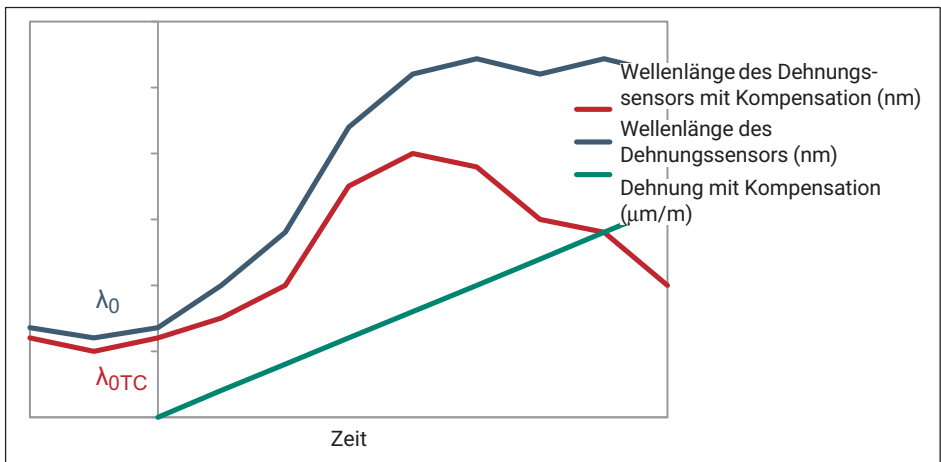


Abb. 3.11 Referenzzeitpunkt für temperaturkompensierte Dehnungsmessung bei Verwendung eines FBG-Kompensationselements

Messung mit Korrektur des Biegemoments

Wenn ein Element mit einem Sensor gemessen wird, der weit von der Befestigungsfläche entfernt ist, kann es zu einem „Fehler“ in der Messung kommen, weil der Abstand zwischen der Messstelle/Ausrichtung und der neutralen Achse ein anderer ist als der Abstand zwischen der Installationsfläche und der neutralen Achse.

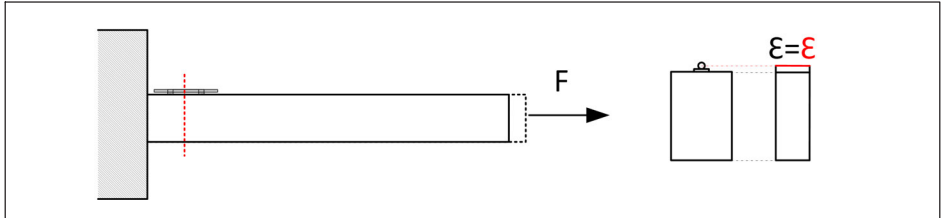


Abb. 3.12 Dehnung bei rein axialer Verformung

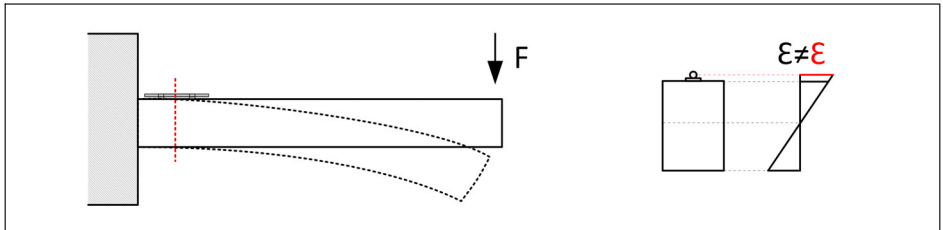


Abb. 3.13 Dehnung bei reinem Biegemoment

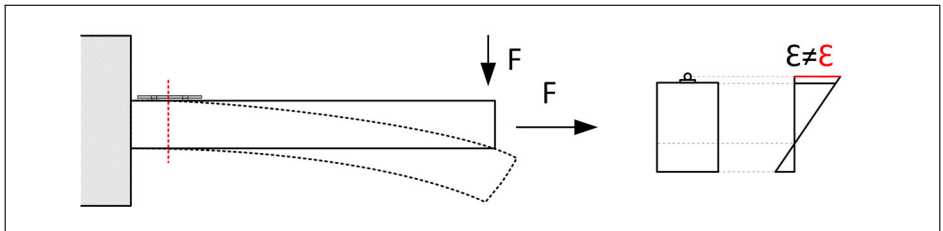


Abb. 3.14 Dehnung bei axialer Belastung und Biegemoment

Dies wird sehr wichtig, wenn es auf den Abstand zwischen dem Sensorelement und der Befestigungsfläche ankommt oder wenn das Messobjekt sehr dünn ist. Beim Patch-Dehnungssensor FS62PSS und bei der Patch-Dehnungsrosette FS62PSR beträgt dieser Abstand 0,25 mm (h_2 in Abb. 3.14).

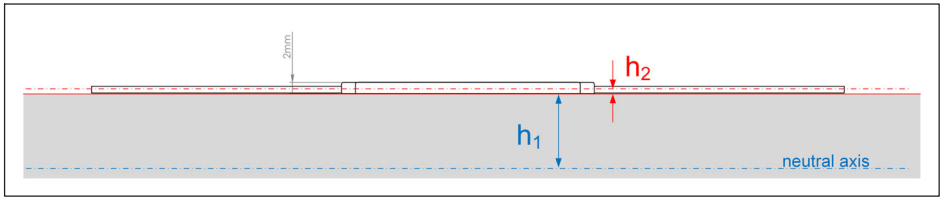


Abb. 3.15 Abstand des FBG zur Montagefläche beim FS62PSS

Wenn jedoch der Abstand zur neutralen Achse (h_1) bekannt ist, kann die vom Sensor gemessene Dehnung mithilfe eines geometrischen Faktors in die Dehnung auf der Oberfläche korrigiert werden:

$$\varepsilon_{\text{Oberfläche}} = \frac{\lambda - \lambda_0}{k \cdot \lambda} \cdot \frac{h_1}{h_2 + h_1} \cdot 10^6$$

Abb. 3.16 Dehnungsberechnung mit Korrektur des Biegeeffekts

Mit

- $\varepsilon_{\text{Oberfläche}}$ gleich der mechanischen Dehnung auf der Messfläche in $\mu\text{m/m}$
- λ gleich der gemessenen Bragg-Wellenlänge des Dehnungssensors in nm
- λ_0 gleich der Bragg-Wellenlänge des Dehnungssensors zum Referenzzeitpunkt in nm
- k gleich dem k-Faktor des Dehnungssensors, dimensionslos
- h_1 gleich dem Abstand von der Messfläche zur neutralen Achse in mm
- h_2 gleich dem Abstand von der Messfläche zum FBG (0,25 mm für FS62PSS und FS62PSR)

Messen der Hauptspannungen

Die Hauptspannungen können bei der Patch-Dehnungsrosette FS62PSR nach der folgenden Formel berechnet werden:

$$\sigma_{1/2} = \frac{E}{1 - \nu^2} \cdot \frac{\varepsilon_a + \varepsilon_b + \varepsilon_c}{3} \pm \frac{E}{1 + \nu} \sqrt{\left(\frac{2\varepsilon_a - \varepsilon_b - \varepsilon_c}{3}\right)^2 + \frac{1}{3} \cdot (\varepsilon_b - \varepsilon_c)^2}$$

Mit:

- $\sigma_{1/2}$ gleich den Hauptspannungen in MPa
- E gleich dem Elastizitätsmodul (Young-Modul) in GPa
- ν gleich der Poissonzahl, dimensionslos

- $\varepsilon_{a/b/c}$ gleich den von der Rosette in den drei Richtungen gemessenen Dehnungen in $\mu\text{m/m}$

Die Hauptrichtungen sind die Richtungen, in denen die Hauptnormalspannungen σ_1 und σ_2 auftreten, wie mit der obigen Gleichung berechnet. Die Richtungen der Hauptnormalspannung sind durch den Winkel φ definiert, der sich auf die Messrichtungen der Rosette bezieht; er kann anhand der geometrischen Beziehungen aus den mit der Rosette gemessenen Dehnungen ε_a , ε_b und ε_c bestimmt werden.

Das nachfolgend beschriebene Verfahren soll dem Ingenieur eine unkomplizierte und zuverlässige Methode für die Praxis an die Hand geben. Die theoretischen Aspekte des Mohr'schen Spannungskreises, der die Grundlage dieses Verfahrens bildet, werden in der allgemeinen Literatur beschrieben.

Zuerst wird ein Tangens eines Hilfswinkels ψ berechnet:

$$\tan \psi = \frac{\sqrt{3} \cdot (\varepsilon_b - \varepsilon_c)}{2\varepsilon_a - \varepsilon_b - \varepsilon_c}$$

Unter Berücksichtigung der Signale von Zähler und Nenner sollte der Winkel φ nach folgendem Schema bestimmt werden:

		Zähler $\sqrt{3} \cdot (\varepsilon_b - \varepsilon_c)$	
		Negativ	Positiv
Nenner $2\varepsilon_a - \varepsilon_b - \varepsilon_c$	Positiv	$\varphi = \frac{1}{2} \cdot (180^\circ - \psi)$	$\varphi = \frac{1}{2} \cdot (0^\circ + \psi)$
	Negativ	$\varphi = \frac{1}{2} \cdot (180^\circ + \psi)$	$\varphi = \frac{1}{2} \cdot (360^\circ - \psi)$

Der auf diese Weise ermittelte Winkel φ sollte aus der Achse der als Bezug dienenden Messposition a in mathematisch positiver Richtung (gegen den Uhrzeigersinn) angewendet werden. Die Achse der Messrichtung „a“ bildet einen Schenkel des Winkels φ . Der andere Schenkel stellt die erste Hauptrichtung dar. Dies ist die Richtung der Hauptnormalspannung σ_1 (identisch mit der Hauptdehnungsrichtung ε_1). Die Spitze des Winkels liegt am Schnittpunkt der Achsen senkrecht zu den Messrichtungen. Die zweite Hauptrichtung (Richtung der Hauptnormalspannung σ_2) hat den Winkel $\varphi + 90^\circ$.

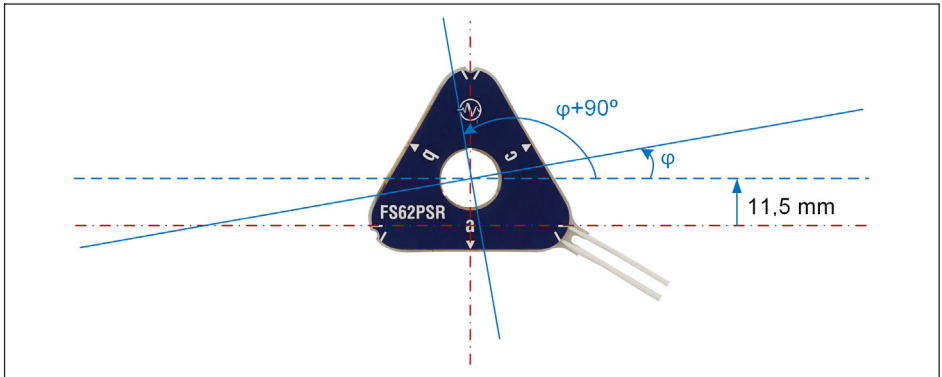


Abb. 3.17 Hauptdehnungsrichtungen

4.1 Sensor

Klebbare Dehnungssensoren lassen sich aufgrund ihres Funktionsprinzips nach der Installation nicht reparieren. Wenn ein linearer oder Rosettenblatt-Dehnungssensor nach der Installation beschädigt wird, muss der gesamte Sensor ausgetauscht werden. Unter normalen Betriebsbedingungen ist eine Beschädigung des Dehnungssensors nicht erwartbar. Üblicherweise treten Beschädigungen an den Anschlüssen und nicht am Sensor selbst auf.

Temperatursensor

Bei Temperatursensoren kann je nach Befestigungsart derselbe Sensor aus- und wieder eingebaut werden, ohne ihn zu beschädigen. Wenn der Sensor festgeklebt ist, ist eine Entfernung ohne irreversible Schäden unwahrscheinlich. Bei Befestigung mit Polyamid-Kleband oder Kabelbindern lässt sich der Sensor unter Umständen ohne weitere Beschädigung entfernen.



Tipp

Sämtliche Abdeckmittel, die als Kleber fungieren und den Sensor bei der Entfernung beschädigen können, vorsichtig entfernen.

Temperatursensoren können durch schwerwiegende Ereignisse (wie mechanischer Schock, extrem hohe Temperaturen usw.) vollständig irreparabel beschädigt werden. Wenn der Sensor für kurze Zeit höheren Temperaturen ausgesetzt war als zulässig, kann eine Rekalibrierung des Sensors erforderlich sein.

Wenn sich der installierte Sensor entfernen lässt und ein Versatz beobachtet wird, wenden Sie sich bitte an HBK FiberSensing bezüglich der Optionen für eine Rekalibrierung. Bitte beachten, dass von HBK FiberSensing durchgeführte Rekalibrierungen kostenpflichtig sein können.

4.2 Kabel

Wenn ein Kabel beim Einbau oder im Betrieb beschädigt wird, kann es möglicherweise vor Ort repariert werden. Ob dies der Fall ist, hängt von der Position der Beschädigung ab. Liegt die Beschädigung zu dicht am Sensor, ist unter Umständen nicht genügend Kabel für den Einsatz der Spleißwerkzeuge verfügbar, sodass eine Reparatur nicht möglich ist.

Ist die Reparatur möglich und genug Kabel verfügbar, können Sie die beschädigte Stelle aus dem Kabel entfernen und das Glasfaserkabel spleißen. Ist das Kabel zu kurz, müssen Sie eine Verlängerung einfügen und zwei Spleißverbindungen herstellen. Unterstützung für das Herstellen der Spleißverbindungen erhalten Sie von HBK FiberSensing.

Wenn Sensoren in einem Array ausgeliefert werden und das Kabel zwischen den Sensoren beschädigt ist, gehen die Signale aller der Beschädigung nachgelagerten Sensoren verloren. Die Kabel lassen sich wie oben beschrieben reparieren.

TIPP: Ist keine Reparatur möglich, können einige Signale zurückgewonnen werden, wenn eine Verbindungsredundanz besteht. Wenn die Faser von beiden Faserenden abgefragt werden kann, sicherstellen, dass keine Lichtausbreitung an der Beschädigungsstelle stattfindet (indem der Faseranschluss vollständig durchtrennt wird). Einen Splitter zwischen dem optischen Anschluss des Interrogators und die beiden Enden des Sensor-Arrays einfügen.

4.3 Anschlüsse

Wenn ein Steckverbinder beschädigt ist, kann dieser vor Ort durch Spleißen ersetzt werde. Alternativ kann der Sensor zur Reparatur eingeschendet werden. Hinweis: Von HBK FiberSensing durchgeführte Reparaturen können kostenpflichtig sein.

