

Montageanleitung

Deutsch



FS62RSS, FS63RTS

Robuste Dehnungs- und Temperatursensoren

Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH
Im Tiefen See 45
D-64293 Darmstadt
Tel. +49 6151 803-0
Fax +49 6151 803-9100
info@hbm.com
www.hbm.com

HBM FiberSensing, S.A.
Optical Business
Rua Vasconcelos Costa, 277
4470-640 Maia
Portugal
Tel. +351 229 613 010
Fax +351 229 613 020
fibersensing@hbm.com
www.hbm.com/fs

Mat.:
DVS: A05157_02_G00_00 HBM: public
01.2020

© Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH.

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

1	Allgemeines	4
1.1	newLight-Technologie	4
2	Installation des Sensors Option „Eingebettet“	6
2.1	Materialliste	6
2.2	Vorbereitung der Installationsfläche	7
2.3	Befestigen des Sensors	10
2.4	Kennzeichnen von Sensoren	11
2.5	Betonieren	14
3	Installation des Sensors Option „Oberflächenmontage“	16
3.1	Materialliste	16
3.2	Vorbereitung der Oberfläche	17
3.3	Vorbereiten der Verankerungspunkte	18
3.4	Installieren des Sensors	21
3.5	Führen und Schützen der Kabel	22
3.6	Schutz des Sensors	24
4	Sensorkonfiguration	25
4.1	Dokumentation zu den Sensoren	25
4.2	Berechnung der Messung	25
4.2.1	Temperatur	25
4.2.2	Dehnung	26

1 Allgemeines

Die folgende Anleitung beschreibt das Installationsverfahren von robusten Dehnungssensoren FS62RSS und robusten Temperatursensoren FS63RTS. Diese Sensoren können einzeln oder in werkseitig von HBM FiberSensing vormontierten Sensor-Arrays geliefert werden.

Bestellinformationen	
Dehnungssensoren	Temperatursensoren
K-FS62RSS	K-FS63RTS
	1-FS63RTS-ARM/1515
	1-FS63RTS-ARM/1525
	1-FS63RTS-ARM/1535
	1-FS63RTS-ARM/1545
	1-FS63RTS-ARM/1555
	1-FS63RTS-ARM/1565
	1-FS63RTS-ARM/1575
	1-FS63RTS-ARM/1585
	1-FS63RTS-ARM/1595
Sensor-Arrays	
K-FS76ARM	

1.1 newLight-Technologie

Die Sensoren FS62RSS und FS63RTS basieren auf der von HBM FiberSensing entwickelten **newLight®**-Technologie, die in sich die spezifischen Vorteile von Faser-Bragg-Gittern vereint und damit die bislang in Kauf zu nehmenden technischen Kompromisse überwindet. newLight®-Sensoren verwenden **hochfeste Faserbeschichtungen** und **unterschiedliche FBG-Herstellungstechniken**, die größere Dehnungsmessbereiche ermöglichen und für eine verbesserte Ermüdungsfestigkeit und höhere Messgenauigkeit sorgen. **Die mit Telekommunikationsanwendungen kompatible Faser mit geringen Biegeverlusten** eröffnet Möglichkeiten für innovative Sensorbauformen sowie für den unkomplizierten Einsatz multiplexfähiger Sensoren an

derselben Faser über Entfernungen von mehreren Kilometern. Die Technologie ist ausschließlich **passiv, selbstreferenzierend** und **mit den meisten Interrogatoren kompatibel**.

2 Installation des Sensors Option „Eingebettet“

2.1 Materialliste

Im Lieferumfang enthaltenes Material
Robuste(r) Dehnungssensor(en) FS62RSS
Robuste(r) Temperatursensor(en) FS63RTS
Benötigtes Material
Befestigung: Kabelbinder
Schutz: Silikon oder Schaum Biegsames und widerstandsfähiges Schutzrohr Schutzgehäuse für Einbettung (optional)
Kennzeichnung: Farbiges Klebeband/Schrumpfschlauch/...

2.2 Vorbereitung der Installationsfläche

Die robusten Dehnungs- und Temperatursensoren eignen sich zum Einbetten in Beton. Diese Sensoren verfügen dazu zwar bereits über geschützte Kabel für eine solche Umgebung, sofern möglich sollten die Kabel beim Verlegen aber stets mit einem zusätzlichen Schutz ausgestattet werden.

Die Sensorkabel vorbereiten, indem sie vom Anschlusspunkt bis zur Position des Sensors in ein geeignetes, biegsames und widerstandsfähiges Rohr eingezogen werden.



Abb. 2.1 Schutzrohr vom Kabelanschlusspunkt zur Installationsfläche des Sensors



Abb. 2.2 Detailansicht der Kabelführung

HBM FiberSensing empfiehlt zwei verschiedene Ansätze für den Zugang zu den Sensoranschlüssen:

Wenn das Ausschalen genau kontrolliert werden kann, kann das Schutzrohr direkt durch eine Öffnung in der Schalung geführt werden (*Abb. 2.3 und Abb. 2.4*). Später, wenn die Schalung entfernt wird, kann ein Gehäuse über der Austrittsstelle der Kabel angebracht werden, damit die Anschlüsse gut geschützt werden können.



Abb. 2.3 Direkter Austritt aus der Schalung (Ansicht von innen)



Abb. 2.4 Direkter Austritt aus der Schalung (Ansicht von außen)



Abb. 2.5 Beispiel eines Schutzgehäuses zum Schutz optischer Steckverbinder

Wenn das Abnehmen der Schalung nicht kontrolliert werden kann, empfiehlt sich die Verwendung eingebetteter Schutzgehäuse. Das Gehäuse mit Schrauben an der Schalung befestigen, die später vor dem Ausschalen entfernt werden können.



Abb. 2.6 Beispiel eines eingebetteten Schutzgehäuses



Information

Dafür sorgen, dass die Bauarbeiter Anweisungen erhalten, dass das Gehäuse vor dem Ausschalen von der Schalung getrennt werden muss.

2.3 Befestigen des Sensors

Den Sensor vorsichtig aus der Verpackung nehmen.

Den Sensor mit der gewünschten Ausrichtung an der Struktur platzieren. Zum Befestigen den Sensor entweder zwischen Betonrippenstählen aufhängen (Abb. 2.8) oder an einem Betonrippenstahl anbringen (Abb. 2.7). Darauf achten, dass die Schnittstelle des Sensors und die Kabel keinen starken Kräften ausgesetzt sind.



Abb. 2.7 Positionierung des Sensors



Abb. 2.8 Positionierung des Sensors

2.4 Kennzeichen von Sensoren

Wenn im selben Schutzrohr mehr als ein Sensor verlegt wird, empfiehlt es sich, das Ende der Kabel so zu kennzeichnen, dass die Sensoren später eindeutig identifiziert werden können. Dazu beispielsweise farbiges Klebeband oder einen Schrumpfschlauch verwenden.



Abb. 2.9 Kennzeichnung des Sensors



Information

Beim Erwärmen des Schrumpfschlauchs ist größte Vorsicht geboten, denn die Schutzhülle reagiert empfindlich auf hohe Temperaturen.

Den Verlauf der Schutzhüllen mit Kabelbindern festlegen und dabei darauf achten, dass die freiliegenden Schutzhüllen (vor dem Eintritt in das Schutzrohr) keine engen Biegungen aufweisen und durch die Verstärkung während des Betonierens sowie gegen Vibrationen geschützt sind (Abb. 2.10 und Abb. 2.11).



Abb. 2.10 Kabelführung



Abb. 2.11 Kabelführung

Das Ende des Schutzrohrs mit Polyurethan-Schaum, Silikon oder einem ähnlichen geeigneten Material verschließen (Abb. 2.12).



Abb. 2.12 Versiegeln des Schutzrohrs

2.5 Betonieren

Beim Betonieren werden die Sensoren hohen Belastungen ausgesetzt, insbesondere durch mechanische Schwingungen beim Rütteln des Betons.



Abb. 2.13 Sensor beim Betonieren

Eine Möglichkeit, die Sensoren vor den Rüttelbewegungen der Maschinen sowie vor den schwereren Zuschlagstoffen zu schützen, besteht darin, ein Netz über den Stellen mit den Sensoren anzubringen.



Abb. 2.14 Schutz des Sensorbereichs



Information

Zusätzlich zu allen ggf. geplanten Schutzmaßnahmen dafür sorgen, dass die Arbeiten genau überwacht werden, und die Arbeiter über die installierten Sensoren informieren.

3 Installation des Sensors Option „Oberflächenmontage“

3.1 Materialliste

Im Lieferumfang enthaltenes Material
Robuste(r) Dehnungssensor(en) FS62RSS
Robuste(r) Temperatursensor(en) FS63RTS

Benötigte Ausrüstung
Bohrmaschine

Benötigtes Material
Befestigung: M6-Anker, Unterlegscheiben, Schrauben und Gewindekleber zur Schraubensicherung
Empfehlung: Hilti HSA-R M6 5/-/- kpl; Loxeal Schraubensicherung 55-03
Schutz: Schutzgehäuse oder Abdeckung für Einbettung (optional)
Hammer
Schrauberbit, Durchmesser 6 mm
Schraubenschlüssel 10 mm

3.2 Vorbereitung der Oberfläche

Die für die Installation des Sensors vorgesehene Fläche sollte möglichst eben sein.

Darauf achten, dass sie keine Unebenheiten aufweist, die die Befestigung des Sensors an der Struktur behindern könnten.



Abb. 3.1 *Ausgleichen der Oberfläche*

- ▶ Mit Hammer und Meißel oder ähnlichen Werkzeugen größere Unebenheiten entfernen, die die korrekte Positionierung des Sensors behindern könnten.
- ▶ Die Position der Bohrlöcher unter Berücksichtigung der Messrichtung und der Kenndaten des Sensors anzeichnen.

3.3 Vorbereiten der Verankerungspunkte

Zum Befestigen des Sensors werden vier Verankerungspunkte benötigt, zwei auf jeder Seite des Sensors und im Abstand von 120 mm.

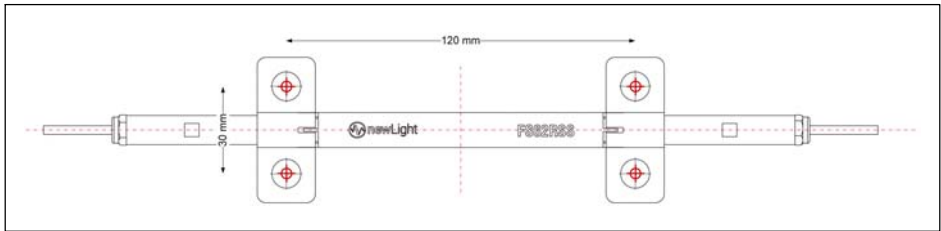


Abb. 3.2 Anzeichnen der Befestigungspunkte

- Die vier Punkte so anzeichnen, dass sie an der Messrichtung ausgerichtet und auf die Messstelle zentriert sind.



Tipp

Eine Bohrschablone aus Papier hilft, die korrekten Bohrpositionen sicherzustellen. Die Schablone in der gewünschten Richtung und zentriert auf die angezeichnete Messstelle ausrichten und an der Oberfläche befestigen. Durch das Papier bohren.



Information

Das folgende Verfahren beschreibt die Installation auf einer Betonoberfläche (mit Rissen/ohne Risse). Für andere Werkstoffe muss die Vorgehensweise ggf. angepasst werden oder es wird Spezialzubehör benötigt.

- ▶ Die Löcher passend zu den gewählten Ankern bohren.
(empfohlene Tiefe der Bohrung: 55 mm)
- ▶ Die Bohrungen reinigen und darin vorhandenen Staub entfernen.



Abb. 3.3 *Gereinigte Bohrung*

- ▶ Die Anker in die Bohrungen so einsetzen, dass 10 mm außen überstehen.



Information

Für diesen Arbeitsschritt wird möglicherweise ein Hammer benötigt.

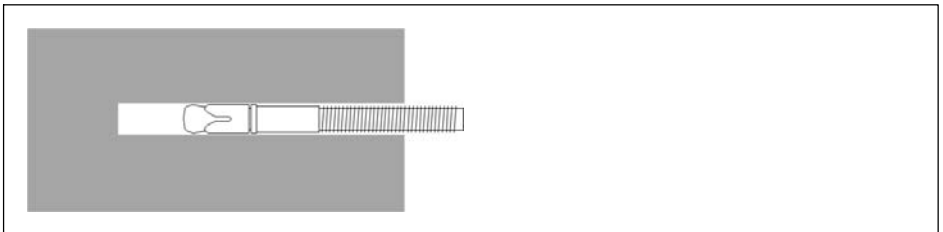


Abb. 3.4 *Eingesetzter Anker*

- ▶ Die Position der Schrauben mit einem Maßband überprüfen.
- ▶ Die Unterlegscheiben auflegen und die Muttern aufschrauben.

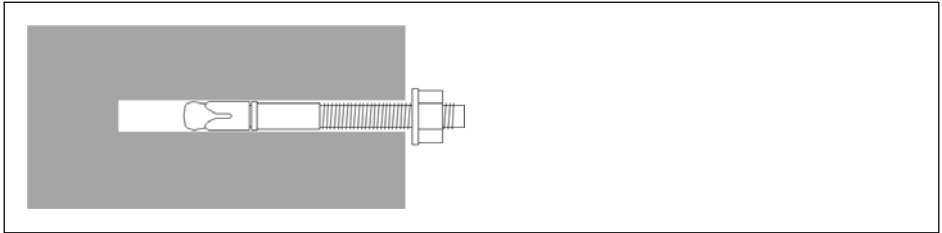


Abb. 3.5 Festziehen der Mutter

- ▶ Die Muttern auf den Unterlegscheiben fest anziehen.
(Empfohlenes Anziehdrehmoment: 5 Nm)

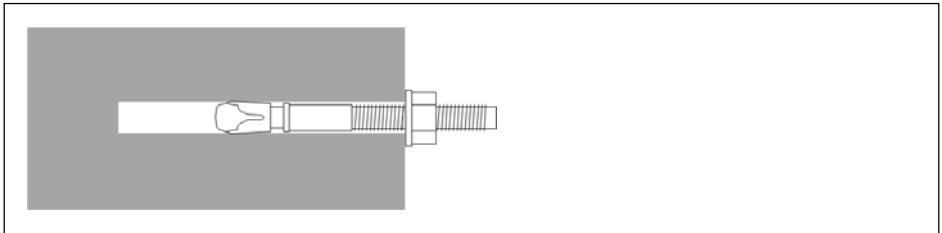


Abb. 3.6 Festziehen der Mutter zum Öffnen und Sichern des Ankers

- ▶ Die Muttern und Unterlegscheiben entfernen.

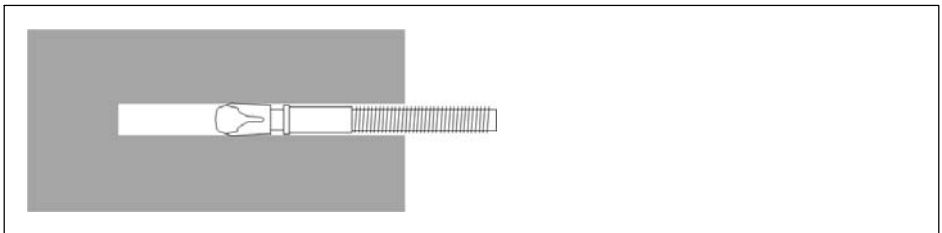


Abb. 3.7 Gesicherter Anker

3.4 Installieren des Sensors

- Den Sensor vorsichtig aus der Transportverpackung nehmen und auf die Halterungen setzen.

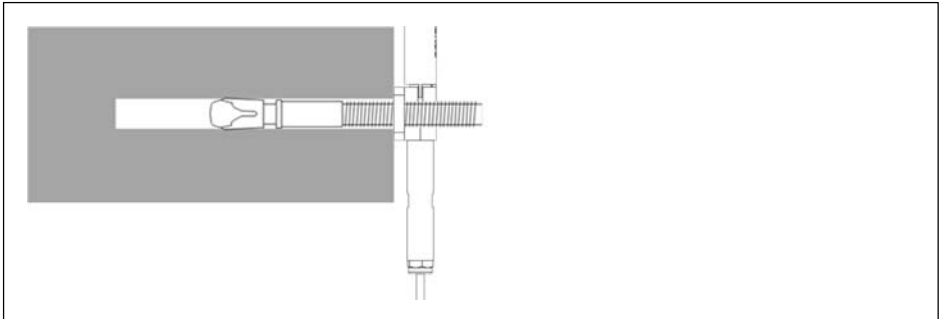


Abb. 3.8 Anbringen des Sensors an den Ankern

- Die Muttern kreuzweise leicht anziehen (erst Mutter 1, dann 4, dann 3 und 2).

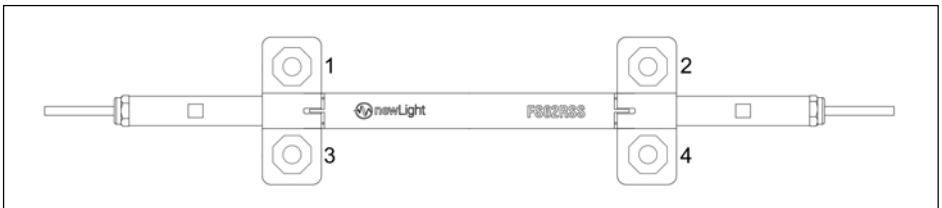


Abb. 3.9 Position der Muttern

- Den Sensor korrekt ausrichten.
- Die Muttern nach dem gleichen Verfahren fest anziehen. Empfohlenes Drehmoment mindestens 5 Nm.

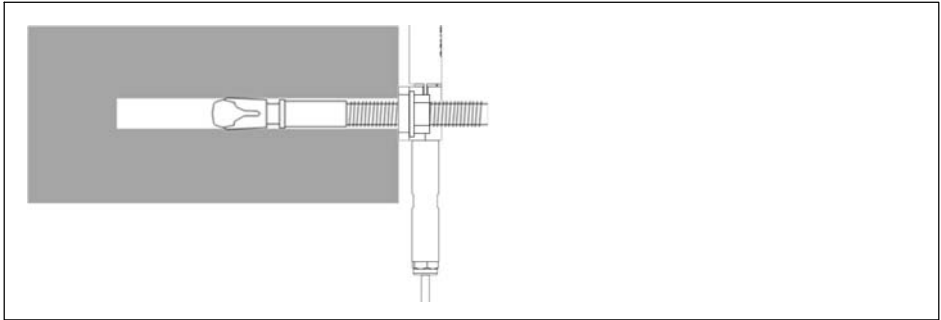


Abb. 3.10 Befestigter Sensor

3.5 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. Das Kabel wird z. B. mit Schellen oder einem starken Klebeband fixiert (Abb. 3.11). Wenn geschützte Speistellen vorhanden sind, auch auf eine gute Fixierung der Speistellen achten.



Abb. 3.11 Kabelführung

Für die Führung der längeren Verbindungskabel zum Anschluss an den Interrogator können auch Wellrohre aus Kunststoff verwendet werden (Abb. 3.12).



Abb. 3.12 Mit Wellrohren geschütztes Kabel

Nicht benötigte Kabellängen sollten aufgewickelt und in einem Gehäuse mit geeigneter IP-Schutzart zur Verwendung bei einer künftigen Modernisierung des Netzwerks aufbewahrt werden (Abb. 3.13).



Abb. 3.13 Schutzgehäuse für nicht benötigte Kabel und Anschlüsse

3.6 Schutz des Sensors

Der Dehnungssensor in der Variante für Oberflächenmontage ist für einen Einsatz im Freien geeignet. Ein zusätzlicher mechanischer Schutz könnte jedoch notwendig sein, beispielsweise mit einer Kunststoff- oder Metallabdeckung. Zubehör für einen solchen Schutz ist nicht im Lieferumfang enthalten.

4 Sensorkonfiguration

4.1 Dokumentation zu den Sensoren

Kalibrierte Sensoren von HBM 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 Papierausdruck bei. Die Installationsanleitung steht außerdem auf der Website von HBM zum Download bereit (www.hbm.com).

4.2 Berechnung der Messung

4.2.1 Temperatur

Die durchzuführenden Berechnungen für die Umwandlung einer Wellenlängenmessung in einen Temperaturwert sind in *Abb. 4.1* dargestellt. Der Temperaturwert eines Temperatursensors 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. 4.1 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.

4.2.2 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. 4.2* gegeben.

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

Abb. 4.2 Wellenlängenänderung eines FBG-Dehnungssensors durch Dehnung 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
- ε_{Load} 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 der Wärmeausdehnung des Werkstoff der Probe, an der der Dehnungssensor befestigt ist, in $(\mu\text{m}/\text{m})/^\circ\text{C}$
- $T - T_0$ gleich der Temperaturänderung zwischen dem Referenzzeitpunkt und dem Messzeitpunkt in $^\circ\text{C}$

Messung ohne Kompensation

Wenn keine Temperaturkompensation erforderlich ist, kann die Berechnung so erfolgen, wie in *Abb. 4.3* gezeigt.

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

Abb. 4.3 Berechnungsformel für die Dehnung ohne Temperaturkompensation

Mit

- ε gleich der gemessenen Dehnung in $\mu\text{m}/\text{m}$
- 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 $\mu\text{m}/\text{m}$, 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. 4.4* dargestellt.

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

Abb. 4.4 Dehnungsberechnung mit Temperaturkompensation bei Verwendung eines Temperatursensors

Mit

- ε_{Load} gleich der auf die Struktur angewendeten mechanischen Dehnung in $\mu\text{m}/\text{m}$
- 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 $(\mu\text{m}/\text{m})/^\circ\text{C}$
- CTE gleich der Wärmeausdehnung des Werkstoff der Probe, an der der Dehnungssensor befestigt ist, in $(\mu\text{m}/\text{m})/^\circ\text{C}$
- T gleich der gemessenen Temperatur des verwendeten Temperatursensors in $^\circ\text{C}$
- T_0 gleich der Temperatur vom Temperatursensor zum Referenzzeitpunkt in $^\circ\text{C}$

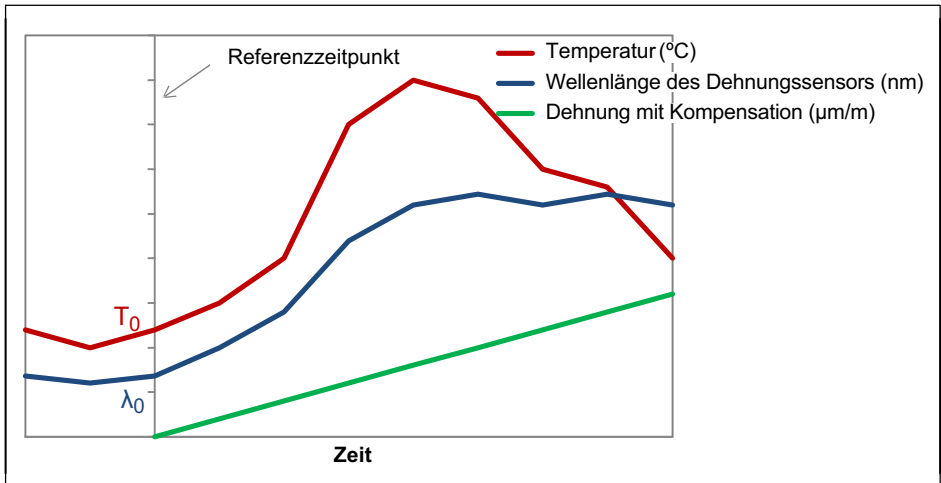


Abb. 4.5 Referenzzeitpunkt für temperaturkompensierte Dehnungsmessung bei Verwendung eines Temperatursensors für die Kompensation

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. 4.6 berechnet werden.

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

Abb. 4.6 Dehnungsberechnung mit Temperaturkompensation bei Verwendung eines FBG-Kompensationselements

Mit

- ε_{Load} 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
- 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 $(\mu\text{m/m})/^\circ\text{C}$
- CTE gleich der Wärmeausdehnung des Werkstoff der Probe, an der der Dehnungssensor befestigt ist, in $(\mu\text{m/m})/^\circ\text{C}$
- TCF gleich dem Temperaturkompensationsfaktor des Kompensationselements in $(\mu\text{m/m})/^\circ\text{C}$ Für einen unkalibrierten Temperatursensor wird der 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. 4.7 dargestellt.

$$TCF = (5.7 + k \cdot CTE_{TC})$$

Abb. 4.7 Berechnung des Temperaturkompensationsfaktors

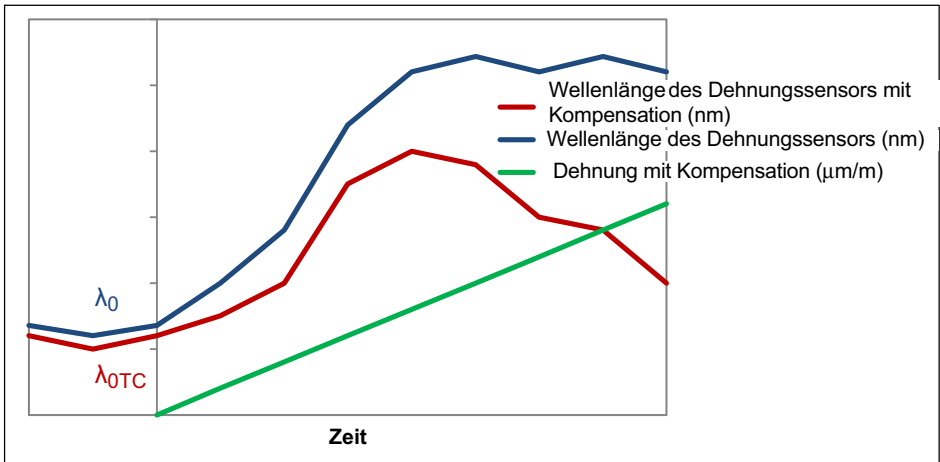


Abb. 4.8 Referenzzeitpunkt für temperaturkompensierte Dehnungsmessung bei Verwendung eines FBG-Kompensationselements

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.

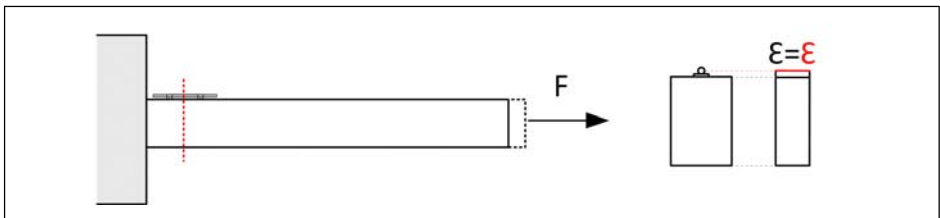


Abb. 4.9 Dehnung bei rein axialer Verformung

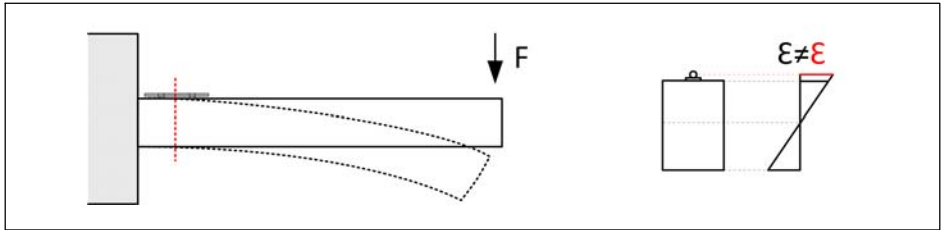


Abb. 4.10 Dehnung bei reinem Biegemoment

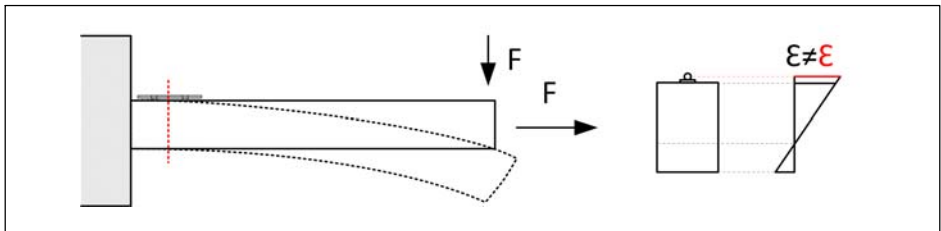


Abb. 4.11 Dehnung bei axialer Belastung und Biegemoment

Dies wird sehr wichtig, wenn es auf den Abstand zwischen dem Sensorelement und der Befestigungsfläche ankommt. Beim robusten Dehnungssensor FS62RSS für Oberflächenmontage beträgt dieser Abstand 10 mm (h_2 in Abb. 4.11).

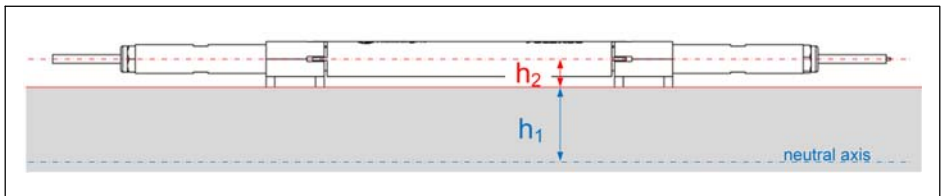


Abb. 4.12 Abstand des FBG zur Montagefläche beim FS62RSS in der Option für Oberflächenmontage

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. 4.13 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 in mm (10 mm für den FS62RSS in der Option für Oberflächenmontage)

HBM Test and Measurement

Tel. +49 6151 803-0

Fax +49 6151 803-9100

info@hbm.com

measure and predict with confidence



A05157_02_G00_00 HBM: public

www.hbm.com