

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

VERBAND DER
ELEKTROTECHNIK
ELEKTRONIK
INFORMATIONSTECHNIK

Technische Temperaturmessung
Optischer Temperaturfühler
basierend auf Faser-Bragg-Gittern

Empfehlungen zur Durchführung von
Temperaturmessungen und Angabe der
Messunsicherheit

Technical temperature measurement
Optical temperature sensor
based on fibre Bragg gratings

Recommendation on temperature measurement and
statement of measurement uncertainty

VDI/VDE 2660

Blatt 2 / Part 2

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt	Seite
Vorbemerkung.....	3
Einleitung.....	3
1 Anwendungsbereich.....	5
2 Begriffe.....	6
3 Formelzeichen und Abkürzungen.....	13
4 Grundlagen/Kennwerte.....	15
4.1 Faser-Bragg-Gitter (FBG).....	15
4.2 Abhängigkeit der Bragg-Wellenlänge von der Temperatur.....	19
4.3 Messtechnische Kennwerte.....	20
4.4 Kalibriermethoden.....	26
4.5 Sensitiver Bereich/temperaturempfindliche Länge des Fühlers.....	32
4.6 Beschreibung des statischen und dynamischen Verhaltens.....	32
4.7 Allgemeine Forderungen.....	36
5 Bauartspezifische Merkmale und anzugebende Kenngrößen.....	38
5.1 Konfiguration von FBG-Temperaturfühlern.....	38
5.2 Zugelassener Temperaturbereich.....	40
5.3 Zugelassene Klimabedingungen.....	41
5.4 Installationsbedingungen für die Prüflingsbewertung.....	41
5.5 Wiederkehrende Festlegungen für die Kennwerteprüfung.....	42
5.6 Installation conditions for the test sample evaluation.....	43
6 Bauartspezifische Merkmale und zu messende Kennwerte.....	44
6.1 Bragg-Wellenlänge λ_B	44
6.2 Spektrale Breite des FBG-Peaks.....	45
6.3 FBG-Reflektivität.....	46
6.4 Temperaturkennlinie.....	47
6.5 Temperaturmessbereich.....	48

Contents	Page
Preliminary note.....	3
Introduction.....	3
1 Scope.....	5
2 Terms and definitions.....	6
3 Symbols and abbreviations.....	13
4 Fundamentals/characteristics.....	15
4.1 Fibre Bragg grating (FBG).....	15
4.2 Dependence of the Bragg wavelength on the temperature.....	19
4.3 Characteristic values.....	20
4.4 Calibration methods.....	26
4.5 Sensitive area/temperature-sensitive length of the sensor.....	32
4.6 Description of the static and dynamic behaviour.....	32
4.7 General requirements.....	36
5 Design specific features and parameters to be provided.....	38
5.1 Configurations of FBG temperature sensors.....	38
5.2 Permitted temperature range.....	40
5.3 Permitted climate conditions.....	41
5.4 Recurring directives for characteristics testing.....	41
5.5 Anzuwendende Prüfungsart für einzelne Kennwerte.....	42
5.6 Type of test required for individual characteristics.....	43
6 Design specific features and characteristics to be measured.....	44
6.1 Bragg wavelength λ_B	44
6.2 Spectral width of the FBG peak.....	45
6.3 FBG reflectivity.....	46
6.4 Temperature characteristic.....	47
6.5 Temperature measurement range.....	48

VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA)

Fachbereich Prozessmesstechnik und Strukturanalyse

VDI/VDE-Handbuch Prozessmesstechnik und Strukturanalyse
VDI/VDE-Handbuch Optische Technologien

Inhalt	Seite
6.6 Dynamisches Verhalten	48
6.7 Hysterese	49
7 Störeinflüsse bei der Temperaturmessung	50
7.1 Formstabilität des FBG-Peaks	50
7.2 Sensorspezifische Einflüsse	50
7.3 Polarisierungseffekte	51
7.4 Kennliniendrift bei maximaler Betriebstemperatur	51
7.5 Einfluss des Wärmeübergangs auf die Fühlercharakteristik	52
7.6 Alterungsverhalten der beteiligten Werkstoffe	53
7.7 Einfluss von Biegung des FBG auf die Fühlercharakteristik	53
7.8 Physikalische/chemische Einflüsse	53
7.9 Andere Umgebungseinflüsse	55
8 Anforderungen an die optische Auswertung von FBG-Temperatur Sensoren	55
8.1 Bestimmung der FBG-Kennwerte unter Laborbedingungen	56
8.2 Empfehlungen zum Einsatz von FBG- Messgeräten	57
8.3 Anforderung an die Bestimmung der Bragg-Wellenlänge λ_B	60
8.4 Weitere spektrale Kennwerte	61
9 Angabe der Messergebnisse für die Kennwerte	63
9.1 Hinweise	63
9.2 Musterdatenblatt	64
Anhang A Weitere Eigenschaften von FBG- Temperaturfühlern	64
A1 Allgemeine mathematische Beschreibung von Faser-Bragg-Gitter-Sensoren	64
A2 Installationsvarianten	66
A3 Querdruckeinflüsse	67
Anhang B Beispiele für Kalibriereinrichtungen	68
B1 Einfache Flüssigkeitsbäder	68
B2 Flüssigkeits-Rohrthermostate	69
B3 Festkörperkalibratoren	71
Anhang C Anforderungen an ein Datenblatt	73
C1 Allgemeines	73
C2 Mechanischer Aufbau	73
C3 Funktionskenngrößen	73
C4 Grenzparameter	74
C5 Temperaturangaben	74
C6 Weitere Angaben auf Anfrage	74
Anhang D Anwendungsbeispiele	75
D1 FBG-Temperaturmesslanze in einem Reaktor	75
D2 FBG-Temperaturmessung in einer Getreidemühle	75
Anhang E Hinweise zur Richtlinie	77
Schrifttum	78
Benennungsindex englisch – deutsch	80

Contents	Page
6.6 Dynamic behaviour	48
6.7 Hysteresis	49
7 Influences interfering the temperature measurement	50
7.1 Shape stability of the Bragg grating peak	50
7.2 Sensor-specific influences	50
7.3 Polarization effects	51
7.4 Drift of the characteristic curve at maximum operating temperature	51
7.5 Influence the heat transfer on the sensor characteristic	52
7.6 Aging behaviour of the materials involved	53
7.7 Influence of bending of the FBG on the sensor characteristic	53
7.8 Physical/chemical influences	53
7.9 Other environmental influences	55
8 Requirements for the optical evaluation of FBG temperature sensors	55
8.1 Determination of the FBG characteristic values under laboratory conditions	56
8.2 Recommendations for the use of FBG measurement devices	57
8.3 Requirements for the determination of the Bragg wavelength λ_B	60
8.4 Other spectral characteristics	61
9 Statement of the measurement results for the characteristic values	63
9.1 Practical information	63
9.2 Sample data sheet	64
Annex A Further properties of FBG temperature sensors	64
A1 General mathematical description of fibre Bragg grating sensors	64
A2 Versions of installation	66
A3 Transverse stress influences	67
Annex B Examples of calibration facility	68
B1 Simple liquid baths	68
B2 Liquid tube thermostats	69
B3 Solid state calibration facilities	71
Annex C Requirements for a data sheet	73
C1 General	73
C2 Mechanical setup	73
C3 Operational characteristics	73
C4 Limiting parameters	74
C5 Temperature data	74
C6 Further Information to be given upon request	74
Annex D Application examples	75
D1 FBG temperature measuring rod (measuring lance) in a reactor	75
D2 FBG temperature measurement in a grain mill	75
Annex E Notes on the standard	77
Bibliography	78
Term index English – German	80