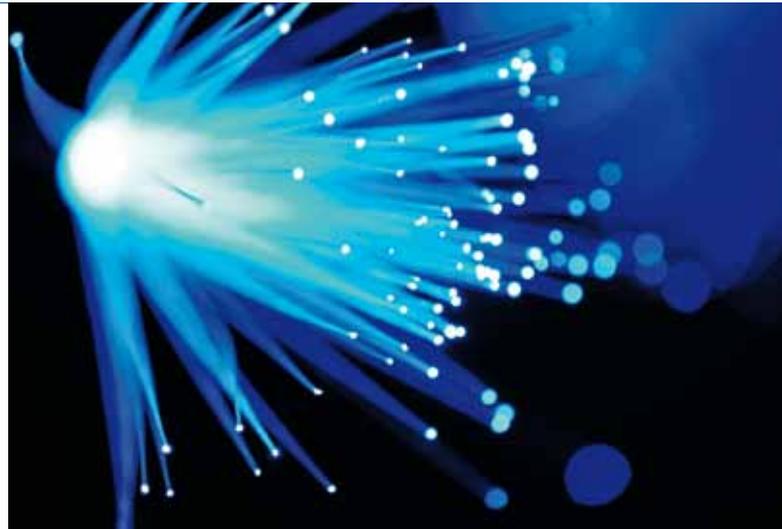
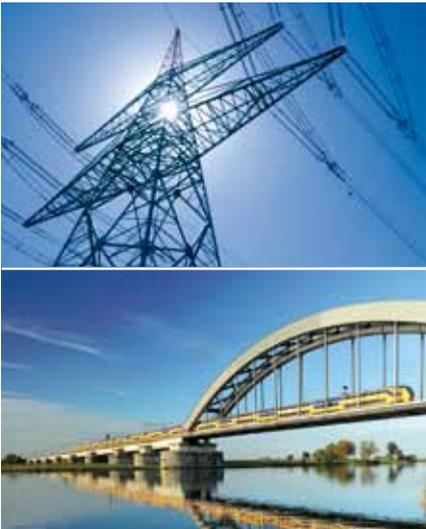


Faseroptische Sensorik



Messgrößen:

- Temperatur
- Dehnung
- Schwingung
- Neigung
- Beschleunigung

Optimal für viele Anwendungen

Die faseroptische Sensorik eröffnet ungeahnte und bisher kaum zugängliche Anwendungsfelder. Ursache dafür sind die speziellen Eigenschaften von Glasfasern in Kombination mit modernsten technologischen Errungenschaften.

Dass Glasfasern robust, alltagstauglich und aufgrund ihres geringen Durchmessers und vernachlässigbaren Gewichts leicht zu verlegen sind, ist im Zeitalter der optischen Datenkommunikation weithin bekannt.

Zusätzlich zeichnen aber noch weitere Besonderheiten die faseroptische Sensorik aus: Glasfasern sind im Gegensatz zu elektrischen Leitern völlig unempfindlich gegenüber elektromagnetischer Strahlung wie zum Beispiel HF- oder Mikrowellen, da sie ausschließlich Licht als Übertragungsmedium nutzen. Deshalb ist ihr Einsatz auch bei hohen Spannungspotentialen risikolos und sie können sowohl in Explosions-Schutzbereichen als auch in chemisch aggressiver Umgebung problemlos verlegt werden.

Ein weiteres Charakteristikum ist der eigentliche Sensor, der sich – speziell bei der Temperaturmessung – als preisgünstige Lösung sowohl an der Spitze der Faser befinden als auch beliebig über die Faser verteilt sein kann. Bei Letzterem wird die Faser selbst über ihre gesamte Länge zum Sensor.

Wann ist der Einsatz sinnvoll?

Faseroptische Sensorsysteme sind die ideale Lösung, wenn zumindest eine der folgenden Bedingungen beziehungsweise Anforderungen vorliegt:

Äußere Umgebung:

- Elektromagnetische Felder, z.B. Mikrowellen
- Magnetfelder, z.B. bei Kernspintomographen
- Hochspannung
- Explosions-Schutzbereich
- Chemisch aggressive oder korrosive Umgebung
- Unterwasser-Einsatz
- Große, ausgedehnte Messobjekte, z.B. Brücken, Tunnels, Pipelines, Staudämme
- Weit entfernt liegende Messobjekte

Messanforderungen:

- Geringer Durchmesser
- Geringes Gewicht
- Integrationsfähigkeit, z.B. Betonverguss, Einlaminiierung in Composite-Materialien usw.
- Hohe Anzahl an Messpunkten, entweder an definierten Positionen oder quasi-kontinuierlich verteilt
- Gleichzeitige Messwerterfassung
- Verschleißlose Dehnungsmessungen mit Längenänderungen weit über 1 %

Polytec GmbH

Geschäftsbereich Photonik
Tel. +49 (0) 7243 6 04-174
ot@polytec.de

Anwendungsbeispiele aus verschiedenen Branchen



Faseroptischer Dehnungssensor vor dem Beton-Verguss in einem Brückenelement



Integration von Temperatursensoren beim Bau eines Generators



Lastsensoren an einer Bahnlinie



Sensoren vor der Einlaminiierung in ein Composite-Bauteil einer Windkraftanlage

Forschung & Entwicklung

Messwerterfassung bei Materialtests, speziell bei Composites; geophysikalische Messung von Erdbewegungen bei Hängen, Deichen oder Deponien

Aerospace

Schwingungssensorik; Überlastsensoren, z.B. für Vogelschlag-Erkennung

Automotive

Sensorik in Motortestständen, Brennstoffzellen, Abgasanlagen und bei Untersuchungen der Karosserieverformung

Verkehr

Belastungs- und Überwachungssensorik bei Straßen, Brücken und Schienen

Bautechnik

Gebäudeüberwachung, z.B. bei Deckenkonstruktionen

Energietechnik

Überwachung von Transformatoren, Generatoren, Hochspannungskomponenten und -leitungen; mechanische Belastung bei Windenergieanlagen

Medizin

Überwachungssensorik in HF-Bereichen wie Kernspin- bzw. MR-Tomographen; Temperaturüberwachung bei Eingriffen

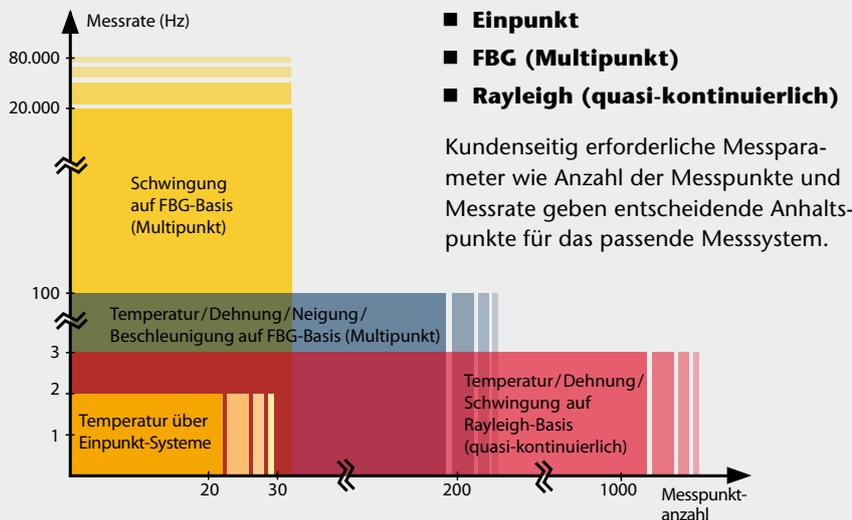
Chemie

Temperaturkontrolle beim Einsatz von Mikrowellen; Hot-Spot-Detektion in Reaktoranlagen

Schwerindustrie

Überwachung von Schmelz- und Hochöfen

Leistungsmerkmale der drei Messmethoden



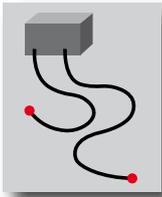
Messgröße	Messbereich	Auflösung	Faserlänge	Methode
Temperatur	-200°C ... +700°C (systemabhängig)	± 0,1°C	bis km-Bereich	- Einpunkt - Multipunkt - Quasi-kontinuierlich
Dehnung	0 ... 15.000 µm/m	± 1 µm/m	km-Bereich	- Multipunkt - Quasi-kontinuierlich
Schwingung	1 Hz ... 100 KHz		km-Bereich	- Multipunkt
Neigung	10°	0,01°	km-Bereich	- Multipunkt
Beschleunigung	± 10g	12,5 µg/√Hz	km-Bereich	- Multipunkt

Polytec-Stärken

- Jahrelange Erfahrung im Bereich Faseroptik, nicht nur in der Sensorik, sondern auch in der Telekommunikation bzw. LWL-Technik
- Anwendungsorientierte Beratung
- Breites Produktspektrum für zahlreiche Anwendungsbereiche
- Eigene Service- und Applikationsabteilung
- Ausgesuchte internationale Partner

Produktübersicht

Einpunkt-Messsysteme mit Sensor am Faserende



Messmethode

- Halbleiterkristall am Faserende mit temperaturabhängiger spektraler Bandkantenverschiebung

Sensoren

- Endpunktsensoren mit beliebig langen Zuleitungen, auch kundenspezifisch
- Ausschließlich Temperaturmessung, unbeeinflusst durch z.B. Druck oder andere Einflüsse
- Sensoren mit kundenseitiger Aufbereitungsmöglichkeit
- Einfach austauschbar
- Messbereich: -200 bis +300°C
- Messgenauigkeit: bis zu 0,1°C
- Messrate: bis 2 Hz

Ausleseeinheiten

- Vielfältige Systemausführungen: Handgeräte, 1- und 4-kanalige Kompaktgeräte, 16-Zoll-Laborgeräte, erweiterbare 19-Zoll-Geräte, 16-kanalige Prozesssysteme
- RS-232- und USB-Schnittstelle
- Preisgünstige Lösungen

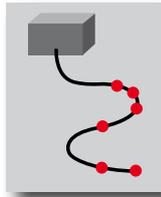


Einkanaliges Temperatur-Handmessgerät



Messsystem in 4-kanaliger 16-Zoll-Ausführung

Systeme mit definierbaren Messpunkten entlang der Faser



Messmethode

- Faser-Bragg-Gitter (FBG) mit Interrogator

Sensoren

- Einzelsensoren, die über Stecker oder Spleiße individuell verkettbar sind
- Kundenspezifisch definierbare und variabel kombinierbare Messpunktfolge
- Spezialsensoren zur Erfassung von Dehnung, Temperatur, Neigung, Beschleunigung oder Schwingungen
- Angepasste Befestigungslösungen für unterschiedlichste Anwendungen: Verklebbare Patches, verschraubbare Dehnungsaufnehmer, vergussfähige und verschweißbare Sensoren

Ausleseeinheiten

- Robuste, industrietaugliche Designs in verschiedenen Ausführungen
- Ausleseraten bis 100 Hz für quasi-statische und bis 100 kHz für dynamische Untersuchungen
- Bis zu 8 parallele Kanäle mit bis zu 25 Sensoren pro Kanal
- Erweiterbar durch externe Multiplexer
- Vollständige Softwarepakete zur Messwerterfassung

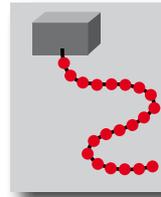
Komplettlösungen

- Dehnungserfassung in Windkraftanlagen
- Temperaturmessung in Transformatoren



FBG-Sensoren für unterschiedlichste Anwendungen

Systeme mit quasi-kontinuierlicher Messpunktfolge



Messmethode

- Rayleigh-Streuung mit Optical Frequency Domain Reflectometer (OFDR)

Sensoren

- Kostengünstige Standardglasfasern (z.B. SMF 28-kompatibel) einsetzbar, wobei die gesamte Faser in voller Länge einen quasi-kontinuierlichen Messsensor darstellt
- Fasern mit Spezialmantel für Anwendungen bei höheren Temperaturen, z.B. Gold: bis +700°C oder Polyimid: bis +300°C

Ausleseeinheiten

- Ausleseeinheit basierend auf OFDR
- Räumliche Auflösung bis 1 Millimeter, entsprechend 1000 Sensoren pro Meter Faser
- Messfenster bis 80 Meter Breite, Reichweite bis zu 2 Kilometern
- Sensorposition und Anzahl frei per Software definierbar
- Erweiterbar durch externe Multiplexer
- Vollständige Softwarepakete zur Messwerterfassung



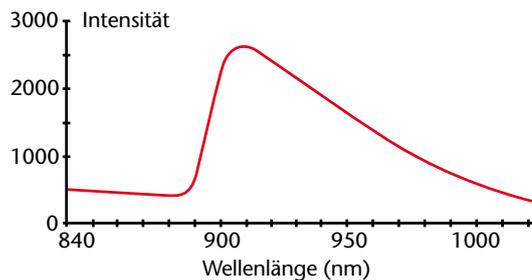
Das Auslesesystem ODISI ist sehr einfach bedienbar und kann mit Standardfasern betrieben werden.

Funktionsprinzipien der faseroptischen Sensorik bei Polytec – passend für jeden Einsatzzweck

Einpunkt-Messung über die Verschiebung der Gallium-Arsenid-Bandkante

Für Temperatur-Messanwendungen, bei denen einzelne Messpunkte ausreichen, wird dieses Messprinzip mit einem Einzelsensor am Faserende eingesetzt. An der Spitze der Glasfaser ist ein GaAs-Kristall angebracht, dessen Bandkante sich temperaturabhängig verschiebt. Dabei wird weißes Licht vom System zum Kristall geschickt und dort bei der Rückstreuung durch die Lage der aktuellen Bandkante – diese ist mit 0,4 Nanometern pro Kelvin temperaturabhängig – spektral verändert. Das am Kristallende zurück reflektierte Licht wird dann über ein Spektrometer analysiert, um daraus auf der Basis einer werksseitigen Kalibrierung die Temperatur zu ermitteln. Der Temperaturmessbereich umfasst -200 bis

+300°C bei einer erreichbaren Genauigkeit von bis zu 0,1°C.

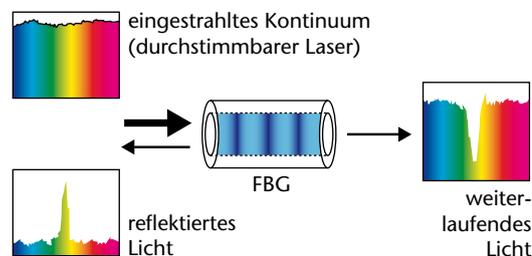


Spektrale Verschiebung der Gallium-Arsenid-Bandkante

Multi-Punkt-Messung über Faser-Bragg-Gitter

Bei der Faser-Bragg (FBG)-Technik werden durch UV-Bestrahlung diskrete, reflektierende Interferenzfilter in eine Glasfaser eingeschrieben, deren Wellenlänge auf Temperatur- oder Dehnungsänderungen reagiert. Diese punktförmigen Sensoren können in großer Anzahl (einige Dutzend) entlang einer Faserstrecke positioniert werden, wobei jeder Einzelsensor eine charakteristische Interferenzwellenlänge erhält. Ein spezielles Auslesesystem, ein Interrogator, tastet alle Sensoren optisch ab und berechnet aus der Wellenlängenverschiebung die jeweilige Temperatur- und Dehnungsänderung. Temperaturmessungen sind im Bereich zwischen -50°C und +200°C mit einer Auflösung von 0,1°C standardmäßig möglich.

Dehnungen können bis deutlich über 10.000 Mikrostrain bei hohen Lastwechselzahlen erfasst werden. Die Auflösung beträgt 1 Mikrostrain.



Die Wellenlänge des an FBGs reflektierten Lichts wird bei Temperatur- und Dehnungsänderungen verschoben

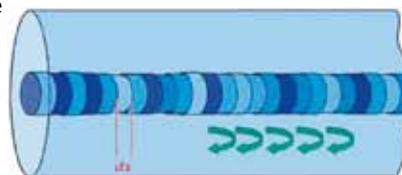
Quasi-kontinuierliche Messung über die Rayleigh-Streuung

Bei der Rayleigh-Sensorik wird Laserlicht in die Glasfaser eingekoppelt und das vom Fasermaterial rückgestreute Rayleigh-Licht mit hoher Auflösung über eine Art Laufzeitmessung räumlich abgetastet. Im Ergebnis erhält man ein charakteristisches Muster entlang der Faser, den sogenannten Fingerprint, der für jeden Abschnitt unterschiedlich, aber äußerst stabil und reproduzierbar ist. Ursache hierfür sind lokale Brechzahlsschwankungen oder Defekte, die sich statistisch über die Faser verteilen.

Bei äußeren Dehnungs- oder Temperaturänderungen wird dieser Fingerprint in eindeutiger Weise auseinander- oder zusammengeschoben, so dass die Änderung des lokalen Rayleigh-Musters in Temperatur oder Dehnung umgerechnet werden kann. Da jeder Punkt der Faser für diesen Effekt empfindlich

ist, stellt die gesamte Faser in voller Länge einen verteilt messenden Sensor dar.

Die erreichbare räumliche Auflösung beträgt 1 Millimeter. Bei einer Messlänge von 70 Metern entspricht dies einer Anzahl von 70.000 Messsensoren. Bei Verwendung spezieller Fasern ergibt sich ein Temperaturmessbereich bis zu +700°C. Bezüglich Dehnungen sind die Messbereiche ähnlich denen von FBGs.



Brechungsindexschwankungen der Glasfaser dienen als verteilt wirkende Reflektoren

Polytec GmbH
 Polytec-Platz 1-7
 76337 Waldbronn
 Tel. + 49 (0) 7243 604-0
 Fax + 49 (0) 7243 69944
 info@polytec.de

www.polytec.de