

DEUTSCH

Bedienungsanleitung



MXFS

QuantumX BraggMETER-Modul

Hottinger Brüel & Kjaer GmbH
Im Tiefen See 45
64293 Darmstadt
Germany
Tel. +49 6151 803-0
Fax +49 6151 803-9100
info@hbkworl.com
www.hbkworl.com

HBK FiberSensing, S.A.
Rua Vasconcelos Costa, 277
4470-640 Maia
Portugal
Tel. +351 229 613 010
Fax +351 229 613 020
info.fs@hbkworl.com
www.hbkworl.com

Mat.:
DVS: A05725 04 G00 00
11.2023

© Hottinger Brüel & Kjaer GmbH

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

INHALTSVERZEICHNIS

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Technische Daten | 6 |
| 1.1 | Allgemeines | 6 |
| 1.2 | Systemkomponenten | 7 |
| 1.3 | Software | 7 |
| 1.4 | Synchronisation | 7 |
| 2 | Rechtliche Hinweise und Zertifizierung | 8 |
| 2.1 | Hinweise zum Umweltschutz | 8 |
| 2.1.1 | Entsorgung Ihres Altgeräts | 8 |
| 2.2 | Lasersicherheit | 8 |
| 2.2.1 | Symbole | 9 |
| 2.2.2 | Laser der Klasse 1 | 9 |
| 2.2.3 | Allgemeine Vorsichtsmaßnahmen | 9 |
| 2.3 | Zertifizierung | 10 |
| 2.3.1 | CE-Kennzeichnung | 10 |
| 2.3.2 | UKCA-Kennzeichnung | 10 |
| 2.3.3 | ATEX-Kennzeichnung | 10 |
| 2.3.3.1 | Gesetze und Richtlinien | 11 |
| 2.3.3.2 | Typenschild von MXFS DI | 11 |
| 2.3.4 | Brandschutz | 12 |
| 2.3.5 | Kennzeichnung zu Grenzwerten für Störaussendungen (für Lieferungen nach China) | 12 |
| 2.4 | In dieser Anleitung verwendete Kennzeichnung | 12 |
| 3 | Betrieb | 13 |
| 3.1 | Anschlüsse | 13 |
| 3.2 | Einrichtung | 13 |
| 3.2.1 | Spannungsversorgung | 13 |
| 3.2.2 | Anschluss und Synchronisation mit PC und anderen Modulen | 15 |
| 3.2.2.1 | Einzelanschluss über Ethernet | 15 |
| 3.2.2.2 | Mehrfachanschluss über Ethernet mit PTP-Synchronisation | 16 |
| 3.2.2.3 | Mehrfachanschluss über Ethernet und FireWire-Synchronisation | 17 |
| 3.2.2.4 | Andere mögliche Anschlüsse | 17 |
| 3.2.3 | Einstellungen für die Kommunikation zum PC | 18 |
| 3.3 | Montage | 23 |
| 3.3.1 | Positionieren des MXFS | 23 |
| 3.3.2 | Montieren von Gehäuseklammern | 23 |
| 3.4 | Statusanzeigen | 27 |
| 3.5 | Wartung | 27 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 3.5.1 | Verschleißteile | 27 |
| 3.5.2 | Lüftung | 28 |
| 3.5.3 | Optische Anschlüsse | 28 |
| 3.5.4 | Kalibrierung | 28 |
| 3.5.5 | Firmware-Update | 28 |
| 3.6 | Rücksetzen auf Werkseinstellung | 29 |
| 3.7 | Anschließen an optische Sensoren | 29 |
| 3.7.1 | Konzepte und Definitionen | 29 |
| 3.7.1.1 | Anschlüsse | 29 |
| 3.7.1.2 | Kanäle | 30 |
| 3.7.1.3 | Wellenlänge | 31 |
| 3.7.1.4 | Leistung | 32 |
| 3.7.1.5 | Dynamikbereich | 33 |
| 3.7.1.6 | Smart Peak Detection (SPD) | 33 |
| 3.7.1.7 | Signale | 35 |
| 3.8 | Erfassungsrates | 38 |
| 3.8.1 | Geschwindigkeitsmodus | 38 |
| 3.8.2 | Entfernungseffekt | 38 |
| 3.8.3 | Filter | 41 |
| 3.9 | Behebung von Problemen bei der Messung | 41 |
| 3.9.1 | Verschmutzter Anschluss | 41 |
| 3.9.2 | Gebrochener Anschluss | 43 |
| 3.9.3 | Vorübergehende Overflows bei Messungen | 44 |
| 4 | Die Software catman | 45 |
| 4.1 | Starten eines Projekts mit MXFS | 45 |
| 4.1.1 | Synchronisation | 46 |
| 4.2 | catman-Projekt für MXFS | 47 |
| 4.2.1 | Abtastraten | 48 |
| 4.2.1.1 | Erfassungsrates | 48 |
| 4.2.1.2 | Abtastrate und Filter | 49 |
| 4.2.2 | Konfigurieren von Wellenlängenbereichen | 51 |
| 4.2.2.1 | Bänder für die erkannten Peaks automatisch definieren | 53 |
| 4.2.2.2 | Bänder individuell von Hand definieren | 56 |
| 4.2.3 | Sensoren im Gerät | 58 |
| 4.2.4 | Sensoren in der Software | 59 |
| 4.2.4.1 | Wellenlänge | 60 |
| 4.2.4.2 | Dehnung | 61 |
| 4.2.4.3 | Temperatur | 64 |
| 4.2.4.4 | Beschleunigung | 65 |
| 4.2.4.5 | Generisches Polynom | 66 |

| | | |
|---------|---------------------------------|-----------|
| 4.2.4.6 | Berechnungskanäle | 66 |
| 4.2.5 | Nullabgleich | 69 |
| 4.2.6 | Reset Referenzwellenlänge | 71 |
| 4.3 | Zurücksetzen des Geräts | 72 |

1.1 Allgemeines

Das MXFS ist ein Modul aus der QuantumX-Familie für Messungen mit auf Faser-Bragg-Gittern (FBG) basierenden Sensoren. Es baut auf der bewährten BraggMETER-Technologie von HBK FiberSensing auf, die Bragg-Reflexionspeaks durch kontinuierliches Scannen mit einem durchstimmbaren Laser misst. Das Modul verfügt zudem über eine rückführbare Wellenlängenreferenz für zügiges Kalibrieren, um die Messgenauigkeit des Systems im Langzeitbetrieb sicherzustellen. Dank des großen Dynamikbereichs und der hohen Ausgangsleistung kann selbst bei langen Glasfaserkabeln und/oder verlustbehafteten Verbindungsleitungen eine hohe Auflösung erzielt werden.

Das Modul stellt zwei Betriebsarten mit unterschiedlichen Sweep-Geschwindigkeiten bereit, die den nachfolgend angegebenen Abtastraten entsprechen.

| | MXFS DI |
|---------------------------|----------|
| Low-Speed-Modus | 100 S/s |
| High-Speed-Modus | 2000 S/s |
| Sensoren/Anschluss (max.) | 16 |
| Sensoren/Gerät (max.) | 128 |

Filterung und die Verringerung der Abtastrate stehen in beiden Betriebsarten zur Verfügung.

Alle an jeden der 8 optischen Anschlüsse in Reihe angeschlossenen FBG-Sensoren für Peak-Messungen werden parallel erfasst. Insgesamt ergibt dies die beeindruckende Zahl von 128 Kanälen am MXFS DI QuantumX BraggMETER-Modul mit gleichzeitiger Datenerfassung.

Die modulare QuantumX-Familie ist für universelle Anwendungen konzipiert. Die Module können je nach Messaufgabe individuell kombiniert und intelligent verbunden werden. MXFS ermöglicht PTPv2-Synchronisation.

Das MXFS BraggMETER-Modul wird mit der Software catman Easy ausgeliefert, eine Wartungslizenz für 12 Monate ist im Lieferumfang enthalten.

Weitere allgemeine Informationen zum Betrieb der QuantumX-Module sind einem eigenen Dokument zu diesen Modulen zu entnehmen. Dieses Dokument steht für Sie auf unserer Website zur Verfügung.

Das aktuelle Dokument gilt für die folgenden Geräte:

| Bestellinformationen | Beschreibung |
|----------------------|--|
| 1-MXFS8DI1/FC | Dynamisches QuantumX BraggMETER-Modul mit 8 optischen FC/APC-Anschlüssen |

1.2 Systemkomponenten

Lieferumfang des MXFS-Sets:

| Bestellinformationen | Anzahl | Beschreibung |
|----------------------|--------|--|
| 1-MXFS8DI1/FC | 1 | Optisches Datenerfassungssystem MXFS DI (Interrogator) |
| | 1 | Lizenz für die Software catman Easy |

Leistung und Kommunikation sind abhängig von der jeweils gewünschten Montage und Konfiguration.

Für den Betrieb der Module als autarkes Einzelgerät sind zusätzlich zu berücksichtigen:

| Bestellinformationen | Anzahl | Beschreibung |
|----------------------|--------|--------------------------------|
| 1-KAB271-3 | 1 | Netzkabel |
| 1-NTX001 | 1 | Netzteil |
| 1-KAB239-2 | 1 | Ethernet-Cross-Over-Kabel, 2 m |

1.3 Software

MXFS ist ein offenes Datenerfassungssystem. Es kann in viele Softwarepakete für Betrieb, Analyse und Automatisierung integriert werden.

Zum Download verfügbar sind:

- MX-Assistent und Common API: moderne und kostenlose Geräteassistenten, die die Erfassungs- und Datenfunktionen des Moduls unterstützen;
- catman Easy/AP: die leistungsfähige, professionelle Software zur Erfassung von Messdaten von bis zu 20.000 Kanälen. catmanEasy wird ohne Aufpreis zusammen mit MXFS bereitgestellt;
- Treiber für LabView;
- Windows-Gerätetreiber für IEEE1394b FireWire.

1.4 Synchronisation

MXFS folgt den verfügbaren Synchronisationsmethoden der QuantumX-Familie:

- NTP;
- PTPv2;
- EtherCAT (über CX27);
- IRIG-B (über MX440B oder MX840B).



Information

Ausführlichere Informationen zu Synchronisationsmethoden und zur Einrichtung sind der Bedienungsanleitung zu QuantumX (A02322) zu entnehmen.

2.1 Hinweise zum Umweltschutz

2.1.1 Entsorgung Ihres Altgeräts



Wenn die nebenstehende Symbolkombination – durchgestrichene Mülltonne und dicker schwarzer Balken – an einem Produkt angebracht ist, bedeutet dies, dass das Produkt unter die Europäische Richtlinie 2002/96/EG fällt. Sie gilt in der Europäischen Union sowie anderen Ländern mit Systemen zur getrennten Sammlung von Abfällen. Alle Elektro- und Elektronikprodukte sind getrennt vom Siedlungsabfall oder Hausmüll über entsprechend ausgewiesene, von staatlichen oder lokalen Behörden bestimmte Rücknahmesysteme zu entsorgen. Die ordnungsgemäße Entsorgung Ihres Altgeräts trägt dazu bei, möglicherweise negative Folgen für die Umwelt und die menschliche Gesundheit zu vermeiden.

Wenn Sie weitere Informationen zur Entsorgung Ihres Altgeräts benötigen, wenden Sie sich an Ihre Kommunalverwaltung, den Abfallentsorgungsbetrieb oder den Händler, bei dem Sie das Produkt gekauft haben. HBK FiberSensing ist ein in Portugal in der ANREEE – „Associação Nacional para o Registo de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos“ unter der Nummer PT001434 registrierter Hersteller. HBK FiberSensing hat einen Vertrag des Typs „Utente“ mit der Amb3E – „Associação Portuguesa de Gestão de Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos“ abgeschlossen, mit dem das Abfallmanagement für Elektro- und Elektronikgeräte, die in Portugal auf den Markt gebracht werden, vom Hersteller HBK FiberSensing an Amb3E übertragen wird.

2.2 Lasersicherheit

In den Interrogator MXFS ist ein Laser eingebaut. Ein Laser ist eine Lichtquelle, die eine Gefahr für Menschen darstellen kann, wenn sie dieser Lichtquelle ausgesetzt sind. Bereits Laser mit geringer Leistung können die Augen schädigen. Die Kohärenz und geringe Divergenz des Laserlichts bedeutet, dass es vom Auge auf eine extrem kleine Stelle auf der Netzhaut fokussiert werden und dadurch zu einer lokalen Verbrennung und bleibenden Schädigung führen kann. Laser sind nach ihrer Wellenlänge und maximalen Ausgangsleistung in mehrere Sicherheitsklassen unterteilt: Klasse 1, Klasse 1M, Klasse 2, Klasse 2M, Klasse 3R und Klasse 4.

2.2.1 Symbole



2.2.2 Laser der Klasse 1

Das MXFS ist ein Laserprodukt der Klasse 1: „Ein Laser oder Lasersystem mit einem Laser, der keine Laserstrahlung mit Stärken aussenden kann, die im Normalbetrieb bekanntermaßen Augen- oder Hautverletzungen verursachen.“ Ein solches Produkt ist unter allen normalen Nutzungsbedingungen sicher. Für den Einsatz von Geräten mit einem Laser der Klasse 1 gelten keine besonderen Sicherheitsanforderungen.

| Lasersicherheit | |
|-------------------------------------|-------------------|
| Art des Lasers | Faserlaser |
| Laser-Klasse (IEC 60825-1) | 1 |
| Typische Ausgangsleistung pro Kanal | ≈ 0,3 mW (-5 dBm) |
| Max. Ausgangsleistung pro Kanal | ≈ 0,5 mW (-3 dBm) |
| Wellenlänge | 1500-1600 nm |

2.2.3 Allgemeine Vorsichtsmaßnahmen

Jeder, der ein Lasergerät oder -system nutzt, sollte sich die damit verbundenen Gefahren bewusst machen. Laserstrahlung ist für das menschliche Auge nicht sichtbar, sie kann die Augen des Anwenders jedoch erheblich schädigen. Der Laser wird beim Einschalten des Interrogators aktiviert.

Anwender müssen darauf achten, dass sich ihre Augen niemals genau in der horizontalen Ebene der optischen Kupplungen des Interrogators oder von optischen Anschlüssen befinden, die nicht durch Abdeckungen geschützt sind. Wenn eine signifikante Gefahr von Augenverletzungen besteht, muss immer ein ausreichender Augenschutz getragen werden. Wenn ein optischer Kanal nicht in Gebrauch ist (kein optischer Anschluss in den Interrogator eingesteckt), muss der Anschluss mit einer geeigneten Schutzkappe verschlossen werden. Die optischen Anschlüsse müssen gewartet und/oder geprüft werden. Hinweise zu Wartungsarbeiten siehe im *Abschnitt 3.9* „*Behebung von Problemen bei der Messung*“, Seite 41.

Wenn der Interrogator eine Fehlfunktion aufweist, darf er nicht geöffnet oder repariert, sondern muss zur Reparatur und Kalibrierung an HBK eingeschendet werden.

2.3 Zertifizierung

2.3.1 CE-Kennzeichnung



Dieses Produkt ist mit der CE-Kennzeichnung versehen und erfüllt die einschlägigen internationalen Anforderungen an Produktsicherheit und elektromagnetische Verträglichkeit nach den folgenden Richtlinien: Niederspannungsrichtlinie (NSR) 2014/35/EU – Elektrische Sicherheit; Richtlinie über die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) 2014/30/EU. Die zugehörige Konformitätserklärung ist auf Anfrage erhältlich.

2.3.2 UKCA-Kennzeichnung



Dieses Produkt ist mit der UKCA-Kennzeichnung versehen und erfüllt die einschlägigen internationalen Anforderungen an Produktsicherheit und elektromagnetische Verträglichkeit nach den folgenden Richtlinien: Niederspannungsrichtlinie (NSR) 2014/35/EU – Elektrische Sicherheit; Richtlinie über die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) 2014/30/EU. Die zugehörige Konformitätserklärung ist auf Anfrage erhältlich.

2.3.3 ATEX-Kennzeichnung



Dieses Produkt verfügt über die ATEX-Zertifizierung und erfüllt die Anforderungen der ATEX-Richtlinie 2014/34/EU. Dieses Produkt trägt die Ex-Kennzeichnung und ist nach IEC/EN 60079-28 zugelassen für:

- Zone 0 für Gasgruppe IIC;
- Zone 20 für Staubgruppe IIIC;
- Zone M1 für Bergbau.

Die ATEX-Zertifizierung gilt für die Verwendung dieses Produkts zum Abfragen optischer Sensoren in explosionsfähigen Atmosphären. Explosionsfähige Atmosphären sind Bereiche, in denen die Gefahr einer Explosion durch entzündliche Gase, Dämpfe, Flüssigkeiten oder brennbare Stäube besteht. Dieses Produkt wurde zum sicheren Abfragen optischer Sensoren in explosionsfähigen Atmosphären entwickelt. Für einen sicheren Gebrauch ist es daher wichtig, dass die in dieser Bedienungsanleitung enthaltenen Anweisungen eingehalten werden.

VORSICHT

Informationen für „Optische Sicherheit“

Das Gerät außerhalb von explosionsgefährdeten Bereichen aufstellen. Die optische Strahlung wurde nach EN 60079-28:2015 bewertet. Die optische Strahlung kann in allen Bereichen der Gruppe I, II und III eingestrahlt werden. Die maximale optische Ausgangsleistung pro Anschluss ist $< 15 \text{ mW}$.

2.3.3.1 Gesetze und Richtlinien

Bei Anschluss, Montage und Betrieb sind die Prüfbescheinigung, die Vorschriften und Gesetze des jeweiligen Landes zu beachten. Dies sind beispielsweise:

- National Electrical Code (NEC - NFPA 70) (USA);
- Canadian Electrical Code (CEC) (Kanada):

Weitere Vorschriften für Anwendungen in explosionsgefährdeten Bereichen sind beispielsweise:

- IEC 60079-14 (international);
- EN 60079-14 (EU).

2.3.3.2 Typenschild von MXFS DI

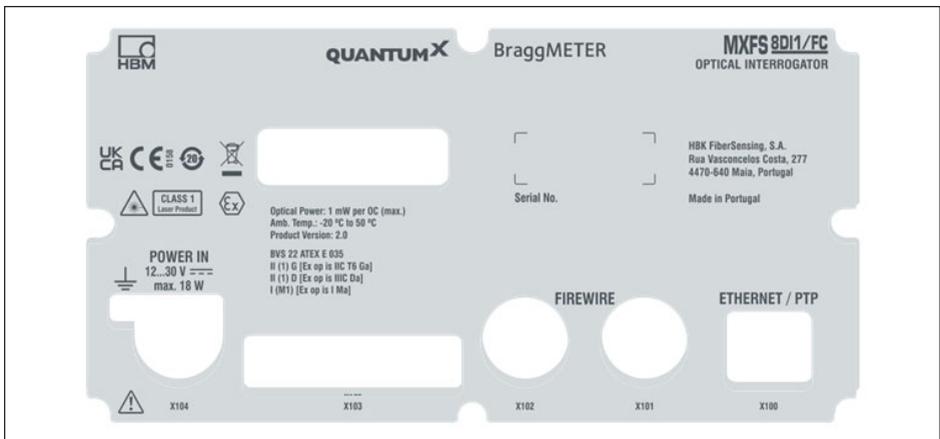


Abb. 2.1 Schild an der Rückseite von MXFS DI

2.3.4 Brandschutz

Dieses Produkt erfüllt EN 45545-2:2016 und EN 45545-2:2020 für die Gefährdungsklassen HL1, HL2 und HL3. Bei der Installation des MXFS ohne X-Rahmen braucht keine brennbare Masse im Sinne der Gruppierungsregeln in Abschnitt 4.3 der DIN EN 45545-2 berücksichtigt zu werden.

2.3.5 Kennzeichnung zu Grenzwerten für Störaussendungen (für Lieferungen nach China)



Gesetzlich vorgeschriebene Kennzeichnung für die Einhaltung der Grenzwerte von Störaussendungen bei nach China gelieferten elektronischen Geräten.

2.4 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</i> <i>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. |

3 BETRIEB

3.1 Anschlüsse

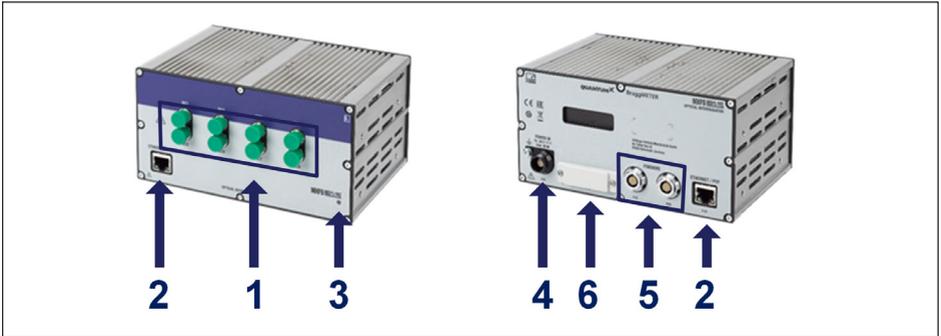


Abb. 3.1 Vorder- und Hinteransicht des MXFS

- 1 Optische Anschlüsse (FC/APC);
- 2 Ethernet-Anschlüsse;
- 3 STATUS-LED;
- 4 Netzanschluss;
- 5 Firewire-Anschlüsse;
- 6 Modulträgeranschluss.

3.2 Einrichtung

3.2.1 Spannungsversorgung

Die Module an eine Gleichspannung anschließen. Die Leistungsaufnahme und der zulässige Versorgungsspannungsbereich eines Moduls sind je nach Modell unterschiedlich.

| | MXFS DI |
|----------------------------|---------------|
| Maximale Leistungsaufnahme | 30 W |
| Versorgungsspannung | 12 V ... 30 V |



Wichtig

Für die Stromverteilung über FireWire gilt folgende Faustregel:

„An jedem dritten Modul wird eine externe Spannungsversorgung mit dem gleichen Spannungspotenzial benötigt.“

Hinweis

Bei Nichteinhaltung der obigen Grenzwerte für die Versorgungsspannung sind Defekte am Modul nicht auszuschließen. Wenn die Versorgungsspannung unter den unteren Grenzwert sinkt, schalten sich die Module ab.

Bei Batteriebetrieb in Fahrzeugen empfehlen wir den Einbau einer unterbrechungsfreien Spannungsversorgung (USV) zwischen Batterie und Modul, um Spannungseinbrüche bei Startvorgängen auszugleichen.

Werden mehrere Module zur zeitsynchronen Datenerfassung über FireWire miteinander verbunden, kann die Spannungsversorgung durchgeschleift werden. Das verwendete Netzteil muss die entsprechende Leistung bereitstellen können.

Der maximal zulässige Strom auf dem FireWire-Anschlusskabel gemäß IEEE1394b beträgt 1,5 A. Bei einer längeren Messkette ist das wiederholte Einspeisen der Versorgung zwingend.

Wenn mehrere Messverstärker unsynchronisiert betrieben werden (siehe Abb. 3.2), müssen sie einzeln versorgt werden.

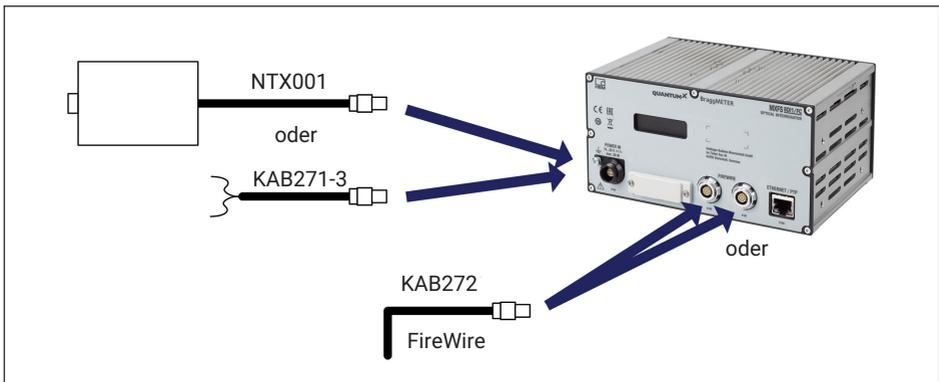


Abb. 3.2 Anschlussoptionen für die Spannungsversorgung

3.2.2 Anschluss und Synchronisation mit PC und anderen Modulen

Das QuantumX MXFS-Modul kann mit anderen QuantumX/SomatXR-Modulen aus der gleichen Familie synchronisiert werden und ermöglicht so eine gleichzeitige Datenerfassung. Für diese Synchronisation werden die Module über FireWire- oder Ethernet-Schnittstellen miteinander verbunden. Alternativ kann das MXFS-Modul als Gateway fungieren, das synchronisierte Daten von mehreren Modulen über FireWire erfasst und sie mit einem Ethernet-Schnittstellenkabel an den PC überträgt. Die korrekte Synchronisation zwischen dem MXFS-Modul und den anderen Geräten ist hierbei entscheidend für die Aufrechterhaltung einer genauen Zeitsteuerung. Ausführlichere Informationen zu Synchronisationsmethoden und bestimmten Produktkombinationen sind dem Produkthandbuch zur Software catman zu entnehmen (A05566 02, Seite 104, „3.2.6 Synchronisieren mehrerer Geräte“).

Ändern der Synchronisationsmethode über catman, MX-Assistent oder API: Wenn die NTP- oder die PTP-Synchronisation aktiviert bzw. deaktiviert wird, werden ungefähr 20 Sekunden für die erneute Synchronisation der Geräte benötigt. Während dieser Zeit wird der Zugriff gesperrt, die LED-Farbe ändert sich in Orange, und die Messwerte für alle Kanäle wechseln zu Overflow. Danach kehrt der Interrogator zum Normalbetrieb zurück.

3.2.2.1 Einzelanschluss über Ethernet

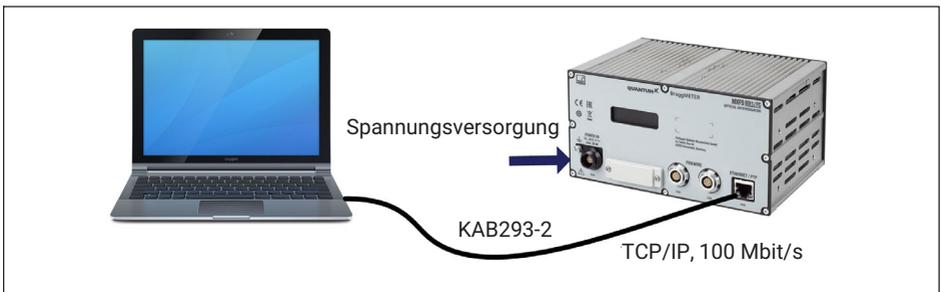


Abb. 3.3 Einzelanschluss über Ethernet

Hinweis

Bei älteren Computern muss ein Ethernet-Cross-Over-Kabel verwendet werden. Neuere PCs/Laptops verfügen über Ethernet-Schnittstellen mit Autocrossing-Funktion. Alternativ können hierfür auch Ethernet-Patchkabel verwendet werden.

3.2.2.2 Mehrfachanschluss über Ethernet mit PTP-Synchronisation

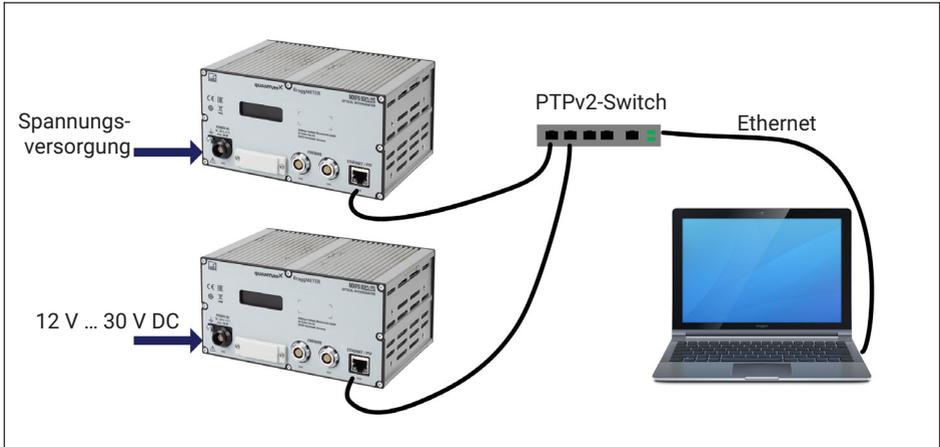


Abb. 3.4 Mehrfachanschluss über Ethernet und Synchronisation über PTPv2

Die Module können über Ethernet-PTPv2-fähige Switche mit dem PC verbunden werden. Wir empfehlen die Verwendung von Patchkabeln.

Beispiele hierfür sind:

- EX23-R von HBM;
- Scalance XR324-12M von Siemens;
- RSP20 oder MACH1000 von Hirschmann;
- Ha-VIS FTS 3100-PTP von Harting;
- Stratix 5400 von Rockwell.

Beispiele für PTP-Referenzuhren („Grandmaster Clocks“):

- LANTIME M600 von Meinberg;
- OTMC 100 von Omicron.

Durch die hier dargestellte Sternstruktur gehen bei einer Leitungsunterbrechung im Ethernet-Kabel die Messdaten der übrigen Module nicht verloren!

3.2.2.3 Mehrfachanschluss über Ethernet und FireWire-Synchronisation

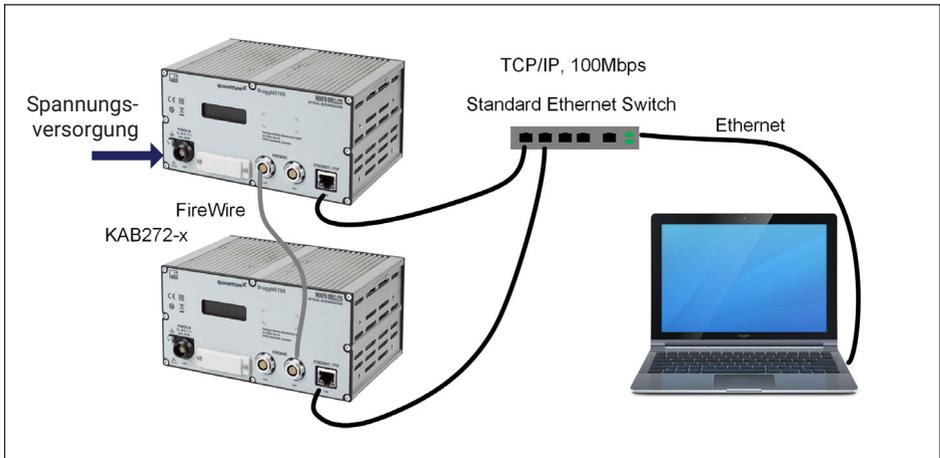


Abb. 3.5 Beispiel für Mehrfachanschluss über Ethernet mit Synchronisation

In der oben dargestellten Konfiguration wird die Versorgungsspannung der Module über FireWire durchgeschleift (maximal 1,5 A über Firewire; Leistungsaufnahme der Module siehe Abschnitt 3.2.1 „Spannungsversorgung“, Seite 13).

Vorteil dieser Verbindungsstruktur: Bei einer Leitungsunterbrechung im Ethernet-Kabel bleiben die anderen Module aktiv.

3.2.2.4 Andere mögliche Anschlüsse

Zwischen MXFS-Modulen oder zwischen MXFS- und anderen QuantumX-Modulen gibt es noch mehrere weitere Anschlussmöglichkeiten:

- Anschluss eines einzelnen Moduls über FireWire;
- Anschluss mehrerer Module über FireWire;
- Anschluss an einen CX22-Datenrekorder;
- Anschluss für CAN-Bus-Ausgangssignale;
- Anschluss für Analogausgänge;
- Anschluss für Ausgabe in Echtzeit über EtherCAT® oder PROFINET IRT;
- Usw. ...

Siehe hierzu auch die allgemeine Bedienungsanleitung zu QuantumX (Dokument A02322, zum Download verfügbar auf unserer Website).

3.2.3 Einstellungen für die Kommunikation zum PC

Module können mit einem Standard-PC über Ethernet (Entfernung bis 100 m), über FireWire (Entfernung elektrisch bis 5 m, optisch bis 300 m) oder über EtherCAT® verbunden werden.

Für die TCP/IP-Kommunikation über Ethernet ist Folgendes zu beachten:

- Damit die Software die im Netzwerk vorhandenen oder direkt angebotenen Module finden kann, empfehlen wir, die Voreinstellung (DHCP/APIPA) beizubehalten. Natürlich können Sie die Module auch mit einer festen statischen IP-Adresse parametrieren. Dies gilt auch für den PC oder das Notebook. Vorteil: Vor allem Notebooks lassen sich dadurch schnell und automatisch ohne Umkonfiguration ins Firmennetzwerk (DHCP) integrieren. Aber auch der direkte Betrieb zwischen Notebook und den Modulen (Peer-2-Peer) verläuft sehr zügig mittels automatischer Adressierung (APIPA).
- Selbstverständlich kann der Ethernet-Netzwerkadapter des PCs oder der Module auch manuell mit einer speziellen IP-Adresse und Subnetzmaske konfiguriert werden.

Beachten Sie beim Konfigurieren einer direkten IP-over-FireWire-Verbindung über FireWire die allgemeine Bedienungsanleitung zu QuantumX (Dokument A02322, zum Download verfügbar auf unserer Website).

IP-Adresse des Moduls konfigurieren

- ▶ Aktivieren Sie DHCP/APIPA für die automatische Konfiguration. Setzen Sie einen direkt mit QuantumX verbundenen PC ebenfalls auf DHCP.
- ▶ Manuelle Konfiguration: Deaktivieren Sie DHCP/APIPA und geben Sie die gleiche Subnetzmasken-Adresse wie bei Ihrem PC ein. Ändern Sie die IP-Adresse Ihres Moduls, so dass sie Kommunikation zulässt (siehe Beispiel unten).

Beispiel

IP-Adresse manuell einstellen – Modulseite

| Einstellungen | IP-Adresse | Subnetzmaske |
|---------------|---------------------|----------------------|
| Modul vorher | 169.1.1.22 | 255.255.255.0 |
| PC / Notebook | 172.21.108.51 | 255.255.248.0 |
| Modul nachher | 172.21.108.1 | 255.255.248.0 |

Die ersten *drei* Zifferngruppen der IP-Adressen von PC und Modul sollten übereinstimmen.

Die Adresse der Subnetzmaske muss in allen Zifferngruppen bei Modul und PC übereinstimmen!

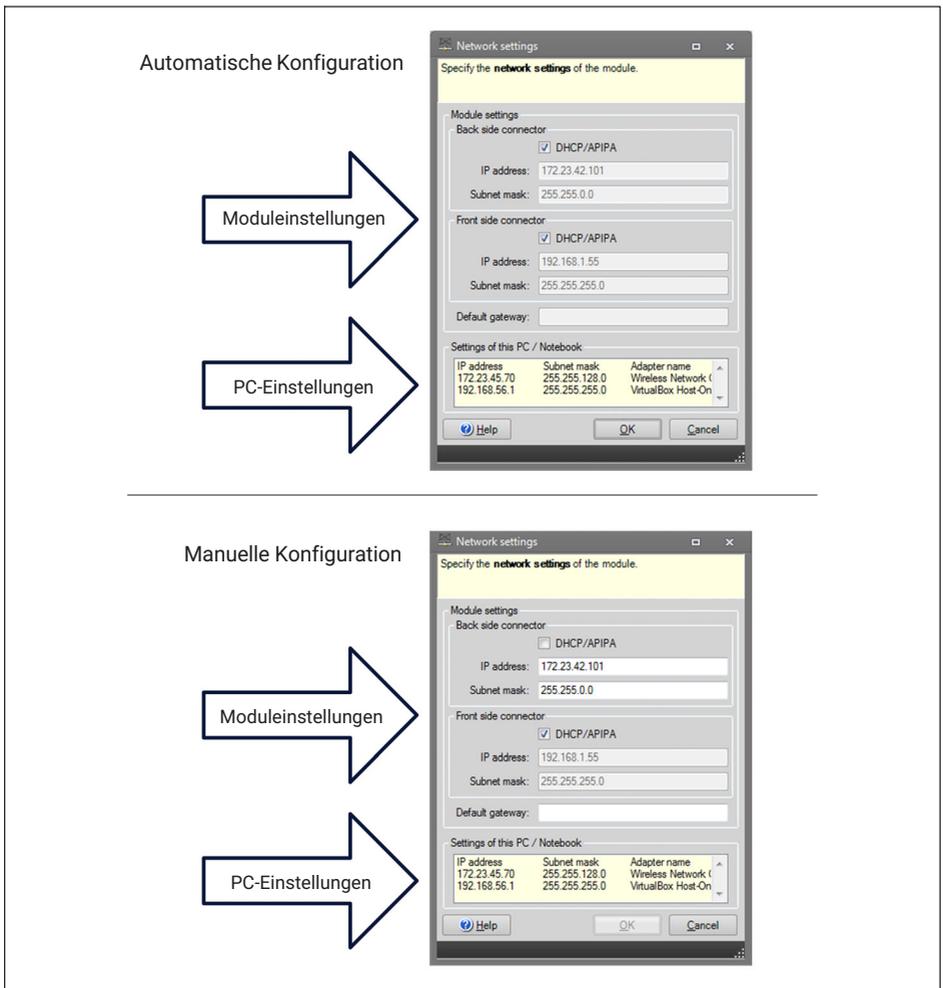


Abb. 3.6 Beispiel der Einstellungen für eine direkte Verbindung

Ethernet-Einstellungen: die IP-Adresse des PCs anpassen

Falls Sie die Module mit einer festen statischen IP-Adresse betreiben möchten, sollten Sie in den Ethernet-Adapter-Eigenschaften unter TCP/IP die **Alternative Configuration** (Alternative Konfiguration) (feste IP-Adresse und Subnetzmaske, benutzerdefiniert) verwenden!

- ▶ Wählen Sie in der Systemsteuerung **Network Connections** (Netzwerkverbindungen).
- ▶ Wählen Sie die LAN-Verbindung. Das in Abb. 3.7 gezeigte Fenster erscheint. Klicken Sie auf **Properties** (Eigenschaften).

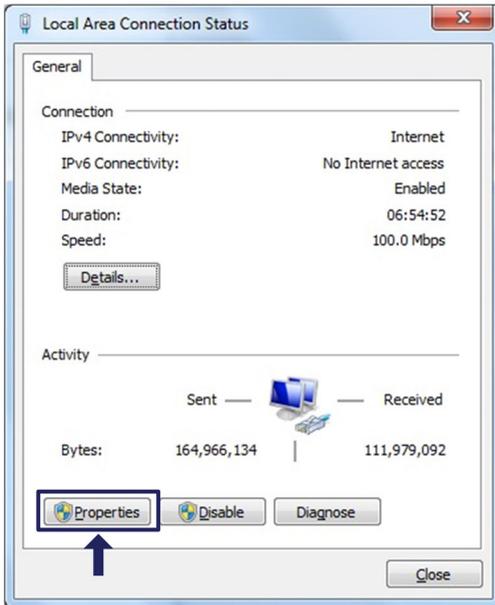


Abb. 3.7 Netzwerkeigenschaften

- Wählen Sie das Internetprotokoll (TCP/IP) und klicken Sie auf die Schaltfläche **Properties** (Eigenschaften) (Abb. 3.8).

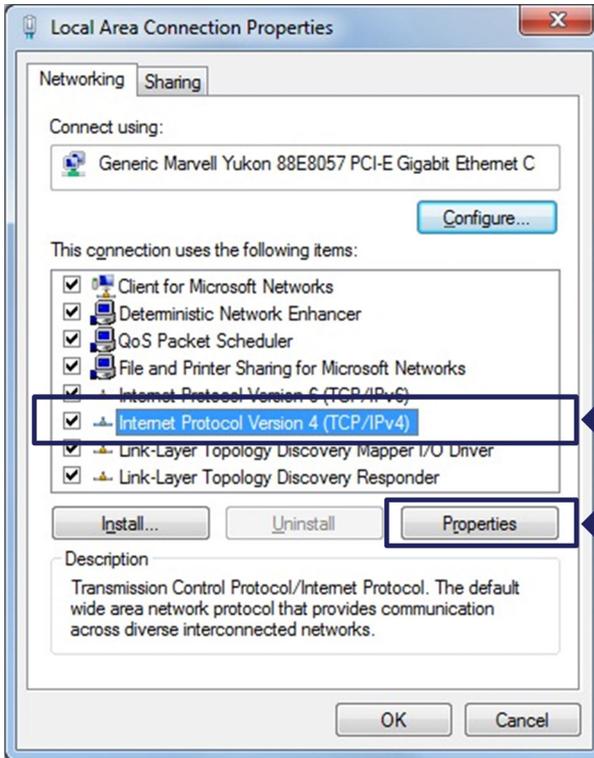


Abb. 3.8 TCP/IPv4

- ▶ Geben Sie die Daten für die **IP-Adresse** und die **Subnetzmaske** ein (Abb. 3.9).

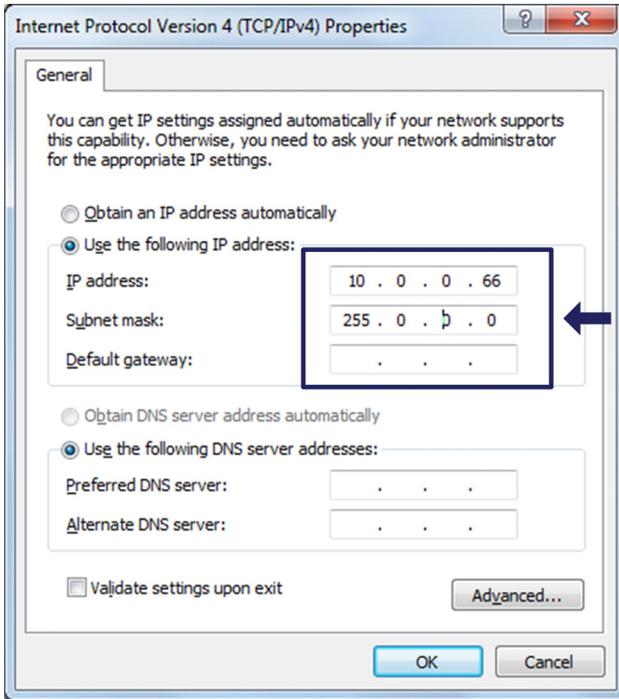


Abb. 3.9 IP-Adresse und Subnetzmaske

- ▶ Auf **OK** klicken.

Einbinden von Modulen in ein Ethernet-Netzwerk

- ▶ Aktivieren Sie das Kontrollkästchen „DHCP“ und klicken Sie auf **OK**. Daraufhin erscheint das folgende Bestätigungsfenster:

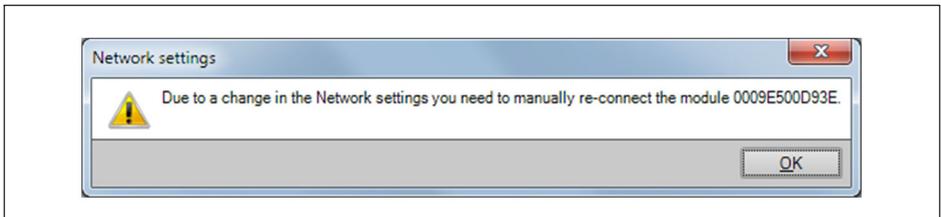


Abb. 3.10 DHCP-Bestätigungsfenster

- ▶ Bestätigen Sie die Einstellungen mit der Schaltfläche **Yes** (Ja). Das Modul wird danach mit den aktuellen Einstellungen neu gestartet.

Hinweis

Beachten Sie, dass bei der Ethernet-Einstellung „DHCP/APIPA“ der DHCP-Server einige Zeit benötigt, um dem QuantumX-Modul eine IP-Adresse zuzuweisen. Warten Sie nach dem Anschließen der Hardware am Netzwerk oder am PC ca. 30 Sekunden, bevor Sie catman starten. Sonst kann das Gerät nicht gefunden werden.

3.3 Montage

3.3.1 Positionieren des MXFS

Wählen Sie bei der Installation des Interrogators MXFS den Aufstellungsort mit besonderer Sorgfalt aus. Da der Interrogator MXFS nicht über eine aktive Lüftung verfügt, muss zur Vermeidung von Überhitzung ein gut belüfteter Ort gewählt werden.

Die Ausrichtung, in der der Interrogator MXFS positioniert wird, ist frei wählbar und hat keine Auswirkungen auf seine Funktionsfähigkeit. Wichtig ist jedoch, die an die optischen Kanäle angeschlossenen Glasfaserkabel vorsichtig zu behandeln, damit sie nicht gedehnt oder beschädigt werden.

Bei Baugruppen aus mehreren Quantum-Systemen empfehlen wir, den Interrogator MXFS ganz oben anzuordnen, da er möglicherweise mehr Wärme erzeugt als andere Komponenten.

Wenn Sie Fragen haben oder Unterstützung benötigen, wenden Sie sich bitte an HBK Fibersensing.

3.3.2 Montieren von Gehäuseklammern

Die Elektronik des Moduls ist in einem Metallgehäuse untergebracht, das von einem Schutzelement (CASEPROT) umgeben ist. Dies dient auch zum Zentrieren, wenn mehrere Geräte übereinander gestapelt werden, und bietet einen gewissen Schutz vor mechanischer Beschädigung.



Abb. 3.11 MXFS mit Schutzelement

- 1 MXFS-Gehäuse;
- 2 Schutzelement;
- 3 Obere Abdeckung;
- 4 Untere Abdeckung.

Modelle können mit einem Verbindungselemente-Set sicher aneinander befestigt werden (Bestell-Nr. 1-CASECLIP).

- ▶ Bauen Sie das Schutzelement des X-Rahmens (Ziffer 2 in Abb. 1) mit einem Innensechskantschlüssel Größe 2,5 (Ziffer 1 in Abb. 2) ab. Die Schrauben sind von der Unterseite des Geräts zugänglich.



Abb. 3.12 Entfernen des Schutzelements



Information

Die in den folgenden Bildern gezeigten Gehäuseklammern müssen an beiden Seiten des Gehäuses montiert werden. Für beide Seiten wird jeweils nur ein Verbindungselement-Set (CASECLIP) benötigt.



Abb. 3.13 MXFS ohne Schutzelement

- Bauen Sie die untere Abdeckung (Ziffer 4 in Abb. 3.11) mit einem Innensechskant-schlüssel Größe 2,5 ab. Lassen Sie die obere Abdeckung angebaut.



Abb. 3.14 Entfernen der unteren Abdeckung

- ▶ Montieren Sie statt der unteren Abdeckung das Verbindungselemente-Set (CASECLIP) mit einem Innensechskantschlüssel Größe 2,5 und den zum Lieferumfang gehörenden Schrauben und Unterlegscheiben.



Abb. 3.15 Montieren des CASECLIP



Abb. 3.16 MXFS mit angebautem CASECLIP

- ▶ Bringen Sie optional das Schutzelement des X-Rahmens wieder an. Der Interrogator kann nun wie jedes andere QuantumX-Modul an einem anderen Modul oder an einem Montageblech (CASEFIT, Bestell-Nr. 1-CASEFIT) befestigt werden.

3.4 Statusanzeigen

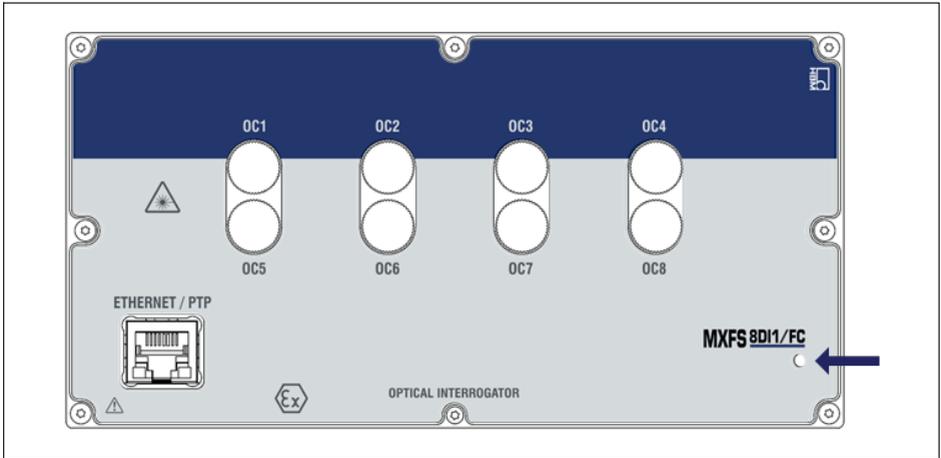


Abb. 3.17 Vorderansicht des MXFS

An der Frontplatte des MXFS befindet sich eine System-LED, die in verschiedenen Farben leuchtet:

| System-LED | |
|-----------------|--|
| Grün | Fehlerfreier Betrieb |
| Orange | System ist nicht bereit, Bootvorgang läuft <ul style="list-style-type: none">- Optisches Modul ist beim Aufwärmen- Optisches Modul ist ausgelastet- NTP/PTP nicht synchronisiert |
| Orange blinkend | Download aktiv, System ist nicht bereit <ul style="list-style-type: none">- Firmware-Upgrade |
| Rot | Fehler |

3.5 Wartung

3.5.1 Verschleißteile

Zu optischen Datenerfassungssystemen von HBK gehören Verschleißteile (z. B. Lüfter, Adapter für optische Anschlüsse und Batterien), für die bestimmte Mindestbedingungen erfüllt sein müssen, um einen ordnungsgemäßen Betrieb der Geräte sicherzustellen.

Für Verschleißteile gilt eine eingeschränkte Garantie, da diese Komponenten von der Nutzungsweise und den Umgebungsbedingungen abhängen, unter denen das Gerät betrieben wird, z. B. Luftfeuchtigkeit, Temperatur und Staub.

Eine regelmäßige Wartung sollte vom Kunden unter Berücksichtigung der tatsächlichen Betriebsbedingungen geplant und verwaltet werden. Die Garantie für Verschleißteile wird nur wirksam, wenn die Ursache des Defekts eindeutig auf einen Material- oder Herstellungsfehler zurückgeführt werden kann.

3.5.2 Lüftung

Das MXFS ist ein Elektronikgerät ohne aktive Lüftung, d. h. es nutzt keine Ventilatoren für die Temperaturregelung des Geräts. Die Flächen, über die Wärme abgegeben wird, sollten nicht Temperaturen außerhalb des Gebrauchstemperaturbereichs der Geräte ausgesetzt werden.

3.5.3 Optische Anschlüsse

Optische Anschlüsse des Interrogators können beschädigt werden und bei unsachgemäßem Gebrauch sogar abbrechen (*siehe Abschnitt 3.9.2. „Gebrochener Anschluss“*). In diesem Fall muss der Interrogator zur Reparatur an HBK FiberSensing geschickt werden.

3.5.4 Kalibrierung

BraggMETER Interrogatoren verfügen über eine eingebaute, NIST-rückführbare Gaszelle, die bei allen Messungen für eine ordnungsgemäße Kalibrierung sorgt. Deshalb ist eine regelmäßige verpflichtende Kalibrierung nicht notwendig. Aus regulatorischen Gründen oder zur Erfüllung interner Vorschriften kann manchmal jedoch ein regelmäßiges zertifiziertes Kalibrierverfahren erforderlich sein. Für diese Fälle steht die Kalibrierdienstleistung zur Verfügung (Bestell-Nr. S-FS-CAL) und kann bei HBK angefordert werden.

3.5.5 Firmware-Update

Wir empfehlen, die Firmware sowie die Software zum Betrieb von QuantumX immer auf dem neuesten Stand zu halten.

- ▶ Laden Sie die neueste Firmware von der HBM-Website herunter. Falls Sie nicht mit catman arbeiten, laden Sie bitte auch das QuantumX-Softwarepaket von der HBM-Webseite herunter.

Speichern Sie die Firmware unter ...\\HBM\catmanEasy\Firmware\QuantumX-B oder unter C:\Temp.

- ▶ Starten Sie catman, scannen Sie das Netzwerk nach Modulen und führen das empfohlene Firmware-Update durch catman. Die Firmware ist im Paket von catman enthalten. Der Speicherort ist normalerweise:
C:\Program Files\HBM\catman\Firmware\QuantumX-B.

Weitere Optionen zum Aktualisieren der Firmware des Moduls für den Fall, dass catman nicht verwendet wird, finden Sie in der allgemeinen Bedienungsanleitung zu QuantumX (Dokument A02322, zum Download verfügbar auf unserer Website).

3.6 Rücksetzen auf Werkseinstellung

Es ist möglich, das MXFS-Modul auf seine Werkseinstellung zurücksetzen; dadurch wird die bisher vom Gerät verwendete Konfiguration gelöscht:

- Alle Kanäle werden deaktiviert;
- Alle konfigurierten Bänder werden gelöscht;
- Alle Sensortypen werden in „Wavelength relative“ (Wellenlänge relativ) geändert;
- Der Nullabgleichwert wird gelöscht.

Die Rücksetzung kann mit MX-Assistent, der Common API oder der Software catman durchgeführt werden (Einzelheiten siehe im *Abschnitt 4.3 „Zurücksetzen des Geräts“, Seite 72*).

3.7 Anschließen an optische Sensoren

3.7.1 Konzepte und Definitionen

3.7.1.1 Anschlüsse

Das MXFS verfügt an seiner Frontplatte über 8 optische FC/APC-Anschlüsse (siehe *Abb. 3.1*).

Das Gerät ist bereit für die Aufnahme mehrerer FBG-Sensoren, die in Reihe an derselben Glasfaser verbunden sind.

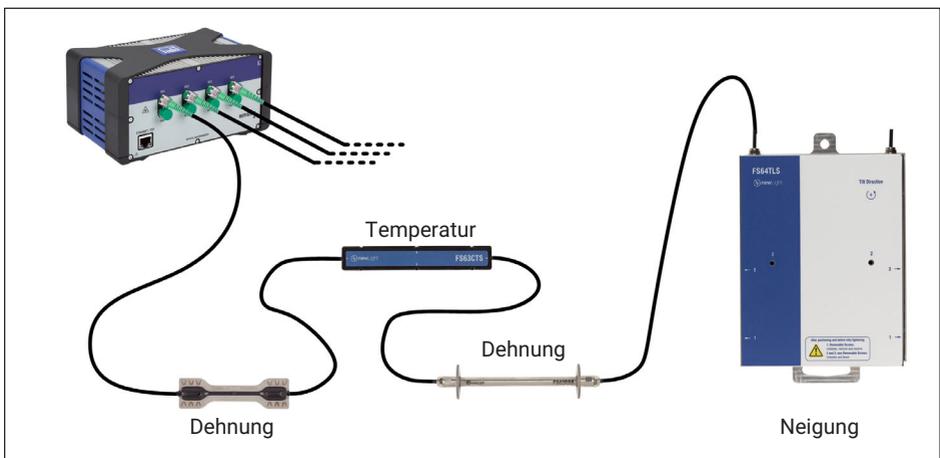


Abb. 3.18 Typisches Sensornetzwerk

3.7.1.2 Kanäle

In jedem optischen Anschluss sind 16 Kanäle untergebracht. Das bedeutet, dass das Gerät mit jedem optischen Anschluss 16 FBG-Peaks messen kann.

Bei der Konfiguration der Kanäle des Geräts werden der jeweils von ihnen belegte Wellenlängenbereich (das Band) und ihre Referenzwellenlänge definiert (Abb. 3.19).

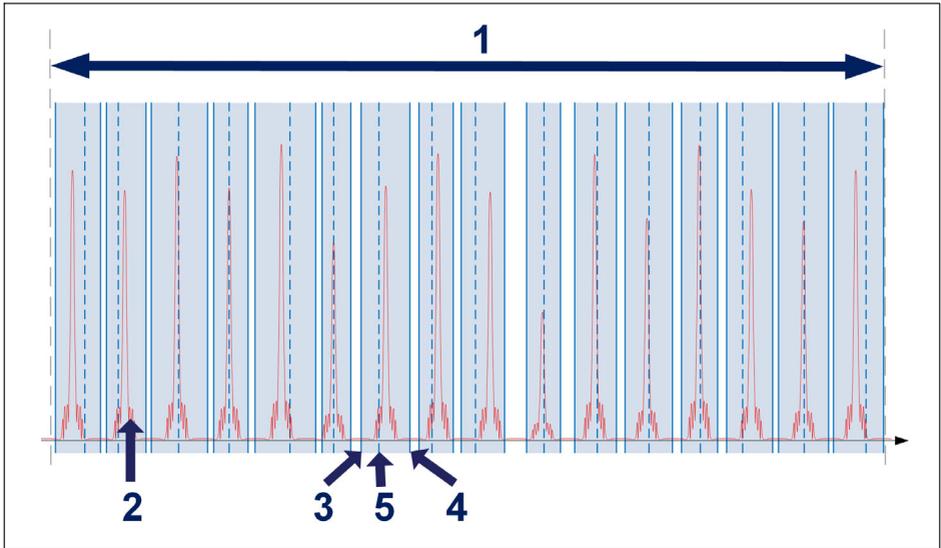


Abb. 3.19 Kanäle und Bereiche

- 1 Verfügbarer Wellenlängenbereich pro optischem Anschluss (von 1500 nm bis 1600 nm);
- 2 Gemessenes Spektrum der verbundenen Faser (Reflexion);
- 3 Minimale Wellenlänge in nm;
- 4 Maximale Wellenlänge in nm;
- 5 Referenzwellenlänge in nm (Wert, im Vergleich zu dem die relative Wellenlängenmessung für diesen Kanal durchgeführt wird).

Jeder Kanal kann, unabhängig von der Reihenfolge, einem der oben abgebildeten Bereiche entsprechen. Bereiche können sich nicht überlappen.



Tipp

Automatische Erkennung und Definition von Bereichen kann in MX-Assistent oder catman ausgeführt werden. Nicht möglich ist dagegen, das Spektrum visuell darzustellen oder Bereiche zuerst von Hand zu bearbeiten/erstellen. Zum Visualisieren des Spektrums und/oder manuellen Anpassen der definierten Bereiche verwenden Sie die bereitgestellte Software catman Easy.



Information

Der Mindestabstand zwischen Bereichen beträgt 0,5 nm. Kleinere Abstände zwischen Bereichsgrenzen werden als Überlappung betrachtet.

Ein Messwert wird nur bestimmt, wenn innerhalb des Bereichs ein FBG-Peak gefunden wird. Wenn innerhalb eines definierten Bereichs kein Peak gefunden wird, wird ein Übersteuerungswert (Overflow) ausgegeben.

3.7.1.3 Wellenlänge

Der Wellenlängenwert entspricht der Wellenlänge am Peak des FBG-Reflexionspektrums, der üblicherweise als Bragg-Wellenlänge bezeichnet wird.

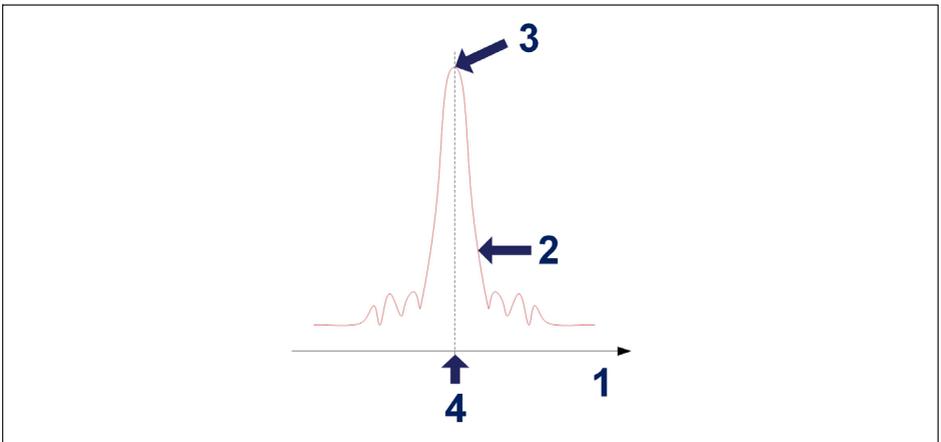


Abb. 3.20 Wellenlänge

- 1 Wellenlängenachse in nm;
- 2 Vom FBG reflektiertes Spektrum;
- 3 FBG-Peak;
- 4 Wellenlängenwert in nm.

Referenzwellenlänge

Der Wellenlängenwert, mit dem die Messung verglichen wird, wird als Referenzwellenlänge bezeichnet. Für jeden definierten Kanal muss eine Referenzwellenlänge zwischen dem minimalen und maximalen Wellenlängenwert des Kanals festgelegt werden.

Für nicht kalibrierte Sensoren ist die Referenzwellenlänge gleich dem Nullwert der Messung. Für kalibrierte Sensoren sollte die Referenzwellenlänge gemäß den Angaben auf ihren Kalibrierdatenblättern definiert werden.

Gemessene Wellenlänge

Wellenlängenwert des FBG-Peaks an jedem erfassten Sample.

3.7.1.4 Leistung

Der Leistungswert entspricht der optischen Leistung, die vom Faser-Bragg-Gitter bei der Peak-Wellenlänge reflektiert wird.

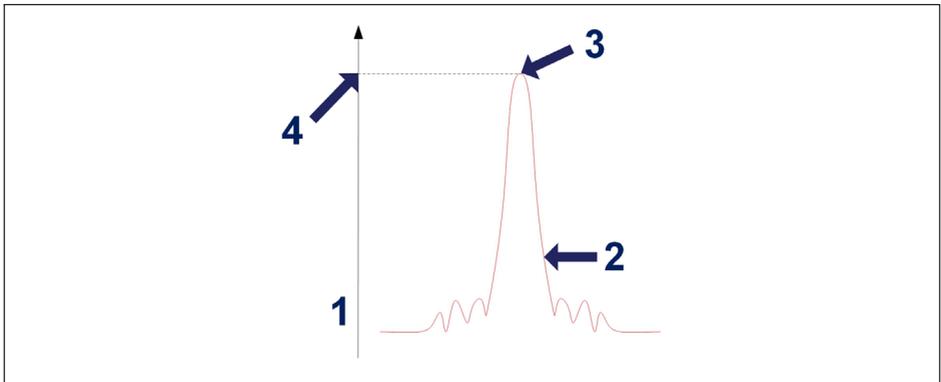


Abb. 3.21 Leistung

- 1 Leistungsachse in dBm;
- 2 Vom FBG reflektiertes Spektrum;
- 3 FBG-Peak;
- 4 Leistungswert in dBm.

3.7.1.5 Dynamikbereich

Bei einem optischen Datenerfassungssystem entspricht der Dynamikbereich dem Bereich der Leistungswerte, zwischen denen ein Faser-Bragg-Gitter korrekt identifiziert und gemessen werden kann.

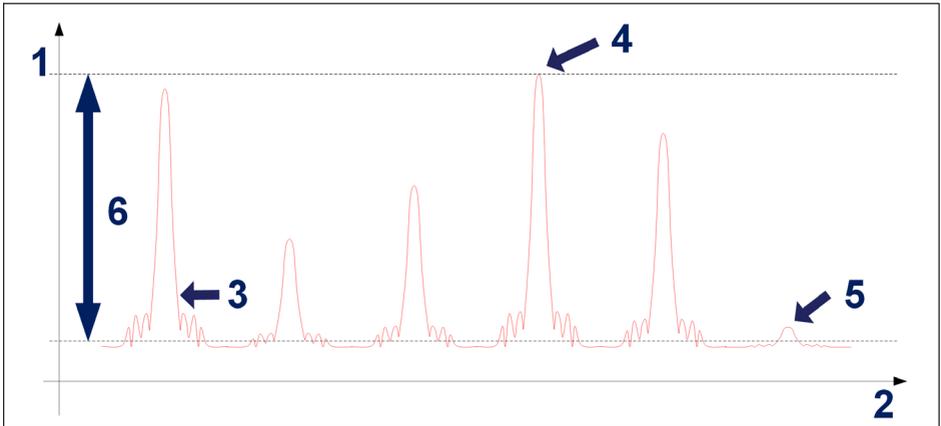


Abb. 3.22 Dynamikbereich

- 1 Leistungsachse in dBm;
- 2 Wellenlängenachse in nm;
- 3 Vom FBG reflektiertes Spektrum;
- 4 Maximale messbare Leistung;
- 5 Minimale messbare Leistung;
- 6 Dynamikbereich in dB.

3.7.1.6 Smart Peak Detection (SPD)

Die Funktion SPD ermöglicht eine effektive Nutzung des vom Interrogator angebotenen großen Dynamikbereichs durch die Einführung der Einzelmessung eines FBG-Peaks in jedem konfigurierbaren Band.

Das MXFS DI berücksichtigt einen festen Schwellenwert von 3 dB und erleichtert damit die Konfiguration des Geräts (Abb. 3.23). Jeder Wellenlängenwert wird unter Berücksichtigung der Fläche des FBG-Peaks oberhalb der Hälfte seiner Leistung berechnet.

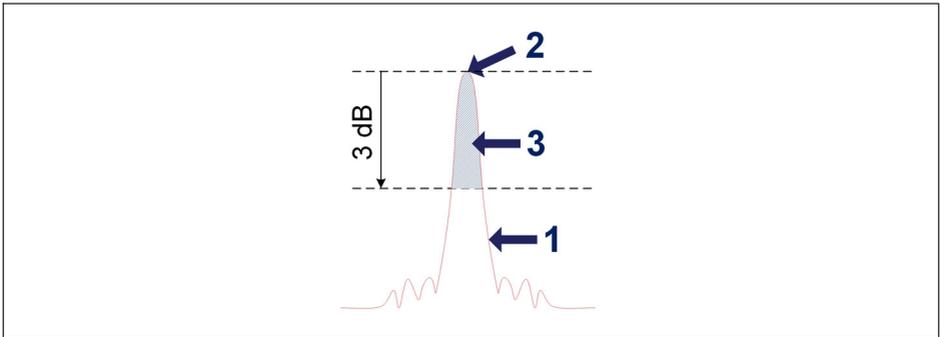


Abb. 3.23 Konzept von Smart Peak Detection

- 1 Vom FBG reflektiertes Spektrum;
- 2 FBG-Peak;
- 3 Für die Berechnung der Wellenlänge verwendete Fläche.

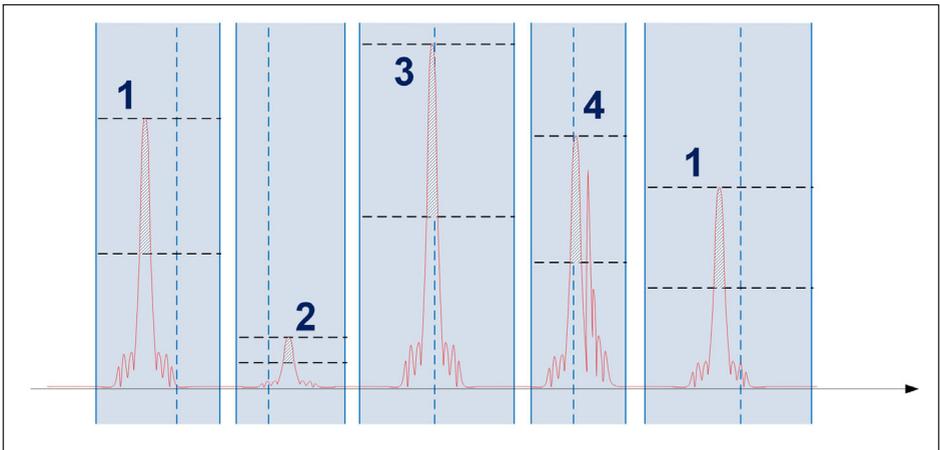


Abb. 3.24 Smart Peak Detection in der praktischen Anwendung

Innerhalb jedes Sensorbereichs wird nur ein FBG-Sensor berechnet. Signale mit einer Leistung im normalen Bereich (1), Signale mit niedriger Leistung (2) und Signale mit hoher Leistung (3) können gleichzeitig am selben optischen Anschluss koexistieren, ohne eine Messung zu beeinträchtigen. Es kann vorkommen, dass mehrere Peaks entweder ständig oder gelegentlich den Schwellenwert (4) überschreiten, und SPD kann Probleme auch für diese Situation beseitigen.

Die hiermit bereitgestellte höhere Robustheit eignet sich besonders gut zur Überwindung der Einschränkungen herkömmlicher Methoden, bei denen FBGs mit geringem und

hohem Reflexionsvermögen nebeneinander eingesetzt werden und Signalverluste häufig ein Problem darstellen. SPD verbessert daher die Stabilität und Genauigkeit der Messungen und sorgt selbst bei hohen Erfassungsgeschwindigkeiten für eine hohe Effizienz des Systems.

3.7.1.7 Signale

Die Veränderungen der Peak-Wellenlänge bilden das Signal des Interrogators, das auf physikalische Werte skaliert werden kann.

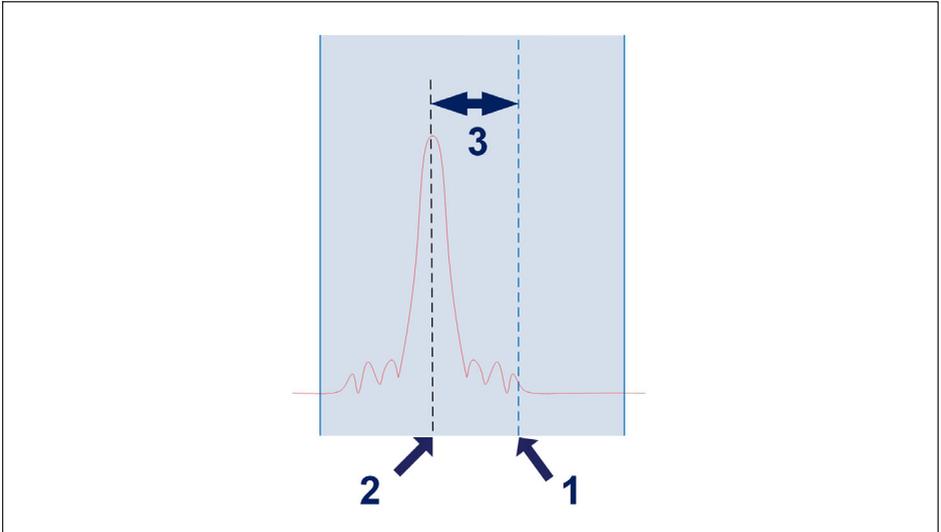


Abb. 3.25 Signal

- 1 Für den Kanal definierte Referenzwellenlänge (λ_0) in nm;
- 2 Gemessene Wellenlänge innerhalb des Kanals (λ) in nm;
- 3 Wellenlängenänderung innerhalb des Kanals in nm. Wenn der Peak aus den für den Kanal definierten Bändern herausfällt, wird ein Übersteuerungswert (Overflow) angegeben.

Das Verhältnis der Wellenlängenänderung zu den Signalen wird durch Umrechnungsfaktoren bestimmt.

Verfügbare Sensortypen

| Sensortyp | Beschreibung | Ausgabe |
|---------------------|--|---|
| Wellenlänge absolut | Sensoren des Typs „Wellenlänge absolut“ geben die am FBG-Peak gemessene Wellenlänge aus (Ziffer 2 in <i>Abb. 3.19</i>) | λ |
| Wellenlänge relativ | Sensoren des Typs „Wellenlänge relativ“ geben eine Wellenlängenänderung aus, die am FBG-Peak gemessen wird (Ziffer 3 in <i>Abb. 3.25</i>). | $\lambda - \lambda_0$ |
| Dehnung | Wellenlängenänderung, die basierend auf dem k-Faktor (k) der Sensoren in eine Dehnungsmessung umgewandelt wird. Dehnungsmessungen auf Geräteebene sind nicht temperaturkompensiert. | $\frac{\lambda - \lambda_0}{k \cdot \lambda_0}$ |
| Temperatur | Wellenlängenänderung, die basierend auf Kalibrierkoeffizienten (S_2, S_1 und S_0) in eine Temperatur umgewandelt wird. Die Umwandlungsformel ist ein Polynom 2. Ordnung. | $S_3 (\lambda - \lambda_0)^3 + S_2 (\lambda - \lambda_0)^2 + S_1 (\lambda - \lambda_0) + S_0$ |

| Sensortyp | Beschreibung | Ausgabe |
|---------------------|--|--|
| Beschleunigung | Wellenlängenänderung, die basierend auf Kalibrierkoeffizienten (S) in eine Beschleunigung umgewandelt wird. Die Umwandlungsformel ist linear. | $s \cdot (\lambda - \lambda_0)$ |
| Generisches Polynom | Wellenlängenänderung, die mit einer Umrechnungsformel in Form eines Polynoms 2. Ordnung in eine allgemeine Ausgabe umgewandelt wird. Kann für Sensoren anderer Lieferanten oder anderer Typen als den oben definierten verwendet werden. | $a(\lambda - \lambda_0)^3 + b(\lambda - \lambda_0)^2 + c(\lambda - \lambda_0) + d$ |

Absolute oder relative Wellenlänge

Am MXFS und in catman kann die Sensormessung entweder als absolute oder relative Wellenlängen angezeigt werden. Die absolute Wellenlänge bezieht sich auf den Istwert der gemessenen Wellenlänge, während sich die relative Wellenlänge auf die Differenz der Wellenlänge zwischen zwei benachbarten Peaks oder Merkmalen bezieht.

Beide Werte können mit 9 Zeichen übertragen werden. Wenn Daten in absoluter Wellenlänge angezeigt werden, reicht die Genauigkeit der Messung bis zur vierten Stelle nach dem Komma, da wir uns im Bereich von 1500 nm bis 1600 nm bewegen. Wenn dagegen Daten in relativer Wellenlänge angezeigt werden, kann der Wert mit mehr Nachkommastellen dargestellt werden, abhängig von der Referenz, gegenüber der die Änderung berechnet wird, mit bis zu 7 Stellen. Das bedeutet, dass bei einer Messung der relativen Wellenlänge genauere Messungen erreicht werden können als bei Messungen der absoluten Wellenlänge.

Hierbei sollte beachtet werden, dass die Wahl zwischen der Anzeige der absoluten oder der relativen Wellenlänge jeweils nach den spezifischen Anforderungen der Messaufgabe und der Merkmale des verwendeten Sensors getroffen werden sollte. Beide Methoden haben ihre Vorteile und Einschränkungen, die geeignete Methode sollte daher jeweils so gewählt werden, dass genaue und zuverlässige Messergebnisse sichergestellt sind.

MXFS-Signale weisen ein 1:1-Verhältnis zum FBG-Peak auf. Das bedeutet, dass komplexe Sensoren, die mehr als ein FBG verwenden, oder Berechnungen unter Verwendung der Werte von zwei FBGs in dem Gerät nicht ausgeführt werden können.

3.8 Erfassungsrate

3.8.1 Geschwindigkeitsmodus

Das MXFS DI arbeitet mit zwei verschiedenen Geschwindigkeitsmodi, die den zwei Sweep-Geschwindigkeiten des Lasers entsprechen:

| | MXFS DI |
|-------------------|----------|
| Low-Speed-Modus: | 100 S/s |
| High-Speed-Modus: | 2000 S/s |



Information

Bei Änderung des Geschwindigkeitsmodus wird das Gerät neu gestartet.

Es kann mit diesen Abtastraten arbeiten oder mittels Filterung oder Downsampling eine kleinere Anzahl an Samples berücksichtigen.

Weitere Einzelheiten dazu finden Sie in *Abschnitt 4.2.1 „Abtastraten“, Seite 48.*

3.8.2 Entfernungseffekt

Bei Interrogatoren, die auf dem Scannen mit durchstimmbarem Laser basieren, beispielsweise beim BraggMETER von HKB FiberSensing, wirkt sich die Länge der Verkabelung zwischen dem Interrogator und dem Sensor auf den Messwert der reflektierten Messung aus.

Dieser Effekt besteht in einer konstanten Verschiebung der Wellenlängenmessung, die vom Istwert der Abtastrate des optischen Moduls abhängt. Bei niedrigen Erfassungsraten oder kurzen Entfernungen ist die Verschiebung der gemessenen Wellenlänge vernachlässigbar, erreicht bei hohen Abtastraten oder größeren Entfernungen aber eine bedeutende Größenordnung.

Messprinzip des Scannens mit durchstimmbarem Laser

Dies liegt daran, dass für höhere Sweep-Geschwindigkeiten des Lasers eine schnellere Erfassung benötigt wird. Der zum Scannen eingesetzte durchstimmbare Laser sendet eine bezogen auf die Zeit 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 reflektierte Peak erkannt wird. Mit steigender Erfassungsrate wirkt sich die Verzögerung durch die Entfernung, die das Licht in beide Richtungen zurücklegen muss, stärker aus, und die absolute Wellenlänge wird weniger genau bestimmt. Der gleiche Effekt tritt auf, wenn die Entfernung größer wird.

Messfehler der absoluten Wellenlänge

Die durch Erfassungsrate und Entfernung verursachte Wellenlängenverschiebung ergibt sich wie folgt:

Wellenlängenverschiebung aufgrund Sweep-Geschwindigkeit des Lasers

$$\Delta\lambda = \frac{d \cdot 2 \cdot n \cdot RepRate \cdot FullRange}{DutyCycle \cdot c}$$

Mit:

$\Delta\lambda$ 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);

$DutyCycle$ gleich einer Konstanten für die Erfassungsperiode (0,85 für Interrogatoren MXFS);

c gleich der Lichtgeschwindigkeit ($3 \cdot 10^8$ m/s).

Das bedeutet, dass für das MXFS die Verschiebung der Wellenlänge durch eine Funktion der Entfernung und der im Interrogator definierten Erfassungsrate gegeben ist:

Wellenlängenverschiebung aufgrund der Sweep-Geschwindigkeit des Laser im MXFS

$$\Delta\lambda = \frac{2 \cdot 1.446 \cdot 102}{0.85 \cdot 3 \cdot 10^8} \cdot d \cdot RepRate = 1.1568 \cdot 10^{-6} \cdot d \cdot RepRate$$

Die nächsten Tabellen sollen den Unterschied bei einer Sensorauslesung (Wellenlängenverschiebung in pm) veranschaulichen, der durch die Entfernung zwischen dem Interrogator und dem Sensor für die verschiedenen Geräte und Optionen verursacht wird.

| Entfernung (m) | Erfassungsrate (S/s) | |
|----------------|----------------------|--------|
| | 100 | 2000 |
| 10 | 1,2 | 23,2 |
| 50 | 5,8 | 115,9 |
| 100 | 11,6 | 231,7 |
| 150 | 17,4 | 347,6 |
| 200 | 23,1 | 463,4 |
| 500 | 57,8 | 1158,5 |
| 1000 | 115,7 | 2317,0 |
| 1500 | 173,5 | 3475,5 |

| Entfernung (m) | Erfassungsrate (S/s) | |
|----------------|----------------------|---------|
| | 100 | 2000 |
| 2000 | 231,4 | 4627,2 |
| 5000 | 578,4 | 11568,0 |

Tab. 3.1 Verschiebung der Wellenlänge (pm)

Entfernungskompensation

Die Entfernungskompensation wird für Messungen mit optischen Sensoren empfohlen, bei denen die beiden nachstehenden Bedingungen zutreffen:

- Das Paar Entfernung/Erfassungsrate verursacht einen Fehler, der größer ist als die „Messgenauigkeit“ des Interrogators;
- Die Messung beruht auf einer Messung der absoluten Wellenlänge, die nur für Temperatursensoren zutreffend ist. Die Messungen mit den übrigen Sensoren beruhen entweder auf einer Veränderung der Wellenlänge gegenüber einem Referenzwert oder auf zwei Faser-Bragg-Gittern, die sehr nahe beieinander liegen.

Die physische Feststellung der Verkabelungsdistanz zwischen dem Interrogator und dem Sensor kann manchmal schwierig sein. Doch diese Entfernung kann einfach berechnet werden, indem eine Messung mit dem Sensor beispielsweise mit zwei verschiedenen Erfassungsraten durchgeführt wird.

| Berechnung der Entfernung mit zwei verschiedenen Erfassungsraten bei Erfassung mit demselben Sensor |
|---|
| $d = \frac{\lambda_{RepRate1} - \lambda_{RepRate2}}{RepRate1 - RepRate2} \cdot \frac{DutyCycle \cdot c}{2 \cdot n \cdot FullRange}$ |
| <p>Mit:</p> <p>d gleich der Entfernung (in m) zwischen dem Sensor und dem Interrogator;</p> <p>$\lambda_{RepRate1}$ gleich der bei einer Erfassungsrate RepRate1 (in Hz) gemessenen Sensor-Wellenlänge (in mm);</p> <p>$\lambda_{RepRate2}$ gleich der bei einer Erfassungsrate RepRate2 (in Hz) gemessenen Sensor-Wellenlänge (in mm);</p> <p>$DutyCycle$ gleich einer Konstanten für die Erfassungsperiode (0,85 für MXFS-Interrogatoren);</p> <p>c gleich der Lichtgeschwindigkeit (3×10^8 m/s);</p> <p>n gleich dem Brechungsindex der Faser (1,446 für Standardfaser SMF28);</p> <p>$FullRange$ gleich der Länge des Bereichs der gemessenen Wellenlängen (102 nm für BraggMETER-Interrogatoren);</p> |

Für das MXFS kann die Berechnung der Entfernung mit den zwei Geschwindigkeitsmodi durchgeführt werden.

Berechnung der Entfernung mit den zwei Geschwindigkeitsmodi

$$d = \frac{\lambda_{2000 \text{ S/s}} - \lambda_{100 \text{ S/s}}}{2000 - 100} \cdot \frac{\text{DutyCycle} \cdot c}{2 \cdot n \cdot \text{FullRange}}$$
$$= \frac{\lambda_{2000 \text{ S/s}} - \lambda_{100 \text{ S/s}}}{2000 - 100} \cdot \frac{0.85 \times 3 \times 10^8}{2 \times 1.446 \times 10^2} = (\lambda_{2000 \text{ S/s}} - \lambda_{100 \text{ S/s}}) \times 454.98$$

Mit:

d gleich der Entfernung (in m) zwischen dem Sensor und dem Interrogator;

$\lambda_{100 \text{ S/s}}$ gleich der bei niedriger Erfassungsgeschwindigkeit (100 S/s) gemessenen Sensor-Wellenlänge;

$\lambda_{2000 \text{ S/s}}$ gleich der bei hoher Erfassungsgeschwindigkeit (2000 S/s) gemessenen Sensor-Wellenlänge;

Mit der korrekt berechneten Entfernung kann der systematische Fehler bei der Wellenlängenmessung bestimmt und bei der Berechnung des Sensors berücksichtigt werden.



Tip

Verwenden Sie in *catman* einen Berechnungskanal für die Ermittlung der Entfernungskorrektur.

3.8.3 Filter

Wie jedes andere QuantumX-Modul unterstützt auch das MXFS Tiefpassfilterung. Verfügbare Filter sind Bessel, Butterworth, lineare Phase.

Weitere Einzelheiten dazu finden Sie in *Abschnitt 4.2.1.2 „Abtastrate und Filter“*, Seite 49.

3.9 Behebung von Problemen bei der Messung

3.9.1 Verschmutzter Anschluss

Es ist sehr wichtig, dass die Anschlüsse vor dem Verbinden gereinigt werden. Sonst können sich Staub und Feuchtigkeit in den optischen Kupplungen des Interrogators ansammeln und die Messungen beeinträchtigen. In *Abb. 3.26* wird ein vergrößertes Bild eines Anschlusses dargestellt. Der dunkelgraue Kreis entspricht dem Mantel der Faser und der kleine hellgraue Kreis dem Kern der Faser. Ein Bild zeigt einen sauberen Anschluss und ein Bild zeigt einen verschmutzten Anschluss.

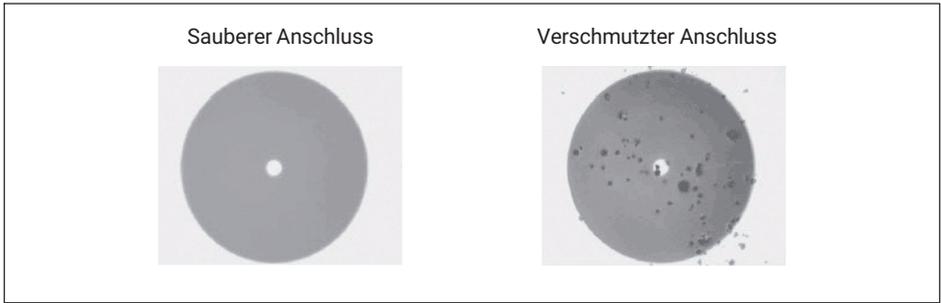


Abb. 3.26 Vergrößerte Ansicht eines sauberen und eines verschmutzten Anschlusses

Die häufigste Auswirkung von Schmutz an den Anschlüssen besteht darin, dass eine große Menge an breitbandigem Licht an dem Anschluss in beide Richtungen reflektiert wird, wodurch der Dynamikbereich für Messungen kleiner wird.

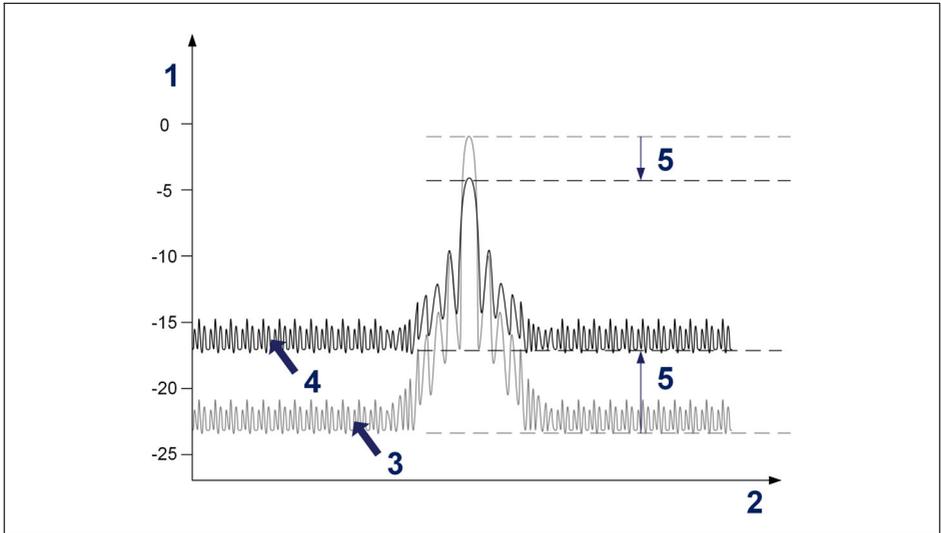


Abb. 3.27 Auswirkung eines verschmutzten Anschlusses auf das Signal

- 1 Leistung in dBm;
- 2 Wellenlänge in nm;
- 3 Spektrum des sauberen Anschlusses;
- 4 Spektrum des verschmutzten Anschlusses;
- 5 Verkleinerung des Dynamikbereichs.

Reinigen Sie die optische Kupplung des Interrogators mit einem geeigneten Baumwollst bchen, das in Isopropylalkohol getränkt wurde (auf dem Markt sind verschiedene Reinigungsst bchen erhältlich, beispielsweise für Telekommunikationsfasern). Führen Sie es in die optische Kupplung ein, wie in *Abb. 3.28* gezeigt, und drehen Sie es immer in die gleiche Richtung.



Abb. 3.28 Reinigen der Anschlusskupplung des Interrogators

3.9.2 Gebrochener Anschluss

Es kann auch vorkommen, dass die H ule in der Kupplung des Interrogators bricht. Wenn ein optischer Anschluss eingesteckt wird, kann er in diesem Fall nicht korrekt ausgerichtet werden und die Messungen werden beeinträchtigt. Eine gebrochene H ule sieht so aus wie in *Abb. 3.29*.



Abb. 3.29 Gebrochener Anschluss

Wenden Sie sich zur Lösung dieses Problems an HBK FiberSensing.

3.9.3 Vorübergehende Overflows bei Messungen

Das MXFS muss während des Betriebs möglicherweise einige interne Parameter nachjustieren. Während dieses Vorgangs gibt das Gerät vorübergehend einen Overflow-Wert für alle Sensoren in allen Kanälen aus. Die Wahrscheinlichkeit, dass dies eintritt, erhöht sich bei großen Temperaturschwankungen und höheren Abtastraten. Es ist davon auszugehen, dass die Messung nach der Stabilisierung der Temperatur ohne weitere Unterbrechung ausgeführt wird.



Tip

Um eine Verwechslung dieses Ereignisses (Overflow) mit einer plötzlichen Änderung des Messsignals zu vermeiden, die falsche Alarme auslösen kann, wenn in catman z. B. Alarme bei Schwellwertüber-/unterschreitung eingestellt wurden, empfiehlt es sich, beim Definieren der Alarme eine Wartezeit festzulegen. Ausführlichere Informationen zu Alarmen und Wartezeiten in catman sind der Bedienungsanleitung zu catman A05566 (verfügbar auf der Website) - Seite 214 und 215 - zu entnehmen.

4 DIE SOFTWARE CATMAN

Zum Lieferumfang des MXFS gehört eine Lizenz für die Software catman Easy, die zum Konfigurieren des Geräts verwendet werden sollte.

Das MXFS ist mit den catman-Versionen 5.4.1 oder höher kompatibel.

4.1 Starten eines Projekts mit MXFS

- ▶ Starten Sie die Software catman.
- ▶ Wählen Sie im Startmenü die Option zum Festlegen des Gerätetyps für QuantumX/SomatXR.

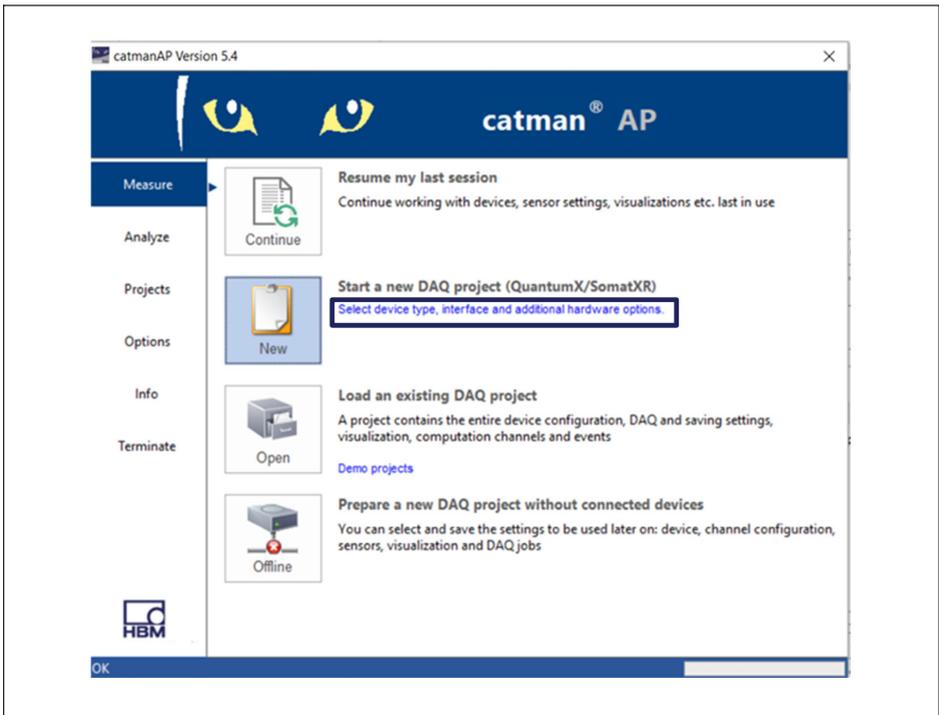


Abb. 4.1 Startmenü

- ▶ Wählen Sie als Gerätetyp QuantumX/SomatXR.
- ▶ Wählen Sie die Verbindungsmethode („Search ports“; Schnittstellen durchsuchen).
- ▶ Wählen Sie das gewünschte Modul.

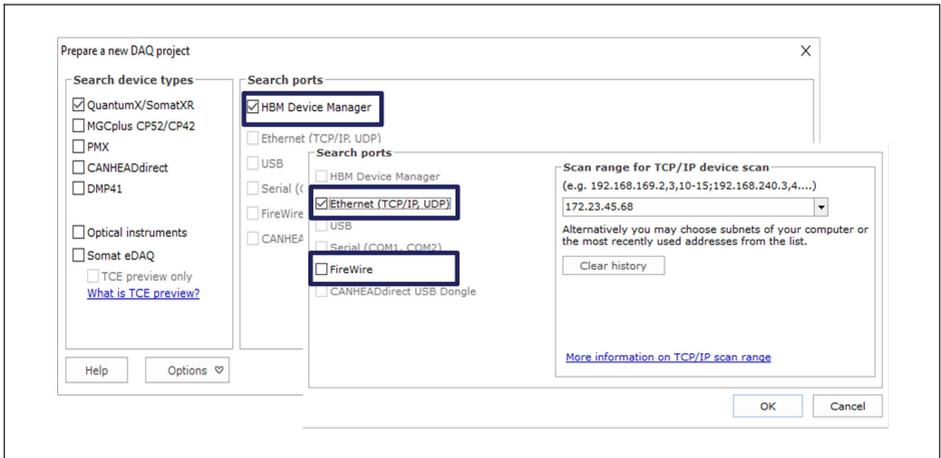


Abb. 4.2 Schnittstellen

► Starten Sie ein neues Messprojekt.



Information

Die Gateway-Funktion von MXFS wird in catman nicht unterstützt. Bitte schalten Sie sie mit MX-Assistent aus, bevor Sie das MXFS mit catman verwenden.

4.1.1 Synchronisation

Für das MXFS stehen verschiedene Synchronisationsmethoden zur Verfügung. Ausführlichere Informationen zu ihrer Einrichtung sind der Bedienungsanleitung zu catman (A05567) zu entnehmen.

4.2 catman-Projekt für MXFS

Wenn ein neues Projekt mit einem MXFS-Gerät gestartet wird, füllt catman zuerst die Kanalliste mit allen Kanälen von dem MXFS aus.

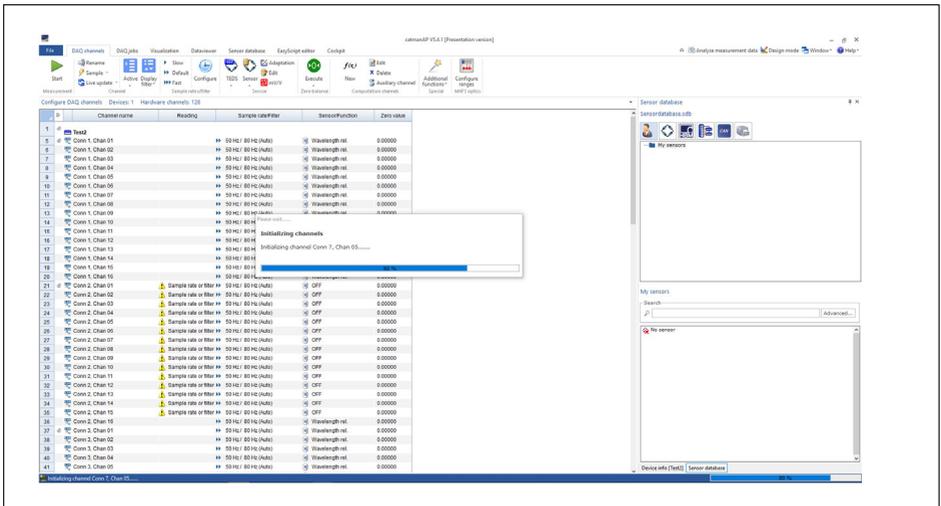


Abb. 4.3 DAQ-Kanäle

Kanäle mit definierten Bändern – Wellenlängenbereichen – auf dem Gerät werden als **aktiv** dargestellt, nicht definierte Kanäle dagegen als **inaktiv**. Weitere Informationen zum Definieren von Kanälen finden Sie in *Abschnitt 4.2.2 „Konfigurieren von Wellenlängenbereichen“*, Seite 51.



Tip

Sie können *inaktive Kanäle* ausblenden, indem Sie den Anzeigefilter öffnen, das Kontrollkästchen **Hide inactive channels** (*Inaktive Kanäle ausblenden*) aktivieren und auf **Apply** (*Übernehmen*) klicken (Abb. 4.4).

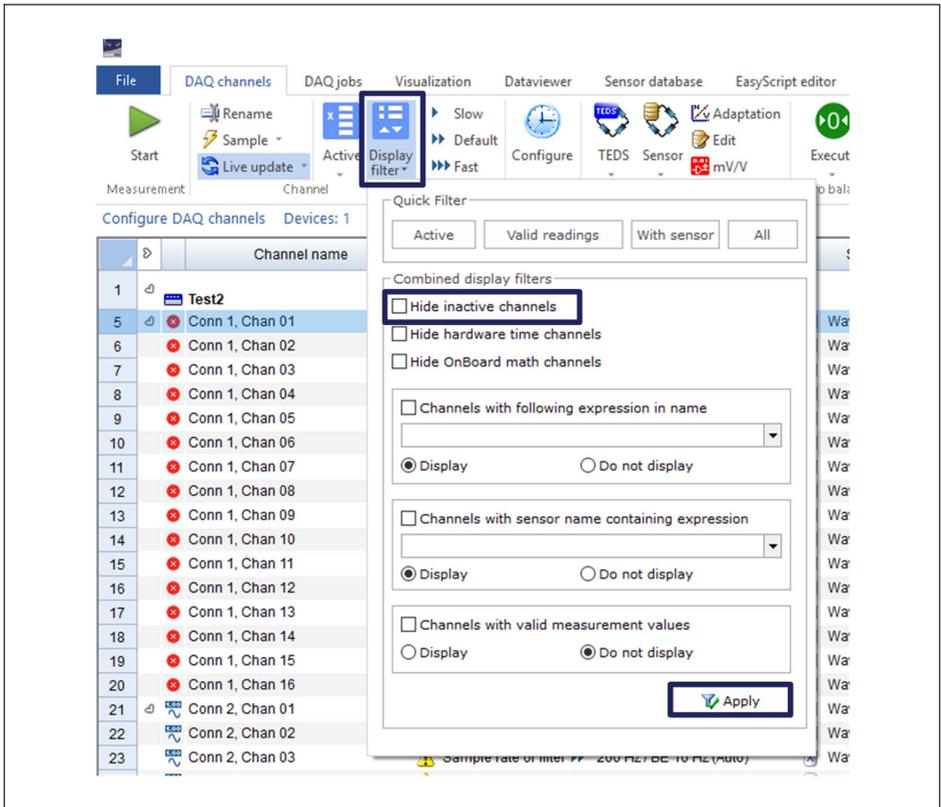


Abb. 4.4 Ausblenden inaktiver Kanäle

4.2.1 Abtastraten

4.2.1.1 Erfassungsrate

Das MXFS arbeitet mit zwei verschiedenen Geschwindigkeitsmodi, die den zwei Sweep-Geschwindigkeiten des Laser entsprechen und die in catman eingestellt werden können:

| | MXFS DI |
|-------------------|----------|
| Low-Speed-Modus: | 100 S/s |
| High-Speed-Modus: | 2000 S/s |

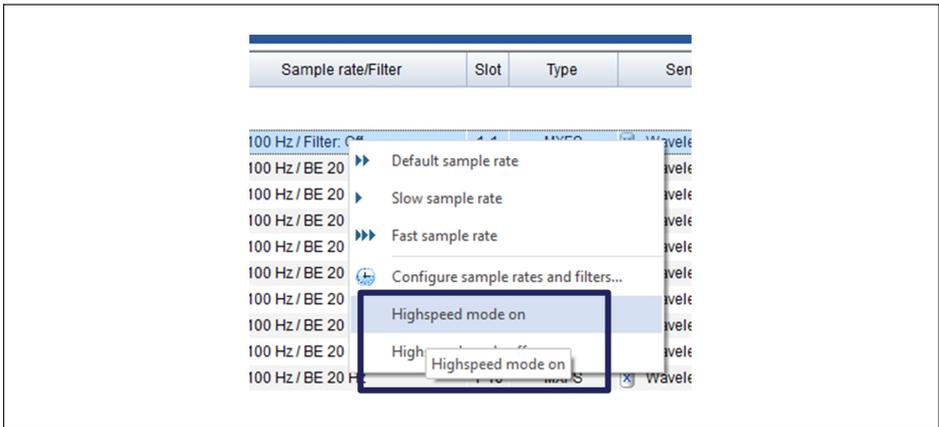


Abb. 4.5 Erfassungsrate

- ▶ Klicken Sie mit der rechten Maustaste in die Spalte „Sample rate“ (Abtastrate) eines MXFS-Kanals.
- ▶ Wählen Sie für den Highspeed-Modus, ob er ein- bzw. ausgeschaltet sein soll.



Information

Bei Änderung des Geschwindigkeitsmodus wird das Gerät neu gestartet.



Wichtig

Bei optischen Datenerfassungssystemen, die auf dem Scannen mit durchstimmbarem Laser basieren, kann die Länge der Verkabelung zwischen dem Interrogator und dem Sensor zu einer Verschiebung der Messung führen.

Weitere Informationen dazu siehe in Abschnitt 3.8.2 „Entfernungseffekt“, Seite 38.

Verwenden Sie in catman einen Berechnungskanal für die Ermittlung der Entfernungskorrektur.

4.2.1.2 Abtastrate und Filter

Unabhängig von der Erfassungsgeschwindigkeit besteht wie bei jedem anderen QuantumX-Modul die Möglichkeit, die Abtastrate zu verringern (Downsampling) und Filter zu definieren. Die verfügbaren Abtastraten und Filter sind:

MXFS DI Lowspeed-Modus (100 S/s)

| Grenzfrequenz des Filters (Hz) | Verfügbare Abtastraten | | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------------------|-----|-----|---|---|---|----|----|----|-----|
| 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 |
| 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 |
| 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 |
| 1 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 |
| 2 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 |
| 5 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 |
| 10 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 |

MXFS DI Highspeed-Modus (2000 S/s)

| Grenzfrequenz des Filters (Hz) | Verfügbare Abtastraten | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------------------|-----|-----|---|---|---|----|----|----|-----|-----|-----|------|------|
| 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | 200 | 500 | 1000 | 2000 |
| 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | 200 | 500 | 1000 | 2000 |
| 0,5 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | 200 | 500 | 1000 | 2000 |
| 1 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | 200 | 500 | 1000 | 2000 |
| 2 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | 200 | 500 | 1000 | 2000 |
| 5 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | 200 | 500 | 1000 | 2000 |
| 10 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | 200 | 500 | 1000 | 2000 |
| 20 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | 200 | 500 | 1000 | 2000 |
| 50 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | 200 | 500 | 1000 | 2000 |
| 100 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | 200 | 500 | 1000 | 2000 |
| 200 | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 10 | 20 | 50 | 100 | 200 | 500 | 1000 | 2000 |

4.2.2 Konfigurieren von Wellenlängenbereichen

Bänder konfigurieren (Wellenlängenbereiche für jeden Kanal)

- Klicken Sie im oberen Menüband von catman auf die Schaltfläche „Configure ranges“ (Bereiche einrichten), um das Fenster zum Konfigurieren der Bereiche zu öffnen.

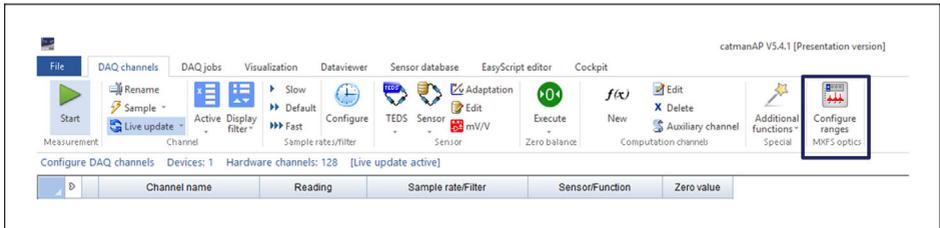


Abb. 4.6 Schaltfläche „Bereiche einrichten“



Wichtig

Alle in der Oberfläche zum Konfigurieren der Bereiche vorgenommenen Änderungen werden erst aktiv, nachdem Sie auf die Schaltfläche „Apply“ (Übernehmen) geklickt haben. Wenn Sie das Fenster schließen, ohne die Änderungen zu übernehmen, sind sie für das Gerät in der Kanalliste nicht sichtbar.

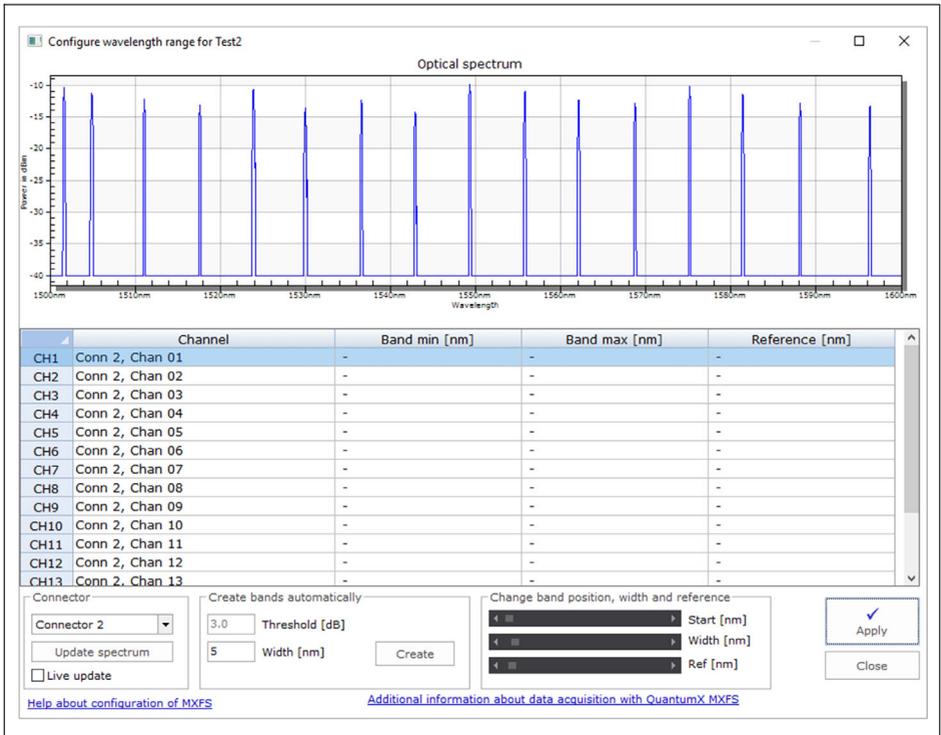


Abb. 4.7 Fenster zum Einrichten der Bereiche

Die Bearbeitung von Visualisierung und Band muss einzeln nacheinander für jeden Anschluss durchgeführt werden:

- ▶ Ändern Sie den ausgewählten Anschluss im Kasten „Connector“ (Anschluss) (Abb. 4.8).

Das Spektrum wird so angezeigt, wie es zu dem Zeitpunkt, an dem das Fenster zum Einrichten der Bereiche aufgerufen wurde, gemessen wurde.

- ▶ Zum Aktualisieren des optischen Spektrums klicken Sie auf die Schaltfläche „Update spectrum“ (Spektrum aktualisieren) (Abb. 4.8).
- ▶ Für eine kontinuierliche Aktualisierung aktivieren Sie das Kontrollkästchen **Live update** (Live-Aktualisierung) (Abb. 4.8).

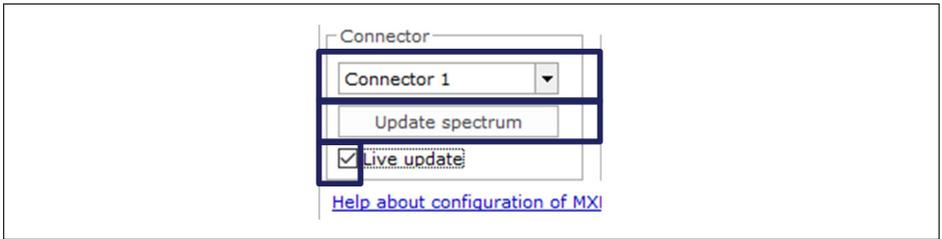


Abb. 4.8 Aktualisieren des Spektrums

Kanäle an dem ausgewählten Anschluss können auf unterschiedliche Weise konfiguriert werden.

4.2.2.1 Bänder für die erkannten Peaks automatisch definieren

Das Gerät kann Peaks im reflektierten Spektrum erkennen und für jeden gefundenen Peak automatisch Bänder konfigurieren. Bei der automatischen Bänderkennung wird ein Peak erkannt und der um diesen Peak zentrierte mögliche Wellenlängenbereich definiert (Ziffer 1 in Abb. 4.9), und zwar mit der halben Bandbreite auf jeder Seite (Ziffer 2 in Abb. 4.9).

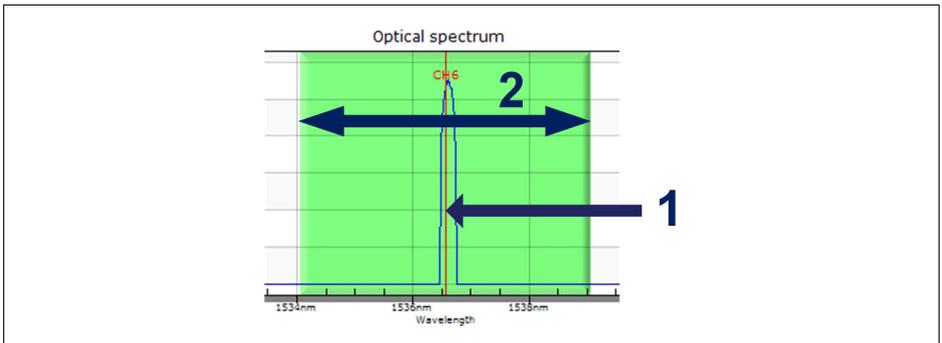


Abb. 4.9 Automatische Banddefinition

Im unteren Bereich des Fensters:

- ▶ Definieren Sie die Bandbreite in nm. Die Bandbreite entspricht dem vollen Wellenlängenbereich der Kanäle.
- ▶ Klicken Sie auf **Create** (Erzeugen).



Abb. 4.10 Automatische Erkennung

Automatisch erkannte Bänder können wir folgt angepasst werden:

- ▶ Durch Auswählen der gewünschten Kanalzeile (die Zeile wird in der Tabelle blau hervorgehoben und das Band wird in der Grafik grün hervorgehoben) – Ziffer 1 in Abb. 4.11.
- ▶ Durch Eintragen des Minimalwertes des Bands, des Maximalwertes des Bands und der Referenzwellenlänge in die Tabelle – Ziffer 2 in Abb. 4.11 –; oder
- ▶ Durch Anpassen des Minimalwertes des Bands, des Maximalwertes des Bands und der Referenzwellenlänge mit den Rollbalken unten im Fenster – Ziffer 3 in Abb. 4.11.

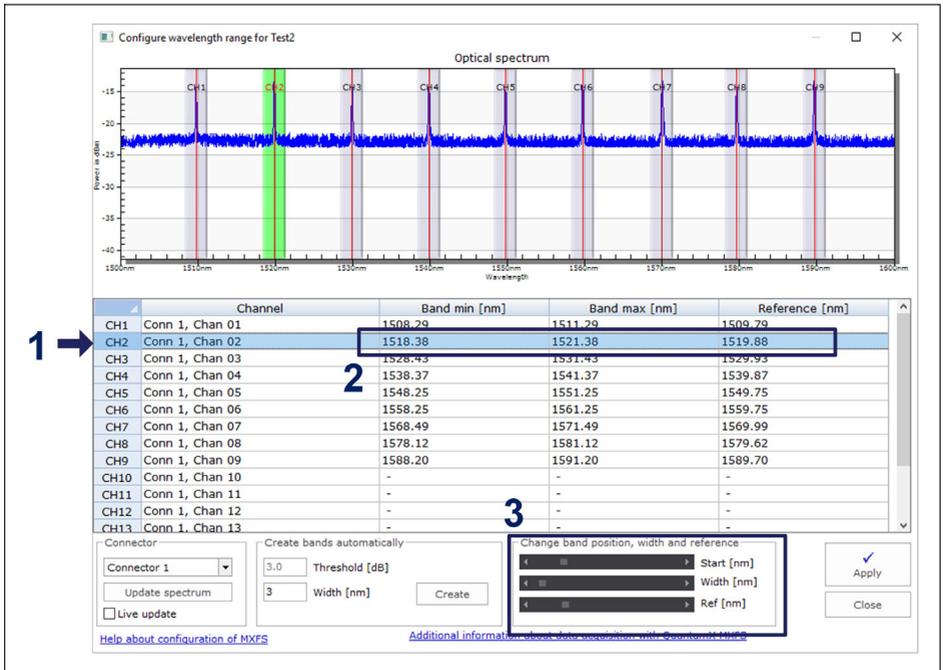


Abb. 4.11 Anpassen der Bänder

Da die in der Oberfläche zum Einrichten der Bereiche durchgeführten Änderungen zuerst nur auf der Software-Ebene erfolgen, müssen die Definitionen nach ihrer Fertigstellung in das Gerät übertragen werden.

- Klicken Sie auf **Apply** (Übernehmen), damit die Änderungen in das Gerät übertragen werden (Abb. 4.12).

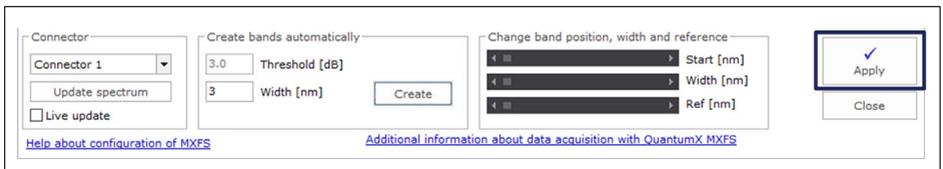


Abb. 4.12 Übernehmen der Definitionen in das Gerät

4.2.2.2 Bänder individuell von Hand definieren

Bänder können durch Bearbeiten der zugehörigen Informationen in der Tabelle erzeugt werden.

Zum Auswählen eines Kanals:

- ▶ Wählen Sie die Zeile in der Tabelle aus (die Zeile wird in der Tabelle blau hervorgehoben und das Band wird, wenn es bereits definiert ist, in der Grafik grün hervorgehoben).

An dem ausgewählten Kanal können folgende Aktionen durchgeführt werden:

- ▶ Löschen.
Klicken Sie mit der rechten Maustaste darauf und wählen Sie **Delete** (Löschen).
- ▶ Erstellen oder Bearbeiten.
Doppelklicken Sie auf die Zelle, um Folgendes einzugeben oder zu bearbeiten:
 - Kanalname;
 - Minimale Wellenlänge des Bands in nm;
 - Maximale Wellenlänge des Bands in nm;
 - Referenzwellenlänge in nm.



Information

Der Mindestabstand zwischen Bändern beträgt 0,5 nm.

Außerdem besteht die Möglichkeit, in der Grafik mit der rechten Maustaste auf die Position zu klicken, wo das Band definiert werden soll, und die Option **Create band in this place** (Band hier erzeugen) zu wählen. Damit wird für den ausgewählten Kanal ein auf das angeklickte Pixel zentriertes Band mit den für die automatische Erkennung von Bändern definierten Einstellungen definiert.



Abb. 4.13 Bearbeiten oder Erzeugen von Bändern

Wenn alle gewünschten Bänder definiert sind, klicken Sie auf die Schaltfläche **Apply** (Übernehmen) und schließen Sie das Konfigurationsfenster.

4.2.3 Sensoren im Gerät



Tipp

Um die Anfangseinstellungen des Geräts für einen Kanal zu löschen, wählen Sie Sensoren aus, danach wählen Sie **Disconnect and reset sensor** (Sensor trennen und zurücksetzen).

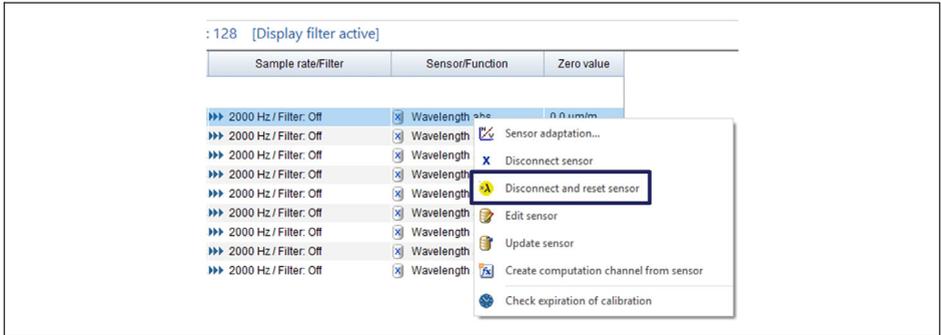


Abb. 4.14 Trennen von Sensoren

Es gibt verschiedene Sensortypen, die in dem Gerät konfiguriert werden können (weitere Informationen dazu finden Sie in *Abschnitt 3.7.1.7 „Signale“*, Seite 35).

- ▶ Doppelklicken Sie auf die Spalte „Sensor/Function“ (Sensor/Funktion), um Sensoren im Gerät zu ändern oder zu konfigurieren.

4.2.4 Sensoren in der Software

Optische Sensoren für MXFS stehen in der catman-Datenbank unter **General Sensors > MXFS** (Allgemeine Sensoren > MXFS) zur Verfügung.

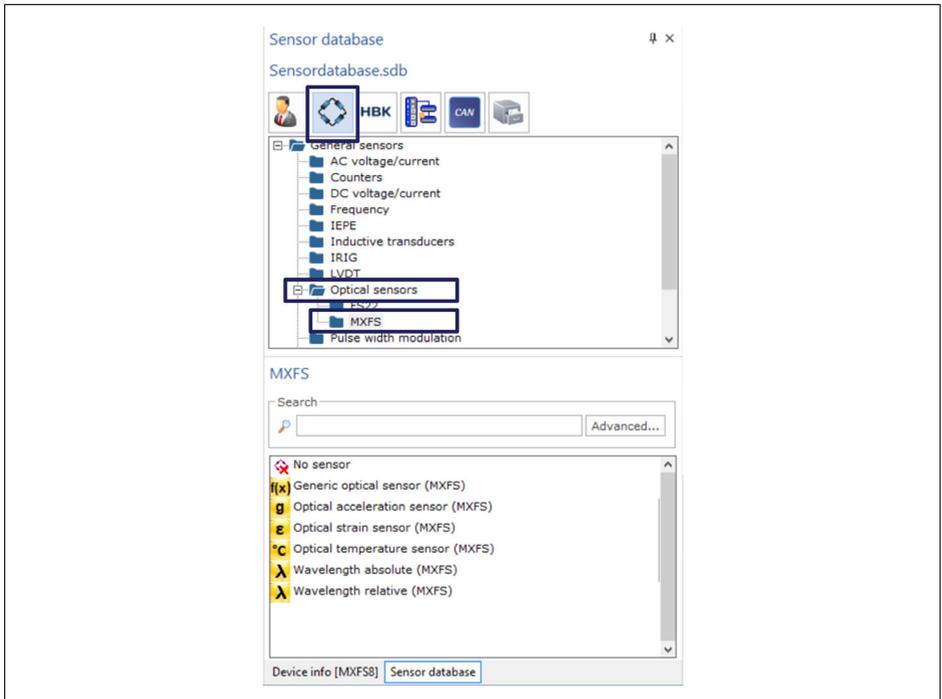


Abb. 4.15 Optische Sensoren in der Sensordatenbank

4.2.4.1 Wellenlänge

Als Wellenlänge definierte Sensoren zeigen eine Wellenlänge in nm als Ausgabewert an. Dabei kann zwischen absoluten Wellenlängewerten und relativen Wellenlängewerten gewählt werden:

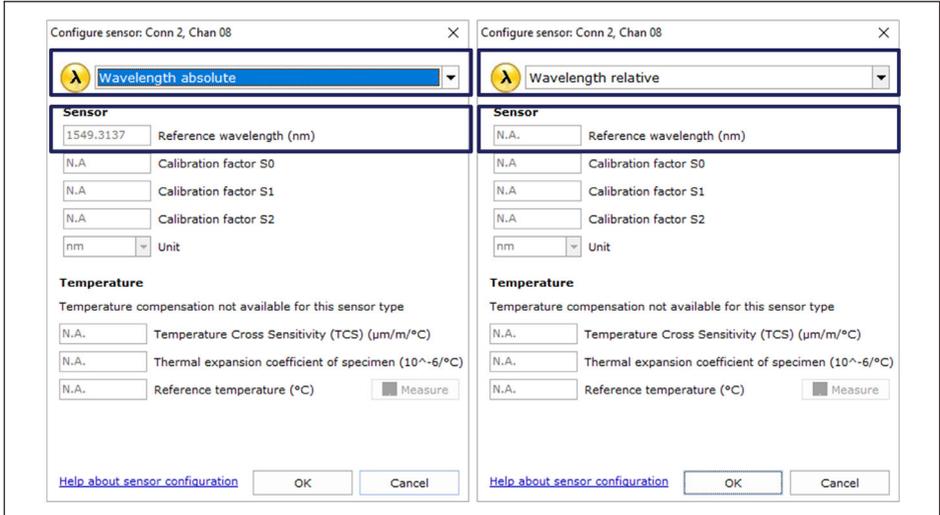


Abb. 4.16 Sensortypen „Wavelength Absolute“ (Wellenlänge absolut) und „Wavelength Relative“ (Wellenlänge relativ)

Wellenlänge relativ ist der „rohe“ Wert aus dem MXFS-Gerät. Das bedeutet, dass es sich um die Wellenlängenänderung des FBG-Peaks in diesem Kanal handelt. An dem Signal wird keine Berechnung durchgeführt, da die gesamte Verarbeitung im Gerät erfolgt (weitere Informationen dazu finden Sie in *Abschnitt 3.7.1.7 „Signale“*, Seite 35).

| | |
|---------------------|-----------------------|
| Wellenlänge relativ | $\lambda - \lambda_0$ |
|---------------------|-----------------------|

Wellenlänge absolut berechnet den absoluten Wert des FBG-Peaks basierend auf der Wellenlänge relativ und der festgelegten Referenzwellenlänge. Die Referenzwellenlänge wird aus den Kanaleigenschaften des Geräts ausgelesen:

| | |
|---------------------|---|
| Wellenlänge absolut | $(\lambda - \lambda_0) + \lambda_0 = \lambda$ |
|---------------------|---|

4.2.4.2 Dehnung

Durch die Zuweisung von Dehnungssensoren zu einem Kanal werden die Daten in eine Dehnung umgewandelt. Die Werte, die in die entsprechenden Felder für die Dehnungsberechnung einzutragen sind, werden mit der Dokumentation zu den Sensoren bereitgestellt.

Dehnungssensoren können mit oder ohne Temperaturkompensation definiert werden.

Dehnung ohne Kompensation

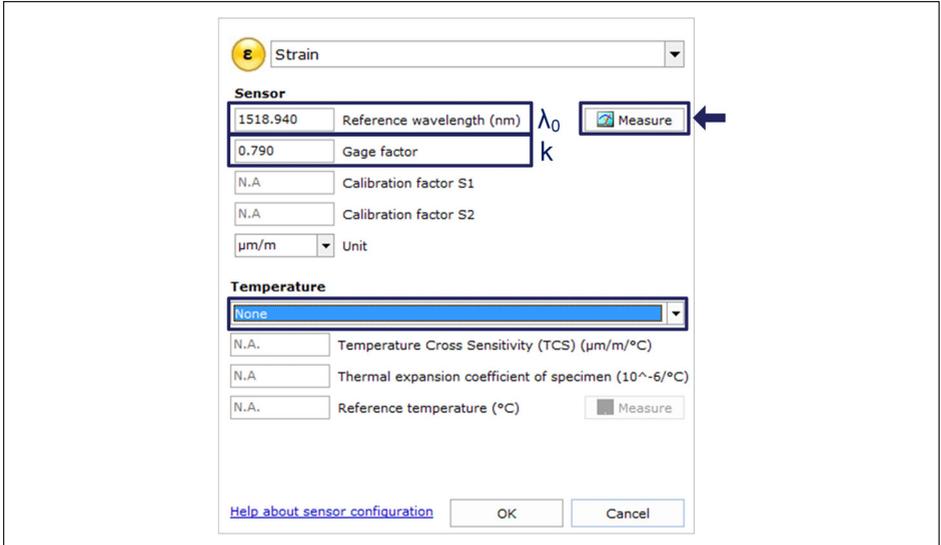


Abb. 4.17 Dehnung ohne Kompensation

Die Dehnungsempfindlichkeit (k-Faktor) von FBG-Dehnungsmessstreifen wird in der zugehörigen Dokumentation angegeben.

Die Referenzwellenlänge des FBG-Dehnungssensors (λ_0) sollte der Wellenlänge des Sensors bei null Dehnung entsprechen. Dies sollte nach der Installation gemessen werden. Der Wert kann von Hand eingetragen oder automatisch durch eine tatsächliche Messung mit der Schaltfläche **Measure** (Messen) festgelegt werden.

| | |
|---------|---|
| Dehnung | $\frac{\lambda - \lambda_0}{k \cdot \lambda_0}$ |
|---------|---|

Dehnung mit Temperaturkompensation

Verwendung eines Temperatursensors

Wenn ein Temperaturkanal zum Kompensieren des Temperatureffekts auf die Dehnungsmessung verwendet wird, muss sichergestellt sein, dass sich Veränderungen der Temperatur auf beide Sensoren in gleicher Weise auswirken. Der ausgewählte Kanal für die Temperaturkompensation mit dieser Methode muss als Temperatursensor konfiguriert werden.

The screenshot shows a configuration window for a strain sensor. The main title is 'Strain'. Under the 'Sensor' section, the following fields are visible: 'Reference wavelength (nm)' with a value of 1518.940 and a label λ_0 ; 'Gage factor' with a value of 0.790 and a label k ; 'Calibration factor S1' and 'Calibration factor S2' both set to 'N.A.'; and 'Unit' set to $\mu\text{m/m}$. A 'Measure' button is present next to the 'Gage factor' field. Under the 'Temperature' section, the 'Temperature measurement' dropdown is set to 'Temperature Cross Sensitivity (TCS) ($\mu\text{m/m}/^\circ\text{C}$)'. Below it, 'Temperature Cross Sensitivity (TCS) ($\mu\text{m/m}/^\circ\text{C}$)' is set to 8.000 with a label TCS; 'Thermal expansion coefficient of specimen ($10^{-6}/^\circ\text{C}$)' is set to 0.000 with a label CTE; and 'Reference temperature ($^\circ\text{C}$)' is set to 20. A 'Measure' button is also present next to the 'Reference temperature' field. At the bottom, there is a 'Channel for temperature measurement' dropdown, a 'Help about sensor configuration' link, and 'OK' and 'Cancel' buttons.

Abb. 4.18 Dehnung mit Kompensation bei Verwendung eines Temperatursensors

Die Dehnungsempfindlichkeit (k-Faktor) von FBG-Dehnungsmessstreifen wird in der zugehörigen Dokumentation angegeben.

Der Temperaturkoeffizient des Kennwerts (TKC bzw. TCS für „Temperature Cross Sensitivity“) entspricht der Auswirkung der Temperatur auf den Dehnungssensor, d. h. die Dehnung des Sensors, die nach der Installation durch eine Veränderung seiner Temperatur von 1°C verursacht wird. Der Wert wird in der Dokumentation des Sensors angegeben.

Der zu verwendende thermische Ausdehnungskoeffizient (CTE) muss der Koeffizient für den Werkstoff sein, an dem der Dehnungssensor befestigt ist. Dadurch werden die Auswirkungen der Wärmeausdehnung dieses Werkstoffs auf die Dehnungsmessung eliminiert. Falls keine Korrektur dieser Ausdehnung gewünscht wird, sollte der zu verwendende Wert null (0,0) sein.

Die Referenzwellenlänge des FBG-Dehnungssensors (λ_0) und die Referenztemperatur (T_0) sollten der Wellenlänge des Sensors bei null Dehnung sowie der Temperatur entsprechen, die vom Temperatursensor zum selben Zeitpunkt gemessen wird. Diese Werte sollten nach der Installation gemessen werden. Sie können von Hand eingetragen oder automatisch durch eine tatsächliche Messung mit der Schaltfläche **Measure** (Messen) festgelegt werden.

| | |
|---|--|
| Dehnung mit Kompensation bei Verwendung eines Temperatursensors | $\frac{\lambda - \lambda_0}{k \cdot \lambda_0} - (CTE + TCS)(T - T_0)$ |
|---|--|

Verwendung eines Kompensations-FBG

Diese Kompensationsmethode sollte gewählt werden, wenn für die Temperaturkompensation ein anderer Dehnungssensor desselben Typs am selben Werkstoff befestigt wird, dieser Sensor jedoch nur Temperaturveränderungen ausgesetzt ist, aber keine mechanische Dehnung erfährt. Der Kanal, der für die Temperaturkompensation mit dieser Methode ausgewählt wird, muss ein Kanal für absolute Wellenlänge (λ_{TC}) sein.

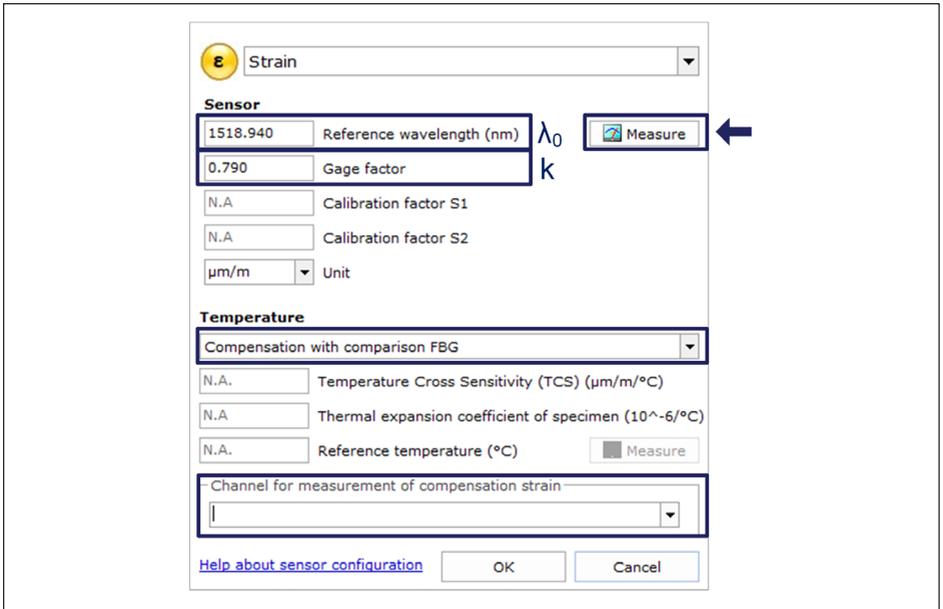


Abb. 4.19 Dehnung mit Kompensation bei Verwendung eines Kompensations-FBG

Dieser Wert sollte nach der Installation gemessen werden. Der Wert kann von Hand eingetragen oder automatisch durch eine tatsächliche Messung mit der Schaltfläche **Measure** (Messen) festgelegt werden.

Dehnung mit Kompensation bei Verwendung eines Kompensations-FBG

$$\frac{\lambda - \lambda_0}{k \cdot \lambda_0} = \frac{\lambda_{TC} - \lambda_{0TC}}{k \cdot \lambda_{0TC}}$$

4.2.4.3 Temperatur

Temperatursensoren von HBK FiberSensing werden mit einem Kalibrierdatenblatt ausgeliefert. In Bezug auf die Temperatur weisen sie ein Polynomverhalten auf.

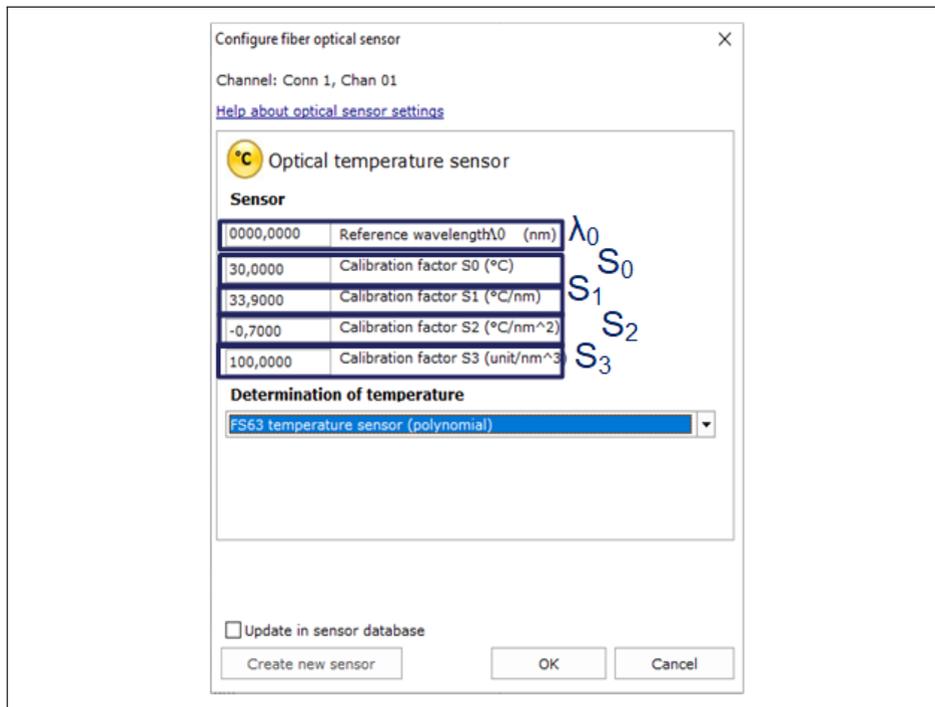


Abb. 4.20 Temperatursensor

Die Koeffizienten S_n sind die Werte, die in der Dokumentation zu den Sensoren angegeben werden.



Wichtig

Für Sensoren, deren Kalibrierung auf einem Polynom 2. Ordnung basiert, ist darauf zu achten, dass S_3 auf null gesetzt ist.

Die Referenzwellenlänge des Temperatursensors (λ_0) muss der in der Dokumentation des Sensors angegebenen Referenzwellenlänge entsprechen.

| | |
|------------|---|
| Temperatur | $S_3 (\lambda - \lambda_0)^3 + S_2 (\lambda - \lambda_0)^2 + S_1 (\lambda - \lambda_0) + S_0$ |
|------------|---|

4.2.4.4 Beschleunigung

Beschleunigungssensoren von HBK FiberSensing werden mit einem Kalibrierdatenblatt ausgeliefert. In Bezug auf die Beschleunigung weisen sie ein lineares Verhalten auf.

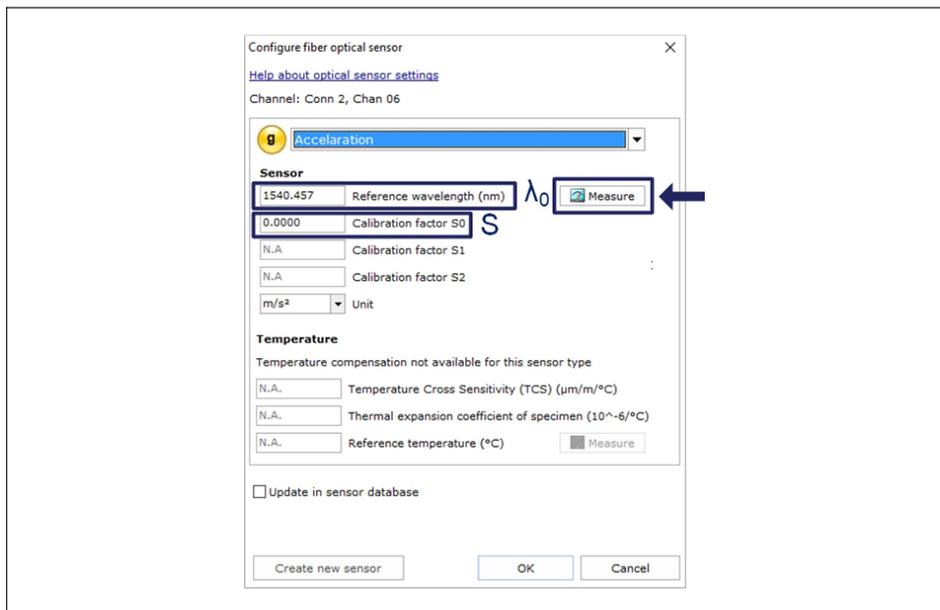


Abb. 4.21 Beschleunigungssensor

Der Kalibrierkoeffizient (S) ist der in der Dokumentation λ_0 zu den Sensoren angegebene Wert.

Die Referenzwellenlänge des FBG-Beschleunigungssensors (λ_0) sollte der Wellenlänge des Sensors bei null Dehnung entsprechen. Dies sollte nach der Installation gemessen werden. Der Wert kann von Hand eingetragen oder automatisch durch eine tatsächliche Messung mit der Schaltfläche **Measure** (Messen) festgelegt werden.

| | |
|----------------|---------------------------------|
| Beschleunigung | $S \cdot (\lambda - \lambda_0)$ |
|----------------|---------------------------------|

4.2.4.5 Generisches Polynom

Die Software catman ermöglicht auch die Konfiguration allgemeiner FBG-basierter Sensoren, die nur ein Faser-Bragg-Gitter haben.

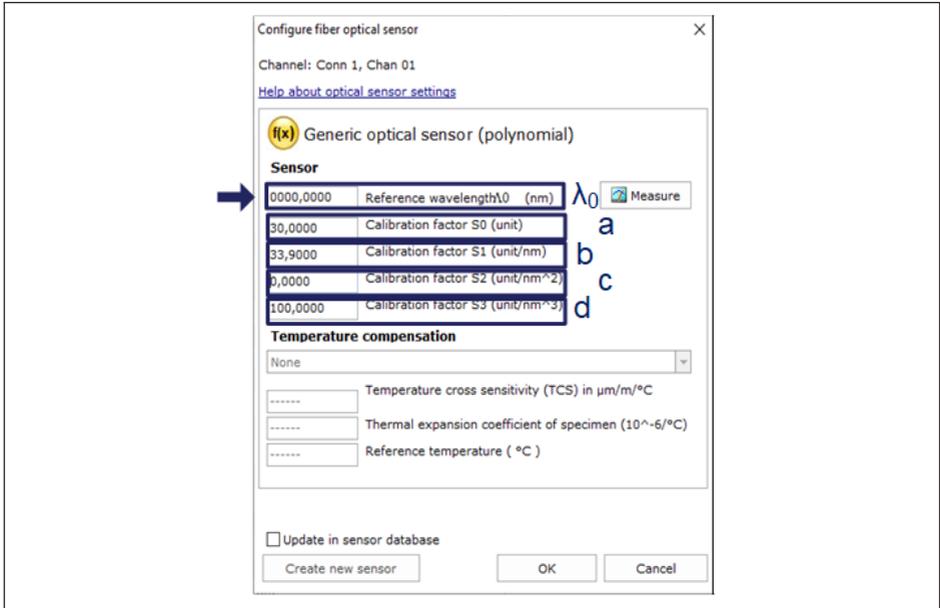


Abb. 4.22 Generischer optischer Sensor

Der generische optische Sensor berechnet die Messung als Polynomfunktion 2. Ordnung (mit den Koeffizienten a, b und c) der Wellenlängenänderung ($\lambda - \lambda_0$) des Faser-Bragg-Gitters.

Die Referenzwellenlänge (λ_0) kann von Hand eingetragen oder automatisch durch eine tatsächliche Messung mit der Schaltfläche **Measure** (Messen) festgelegt werden.

| | |
|--|--|
| Generischer optischer Sensor (mit Polynomfunktion) | $a(\lambda - \lambda_0)^3 + b(\lambda - \lambda_0)^2 + c(\lambda - \lambda_0) + d$ |
|--|--|

4.2.4.6 Berechnungskanäle

Catman ermöglicht die Erstellung von Berechnungskanälen, die die Anpassung ersetzen können, die zusätzlich zum Kanal des Geräts selbst durchgeführt wird. Dadurch ist es möglich, Rohdaten aufzuzeichnen und komplexere Berechnungen zu erstellen, an denen beispielsweise Messungen von mehreren Kanälen beteiligt sind.

Berechnung für einen Sensor mit einem FBG

Berechnungskanäle für Dehnung, Temperatur, Beschleunigung oder für mit einer Polynomfunktion arbeitenden optischen Sensoren können ganz ähnlich wie die Sensoren in der Datenbank erstellt werden (siehe Kapitel 4.2.4.1 bis 4.2.4.5 weiter oben).

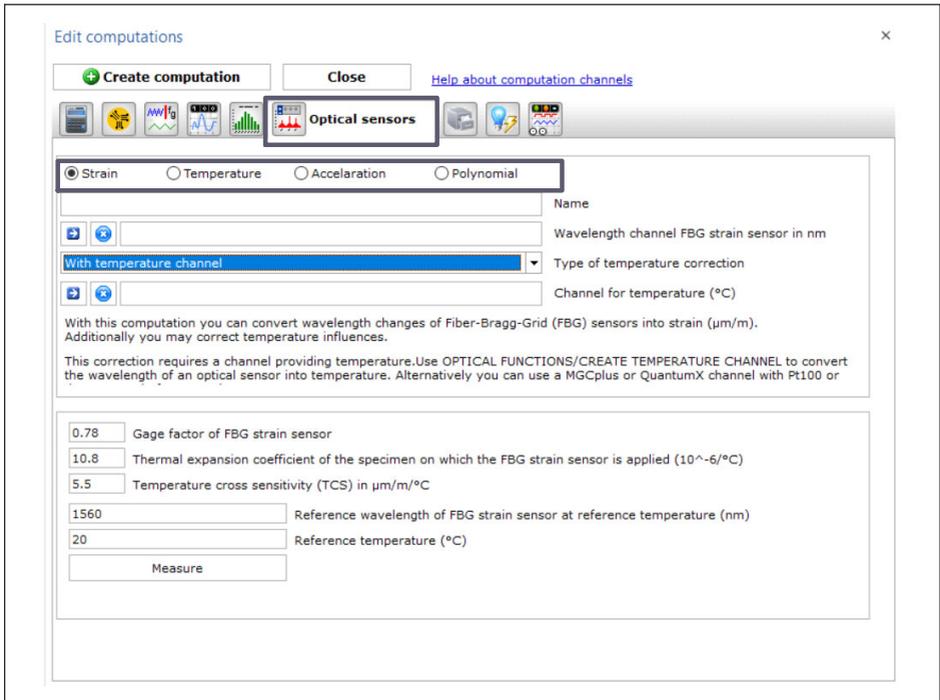


Abb. 4.23 Menü „Optical sensors“ (Optische Sensoren) von Berechnungskanälen

Berechnung für einen Sensor mit zwei FBGs

Viele auf Faser-Bragg-Gittern basierende Sensoren haben 2 Gitter für eine Messung mit Temperaturkorrektur. Beispiele dafür sind Neigungssensoren, Wegsensoren und Kraftsensoren aus dem Standardsensorprogramm von HBK. Um in catman Wellenlängenmessungen in physikalische Einheiten umzuwandeln, muss ein Berechnungskanal verwendet werden.



Tipp

Definieren Sie Kanäle als „Wavelength Relative“ (Wellenlänge relativ) (siehe Kapitel 4.2.4.1 „Wellenlänge“ auf Seite 60), um die Formel für die Eingabe zu vereinfachen. Achten Sie in diesem Fall darauf, dass die Werte der Referenzwellenlänge für jedes Band mit den Werten der Referenzwellenlänge aktualisiert werden, die in den Kalibrierdatenblättern der Sensoren angegeben sind.

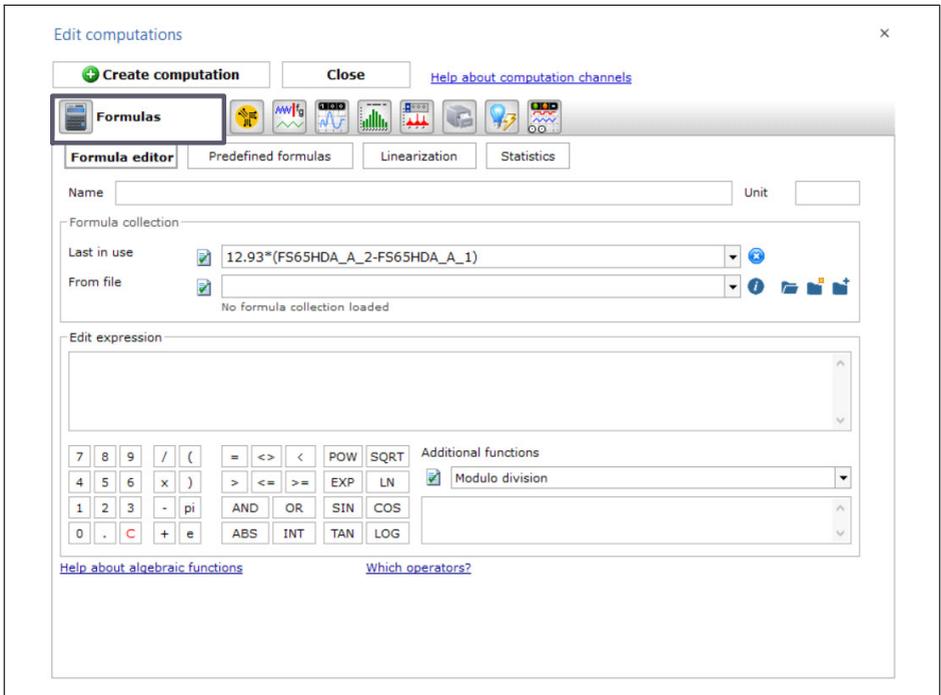


Abb. 4.24 Menü „Formulas“ (Formeln) von Berechnungskanälen

Dehnungsrosetten

Catman unterstützt in seinen Berechnungskanälen auch die relevanten Berechnungen für die Spannungsanalyse aus den mit einer Rosette durchgeführten Messungen. Anhand der Eingaben in dieser Oberfläche erstellt catman die ausgewählte Anzahl an Berechnungskanälen.



Information

Als Typ der optischen Rosetten steht „60°/120°“ zur Verfügung, und die drei Messrichtungen sind so wie im Menü von catman mit a, b oder c gekennzeichnet.

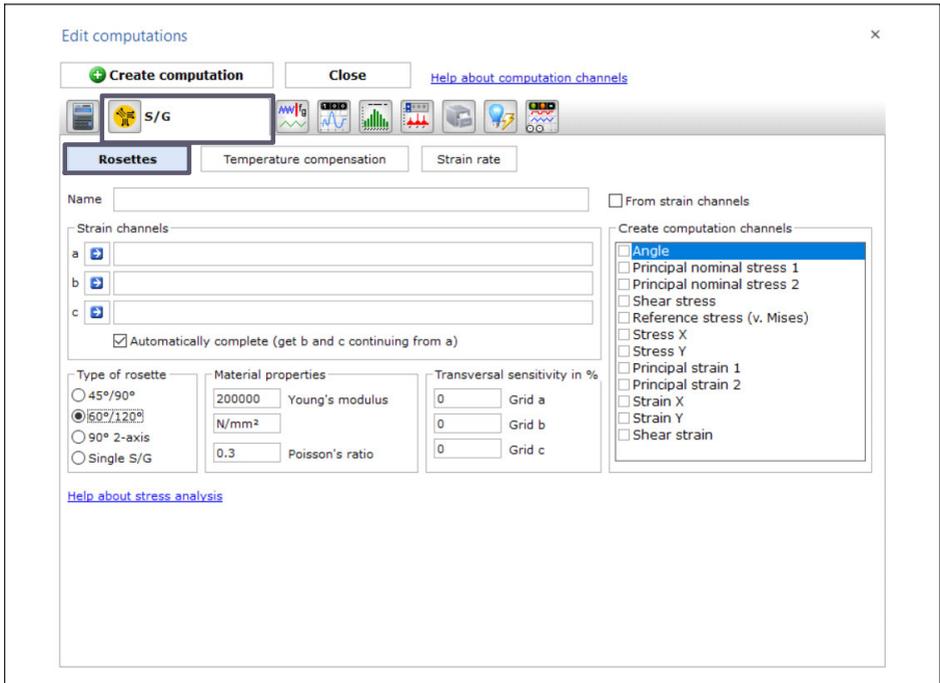


Abb. 4.25 Menü „Rosettes“ (Rosetten) von Berechnungskanälen

4.2.5 Nullabgleich

Die Software catman bietet die Möglichkeit zum Nullstellen der Sensoren bei der Konfiguration eines Projekts, sodass beispielsweise zu Beginn einer Messung die Werte auf einfache Weise auf null gesetzt werden können.

- Zum Nullstellen von einem oder mehreren Sensoren wählen Sie die gewünschten Zeilen aus, danach klicken Sie im oberen Menüband auf die Schaltfläche **Zero balance** (Nullstellen).

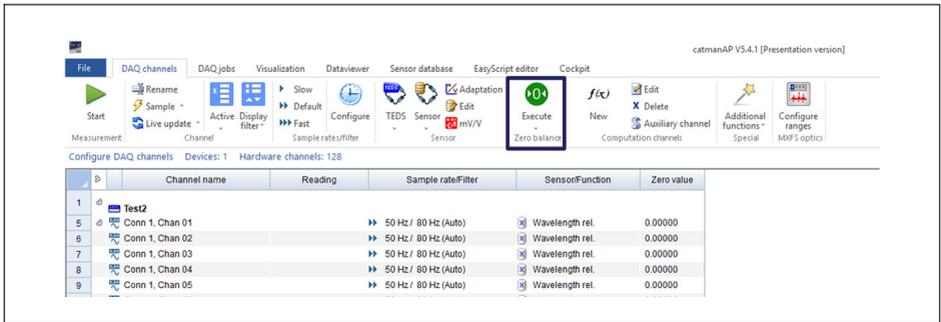


Abb. 4.26 Nullstellen

- ▶ Alternativ klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Zeile zum Nullstellen und wählen Sie die Option **Zero Balance** (Nullstellen) (Ziffer 1 in Abb. 4.27).

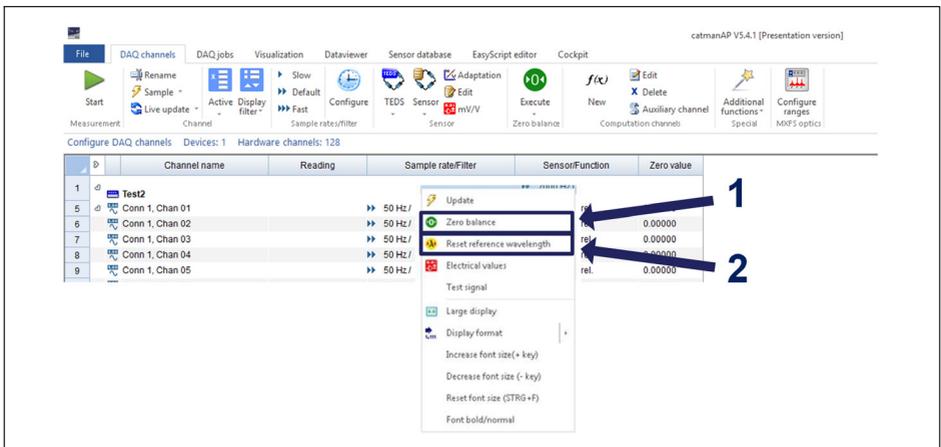


Abb. 4.27 Nullstellen und Reset Referenzwellenlänge

Durch das Nullstellen der optischen Sensoren wird bei der Messung ein Offset erzeugt, der gleich ihrem Wert zum Zeitpunkt des Nullstellens ist. Dies ist eine sehr nützliche Funktion für relative Messungen, ist jedoch bei absoluten und kalibrierten Messungen wie z. B. Temperaturmessungen mit Vorsicht anzuwenden – insbesondere, wenn Temperaturwerte zum Kompensieren der Auswirkungen der Temperatur auf Dehnungsmessungen verwendet werden.



Wichtig

Ein unbeabsichtigtes Nullstellen von Sensoren für Absolutmessungen, z. B. für die Temperatur, kann verhindert werden, indem Sie das Nullstellen auf Kanalebene sperren. Wenn Sie versehentlich das Nullstellen eines zuvor gesperrten Kanals auswählen, wird es nicht angewendet.



Wichtig

Beim Nullstellen von Sensoren in catman wird ein Offset in der Konfiguration der Sensoren auf Geräteebene erzeugt. Das Nullstellen wirkt sich auf die von dem Gerät gelieferten Messwerte aus.

4.2.6 Reset Referenzwellenlänge

Ähnlich wie beim Nullstellen ist es auch möglich, die Referenzwellenlänge auf den zum aktuellen Zeitpunkt gemessenen Wert zurückzusetzen.

- ▶ Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Zeile, die zurückgesetzt werden soll, und wählen Sie die Option **Reset reference wavelength** (Reset Referenzwellenlänge) (Ziffer 2 in Abb. 4.27).

Damit wird in der Kanalkonfiguration des Geräts der Wert der Referenzwellenlänge geändert, mit dem alle Wellenlängenmessungen verglichen werden (weitere Informationen dazu siehe im Unterabschnitt „Referenzwellenlänge“ in Abschnitt 3.7.1.3 „Wellenlänge“, Seite 31).



Wichtig

Für relative Sensormessungen wie Dehnung oder Beschleunigung könnte das Zurücksetzen der Referenzwellenlänge zwar sehr praktisch sein, allerdings beeinträchtigt es absolute und kalibrierte Messungen wie die Temperatur, bei denen die im Kalibrierdatenblatt angegebene Referenzwellenlänge verwendet werden muss, um eine genaue Messung sicherzustellen. Gehen Sie deshalb beim Zurücksetzen der Werte für die Referenzwellenlänge immer mit besonderer Vorsicht vor.

4.3 Zurücksetzen des Geräts

Der Interrogator MXFS kann mit der Software catman auf seine Werkseinstellung zurückgesetzt werden.

- ▶ Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf den Gerätenamen und wählen Sie **Device Reset** (Geräte-Reset).

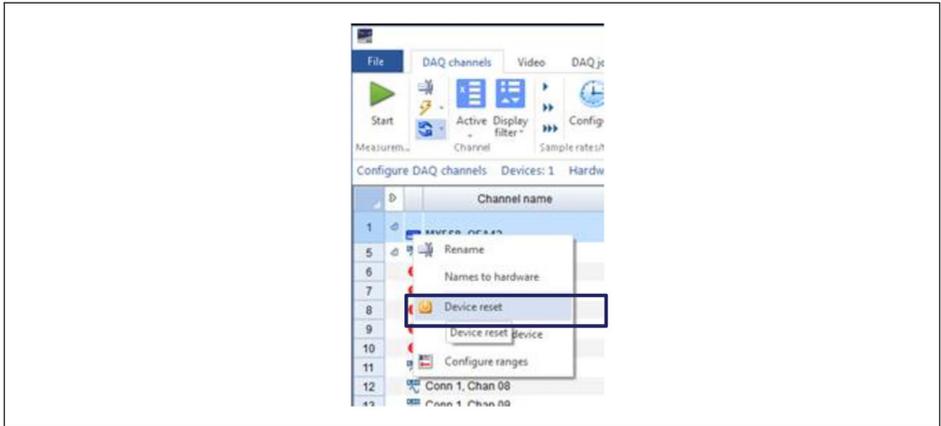


Abb. 4.28 Geräte-Reset

- ▶ Wählen Sie die Rücksetzoptionen.

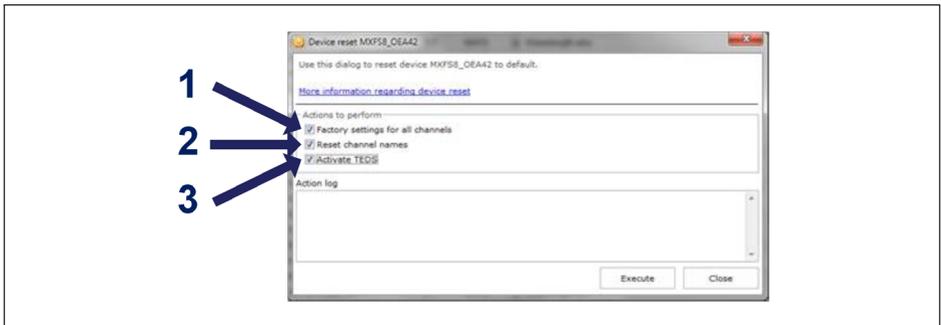


Abb. 4.29 Optionen für den Geräte-Reset

- 1** Factory settings for all channels (Werkseinstellung aller Kanäle). Durch die Wahl dieser Option:
 - werden alle Kanäle deaktiviert;
 - werden alle konfigurierten Bänder gelöscht;
 - wird der Sensortyp in „Wavelength Relative“ (Wellenlänge relativ) geändert;
 - wird der Nullabgleichwert gelöscht.
- 2** Durch „Reset channel names“ (Kanalnamen zurücksetzen) werden:
 - alle Kanalnamen auf ihre Standardvorgabe zurückgesetzt (<Gerätename>_CH_<Anschluss-Nr.><Kanal-Nr.>, z. B. MXFS8_CH_2-13 für Kanal 13 im Anschluss 2 des Geräts MXFS8).
- 3** Die Option „Activate TEDS“ (TEDS aktivieren) ist für das MXFS nicht relevant.

