

DIN EN 61757-4-3

ICS 33.180.99

Einsprüche bis 2019-03-11

Entwurf**Lichtwellenleistersensoren –
Teil 4-3: Strommessung –
Polarimetrisches Verfahren
(IEC 86C/1537/CD:2018);
Text Deutsch und Englisch**

Fibre optic sensors –
Part 4-3: Current measurement –
Polarimetric method
(IEC 86C/1537/CD:2018);
Text in German and English

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2019-01-11 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 102 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich.....	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Komponente eines optischen Stromsensors, der nach dem polarimetrischen Verfahren arbeitet.....	10
4.1 Allgemeine Beschreibungen.....	10
4.2 Einteilung von Faraday-Elementen	11
5 Kenngrößenprüfung.....	12
5.1 Allgemeine Informationen.....	12
5.2 Ausgangsleistung der Lichtquelle.....	13
5.3 Eingangsleistung des Lichtempfängers.....	13
5.4 E/A-Eigenschaften.....	14
5.4.1 Allgemeines	14
5.4.2 Prüfverfahren.....	15
5.4.3 Prüfverfahren.....	18
5.4.4 Auswertung.....	20
5.5 Aufwärmzeit.....	21
5.5.1 Allgemeines	21
5.5.2 Prüfverfahren.....	21
5.5.3 Auswertung.....	21
5.6 Strombedingungen für die Erlangung der einzelnen Parameter	21
5.7 Abhängigkeit der Eingangsparameter	22
5.7.1 Frequenzkennlinie	22
5.7.2 Transiente Eigenschaften.....	22
5.8 Abhängigkeit von der äußeren Umgebung.....	24
5.8.1 Prüfung der Kennlinie der Beharrungstemperatur	24
5.8.2 Prüfung der transienten Temperaturkennlinie.....	27
5.8.3 Prüfung des externen Magnetfelds	30
5.8.4 Prüfung der Leiterposition	31
5.8.5 Schwingungsprüfung.....	32
Anhang A (informativ) Prinzip des optischen Stromsensors	34
A.1 Übersicht	34
A.2 Faraday-Effekt	34
A.3 Arten von Faraday-Elementen	35
A.4 Umwandlung in ein elektrisches Signal.....	35
A.4.1 Nachweis des Faraday-Effekts von nichtmagnetischem Material.....	35

	Seite
A.4.2 Nachweis des Faraday-Effekts von ferromagnetischem Material	35
A.5 Verfahren zur Stromerfassung	36
A.5.1 Intensitätsmodulations-Schema	36
A.5.2 Interferenzschema	38
Anhang B (informativ) Merkmale der optischen Stromsensorik	40
Anhang C (informativ) Konstruktive Aspekte	42
C.1 Allgemeine Informationen	42
C.2 Leistungsbegrenzende Faktoren	42
C.3 Verfahren zur Bestimmung der Spezifikationen der Ausrüstung	43
Anhang D (informativ) Ausgangsgröße eines optischen Stromsensors bei der Anwendung anderer Phasenmagnetfelder	45
D.1 Ampèresches Umlaufintegral-Gesetz	45
D.2 Einfluss anderer Phasenmagnetfelder	45
Anhang E (informativ) Messparameter-Leistungstabelle	47
E.1 Allgemeines	47
E.2 Ausgangsleistung der Lichtquelle	47
E.3 Eingangsleistung des Lichtempfängers	47
E.4 E/A-Eigenschaften	47
E.5 Frequenzkennlinie	48
E.6 Transiente Eigenschaften	48
E.7 Kennlinie der Beharrungstemperatur	49
E.8 Transiente Temperaturkennlinie	50
E.9 Externes Magnetfeld	51
E.10 Leiterpositionen	52
E.11 Schwingung	53
Literaturhinweise	55
 Bilder	
Bild 1 – Messsystem mit optischem Stromsensor	9
Bild 2 – Aufbau eines optischen Stromsensors	11
Bild 3 – Einteilung von Faraday-Elementen	12
Bild 4 – Beispiel eines optischen Leistungsmonitors	13
Bild 5 – Beispiel für die Verstärkerschaltung eines Lichtempfängers	14
Bild 6 – E/A-Eigenschaften eines optischen Stromsensors	15
Bild 7 – Messsystem des Wellenform-Vergleichsverfahrens	17
Bild 8 – Messsystem des Wechselstrom-Brückenverfahren	18
Bild 9 – Transienteneigenschaften des zugeordneten Wechselstromsystems	23
Bild 10 – Transiente Eigenschaften des Gleichstrom-/Wechselstromsystems	24
Bild 11 – Konfigurationsbeispiel für die Prüfung der Kennlinie der Beharrungstemperatur und der transienten Temperaturkennlinie des Sensorteils	26
Bild 12 – Beispiel für ein Temperaturprofil	27

	Seite
Bild 13 – Änderung der Doppelbrechung bei Temperaturänderung.....	28
Bild 14 – Beispiel für ein Temperaturprogramm.....	30
Bild 15 – Position des äußeren Leiters bei der Prüfung des externen Magnetfeldes, wenn das Faraday-Element ein Lichtwellenleiter ist.....	31
Bild 16 – Position des Leiters bei der Prüfung der Leiterposition, wenn das Faraday-Element ein Lichtwellenleiter ist	32
Bild A.1 – Faraday-Effekt.....	34
Bild A.2 – Konfiguration des Stromerkennungsverfahrens unter Nutzung des Faraday-Effekts	36
Bild A.3 – Grundkonfiguration des optischen Stromsensors vom Intensitätsmodulationstyp	37
Bild A.4 – Konfigurationsbeispiel für einen reflektierenden optischen Stromsensor vom Intensitätsmodulationstyp	38
Bild A.5 – Konfigurationsbeispiel eines optischen Stromsensors vom Interferenztyp.....	39
Bild D.1 – Das Ampèresche Umlaufintegral Gesetz.....	45
Bild D.2 – Bilddiagramm einer unvollständigen geschlossenen Schleife	46
Bild E.1 – Beispiel für die transiente Eigenschaft.....	49
Bild E.2 – Beispiel für die Temperaturkennlinie bei Nullstrom.....	49
Bild E.3 – Beispiel für die Temperaturkennlinie bei Bemessungsstrom	50
Bild E.4 – Beispiel für die transiente Temperaturkennlinie bei Eingangsstrom 0	50
Bild E.5 – Beispiel für die transiente Temperaturkennlinie bei Bemessungsstrom	51
Bild E.6 – Positionen des äußeren Leiters	52
Bild E.7 – Position des Leiters bei der Leiterpositionsprüfung	53
Bild E.8 – Beispiel für die Schwingungsprüfung bei Nullstrom.....	53
Bild E.9 – Beispiel für die Schwingungsprüfung bei Bemessungsstrom	54
Tabellen	
Tabelle 1 – Liste der zu erfassenden Parameter.....	12
Tabelle 2 – Prüfverfahren	16
Tabelle 3 – Strombedingungen für die Erlangung der einzelnen Parameter	21
Tabelle E.1– Ausgangsleistung der Lichtquelle.....	47
Tabelle E.2– Eingangsleistung des Lichtempfängers.....	47
Tabelle E.3 – E/A-Eigenschaften.....	47
Tabelle E.4 – Frequenzkennlinie	48
Tabelle E.5 – Externes Magnetfeld.....	51
Tabelle E.6 – Leiterposition	52

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 86C/1537/CD:2018 „Fibre optic sensors – Part 4-3: Current measurement – Polarimetric method“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom SC 86C „Fibre optic systems and active devices“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf FprEN nur 6 Wochen beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium UK 412.2 „Komponenten für Kommunikationskabelanlagen“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. IEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

**Lichtwellenleistersensoren –
Teil 4-3: Strommessung –
Polarimetrisches Verfahren**

Einleitung

Diese Norm basiert auf der Norm OITDA (Optoelectronic Industry and Technology Development Association), OITDA FS 01, „Lichtwellenleistersensoren – Polarimetrische Strommessung“.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der Reihe IEC 61757 definiert Terminologie, Struktur und ein charakteristisches Prüfverfahren eines optischen Stromsensors nach dem polarimetrischen Verfahren. Dieser Teil bezieht sich nur auf das Strommesselement und nicht auf die zusätzlichen Geräte, die für jede Anwendung individuell sind (siehe 3.11). Fachgrundspezifikationen für Lichtwellenleitersensoren sind in IEC 61757 definiert.

Da die von den einzelnen Anwendern geforderten Spezifikationen der polarimetrischen optischen Stromsensoren je nach Anwendungsbereich variieren, werden in diesem Dokument keine geforderten Leistungswerte definiert. Die geforderten Leistungswerte werden bei der Auslegung eines Sensors für eine bestimmte Anwendung definiert.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 61757, *Fibre optic sensors – Generic specification*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60793-61757 und der Normenreihe IEC 60793-1.

ISO und IEC unterhalten Terminologiedatenbanken zur Verwendung bei der Normungsarbeit unter folgenden Adressen:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online-Rechercheplattform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

3.1

stromführende Spule

Luftspule aus Zuleitungsdrähten, die elektrischen Strom zuführen, der verwendet wird, um das gleiche Magnetfeld, das durch den zu messenden Strom erzeugt wird, an einen LWL oder ein Faradaysches Element anzulegen, wenn eine Prüfung der Eigenschaften des LWL-Stromsensors durchgeführt wird

3.2

externes Magnetfeld

Magnetfeld, das an einem beliebigen anderen Ort erzeugt wird als dem Leiter, durch den der mit einem optischen Stromsensor zu messende Strom fließt

3.3

Faraday-Effekt

zirkulare Doppelbrechung, die entsteht, wenn ein externes Magnetfeld auf ein Material einwirkt

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Faraday-Effekt ist eine Art magnetooptischer Effekt. Magnetooptischer Effekt ist ein allgemeiner Begriff, der die Wirkung eines Magnetfeldes auf die optischen Eigenschaften von Partikeln oder Kristallen bezeichnet. Neben dem Faraday-Effekt gibt es weitere magnetooptische Effekte wie den Zeeman-Effekt, die magnetische Doppelbrechung, den magnetischen Zirkulardichroismus, den magnetischen Kerr-Effekt und die magneto-oszillatorische Absorption.

3.4

Faraday-Element

optisches Element zur Erfassung des Faraday-Effekts

3.5**Intensitätsmodulationsverfahren**

Verfahren zum Umwandeln der Drehung einer Polarisationssebene in Lichtintensität und Erzeugen eines optischen Signals, das dem zu messenden Strom entspricht, indem Licht zuerst durch ein Sensorelement und dann durch ein Polarisationsstrennelement in einem optischen Stromsensor geleitet wird

3.6**interferometrisches Verfahren**

Verfahren zum Erzeugen eines optischen Signals, das dem von einem optischen Stromsensor zu messenden Strom entspricht, durch Umwandeln des links- und rechtsdrehenden zirkular polarisierten Lichts, das durch das Faradaysche Element hindurchläuft, in die gleiche Polarisation, dann gegenseitige Beeinflussung, um das polarisierte Licht in die Lichtintensität umzuwandeln

3.7**höchster messbarer Strom**

höchster messbarer Wert des zu messenden Stroms durch einen optischen Stromsensor

3.8**höchste messbare Frequenz**

höchste messbare Frequenz des zu messenden Stroms durch einen optischen Stromsensor

3.9**niedrigste messbare Frequenz**

niedrigste messbare Frequenz des zu messenden Stroms durch einen optischen Stromsensor

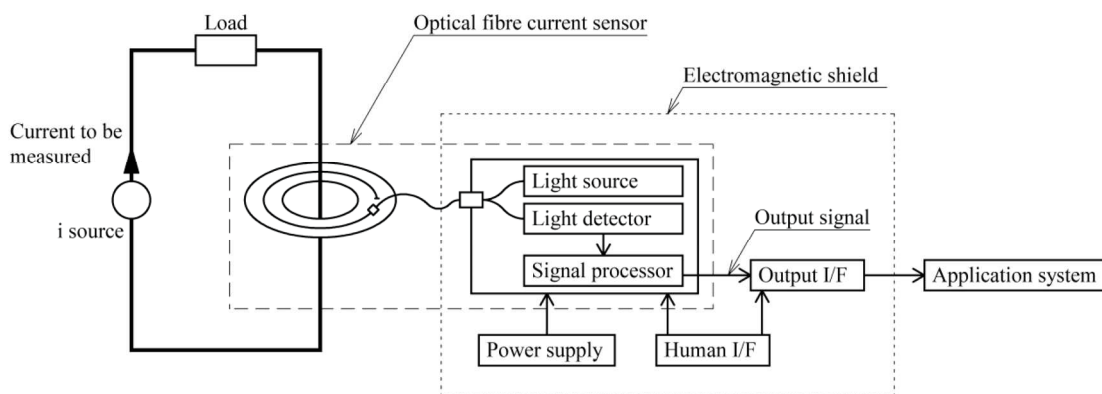
3.10**Betriebstemperaturbereich**

Temperaturbereich, innerhalb dessen ein optischer Stromsensor die definierten Leistungen erfüllen muss

3.11**optischer Stromsensor**

Teil, Modul, Unterbaugruppe, Baugruppe oder Ausrüstung, deren Aufgabe es ist, den Strom mittels optischer Technologie zu messen

Anmerkung 1 zum Begriff: Optische Stromsensoren werden häufig mit Stromversorgungen, Bedienerschnittstelle und elektromagnetischen Schirmen verwendet, wie in Bild 1 dargestellt. Das Ausgangssignal wird in einer von der Ausgangsschnittstelle geforderten Signalf orm bereitgestellt und ein Signal an ein Anwendungssystem, wie beispielsweise ein Oszilloskop oder ein Steuerungssystem, gesendet. Ein optischer Stromsensor nach dem polarimetrischen Verfahren besteht aus dem Sensorteil, dem optischen Übertragungsteil und dem Signalverarbeitungsteil (siehe Abschnitt 4).



Text im Bild:

Englisch

Application system
Current to be measured
Electromagnetic shield
Human I/F
i source
Light detector
Light source
Load
Optical fibre current sensor
Output I/F
Output signal
Power supply
Signal processor

Deutsch

Anwendungssystem
Zu messender Strom
Elektromagnetischer Schirm
Bedienerschnittstelle
Stromquelle
Lichtempfänger
Lichtquelle
Last
Faseroptischer Stromsensor
Ausgangsschnittstelle
Ausgangssignal
Stromversorgung
Signalprozessor

Bild 1 – Messsystem mit optischem Stromsensor

3.12

optischer Teil

Teil, bestehend aus Linse, Prisma, Spiegel und optischem Element, wie beispielsweise einem Phasenmodulator, in einem optischen Stromsensor

Anmerkung 1 zum Begriff: Während sich der Begriff „Sensorteil“ auf die Bauteilposition konzentriert (siehe Abschnitt 4), konzentriert sich der Begriff „optischer Teil“ auf die Materialien der Bauteile.

3.13

äußerer Leiter

Leiter, der nicht der Leiter ist, in dem der zu messende Strom in einem optischen Stromsensor fließt

3.14

Bemessungsstrom

Wert des mit einem optischen Stromsensor zu messenden Stroms, der als Grundlage für die Anzeige der Leistung in einer vorgegebenen Prüfung unter definierten Bedingungen dient

3.15

vorgegebene Anforderungen

Liste der Spezifikationen, die ein optischer Stromsensor erfüllen muss

3.16

gesponnene Lichtwellenleiter

optische Faser, die durch Drehen einer Vorform mit hoher Geschwindigkeit, im Ziehverfahren einer optischen Faser hergestellt wird

3.17

transiente Eigenschaften

Erscheinungen der Veränderung des Stromwertes, der von einem optischen Stromsensor ausgegeben wird, wenn der zu messende Strom in kurzer Zeit vom definierten Stromwert abweicht

4 Komponente eines optischen Stromsensors, der nach dem polarimetrischen Verfahren arbeitet

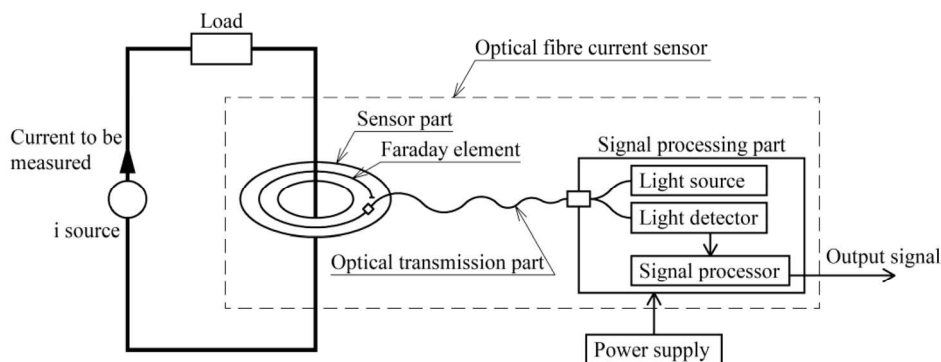
4.1 Allgemeine Beschreibungen

Bild 2 zeigt den Aufbau eines optischen Stromsensors. Um jedes Teil einer anderen Umgebung auszusetzen, konzentriert sich diese Norm auf die Position jedes Teils und unterteilt den Sensor in drei Teile.

Im optischen Stromsensor ist ein Teil eines Faraday-Elements, das sich neben dem Leiter befindet und vom Faraday-Effekt beeinflusst wird, mit einem Teil verbunden, der eine Verarbeitungsschaltung enthält, die einen Stromberechnungswert über LWL ausgibt, und jeder Teil ist im Allgemeinen einer anderen Umgebung ausgesetzt. In diesem Fall wird der Teil, in dem das Faraday-Element angeordnet und der gleichen Umgebung ausgesetzt ist, als Sensorteil bezeichnet, während der Teil, der eine Verarbeitungsschaltung zur Ausgabe des aktuellen Berechnungswerts enthält, als Signalverarbeitungsteil und der LWL, der den Sensorteil und den Signalverarbeitungsteil verbindet, als optischer Übertragungsteil bezeichnet wird. Für die spezifischen Funktionen der einzelnen Teile siehe Anhang A.

ANMERKUNG Der Sensorteil kann neben Faraday-Elementen auch Elemente zur gleichzeitigen Steuerung von Polarisation und Phase aufweisen. Der Signalverarbeitungsteil kann neben einer Lichtquelle, einer Stromversorgung und einem Lichtempfänger Elemente zur gleichzeitigen Steuerung von Polarisation und Phase aufweisen.

Zu den von einem optischen Stromsensor erwarteten Eigenschaften, siehe Anhang B. Für konstruktive Überlegungen zu einem optischen Stromsensor siehe Anhang C.



Text im Bild:

Englisch

Current to be measured
Faraday element
i source
Light detector
Light source
Load
Optical fibre current sensor
Optical transmission part
Output signal
Power supply
Sensor part
Signal processing part
Signal processor

Deutsch

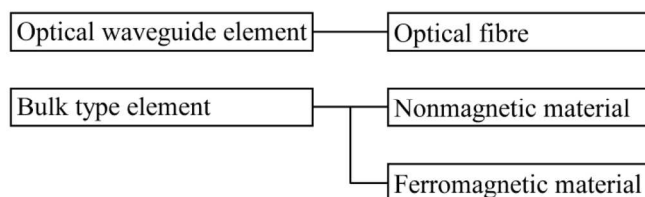
Zu messender Strom
Faraday'sches Element
Stromquelle
Lichtempfänger
Lichtquelle
Last
Faseroptischer Stromsensor
Optischer Übertragungsteil
Ausgangssignal
Stromversorgung
Sensorteil
Signalverarbeitungsteil
Signalprozessor

Bild 2 – Aufbau eines optischen Stromsensors

4.2 Einteilung von Faraday-Elementen

Die Einteilung der Faraday-Elemente ist in Bild 3 dargestellt. Als Übertragungsverfahren von Licht in einem Faradayschen Element wird ein Wellenleiter verwendet. Dies ist ein Element mit einer Wellenleiterstruktur zum Leiten von Licht durch Erzeugen einer Differenz in der Brechzahl in einem Sensor. Obwohl Lichtwellenleiter und planare Wellenleiter Möglichkeiten für den Wellenleitertyp sind, wird derzeit nur der Lichtwellenleitertyp in der Praxis eingesetzt. Der für das Faraday-Element verwendete Lichtwellenleiter wird als LWL-Sensor bezeichnet.

Es gibt auch ein diskretes Element, das Licht mit einer Linse und einem Spiegel in einen Sensor führt, ohne einen Unterschied in der Brechzahl zu nutzen. Das Element aus einem nichtmagnetischen Material und das aus einem ferromagnetischen Material werden anhand des verwendeten Elementmaterials voneinander unterschieden.

**Text im Bild:****Englisch**

Bulk type element
 Ferromagnetic material
 Nonmagnetic material
 Optical fibre
 Optical waveguide element

Deutsch

Diskretes Element
 Ferromagnetisches Material
 Nichtmagnetisches Material
 Lichtwellenleiter
 Optischer Wellenleiter

Bild 3 – Einteilung von Faraday-Elementen**5 Kenngrößenprüfung****5.1 Allgemeine Informationen**

Dieser Abschnitt legt ein charakteristisches Prüfverfahren des optischen Stromsensors fest. Die Ausgangsleistung der in 5.1 beschriebenen Lichtquelle und die Ausgangsleistung der in 5.2 beschriebenen Lichtquelle müssen zu Beginn einer Kenngrößenprüfung gemessen werden, um den normalen Betrieb der Lichtquelle und des optischen Teils zu bestätigen. Die in 5.4 beschriebenen Eingangs-/Ausgangs-(E/A)-Eigenschaften sind die Grundlage für die Prüfung. 5.5 beschreibt die Aufwärmzeit, die bei herkömmlichen Stromsensoren nicht berücksichtigt werden kann. Von 5.6 bis 5.8 wird für jeden Faktor die Festlegung der Abhängigkeit der Parameter, die für die Prüfung empfohlen wird, und der Abhängigkeit von der äußeren Umgebung im Prüfverfahren vorgenommen. 5.6 beschreibt die Strombedingung für die Gewinnung jedes Parameters. Die Liste der zu erfassenden Parameter ist in Tabelle 1 dargestellt. Für jeden Parameter ist die Anforderung (R) oder wählbare Festlegung (O) dargestellt. Die Messergebnisse werden im Prüfbericht (siehe Anhang E) für den Anwender zusammengefasst.

Tabelle 1 – Liste der zu erfassenden Parameter

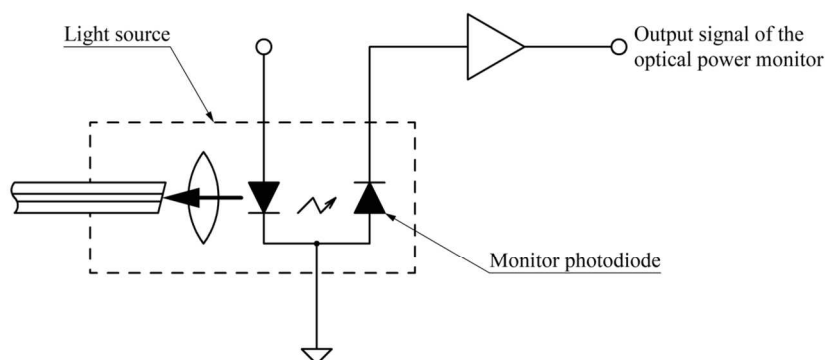
Nr.	Parameter			Anforderung oder wählbare Festlegung
1	Ausgangsleistung der Lichtquelle			R
2	Eingangsleistung des Lichtempfängers			
3	E/A-Eigenschaften			
4	Aufwärmzeit			
5	Abhängigkeit der Parameter	Abhängigkeit der Eingangsparameter	Frequenzkennlinie	R für die Typprüfung
			transiente Eigenschaften	R für die Typprüfung
		Abhängigkeit von der äußeren Umgebung	Kennlinie der Beharrungstemperatur	R für die Typprüfung O in Stückprüfung für den Sensor zur Verwendung im Freien
			Transiente Temperaturkennlinie	R für die Typprüfung O im Stückprüfung für den Sensor zur Verwendung im Freien
			Externes Magnetfeld	O
			Leiterposition	O
			Schwingung	O

5.2 Ausgangsleistung der Lichtquelle

Die Ausgangsleistung der Lichtquelle muss in einer Stückprüfung nach einem der folgenden Verfahren gemessen werden:

- Messen der Ausgangsleistung der Lichtquelle mit einem optischen Leistungsmessgerät;
- Messen des Ausgangssignals des optischen Leistungsmonitors.

Bild 4 ist ein Beispiel für den optischen Leistungsmonitor. Die Lichtquelle wird oft mit einer Fotodiode für den einsetzbaren Leistungsmonitor versehen. Durch Verstärkung des Signals der Fotodiode erhält man das Ausgangssignal für den Leistungsmonitor.



Text im Bild:

Englisch

Light source

Monitor photodiode

output signal of the optical power monitor

Deutsch

Lichtquelle

Überwachungs-Fotodiode

Ausgangssignals des optischen
Leistungsmonitors

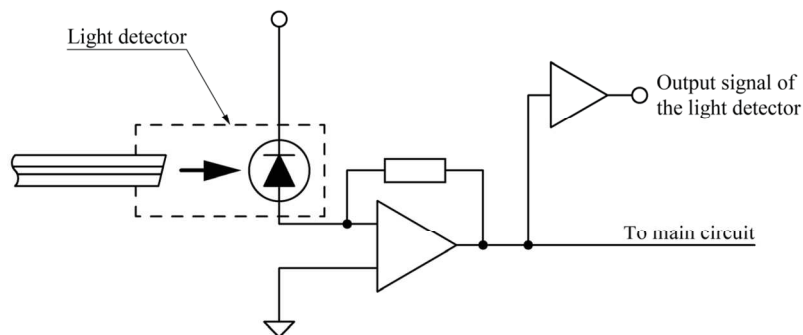
Bild 4 – Beispiel eines optischen Leistungsmonitors

5.3 Eingangsleistung des Lichtempfängers

Die Eingangsleistung des Lichtempfängers muss in einer Stückprüfung nach einem der folgenden Verfahren gemessen werden:

- Messen der Eingangsleistung des Lichtempfängers mit einem optischen Leistungsmessgerät;
- Messen des Ausgangssignals des Lichtempfängers.

So kann beispielsweise, wie in Bild 5 gezeigt, die Ausgangsgröße des Lichtempfängers verstärkt werden.

**Text im Bild:****Englisch**

Light detector
output signal of the light detector
to main circuit

Deutsch

Lichtempfänger
Ausgangssignal des Lichtempfängers
zum Hauptkreis

Bild 5 – Beispiel für die Verstärkerschaltung eines Lichtempfängers

5.4 E/A-Eigenschaften

5.4.1 Allgemeines

Die E/A-Eigenschaften sind die grundlegendsten Eigenschaften optischer Stromsensoren. Bild 6 zeigt die E/A-Eigenschaften des optischen Stromsensors an. Im Idealfall sind der zu messende Strom und der Wert der Ausgangsgröße gleich, tatsächlich tritt aber ein Fehler auf. Der Fehler wird in die folgenden drei Faktoren eingeteilt:

a) Rauschen

Nicht benötigte Ausgangssignale. Insbesondere die als Offsets bezeichneten Gleichstrom-Komponenten und das Rauschen sollten voneinander unterschieden werden. Einige Rauschanteile sind mit dem zu messenden Strom verbunden, während andere Rauschanteile es nicht sind. Daher müssen sie separat erfasst werden.

b) Änderung der Empfindlichkeit

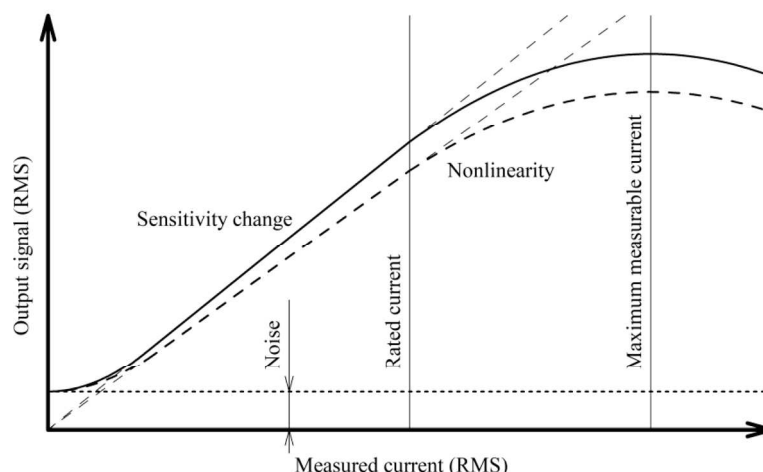
Ein Erscheinungsbild der sich ändernden Empfindlichkeit ist der Proportionalitätskoeffizient der Ausgangsgröße gegenüber der Eingangsgröße.

c) Nichtlinearität

Erscheinung, dass sich die Empfindlichkeit ändert und das Verhältnis zwischen Ausgang und Eingang von einer Geraden abweicht.

ANMERKUNG 1 Wenn ein ferromagnetisches Material als Faradaysches Element verwendet wird, tritt Nichtlinearität aufgrund der magnetischen Sättigung auf.

ANMERKUNG 2 Wenn ein nichtmagnetisches Material als Faradaysches Element verwendet wird, tritt keine Sättigungserscheinung auf. Allerdings tritt manchmal eine Nichtlinearität aufgrund des Signalverarbeitungsverfahrens auf:

**Text im Bild:****Englisch**

Maximum measurable current

Measured current (RMS)

Noise

Nonlinearity

Output signal (RMS)

Rated current

Sensitivity change

Deutsch

Maximaler zu messender Strom

Gemessener Strom (RMS)

Rauschen

Nichtlinearität

Ausgangssignal (Effektivwert)

Bemessungsstrom

Empfindlichkeitsänderung

Bild 6 – E/A-Eigenschaften eines optischen Stromsensors

Da sich der obige Fehler gegenüber den in 5.8.1 und 5.8.5 usw. vorgeschriebenen Fehlerfaktoren anders verhält, müssen die Fehler für Rauschen, Änderung der Empfindlichkeit bzw. Nichtlinearität bestimmt werden.

Wird einem optischen Stromsensor ein zu messender Strom zugeführt, der gleich oder größer als ein bestimmter Wert ist, gerät der Ausgang in Sättigung und im Allgemeinen tritt die Erscheinung der Abnahme der Ausgangsgröße auf, wie in Bild 6 dargestellt. Der Hersteller des optischen Stromsensors gibt den höchsten messbaren Strom an, der sättigungsbedingt nicht mehr gemessen werden kann und definiert diesen Wert in den Spezifikationen. Der Hersteller bestimmt auch den Bemessungsstrom als Obergrenze, bis zu der die Strommessung mit geringer Messunsicherheit ohne Beeinträchtigung durch Sättigung durchgeführt werden kann und definiert ihn in den Spezifikationen.

5.4.2 Prüfverfahren

Tabelle 2 zeigt Prüfverfahren zum Erfassen von Fehlerkomponenten, bestehend aus Rauschen, Änderung der Empfindlichkeit und Nichtlinearität des optischen Stromsensors. Die Prüfung muss nach einem Wellenform-Vergleichsverfahren unter Verwendung einer Wellenform-Aufzeichnungsvorrichtung, wie beispielsweise eines Oszilloskops, durchgeführt werden. Wenn jedoch eine Nichtlinearität von 1 % oder weniger mit einem Analogausgang geprüft wird und wenn in einem Wellenform-Aufzeichnungsgerät wie einem Oszilloskop keine ausreichende Präzision erreicht wird, kann zusätzlich zum Wellenform-Vergleich das Nullverfahren angewendet werden.

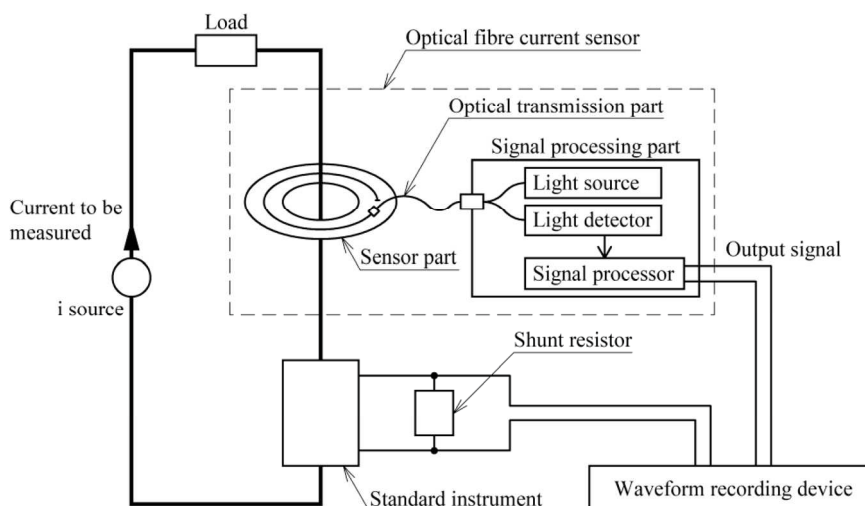
Tabelle 2 – Prüfverfahren

Punkte	Bei digitalem Ausgang	Bei analogem Ausgang	
	Allgemeine Messung	Allgemeine Messung	Hochgenaue Messung
Rauschen	Wellenform-Vergleichsverfahren	Wellenform-Vergleichsverfahren	NA ^a
Änderung der Empfindlichkeit	Wellenform-Vergleichsverfahren	Wellenform-Vergleichsverfahren	Brückenverfahren
Nichtlinearität	Wellenform-Vergleichsverfahren	Wellenform-Vergleichsverfahren	Brückenverfahren
^a nicht anwendbar			

Nachfolgend sind Beispiele für Prüfkfigurationen mit dem Wellenform-Vergleichsverfahren und dem Wechselstrom-Brückenverfahren dargestellt.

a) Wellenform-Vergleichsverfahren

Bild 7 zeigt ein Beispiel für die Prüfkfiguration der typischen Prüfung mit dem Wellenform-Vergleichsverfahren. Ein Stromwandler oder ein Messwiderstand können als Normal für den Vergleich verwendet werden. Bild 7 ist ein Beispiel mit einem Stromwandler. Der zu messende Strom und die Ausgangsgröße des optischen Stromsensors werden vom Standardgerät gemessen, und die Wellenformdaten werden in einer Wellenform-Aufzeichnungsvorrichtung wie einem Oszilloskop, einem Datenlogger usw. aufgezeichnet. Sowohl das Standardinstrument als auch das Wellenform-Aufzeichnungsgerät müssen eine ausreichende Präzision im Prüffrequenzband aufweisen. Die Daten müssen als digitale Daten aufgezeichnet werden, um Fehler und Phasendifferenz in 5.4.4 zu berechnen. Um Abtastfehler zu vermeiden, die zum Zeitpunkt der Digitalisierung auftreten, muss vor dem Wellenform-Aufzeichnungsgerät ein Anti-Alias-Filter installiert werden, der andere Signale als das Messfrequenzband des Wellenform-Aufzeichnungsgerätes ausreichend dämpft.



Text im Bild:

Englisch

Current to be measured
i source
 Light detector
 Light source
 Load
 Optical fibre current sensor
 Optical transmission part
 Output signal
 Sensor part
 Shunt resistor
 Signal processing part
 Signal processor
 Standard instrument
 Waveform recording device

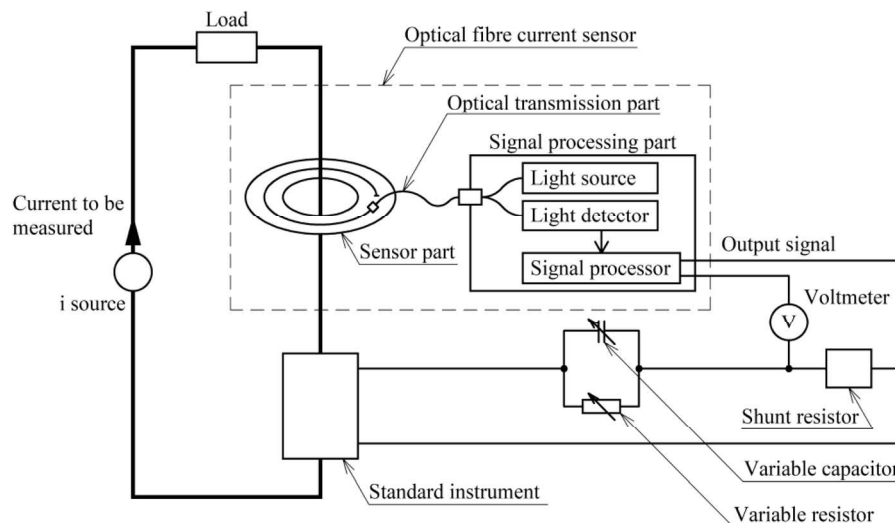
Deutsch

Zu messender Strom
 Stromquelle
 Lichtempfänger
 Lichtquelle
 Last
 Faseroptischer Stromsensor
 Optischer Übertragungsteil
 Ausgangssignal
 Sensorteil
 Messwiderstand
 Signalverarbeitungsteil
 Signalprozessor
 Standardinstrument
 Gerät zur Aufzeichnung der Wellenform

Bild 7 – Messsystem des Wellenform-Vergleichsverfahrens

b) Wechselstrom-Brückenverfahren

Bei einem Wellenform-Aufzeichnungsgerät wie einem Oszilloskop sollte bei unzureichender Präzision gleichzeitig ein Nullverfahren angewendet werden. Bild 8 zeigt ein Beispiel für eine Prüfkongfiguration mit einem optischen Stromsensor mit analogem Spannungsausgang. Ein Stromwandler oder ein Messwiderstand können als Normal für den Vergleich verwendet werden. Eine Impedanz, die zum Abgleich mit dem optischen Stromsensor verwendet wird, ist eine Kombination aus einem Normalwiderstand, einem einstellbaren Widerstand und einem einstellbaren Kondensator. Eine Änderung der Empfindlichkeit des optischen Stromsensors ergibt sich aus dem Gleichgewichtspunkt. Da bei diesem Verfahren nur die in 5.4.1 vorgeschriebene Änderung der Empfindlichkeit und Nichtlinearität erreicht werden kann, muss das Rauschen durch das Wellenform-Vergleichsverfahren, wie unter a) beschrieben, erfasst werden.

**Text im Bild:****Englisch**

Current to be measured
i source
 Light detector
 Light source
 Load
 Optical fibre current sensor
 Optical transmission part
 Output signal
 Sensor part
 Shunt resistor
 Signal processing part
 Signal processor
 Standard instrument
 Variable capacitor
 Variable resistor
 Voltmeter

Deutsch

Zu messender Strom
 Stromquelle
 Lichtempfänger
 Lichtquelle
 Last
 Faseroptischer Stromsensor
 Optischer Übertragungsteil
 Ausgangssignal
 Sensorteil
 Messwiderstand
 Signalverarbeitungsteil
 Signalprozessor
 Standardinstrument
 Einstellbare Kapazität
 Einstellbarer Widerstand
 Spannungsmessgerät

Bild 8 – Messsystem des Wechselstrom-Brückenverfahren**5.4.3 Prüfverfahren****5.4.3.1 Im Falle von Wechselstrom oder Wechselstrom/Gleichstrom Doppelnutzung**

Um das Rauschen, die Änderung der Empfindlichkeit und die Nichtlinearität wie in 5.4.1 beschrieben, zu verstehen, muss die Wellenform des Standardgerätes mit der Ausgangswellenform des optischen Stromsensors verglichen werden, während der zu messende Strom geändert wird. Dieser Vergleich wird mit dem nachfolgend dargestellten Stromwert in einem Bereich von dem zu messenden Strom bei Null bis zum höchsten messbaren Strom durchgeführt.

a) "0"

1) Rauschen

Die Rauschintensität sollte bei jeder Frequenz mit einer Frequenzanalysefunktion (FFT) eines Oszilloskops so weit wie möglich ermittelt werden. Insbesondere ist es sehr wahrscheinlich, dass die Frequenzkomponente des zu messenden Stroms und seine Oberschwingungen das System negativ beeinflussen.

b) rauschäquivalenter Strom und etwa der zweifache Wert von ihm

1) Trennen von mit dem Strom zusammenhängendem Rauschen und dem Rauschen, das nicht mit dem Strom in Zusammenhanghängt.

- 2) Für den Fall, dass das Rauschen I_{noise} einbezogen wird, wird die Amplitude der Wechselstromkomponente der Ausgangsgröße des optischen Stromsensors I_O durch Gleichung (1) angegeben.

$$I_O = I_{\text{signal}} + I_{\text{noise}} \quad (1)$$

Dabei ist

I_O die Amplitude der Wechselstromkomponente des Lichtwellenleiter-Stromausgangs;

I_{signal} der zu messende Strom;

I_{noise} das Rauschen.

- 3) Wenn I_{noise} nicht mit dem Strom zusammenhängt, dann kann I_{noise} aus Gleichung (1) entfallen, wenn eine ausreichende Messzeit vorliegt und die Wellenform gemittelt wird und Gleichung (1) wird zu Gleichung (2).

$$I_O = I_{\text{signal}} \quad (2)$$

- c) Mehrere Punkte zwischen dem Bemessungsstrom und dem etwa zweifachen des rauschäquivalenten Stroms.

Dies ist für eine präzise Bestimmung der Änderung der Messempfindlichkeit.

- d) Mehrere Punkte zwischen dem Bemessungsstrom und dem höchsten messbaren Strom.

Dies ist für eine präzise Bestimmung der Nicht-Linearität der Messung

Beim Wellenform-Vergleichsverfahren werden die von der Wellenform-Aufzeichnungsvorrichtung erfassten Daten durch das Verfahren der kleinsten Quadrate sinusförmig angenähert, um die Amplitude und Phase zu bestimmen. Die sinusförmige Angleichung erfolgt in Gleichung (3) für den zu messenden Strom, der mit dem Standardgerät gemessen wird, und in Gleichung (4) für den optischen Stromsensorsausgang.

$$i_I = I_I \cdot \sin(\omega t + \theta_I) + I_{\text{DCI}} \quad (3)$$

Dabei ist

i_I der zu messende Strom, der mit Standardgeräten gemessen wird;

I_O die Amplitude der Wechselstromkomponente des zu messenden Stromes;

I_{DCI} die Gleichstromkomponente des zu messenden Stromes;

ω die Kreisfrequenz des zu messenden Stroms;

θ_I die Phase des zu messenden Stroms;

$$i_O = I_O \cdot \sin(\omega t + \theta_O) + I_{\text{DCO}} \quad (4)$$

Dabei ist

i_O der Ausgangsstrom des optischen Stromsensors;

I_O die Amplitude der Wechselstromkomponente der Ausgangsgröße des optischen Stromsensors;

I_{DCI} die Gleichstromkomponente der Ausgangsgröße des optischen Stromsensors;

ω die Kreisfrequenz des zu messenden Stroms (die gleich der Kreisfrequenz des optischen Stromsensors ist);

θ_O die Phase der Ausgangsgröße des optischen Stromsensors.

5.4.3.2 Im Falle von Gleichstromnutzung

Um das Rauschen, die Änderung der Empfindlichkeit und die Nichtlinearität wie in 5.4.1 beschrieben, zu verstehen, muss die Wellenform des Standardgerätes mit der Ausgangswellenform des optischen Stromsensors verglichen werden, während der zu messende Strom geändert wird. Dieser Vergleich wird wie folgt mit dem Stromwert durchgeführt.

a) "0"

Ermitteln des Offsets aus dem Mittelwert der Ausgangsgröße des optischen Stromsensors bei Nullstrom.

- 1) Mehrere Punkte zwischen dem Bemessungsstrom und dem etwa Zweifachen des rauschäquivalenten Stroms.

Dies ist für eine präzise Bestimmung der Änderung der Messempfindlichkeit.

b) Mehrere Punkte zwischen dem Bemessungsstrom und dem höchsten messbaren Strom

Dies ist für eine präzise Bestimmung der Nicht-Linearität der Messung

5.4.4 Auswertung**5.4.4.1 Im Falle von Wechselstrom oder Wechselstrom/Gleichstrom-Doppelnutzung**

Die Prüfung der Eingangs-/Ausgangs-Kennwerte muss durch Vergleich von Fehler, Phasendifferenz und Rauschen der Ausgangsgröße des optischen Stromsensors mit den vorgegebenen Anforderungen durchgeführt werden.

a) Fehler

Der Fehler sollte mit einem in Gleichung (5) definierten Fehler bezogen auf den Skalenendwert angegeben werden. Andere Darstellungsverfahren können bei Bedarf verwendet werden.

$$\varepsilon_{FS} = \frac{I_o - I_l}{I_{FS}} \quad (5)$$

Dabei ist

ε_{FS} der Fehler bezogen auf den Skalenendwert;

I_o die Amplitude der Wechselstromkomponente des zu messenden Stromes;

I_l die Amplitude der Wechselstromkomponente des optischen Stromsensorsausgangs;

I_{FS} der höchste messbaren Strom.

b) Phasendifferenz

Die Phasendifferenz δ zwischen dem zu messenden Strom und der Ausgangsgröße des optischen Stromsensors wird durch Gleichung (6) auf der Grundlage von θ_o und θ_l ermittelt, die durch Annäherung an die Gleichungen (1) und (2) ermittelt werden.

$$\delta = \theta_o - \theta_l \quad (6)$$

Dabei ist

θ_o die Phase des optischen Lichtwellenleiter-Stromausgangs;

θ_l die Phase des zu messenden Stroms.

c) Rauschen

Der Effektivwert der Ausgangsgröße des optischen Stromsensors, der bei einem zu messenden Nullstrom ausgegeben wird, ist definiert als das äquivalente Eingangsrauschen.

Die Eigenschaften des verwendeten Anti-Alias-Filters müssen im Prüfbericht angegeben werden.

5.4.4.2 Im Falle von Gleichstromnutzung

Die Prüfung der Ein-/Ausgangscharakteristik muss durch Vergleich des Fehlers der Ausgangsgröße des optischen Stromsensors mit den vorgegebenen Anforderungen durchgeführt werden.

a) Fehler

Die Fehler sollten mit einem in Gleichung (7) definierten Fehler bezogen auf den Skalenendwert angegeben werden. Andere Darstellungsverfahren dürfen bei Bedarf verwendet werden.

$$\varepsilon_{FS} = \frac{I_{ODC} - I_{IDC}}{I_{FS}} \quad (7)$$

Dabei ist

- ε_{FS} der Fehler bezogen auf den Skalenendwert
- I_{IDC} der Mittelwert des zu messenden Stroms;
- I_{ODC} der Mittelwert des Lichtwellenleiter-Ausgangsstroms;
- I_{FS} der höchste messbare Strom

5.5 Aufwärmzeit

5.5.1 Allgemeines

Der optische Stromsensor erfüllt die geforderten Eigenschaften erst nach Ablauf einer bestimmten Zeitspanne nach dem Einschalten der Stromversorgung. Aus diesem Grund ist die Aufwärmzeit in der vorgegebenen Anforderung des optischen Stromsensors beschrieben, die eindeutig anzeigt, dass die geforderte Leistung erst nach Ablauf dieser Zeit erbracht wird.

5.5.2 Prüfverfahren

Bei Nullstrom und dem Bemessungsstrom als zu messendem Strom wird die Stromquelle des optischen Stromsensors eingeschaltet und die Ausgangsgröße des optischen Stromsensors nach Ablauf der Anwärmzeit geprüft.

5.5.3 Auswertung

Die Aufwärmzeitprüfung wird durchgeführt, indem der Fehler und die Phase der Ausgangsgröße des optischen Stromsensors mit den vorgegebenen Anforderungen verglichen werden.

5.6 Strombedingungen für die Erlangung der einzelnen Parameter

Tabelle 3 – Strombedingungen für die Erlangung der einzelnen Parameter

Punkte	Eigenschaften	Ausgangsgröße des optischen Stromsensors bei Nullstrom	Empfindlichkeit und Phase bei Bemessungsstrom	Empfindlichkeit und Phase bei höchstem messbaren Strom	Abschnitt der Beschreibung des Prüfverfahrens
Abhängigkeit der Eingangsparameter	Frequenzkennlinie	NA	x	x	5.7.1
	transiente Eigenschaften	NA	x	x	5.7.2
Abhängigkeit von der äußeren Umgebung	Kennlinie der Beharrungstemperatur	x	x	x	5.8.1
	Transiente Temperaturkennlinie	x	x	NA	5.8.2
	Externes Magnetfeld	x	NA	NA	5.8.3
	Leiterposition	x	NA	NA	5.8.4
	Schwingung	x	x	NA	5.8.5
ANMERKUNG 1 x zeigt an, dass eine Implementierung empfohlen wird.					
ANMERKUNG 2 NA zeigt an, dass es nicht anwendbar ist.					

5.7 Abhängigkeit der Eingangsparameter

5.7.1 Frequenzkennlinie

5.7.1.1 Allgemeines

Die Frequenzkennlinie des optischen Stromsensors hängt von jeder Frequenzkennlinie des Sensorteils, des optischen Übertragungsteils und des Signalverarbeitungsteils ab. Da die Empfindlichkeit des Sensorteils und des optischen Übertragungsteils von Gleichstrom bis zu mehreren zehn Megahertz konstant ist, stammt die Frequenzkennlinie des optischen Stromsensors hauptsächlich von dem des Signalverarbeitungsteils. Bei Verwendung eines Filters zur Beseitigung von Rauschen und/oder zur Verhinderung eines bei der Abtastung erzeugten Faltungsfehlers zeigt der Signalverarbeitungsteil eine Frequenzkennlinie in Abhängigkeit vom Band des Filters.

5.7.1.2 Prüfverfahren

Der Ausgang des Signalverarbeitungsteils wird bei Frequenzen von mehreren Messpunkten oder Dutzenden von Messpunkten von der niedrigsten messbaren Frequenz bis zur höchsten messbaren Frequenz bei einem zu messenden Konstantstrom gemessen. Der Wert des zu messenden Stroms sollte grundsätzlich beim Bemessungsstrom und dem höchsten messbaren Strom liegen. Wenn der Bemessungsstrom oder der höchste messbare Strom aufgrund von Einschränkungen des Prüfmittels nicht überschritten werden kann, muss der Wert des zu messenden Stroms auf dem Prüfbericht angegeben werden.

5.7.1.3 Auswertung

Der Frequenzgang wird bewertet, indem der Fehler und die Phase der Ausgangsgröße des Signalverarbeitungsteils mit den vorgegebenen Anforderungen verglichen wird.

5.7.2 Transiente Eigenschaften

5.7.2.1 Zweck

Die transiente Charakteristik des optischen Stromsensors gibt an, wie lange es dauert, bis der Ausgang des Signalverarbeitungsteils in den Beharrungszustand zurückkehrt, wenn der zu messende Strom abrupt ansteigt oder abfällt. Als Prüfverfahren für dieses Merkmal ist es zweckmäßig, eine Sprungantwort zu verwenden. Wie unter 5.7.1 beschrieben, verwendet der Signalverarbeitungsteil einen Tiefpassfilter und weist daher eine Ansprechverzögerung in Abhängigkeit vom Band des Filters auf, während der Sensorteil und der optische Übertragungsteil Bandbreiten von einigen zehn Megahertz oder mehr aufweisen. Aus diesem Grund müssen die transienten Eigenschaften bestimmt werden. Die zu messenden Leistungsparameter sind:

t_r	Anstiegszeit;
t_d	Verzögerungszeit
t_p	Überschwingzeit
t_s	Einschwingzeit
P_m	Überschwingbetrag

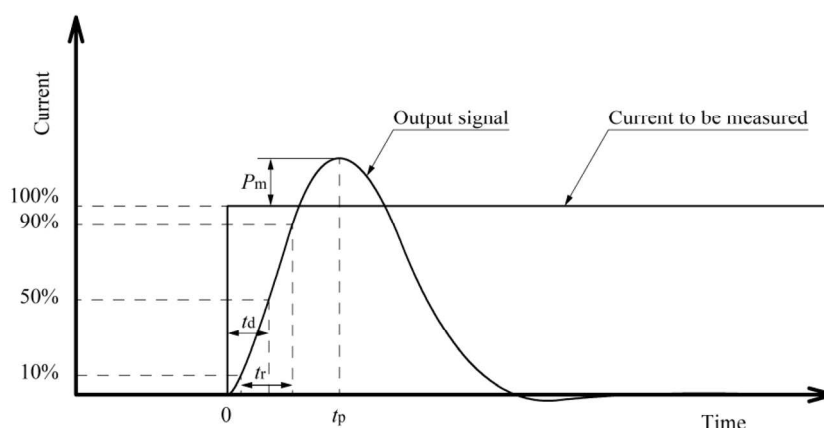
5.7.2.2 Prüfverfahren

Die transiente Kennlinien-Prüfung hat zwei Verfahren: ein zugeordnetes Wechselstromverfahren und ein duales Gleichstrom-/Wechselstromverfahren. Die transienten Eigenschaften in diesen Verfahren sind nachfolgend dargestellt.

a) zugeordnetes Wechselstromverfahren

Bild 9 zeigt transiente Eigenschaften des zugeordneten Wechselstromsystems. Wenn die Stufenwellenform in den Sensorteil eingegeben wird, steigt das Ausgangssignal des Signalverarbeitungsteils zunächst zeitlich verzögert hinter der Stufenwellenform an und konvergiert schließlich zu Null. Aus diesem

Grund müssen die transienten Eigenschaften mit der steigenden Ansprechzeit im zugeordneten Wechselstromsystem geprüft werden und die Anstiegszeit, die Verzögerungszeit, die Überschwingzeit und der Überschwingbetrag müssen gemessen werden. Die Anstiegszeit ist die Zeit, in der sich der Ausgang des Signalprozessors von 10 % auf 90 % der Stufenwelle ändert, und die Verzögerungszeit ist die Zeit, in der sich der Ausgang des Signalprozessors von 0 % auf 50 % ändert.



Text im Bild:

Englisch

Current
Current to be measured
Output signal
Time

Deutsch

Strom
Zu messender Strom
Ausgangssignal
Zeit

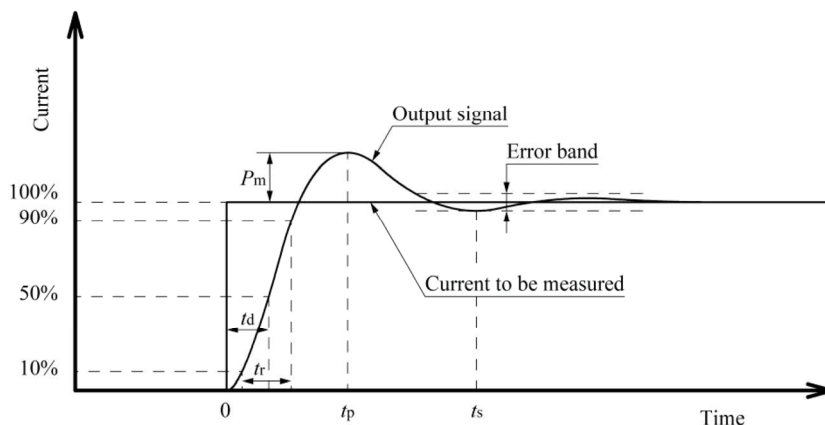
Legende

t_r Anstiegszeit;
 t_d Verzögerungszeit
 t_p Überschwingzeit
 P_m Überschwingbetrag

Bild 9 – Transienteneigenschaften des zugeordneten Wechselstromsystems

b) Gleichstrom-/Wechselstrom-Dualverfahren

Bild 10 zeigt transiente Eigenschaften des Gleichstrom-/Wechselstromsystems. Beim Gleichstrom-/Wechselstromverfahren, bei dem sowohl Gleichstrom als auch Wechselstrom gemessen werden kann, steigt bei der Eingabe eines stufen-wellenförmigen Signals in den Sensorteil das Ausgangssignal des Signalverarbeitungsteils zeitlich verzögert hinter die Stufenwellenform an und konvergiert schließlich auf den gleichen Scheitelwert, wie der des Eingangssignals. Daher müssen im Gleichstrom-/Wechselstromsystem die transienten Eigenschaften mit der steigenden Ansprechzeit und der Zeit bis zur Rückkehr in den Beharrungszustand geprüft und die Anstiegszeit, die Verzögerungszeit, die Überschwingzeit, die Einschwingzeit und der Überschwingbetrag gemessen werden. Das Verfahren zum Berechnen der Anstiegszeit und der Verzögerungszeit ist das gleiche wie beim zugeordneten Wechselstromverfahren.

**Text im Bild:****Englisch**

Current
Current to be measured
Error band
Output signal
Time

Deutsch

Strom
Zu messender Strom
Fehlerbereich
Ausgangssignal
Zeit

Legende

t_r Anstiegszeit;
 t_d Verzögerungszeit
 t_p Überschwingzeit
 t_s Einschwingzeit
 P_m Überschwingbetrag

Bild 10 – Transiente Eigenschaften des Gleichstrom-/Wechselstromsystems**5.7.2.3 Auswertung**

Die transienten Eigenschaften des optischen Stromsensors werden ausgewertet, indem die Anstiegszeit, die Verzögerungszeit, die Überschwingzeit, die Einschwingzeit und der Überschwingbetrag der Ausgangsgröße des Signalverarbeitungsteils mit dem Eingang der Stufenwellenform in den Sensorteil mit den vorgegebenen Anforderungen verglichen werden.

5.8 Abhängigkeit von der äußeren Umgebung**5.8.1 Prüfung der Kennlinie der Beharrungstemperatur****5.8.1.1 Zweck**

Um die Leistung des optischen Stromsensors innerhalb des Betriebstemperaturbereichs zu bewerten, muss eine Prüfung der Kennlinie der Beharrungstemperatur durchgeführt werden.

5.8.1.2 Zu prüfende Teile

Ändert sich die Temperatur aufgrund der Umgebung des Signalverarbeitungsteils und des Sensorteils erheblich, so müssen die Temperaturmerkmale beider Teile getrennt geprüft werden.

a) Sensorteil

Der Drehwinkel der Polarisierungsebene durch den Faradayschen Effekt hängt von der Stärke des Magnetfeldes und der Verdet-Konstante ab. Da die Verdet-Konstante eine temperaturabhängige Kon-

stante ist, wird eine Prüfung durchgeführt, um sicherzustellen, dass die vorgegebenen Anforderungen innerhalb des Betriebstemperaturbereichs erfüllt sind. Es gibt einige Fälle, in denen der Einfluss der Temperaturabhängigkeit des im optischen Teil enthaltenen optischen Elements zu groß ist, um im Vergleich zur Ausgangsgröße ignoriert zu werden.

b) Optischer Übertragungsteil

Die Prüfung wird durchgeführt, wenn die Temperaturcharakteristik im optischen Übertragungsteil die vorgegebenen Anforderungen des optischen Stromsensors beeinflussen kann. Wenn beispielsweise polarisationserhaltende Fasern für das optische Übertragungsteil angewendet werden, besteht die Befürchtung, dass das Polarisationsübersprechen unter Hoch- und/oder Tieftemperaturbedingungen zunimmt und dadurch die Leistung des optischen Stromsensors beeinträchtigt wird. Es ist wünschenswert, dass die Länge des optischen Übertragungsteils zum Zeitpunkt des praktischen Einsatzes auf den angenommenen maximalen Abstand eingestellt wird.

c) Signalverarbeitungsteil

Das Betriebsverhalten von elektrischen/elektronischen Teilen, die eine Schaltung bilden, ist temperaturabhängig. Es ist auch bekannt, dass die Lichtquelle eine Temperaturabhängigkeit der Lichtleistung und der Wellenlänge besitzt und der Lichtempfänger Dunkelstrom- und Empfindlichkeitsabhängigkeiten hat. Da das thermische Rauschen mit steigender Temperatur zunimmt, muss auf die Rauschzunahme geachtet werden, insbesondere in einer Hochtemperaturumgebung.

5.8.1.3 Prüfanordnung

Bild 11 zeigt ein Konfigurationsbeispiel für die Prüfung der Kennlinie der Beharrungstemperatur und die Prüfung der transienten Temperaturkennlinie des Sensorteils. Die Anforderungen an die Prüfmittel und -bedingungen sind wie folgt.

a) Temperaturkammer

Die Temperaturkammer hat ein Innenmaß, das das Prüfobjekt im installierten Zustand aufnehmen kann. Bei der Prüfung jedes einzelnen Sensorteils, des optischen Übertragungsteils oder des Signalverarbeitungsteils muss die Kammer eine Kabeldurchführung für den optischen Übertragungsteil und den Leiter aufweisen.

b) Prüfstrom

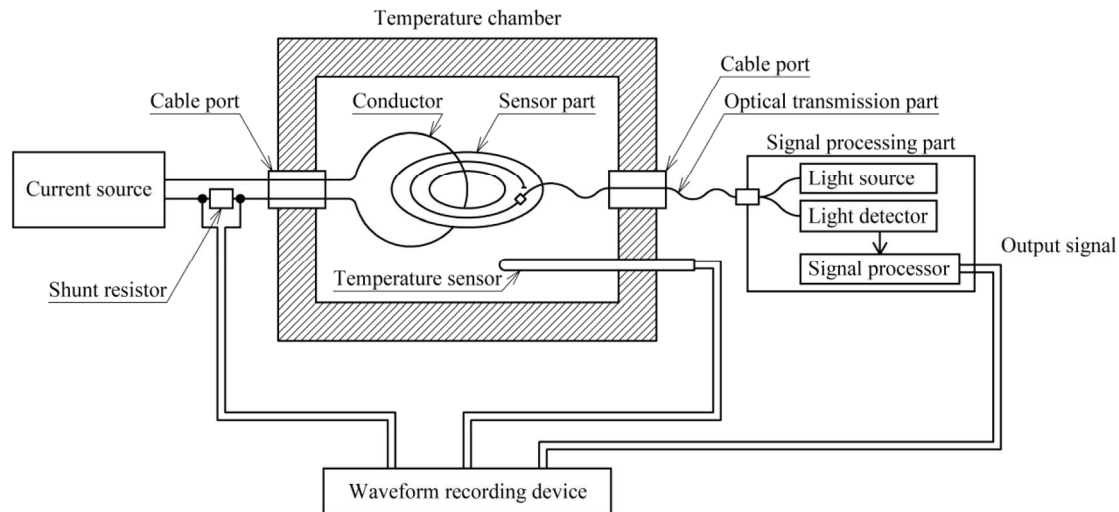
Das Sensorteil und das optische Übertragungsteil werden mit dem Bemessungsstrom betrieben. Der Signalverarbeitungsteil wird mit dem Bemessungsstrom und dem Nullstrom betrieben. Kann der Bemessungsstrom dem Leiter aufgrund von Prüfbeschränkungen nicht zugeführt werden, wird über eine Erregerspule äquivalent zum Bemessungsstrom ein Magnetfeld an das Prüfobjekt angelegt oder ein Strom, der ausreichend größer als der äquivalente Rauschpegel ist, an die Erregerspule weitergeleitet. Es wird die Einzelfrequenz angewendet, die innerhalb des in den Spezifikationen angegebenen Prüffrequenzbandes bestimmt ist. Der Prüfstromwert, die Anzahl der unter Spannung stehenden Spulenwindungen und die Prüffrequenz müssen im Prüfbericht angegeben werden.

c) Stromquelle

Es wird empfohlen, ein Konstantstrom-Netzteil zu verwenden.

d) Standard-Instrument

Es sollte ein Normalwiderstand verwendet werden. Im Allgemeinen wird ein Messwiderstand verwendet.

**Text im Bild:****Englisch**

Cable port
 Conductor
 Current source
 Light detector
 Light source
 Optical transmission part
 Output signal
 Sensor part
 Shunt resistor
 Signal processing part
 Signal processor
 Temperature chamber
 Temperature sensor
 Waveform recording device

Deutsch

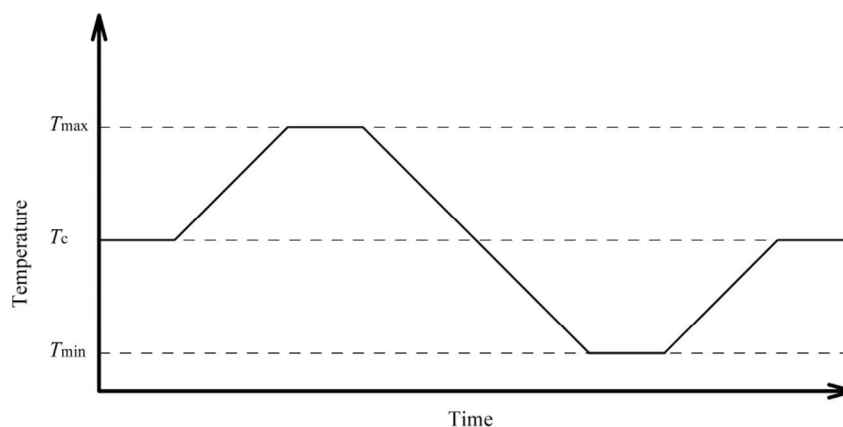
Kabeldurchführung
 Leiter
 Stromquelle
 Lichtempfänger
 Lichtquelle
 Optischer Übertragungsteil
 Ausgangssignal
 Sensorteil
 Messwiderstand
 Signalverarbeitungsteil
 Signalprozessor
 Temperaturkammer
 Temperaturfühler
 Gerät zur Aufzeichnung der Wellenform

Bild 11 – Konfigurationsbeispiel für die Prüfung der Kennlinie der Beharrungstemperatur und der transienten Temperaturkennlinie des Sensorteils

5.8.1.4 Prüfverfahren

Die Prüftemperatur muss an einem Punkt zwischen 15 °C und 35 °C liegen, der unteren und der oberen Grenze der Betriebstemperatur.

Bei Erhöhung der Prüftemperatur oder bei Bestimmung der Temperaturänderungsgeschwindigkeit ist es ratsam, dass der Nutzer den Hersteller konsultiert. Eine Temperaturänderungsgeschwindigkeit von 1 °C/min oder weniger ist anzustreben. Die Temperatur muss vor der Durchführung der Messungen länger als die thermische Zeitkonstante des Prüfkörpers konstant gehalten werden. Bild 12 zeigt ein Beispiel eines Temperaturprofils.

**Text im Bild:****Englisch**

Temperature

Time

Deutsch

Temperatur

Zeit

Legende T_c Ein Punkt zwischen 15 °C und 35 °C. T_{max} obere Grenze des Betriebstemperaturbereiches T_{min} untere Grenze des Betriebstemperaturbereiches**Bild 12 – Beispiel für ein Temperaturprofil****5.8.1.5 Auswertung**

Die Auswertung der Kennlinie der Beharrungstemperatur erfolgt durch Messen des Fehlers und der Phasendifferenz des optischen Stromsensorausgangs im Betriebstemperaturbereich und dem Vergleich des Ergebnisses mit den vorgegebenen Anforderungen.

5.8.2 Prüfung der transienten Temperaturkennlinie**5.8.2.1 Allgemeines**

Unter Umständen, unter denen sich die Umgebungstemperatur des Sensorteils ändert, wird die Temperaturverteilung der das Sensorteil bildenden Teile ungleichmäßig. Dadurch wird das polarisierte Licht durch Spannungsoptik usw. beeinflusst, was zu einer Veränderung des optischen Stromsensorausgangs führt und zu Messfehlern führen kann. Darüber hinaus besteht bei der Erweiterung der Temperaturcharakteristik des optischen Elements und der elektronischen Schaltung durch Einstellen eines Temperatursensors zur Justierung die Gefahr, dass eine Differenz zwischen dem Temperaturmesspunkt und dem optischen Element bzw. der elektronischen Schaltung entsteht, da der letzte Teil tatsächlich von der Temperatur beeinflusst wird. Wird der optische Stromsensor in einer Umgebung mit Temperaturänderungen eingesetzt, reicht es nicht aus, nur die Temperaturcharakteristik mit einer gleichmäßigen Temperaturverteilung zu prüfen. Vielmehr müssen die dynamischen Temperaturverläufe geprüft werden.

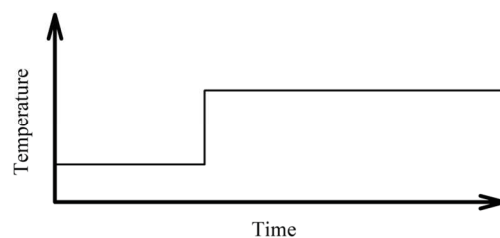
5.8.2.2 Zu prüfende Teile

Ändert sich die Umgebungstemperatur des Signalverarbeitungsteils, des Lichtübertragungsteils und des Sensorteils zu stark, um ignoriert zu werden, so müssen diese transienten Temperaturmerkmale separat gemessen werden.

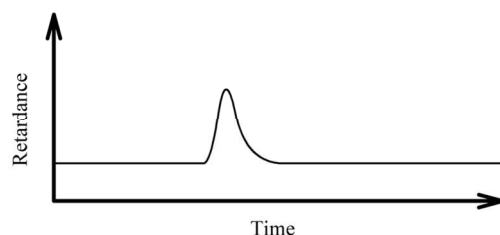
a) Sensorteil

Das mit der Erregerspule verknüpfte Sensorteil befindet sich in der Temperaturkammer. Anschließend wird die Temperaturänderungsgeschwindigkeit, die der tatsächlichen Einsatzumgebung entspricht, eingestellt und die Änderung des optischen Stromsensorausgangs gemessen. Wie in Bild 13 dargestellt,

kann bei Temperaturänderungen im Sensorabschnitt die Doppelbrechung β stark ansteigen und der Messfehler größer werden als im stationären Zustand der Doppelbrechung.



a) Temperaturänderung



b) Änderung der Doppelbrechung

Text im Bild:

Englisch

Retardance
Temperature
Time

Deutsch

Verzögerung
Temperatur
Zeit

Bild 13 – Änderung der Doppelbrechung bei Temperaturänderung

b) Lichtübertragungsteil

Dieses Teil wird geprüft, wenn ein polarisationserhaltender Lichtwellenleiter oder ein gesponnener Lichtwellenleiter für das optische Übertragungsteil verwendet wird.

c) Signalverarbeitungsteil

Dieser Teil wird geprüft, ob er eine Einstellfunktion gegen Umgebungstemperaturänderungen besitzt.

5.8.2.3 Prüfanordnung

Bild 11 zeigt ein Konfigurationsbeispiel für die Prüfung der Kennlinie der Beharrungstemperatur und die Prüfung der transienten Temperaturkennlinie des Sensorteils. Die Anforderungen an die Prüfmittel und -bedingungen sind wie folgt.

a) Temperaturkammer

Die Temperaturkammer hat ein Innenmaß, das das Prüfobjekt im installierten Zustand aufnehmen kann. Insbesondere wenn eine steile Temperaturänderung erforderlich ist, sollte sie eine Zweibad-Thermoschockvorrichtung verwenden, aber auch eine Eintank-Thermoschockvorrichtung kann zulässig sein, wenn eine ausreichende Temperaturänderung erreicht wird. Bei der Prüfung aller Sensorteile, des optischen Übertragungsteils oder des Signalverarbeitungsteils muss die Kammer eine Kabeldurchführung für die Lichtübertragungsstrecke und den Leiter aufweisen.

b) Prüfstrom

Der Sensorteil und der optische Übertragungsteil werden mit dem Bemessungsstrom betrieben. Der Signalverarbeitungsteil wird mit dem Bemessungsstrom und dem Nullstrom betrieben. Kann der Bemessungsstrom dem Leiter aufgrund von Prüfbeschränkungen nicht zugeführt werden, wird über eine Erregerspule äquivalent zum Bemessungsstrom ein Magnetfeld an das Prüfobjekt angelegt oder ein Strom, der ausreichend größer als der äquivalente Rauschpegel ist, an die Erregerspule weitergeleitet. Es wird die Einzelfrequenz angewendet, die innerhalb des in den Spezifikationen angegebenen Prüffrequenz-

bandes festgelegt ist. Der Prüfstromwert, die Anzahl der unter Spannung stehenden Spulenwindungen und die Prüffrequenz müssen im Prüfbericht angegeben werden.

c) Stromquelle

Es wird empfohlen, ein Konstantstrom-Netzteil zu verwenden.

d) Standard-Instrument

Es wird empfohlen, einen Normalwiderstand zu verwenden. Im Allgemeinen wird ein Messwiderstand verwendet.

5.8.2.4 Prüfverfahren

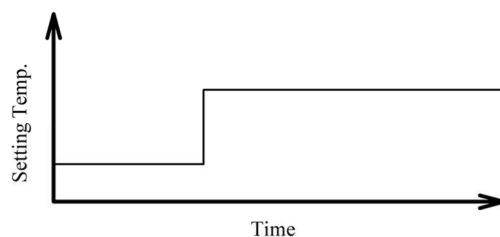
Die Prüfung wird an der oberen und unteren Grenze des Betriebstemperaturbereichs durchgeführt.

Die Temperaturänderungsgeschwindigkeit muss höher sein als die unter den tatsächlichen Bedingungen angenommene.

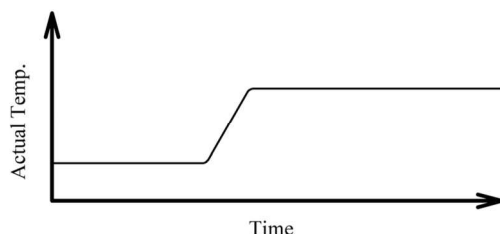
Die Prüftemperatur muss den folgenden vier Punkten entsprechen. Eine gegebenenfalls zusätzliche Prüftemperatur muss nach Absprache zwischen dem Hersteller und dem Anwender festgelegt werden.

- a) Von einem beliebigen Punkt zwischen 15 °C und 35 °C bis zur Obergrenze des Betriebstemperaturbereichs.
- b) Von einem beliebigen Punkt zwischen 15 °C und 35 °C bis zur unteren Grenze des Betriebstemperaturbereichs.
- c) Von der Obergrenze des Betriebstemperaturbereichs bis zu einem beliebigen Punkt zwischen 15 °C und 35 °C.
- d) Von der unteren Grenze des Betriebstemperaturbereichs bis zu einem beliebigen Punkt zwischen 15 °C und 35 °C.

Die Prüftemperatur muss während eines bestimmten Zeitraums auf einem bestimmten Niveau gehalten werden, um eine stabile Temperatur in der Temperaturkammer vor und nach der Temperaturänderung zu halten. Der Ausgang des optischen Stromsensors wird kontinuierlich gemessen, von einer Zeit, in der die Temperatur des Prüfobjekts vor der Temperaturänderung vollständig stabil ist, bis zu einer Zeit, in der die Temperatur des Prüfobjekts nach der Temperaturänderung vollständig stabil ist. Bild 14 zeigt ein Beispiel für ein Temperaturprogramm.



a) Soll-Temperatur



b) Ist-Temperatur

Text im Bild:**Englisch**

Actual temp.
Setting temp.
Time

Deutsch

Aktuelle Temperatur
Eingestellte Temperatur
Zeit

Bild 14 – Beispiel für ein Temperaturprogramm**5.8.2.5 Auswertung**

Die Auswertung muss durch Messen des Fehlers und der Phasendifferenz des Ausgangswertes des optischen Stromsensors bei der Temperaturänderung im Betriebstemperaturbereich und Vergleichen des Ergebnisses mit den vorgegebenen Anforderungen erfolgen.

5.8.3 Prüfung des externen Magnetfelds**5.8.3.1 Zweck**

Da der optische Stromsensor den Strom durch das Magnetfeld misst, das der zu messende Strom durch den Leiter erzeugt, sollte der Einfluss des externen Magnetfeldes berücksichtigt werden. Insbesondere wenn die geschlossene Schleife des Faradayschen Elements unvollständig ist und die Doppelbrechung des LWL-Sensors nicht gleichmäßig ist, tritt ein Fehler durch den Einfluss des externen Magnetfeldes auf. Die häufigste Ursache für das externe Magnetfeld ist ein in der Nähe befindlicher stromführender Leiter. Insbesondere je näher der stromführende Leiter an der Grenze zwischen dem Faraday-Element des Sorterteils und dem optischen Übertragungsteil platziert ist, desto mehr Fehler werden auftreten. Aus diesem Grund muss eine Prüfung durchgeführt werden, um den Einfluss des externen Magnetfeldes zu ermitteln, indem der Strom an der Außenseite der geschlossenen Schleife geführt wird, unter der Bedingung, dass kein zu messender Strom fließt.

Die Theorie zur Abschätzung des Einflusses des externen Magnetfeldes auf den optischen Stromsensor ist in Anhang D beschrieben.

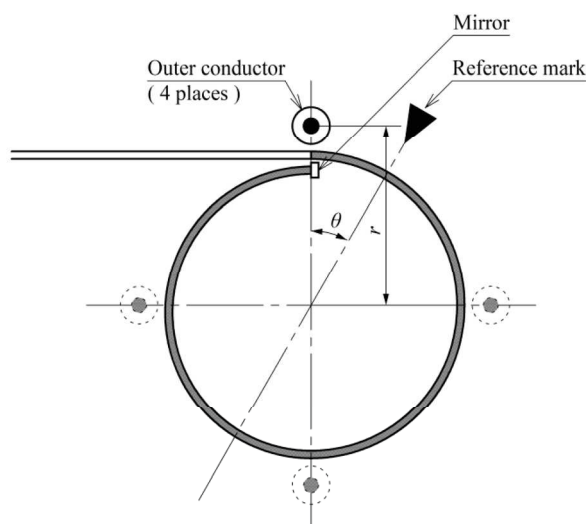
5.8.3.2 Prüfverfahren

Bild 15 zeigt die Position des äußeren Leiters bei der Prüfung des externen Magnetfeldes an, wenn das Faraday-Element ein Lichtwellenleiter ist. Zur Aufzeichnung der Position des Leiters während der Prüfung zeigt der optische Stromsensor den Referenzpunkt der Winkelmessung an. Ein äußerer Leiter wird außerhalb

der geschlossenen Schleife des LWL-Sensors platziert und die Ausgangsgröße des optischen Stromsensors gemessen. Die folgenden Messwerte müssen in den Prüfbericht aufgenommen werden:

- Die Entfernung (r) zwischen der Mitte (x) der geschlossenen Schleife und dem äußeren Leiter.
- Der Winkel (θ) zwischen der Geraden, die die Mitte der geschlossenen Schleife mit der Rotationsreferenz und der Position des äußeren Leiters verbindet.
- Der durch den äußeren Leiter fließende Stromwert

θ wird an vier Punkten in jedem 90°-Winkel gemessen.



Text im Bild:

Englisch

Mirror

Outer conductor (4 places)

Reference mark

Deutsch

Spiegel

Äußerer Leiter (an 4 Positionen)

Referenzmarke

Bild 15 – Position des äußeren Leiters bei der Prüfung des externen Magnetfeldes, wenn das Faraday-Element ein Lichtwellenleiter ist

5.8.3.3 Auswertung

Der Einfluss des externen Magnetfeldes des optischen Stromsensors muss bewertet werden, indem die Ausgangsgröße des optischen Stromsensors gemessen wird, ohne den zu messenden Strom zu überschreiten, und das Ergebnis mit der vorgegebenen Anforderung verglichen wird.

5.8.4 Prüfung der Leiterposition

5.8.4.1 Zweck

Die Prüfung der Leiterposition wird durchgeführt, da die Stromausgangsgröße des optischen Stromsensors von der relativen Position des optischen Stromsensors zu einem Leiter abhängen kann.

5.8.4.2 Prüfverfahren

Sofern nicht anders angegeben, ist die Grundposition des Leiters die Mitte der geschlossenen Schleife des Lichtwellenleiters für die Stromerfassung. Je nach Anwendung sollte bei Bedarf auch die Wirkung für den Fall geprüft werden, dass der Leiter nicht in der Mitte der geschlossenen Schleife positioniert ist. Bild 16 zeigt die Position des Leiters bei der Prüfung der Leiterposition für den Fall, dass das Faraday-Element ein Lichtwellenleiter ist. Zur Aufzeichnung der Position des Leiters während der Prüfung zeigt der optische Strom-