

DIN EN 12977-5



ICS 27.160

Entwurf

Einsprüche bis 2016-09-22
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 12977-5:2012-06

**Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile –
Kundenspezifisch gefertigte Anlagen –
Teil 5: Prüfverfahren für die Regeleinrichtungen;
Deutsche und Englische Fassung FprEN 12977-5:2016**

Thermal solar systems and components –
Custom built systems –
Part 5: Performance test methods for control equipment;
German and English version FprEN 12977-5:2016

Installations solaires thermiques et leurs composants –
Installations assemblées à façon –
Partie 5: Méthodes d'essai de performances des systèmes de régulation;
Version allemande et anglaise FprEN 12977-5:2016

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-07-22 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 des 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 nhrs@din.de 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 den DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik sowie deren Sicherheit (NHRs), 10772 Berlin, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

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 97 Seiten

DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik sowie deren Sicherheit (NHRs)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (FprEN 12977-5:2016) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 312 „Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile“ erarbeitet, dessen Sekretariat von ELOT (Griechenland) gehalten wird.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NA 041-01-56 AA „Solaranlagen (SpA CEN/TC 312 und ISO/TC 180)“ im DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumlufttechnik (NHRS) verantwortlich.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung der FprEN 12977-5 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 12977-5:2012-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Norm wurde an das Mandat M/534 angepasst;
- b) Erweiterung von 7.2.2 um die Angaben zur Genauigkeit des (der) Referenztemperaturfühler(s);
- c) Anpassung von 7.2.5.2 zur Messung der Temperatur;
- d) redaktionelle Überarbeitung der Norm.

Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile — Kundenspezifisch gefertigte Anlagen — Teil 5: Prüfverfahren für die Regeleinrichtungen

Installations solaires thermiques et leurs composants — Installations assemblées à façon — Partie 5: Méthodes d'essai de performances des systèmes de régulation

Thermal solar systems and components — Custom built systems — Part 5: Performance test methods for control equipment

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: Einstufiges Annahmeverfahren
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.8f

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	9
4 Symbole und Abkürzungen	10
5 Klassifizierung der Regler (und Regeleinrichtungen)	10
5.1 Regler	10
5.2 Messfühler	11
5.3 Stellglied	11
6 Anforderungen	12
6.1 Allgemeine Anforderungen	12
6.1.1 Grundlegende Prinzipien	12
6.1.2 Elektrische Sicherheit	12
6.1.3 Schutz vor Frostschäden	12
6.1.4 Schutz gegen Verbrühen	12
6.1.5 Hochtemperaturschutz für Werkstoffe und Bauteile	13
6.1.6 Blitz	13
6.2 Regler, Systemuhren, Zeitgeber und Zähler	13
6.2.1 Allgemeines	13
6.2.2 Anforderungen an die Genauigkeit von Reglern	13
6.2.3 Anforderungen an die Genauigkeit von Systemuhren, Zeitgebern und Zählern	13
6.3 Messfühler	14
6.3.1 Temperaturfühler	14
6.3.2 Bestrahlungsstärkesensoren	15
6.3.3 Sonstige Messfühler	16
6.4 Anzeigen	16
6.5 Stellglieder	17
6.5.1 Umwälzpumpen	17
6.5.2 Magnet- und Motorventile	17
6.5.3 Relais	18
6.6 Erstinbetriebnahme und Abnahme	18
6.7 Dokumentation	18
7 Prüfung von Messfühlern	19
7.1 Allgemeines	19
7.2 Prüfung von Temperaturfühlern	19
7.2.1 Allgemeines	19
7.2.2 Prüfeinrichtung	19
7.2.3 Installation von Temperaturfühlern	20
7.2.4 Prüfung von Temperaturfühlern auf ihre Hochtemperaturbeständigkeit	20
7.2.5 Prüfung der Genauigkeit von Temperaturfühlern	21
7.3 Prüfung von Sensoren für die solare Bestrahlungsstärke	23
7.3.1 Allgemeines	23
7.3.2 Prüfeinrichtung	24

7.3.3	Installation von Temperaturfühlern	24
7.3.4	Prüfung des Widerstandes von Sensoren gegen extreme Betriebsbedingungen	24
7.3.5	Prüfung der Genauigkeit von Sensoren für die solare Bestrahlungsstärke	27
7.4	Prüfung weiterer Messfühler und zugehöriger Bauteile	28
8	Prüfung von Systemuhren, Zeitgebern und Zählern	29
8.1	Allgemeines	29
8.2	Prüfeinrichtung	29
8.3	Installation von Systemuhren, Zeitgebern und Zählern	29
8.4	Prüfverfahren	29
8.5	Datenverarbeitung und Auswertung	30
8.5.1	Allgemeines	30
8.5.2	Systemuhren und Zeitgeber	30
8.5.3	Zähler	31
9	Funktionsprüfung von einfachen Differenzthermostaten	31
9.1	Allgemeines	31
9.2	Prüfeinrichtung	31
9.2.1	Allgemeines	31
9.2.2	Schalteneinrichtung mit variablen Widerständen	31
9.2.3	Ansatz bei der Verwendung einer Temperiereinrichtung bzw. von Kalibriertthermostaten oder Kalibrierbädern	32
9.2.4	Verwendung eines Eingabe-/Ausgabe-Emulators	32
9.3	Installation von Differenzthermostaten und/oder Messfühlern	33
9.3.1	Allgemeines	33
9.3.2	Differenzthermostate	33
9.3.3	Messfühler	33
9.4	Prüfverfahren	33
9.4.1	Allgemeines	33
9.4.2	Prüfverfahren mit einer Schalteneinrichtung mit variablen Widerständen	33
9.4.3	Prüfverfahren bei Verwendung von Temperiereinrichtungen, Kalibriertthermostaten oder Kalibrierbädern	34
10	Funktionsprüfung von Multifunktionsreglern	35
10.1	Allgemeines	35
10.2	Kurzbeschreibung der Prüfung von Multifunktionsreglern	36
10.3	Geistiges Eigentum des Herstellers	36
10.4	Prüfeinrichtung für die Prüfung von Multifunktionsreglern	36
10.4.1	Allgemeines	36
10.4.2	Anforderungen an die Nachbildung von Temperaturfühlern	37
10.4.3	Anforderungen an die Aufzeichnung des Regleransprechverhaltens	37
10.4.4	Prüfeinrichtung mit Eingabe-/Ausgabe-Emulator	37
10.5	Vorbereitende Schritte für den Einsatz einer Prüfeinrichtung mit Eingabe-/Ausgabe- Emulator	38
10.5.1	Allgemeines	38
10.5.2	Anpassung des Eingabe-/Ausgabe-Emulators und der Prüf-/Messgeräte	39
10.5.3	Verdrahtung von Regler, Eingabe-/Ausgabe-Emulator und Prüfstandrechner	39
10.5.4	Einstellung der Reglerparameter	40
10.5.5	Kalibrierung des Eingabe-/Ausgabe-Emulators	40
10.6	Prüfverfahren	41
10.6.1	Allgemeines	41
10.6.2	Prüfabläufe	41
10.7	Datenerfassung und -verarbeitung	43
10.7.1	Allgemeines	43
10.7.2	Datenerfassung	43
10.7.3	Datenverarbeitung	44
11	Prüfung von Stellgliedern und zusätzlichen Regeleinrichtungen	44

11.1	Allgemeines	44
11.2	Bestimmung des Stromverbrauchs von Stellgliedern und weiteren Bauteilen	44
11.3	Messung der elektrischen Leistung von Pumpen mit veränderlichem Stromverbrauch	45
12	Dokumentation	45
12.1	Allgemeines	45
12.2	Allgemeine Angaben	45
12.3	Kennzeichnung	45
12.4	Informationen für den Installateur zu Zusammenbau und Installation	46
12.5	Informationen für den Betreiber zu Betrieb und Wartung	46
13	Prüfbericht	46
Anhang A (informativ) Prüfung der Abhängigkeit der Regeleinrichtung von der Versorgungsspannung		48
A.1	Allgemeines	48
A.2	Prüfeinrichtung	48
A.3	Prüfverfahren	49
A.4	Datenverarbeitung	49
Literaturhinweise		50

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (FprEN 12977-5:2016) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 312 „Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom ELÖT gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zum einstufigen Annahmeverfahren vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 12977-5:2012 ersetzen.

Dieses Dokument wurde unter dem Mandat M/534 „Standardisierungsanfrage an die Europäischen Standardisierungsorganisationen gemäß Artikel 10(1) der Verordnung (EU) Nr. 1025/2012 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Unterstützung der Umsetzung der Kommissionsverordnung (EU) Nr. 814/2013 vom 2. August 2013, die die Richtlinie 2009/125/EC des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich der Anforderungen für umweltgerechte Gestaltung für Wassererwärmer und Warmwasserspeicher und der delegierten Verordnung der Kommission (EU) Nr. 812/2013 vom 18. Februar 2013 erfüllt zur Ergänzung der Richtlinie 2010/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich der Energiekennzeichnung von Wassererwärmern, Warmwasserspeicher und Verpackungen von Wassererwärmern und Solargeräten“ erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben.

EN 12977 besteht aktuell aus folgenden Teilen:

- *Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile — Kundenspezifisch gefertigte Anlagen — Teil 1: Allgemeine Anforderungen an Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung und solare Kombianlagen;*
- *Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile — Kundenspezifisch gefertigte Anlagen — Teil 2: Prüfverfahren für solarbetriebene Warmwasserbereiter und Kombinationssysteme;*
- *Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile — Kundenspezifisch gefertigte Anlagen — Teil 3: Leistungsprüfung von Warmwasserspeichern für Solaranlagen;*
- *Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile — Kundenspezifisch gefertigte Anlagen — Teil 4: Leistungsprüfung von Warmwasserspeichern für Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung und Raumheizung (Kombispeicher);*
- *Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile — Kundenspezifisch gefertigte Anlagen — Teil 5: Prüfverfahren für die Regeleinrichtungen.*

Einleitung

Ein Hauptzweck dieses Dokuments besteht darin, festzulegen, auf welche Weise zu überprüfen ist, dass das Verhalten eines Reglers in Verbindung mit den dazugehörigen Einrichtungen (z. B. Messfühler, Pumpen und sonstige Stellglieder) dem beabsichtigten Verhalten entspricht. Darüber hinaus wird die Funktionsprüfung von Differenzthermostaten und sogenannten „Multifunktionsreglern“ beschrieben, um Ein- und Ausschalt-Temperaturdifferenzen sowie Regelalgorithmen, wenn sie abhängig von Temperaturdifferenzen, Temperaturniveaus oder Betriebsbedingungen der Anlage sind, zu bestimmen. Für alle Funktionen und Betriebsvorgänge sollte geprüft und dokumentiert werden, ob der Regler und das Reglerzubehör der vom Hersteller zur Verfügung gestellten Anleitung entsprechen.

Zusätzlich sollte die Fähigkeit aller Messfühler, extremen Betriebsbedingungen zu widerstehen, und die durch extreme Betriebsbedingungen verursachten Veränderungen in Bezug auf die Genauigkeit der Fühler geprüft werden. Der Energieverbrauch des Reglers und der dazugehörigen Regeleinrichtung, z. B. der Stellglieder, sollte dokumentiert werden. Wenn die Energieversorgung nicht aus dem Stromnetz erfolgt, sondern z. B. durch photovoltaische Pumpen, sollte dies dokumentiert werden.

Vorhersagen zur Leistungsfähigkeit der zu der Regeleinrichtung gehörenden Anlage sind zu berücksichtigen. Für die Bestimmung der Kennwerte entsprechend des CTSS-Verfahrens nach den Festlegungen von FprEN 12977-2:2016 ist eine genaue Untersuchung aller relevanten Algorithmen, Merkmale und Kennwerte, die die Anlage regeln, erforderlich.

In FprEN 12977-5:2016 sind die am häufigsten eingesetzten Regeleinrichtungen für solare Heizungsanlagen beschrieben. Für Regeleinrichtungen, die bei solaren Heizungsanlagen oder Zusatzheizungen, sofern diese Bestandteile der Anlage sind, eher selten zum Einsatz kommen, sollten die dazugehörigen Normen angewendet werden.

Im Hinblick auf mögliche gesundheits- oder lebensgefährdende Auswirkungen der von FprEN 12977-5:2016 abgedeckten Produkte (z. B. Beeinträchtigung der Trinkwasserqualität) sollte beachtet werden, dass:

- dieses Dokument keine Angaben dazu enthält, ob das Produkt ohne Einschränkung in allen Mitgliedsstaaten der EU oder der EFTA verwendet werden darf;
- bis zur Übernahme verifizierbarer europäischer Kriterien die bestehenden nationalen Vorschriften zur Verwendung und/oder zu den Eigenschaften dieses Produkts in Kraft bleiben.

Die Normen FprEN 12976-1:2016 und FprEN 12976-2:2016 sowie FprEN 12977-1:2016, FprEN 12977-2:2016, FprEN 12977-3:2016 und FprEN 12977-4:2016 unterscheiden zwei Kategorien von solaren Heizungsanlagen:

- 1) vorgefertigte solare Heizungsanlagen;
- 2) kundenspezifisch gefertigte solare Heizungsanlagen.

Wie in FprEN 12977-1:2016 festgelegt, ist die Klassifizierung von Anlagen als vorgefertigt oder kundenspezifisch gefertigt dem Endlieferanten freigestellt.

Die kundenspezifisch gefertigten solaren Heizungsanlagen werden wiederum in zwei Kategorien eingeteilt:

- a) große kundenspezifisch gefertigte Anlagen, die einzeln für eine spezifische Situation entworfen werden.
- b) kleine kundenspezifisch gefertigte Anlagen, die von einer Firma angeboten werden und die in einer sogenannten Sortimentliste beschrieben sind, in der sämtliche Bauteile und alle möglichen Anlagevarianten angegeben sind, die von der Firma gehandelt werden.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt Prüfverfahren für die Beschreibung der Leistung von Regeleinrichtungen fest. Darüber hinaus enthält das vorliegende Dokument Anforderungen an die Genauigkeit, die Dauerhaftigkeit und die Zuverlässigkeit von Regeleinrichtungen.

Die in dem vorliegenden Dokument beschriebenen Prüfungen sind auf die vom Endlieferanten mit der oder für die Anlage gelieferten elektrisch betriebenen Bauteile begrenzt. Für die Anwendung des vorliegenden Dokuments sind Regler, Reglerzubehör und Regeleinrichtungen für solare Heizungsanlagen und Zusatzheizungen, sofern diese Bestandteil der Anlage sind, auf folgende beschränkt:

- a) Regler, wie z. B.:
 - 1) Systemuhren, Zeitgeber und Zähler
 - 2) Differenzthermostate
 - 3) Multifunktionsregler
- b) Messfühler, wie z. B.:
 - 1) Temperaturfühler
 - 2) Bestrahlungsstärkesensoren (für kurzwellige Strahlung)
 - 3) Drucksensoren
 - 4) Niveausensoren
 - 5) Durchflussmesser
 - 6) Wärmemengenzähler
- c) Stellglieder, wie z. B.:
 - 1) Pumpen
 - 2) Magnet- und Motorventile
 - 3) Relais
- d) Kombinationen der vorstehend aufgeführten Regler, Messfühler und Stellglieder sind eingeschlossen.

Ein weiteres Ziel der in diesem Dokument beschriebenen Verfahren besteht darin, die Regelalgorithmen zu verifizieren und in Verbindung mit der Messfühlergenauigkeit die Regelparameter zu bestimmen. Zusätzlich zur Verifizierung der Funktionsweise eines Reglers sowie des dazugehörigen Reglerzubehörs und der Stellglieder können die ermittelten Kennwerte für numerische Anlagensimulationen verwendet werden.

Elektrische Anoden sind üblicherweise nicht Bestandteil der Regeleinrichtungen und werden von diesen auch nicht geregelt oder gesteuert. Da es sich bei elektrischen Anoden jedoch um elektrische Einrichtungen handelt, werden sie im vorliegenden Dokument mit einbezogen.

Das vorliegende Dokument gilt für Regeleinrichtungen von solaren Heizungsanlagen, die zur Trinkwassererwärmung und/oder Raumheizung dienen. Für den Fall, dass die Solaranlage an eine konventionelle Heizungsanlage angeschlossen oder Bestandteil einer solchen ist, wird die Gültigkeit dieses Dokuments auf die gesamte Anlage ausgedehnt. In Verbindung mit den Normen FprEN 12976-1 und

FprEN 12976-2 sowie mit FprEN 12977-1:2016, FprEN 12977-2:2016, FprEN 12977-3:2016 und FprEN 12977-4:2016 gilt das vorliegende Dokument für

- e) vorgefertigte solare Heizungsanlagen,
- f) kleine kundenspezifisch gefertigte solare Heizungsanlagen,
- g) große kundenspezifisch gefertigte solare Heizungsanlagen,
- h) Zusatzheizeinrichtungen, die in Verbindung mit e), f) und g) eingesetzt werden.

2 Normative Verweisungen

Auf die folgenden Dokumente wird in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes normativ verwiesen, so dass sie für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich sind. 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).

EN 1151-1, *Pumpen — Kreiselpumpen — Umwälzpumpen mit elektrischer Leistungsaufnahme bis 200 W für Heizungsanlagen und Brauchwassererwärmungsanlagen für den Hausgebrauch — Teil 1: Nicht-automatische Umwälzpumpen, Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung*

FprEN 12976-1:2016, *Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile — Vorgefertigte Anlagen — Teil 1: Allgemeine Anforderungen*

FprEN 12977-1:2016, *Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile — Kundenspezifisch gefertigte Anlagen — Teil 1: Allgemeine Anforderungen an Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung und solare Kombianlagen*

EN 60255 (alle Teile), *Messrelais und Schutzeinrichtungen (IEC 60255, alle Teile)*

EN 60335-1, *Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke — Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 60335-1)*

EN 60335-2-21, *Sicherheit elektrischer Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke — Teil 2-21: Besondere Anforderungen für Wassererwärmer (Warmwasserspeicher und Warmwasserboiler) (IEC 60335-2-21)*

EN 60730 (alle Teile), *Automatische elektrische Regel- und Steuergeräte für den Hausgebrauch und ähnliche Anwendungen (IEC 60730, alle Teile)*

EN 62305-3, *Blitzschutz — Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen (IEC 62305-3)*

EN ISO 4413, *Fluidtechnik — Allgemeine Regeln und sicherheitstechnische Anforderungen an Hydraulikanlagen und deren Bauteile (ISO 4413)*

EN ISO 9488:1999, *Sonnenenergie — Vokabular (ISO 9488:1999)*

EN ISO 9806, *Solarenergie — Thermische Sonnenkollektoren — Prüfverfahren (ISO 9806)*

ISO 9060, *Solar energy — Specification and classification of instruments for measuring hemispherical solar and direct solar radiation*

ISO 15218, *Pneumatic fluid power — 3/2 solenoid valves — Mounting interface surfaces*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach FprEN 12976-1:2016, FprEN 12977-1:2016, EN ISO 9488:1999 und die folgenden Begriffe.

3.1

Stellglied

Bauteil oder Gerät, das so ausgelegt ist, dass es die aufgrund der von der Regeleinrichtung gegebenen Signale für den Betrieb einer solaren Heizungsanlage oder Zusatzheizungsanlage erforderlichen Bedienungsvorgänge ausführt

Anmerkung 1 zum Begriff: Zur Klassifizierung siehe Tabelle 3.

3.2

Sortiment der Regeleinrichtung

vollständige Liste der Bauteile (Regler, Messfühler, Stellglieder), die von einer Firma zur Regelung von solaren Heizungsanlagen, einschließlich der Regeleinrichtung der Zusatzheizung(en), falls diese Bestandteil der solaren Heizungsanlage ist (sind), angeboten werden

3.3

Regler

Gerät zur Regelung einer solaren Heizungsanlage, manchmal in Verbindung/Kombination mit einer (oder mehreren) Zusatzheizung(en)

Anmerkung 1 zum Begriff: Zur Klassifizierung siehe Tabelle 1.

3.4

Pumpe

jedes Gerät, das in der Lage ist, Flüssigkeiten umzuwälzen

3.5

Referenzgerät/-messung

Gerät oder Messung, auf das bzw. die die zu prüfende Regeleinrichtung oder die gemessenen Größen bezogen wird (werden) oder mit dem bzw. der diese verglichen werden

3.6

Messfühler

Gerät zur Messung physikalischer (oder chemischer) Größen/Eigenschaften

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei solaren Heizungsanlagen üblicherweise vor allem Messfühler für Temperatur, Bestrahlungsstärke, Durchfluss/Umwälzung, Druck und Niveau (Füllstände).

Anmerkung 2 zum Begriff: Zur Klassifizierung siehe Tabelle 2.

4 Symbole und Abkürzungen

G	hemisphärische Solarbestrahlungsstärke in der Ebene des Strahlungssensors, in Watt je Quadratmeter;
t	Zeit, in Sekunden.
v_{air}	Umgebungsluftgeschwindigkeit, in Meter durch Sekunde;
$\Delta\vartheta_{\text{hyst}}$	Hysterese, Differenz zwischen der EINSCHALT- und der AUSSCHALT-Temperaturdifferenz eines Stellgliedes, in Kelvin;
ϑ_{amb}	Umgebungslufttemperatur, in Grad Celsius;
ϑ_{max}	maximale (zulässige) Temperatur eines Temperaturfühlers, in Grad Celsius;
ϑ_{ref}	Bezugstemperatur, in Grad Celsius;
ϑ_{start}	Einschalttemperatur, z. B. einer Pumpe in einem Kollektorkreislauf, in Grad Celsius;
ϑ_{stop}	Ausschalttemperatur, z. B. einer Pumpe in einem Kollektorkreislauf, in Grad Celsius;
ϑ_{store}	Temperatur im Speicher für erwärmtes Wasser, in Grad Celsius.

5 Klassifizierung der Regler (und Regeleinrichtungen)

5.1 Regler

Geräte zur Regelung einer solaren Heizungsanlage, manchmal in Verbindung/Kombination mit Zusatzheizungen, werden nach Tabelle 1 klassifiziert.

Tabelle 1 — Klassifizierung von Reglern für solare Heizungsanlagen

	Regler
C1	Systemuhr, Zeitgeber und Zähler Zur echtzeit- oder relativzeitabhängigen Regelung des Betriebs eines oder mehrerer Stellglieder. Zeitgeber und Zähler können mit verschiedenen Arten von Messfühlern kombiniert werden und durch Überlagerung der Befehle Einfluss auf deren Verhalten nehmen. Zähler können neben Zeitintervallen auch Ereignisse oder Größen zählen oder summieren.
C2	Differenzthermostate Zur Regelung eines oder mehrerer Stellglieder in Abhängigkeit der Temperaturdifferenz zwischen zwei Temperaturfühlern. In den meisten Fällen besteht zwischen dem EIN- und AUS-Schalten eine Hysterese. Differenzregler werden manchmal mit anderen Signalen, wie z. B. den Signalen von Bestrahlungsstärkesensoren oder Druck- bzw. Niveausensoren, gekoppelt.
C3	Multifunktionsregler Regler zur Regelung eines oder mehrerer Stellglieder aufgrund von Messgrößen, die von verschiedenen Arten von Messfühlern, in Echt- oder Relativzeit und/oder nach bestimmten Regelkonzepten einschließlich der ihnen jeweils eigenen Regelalgorithmen geliefert werden. Im Sinne des vorliegenden Dokuments werden Multifunktionsregler zur Regelung und zum Betrieb von solaren Heizungsanlagen verwendet, sie können auch eine Kombination aus Trinkwassererwärmung, Raumheizung, Wärmeverteilung oder jeder Art von Zusatzheizung regeln. Multifunktionsregler können mehr als einen Differenzalgorithmus in einem Gerät verwenden oder mindestens ein Schaltvorgang wird durch mehr als nur einen einfachen Differenzalgorithmus

	Regler
	verursacht. Falls ein Gerät seine Ausgangsgröße(n) in Abhängigkeit von mehr als nur einer (Temperatur-) Differenz oder nicht nur im EIN-/AUS-Schaltmodus verändert, dann sollte ein nach einem solchen Differenzalgorithmus arbeitender Regler (Thermostat) als Multifunktionsregler behandelt werden. Wenn dies nicht der Fall ist, muss die Einheit als Differenzthermostat behandelt werden.

5.2 Messfühler

In Tabelle 2 sind typische Messfühler zusammengefasst, die für die in Tabelle 1 aufgeführten Regler verwendet werden.

Tabelle 2 — Häufig gebrauchte Messfühler für solare Heizungsanlagen

	Messfühler
S1	Temperaturfühler Erfassung der Temperaturen verschiedener Teile der Anlage. Ermittlung von Temperaturen in Verbindung mit der elektronischen Schaltung eines Reglers oder eines zugehörigen/zusätzlichen Messgerätes, z. B. in Grad Celsius.
S2	Bestrahlungsstärkesensor Instrument zur Messung der hemisphärischen solaren Bestrahlungsstärke in der Ebene des Strahlungssensors in einem Spektralbereich von etwa 0,3 µm bis 3 µm. Die zur Regelung von (solaren) Heizungsanlagen verwendeten Bestrahlungsstärkesensoren und zugehörige/zusätzliche Einrichtungen können speziell ausgeführt sein, um die jeweiligen Anforderungen an die Nutzung von Solarenergie erfüllen zu können. Für die Anwendung des vorliegenden Dokuments gehören dazu sowohl Bestrahlungsstärkesensoren mit thermoelektrischem Messfühler als auch Bestrahlungsstärkesensoren, die den photoelektrischen Effekt nutzen. Ergänzend dazu eingesetzte Photozellen oder sonstige Geräte zur Messung der solaren Bestrahlungsstärke werden als Sensoren für die solare Bestrahlungsstärke gleichwertiger Geräte behandelt.
S3	Durchflussmesser/Zirkulationsfühler Erfassung des Durchflusses/der Zirkulation eines Fluids, beide im Allgemeinen und Messung der Größe. In Verbindung mit der elektronischen Schaltung eines Reglers oder eines zugehörigen/zusätzlichen Messgerätes, Bestimmung von Volumen- und/oder Massenstrom.
S4	Drucksensor Erfassung von absoluten oder relativen Drücken. In Verbindung mit der elektronischen Schaltung eines Reglers oder eines zugehörigen/zusätzlichen Messgerätes, Bestimmung von Drücken oder Druckdifferenzen.
S5	Niveausensor Erfassung des Füllstandes eines Fluids in einem Behälter oder Speicher.
ANMERKUNG 1 Der Regler oder die zugehörigen/zusätzlichen Messgeräte müssen die Umrechnung von Messfühlersignalen in Messwerte ermöglichen, die sich als Regelkriterium für die Funktion und die Überwachung der Anlage verwenden lassen. ANMERKUNG 2 Die als Regelkriterium zu verwendenden Werte sollten von einem Regelgerät angezeigt werden oder mindestens nachträglich abrufbar sein. ANMERKUNG 3 Falls andere als die unter S1, S2, S3, S4 oder S5 aufgeführten physikalischen Größen oder Bedingungen gemessen werden, können die Verwendung der entsprechenden Messfühler und die Verarbeitung der von ihnen gelieferten Daten dennoch auf ähnliche Weise wie S1, S2, S3, S4 oder S5 erfolgen.	

5.3 Stellglied

Tabelle 3 enthält eine Auswahl der in solaren Heizungsanlagen am häufigsten verwendeten Stellglieder.

Tabelle 3 — Am häufigsten verwendete Stellglieder für solare Heizungsanlagen

	Stellglied
A1	Pumpe Einrichtung zur Umwälzung eines Wärmeübertragungsmediums und/oder von Wasser in einem System mit erzwungener Umwälzung, z. B. einem Kollektorkreislauf, einem Kreislauf für die Raumheizung bzw. -kühlung und/oder für die Trinkwassererwärmung.
A2	Magnet- und Motorventil Elektrisch betriebene Einheit, mit deren Hilfe der Durchfluss/die Zirkulation in Gang gesetzt und/oder unterbrochen wird und die zur Zusammenführung, Aufteilung und/oder Umleitung von Flüssigkeitsströmen dient.
A3	Relais/Schütz Einrichtung zum Anschluss und/oder zum Schalten elektrischer Lasten und/oder Stellglieder, z. B. bei der Verwendung eines von einem Regler gegebenen Kleinsignals (Spannung und/oder Strom) zum Ein- oder Ausschalten einer Hochspannungs-/Hochleistungspumpe.

6 Anforderungen

6.1 Allgemeine Anforderungen

6.1.1 Grundlegende Prinzipien

Alle Bestandteile der Regeleinrichtung müssen für die vorgesehene Anwendung und für alle Bedingungen, denen sie ausgesetzt sein können, geeignet sein. Alle im Freien montierten Teile der Regeleinrichtung müssen widerstandsfähig gegen UV-Strahlung und die Einwirkung von Ozon sein. Sowohl bei den im Hause als auch bei den im Freien montierten Teilen der Regeleinrichtung müssen ein schädigender Einfluss und mechanische Beschädigungen verursacht z. B. durch Vögel oder Nagetiere sowie sonstige Betriebsbedingungen verhindert werden (siehe EN 60730 (alle Teile)). Falls Wartungsarbeiten an der Regeleinrichtung erforderlich sind oder Teile ausgetauscht werden müssen, um die Funktion der Anlage aufrechtzuerhalten, muss dies in den Unterlagen für den Betreiber eindeutig angegeben sein. In Bezug auf die Fähigkeit, allen im Betrieb und in Abhängigkeit vom Aufstellungs- bzw. Anbringungsort auftretenden Betriebsbedingungen zu widerstehen, ist die Dauerhaftigkeit verbindlich gefordert. Alle Teile der Ausrüstung und besonders die im Freien montierten Teile müssen mindestens für die vorgesehene Lebensdauer oder die vom Hersteller oder dem Endlieferanten festgelegten Wartungsfristen gegen Korrosion und mechanische Beschädigung geschützt sein.

6.1.2 Elektrische Sicherheit

Die Regeleinrichtung muss die allgemeinen sicherheitstechnischen Anforderungen erfüllen.

Siehe EN 60335-1, EN 60335-2-21, EN 60730 (alle Teile).

6.1.3 Schutz vor Frostschäden

Falls die Regeleinrichtung Algorithmen und/oder Einrichtungen für den Schutz vor Frostschäden umfasst, z. B. zur Verhinderung des Einfrierens des Wärmeübertragungsmediums im Kollektorkreislauf, müssen diese Algorithmen und/oder Einrichtungen zuverlässig sein.

6.1.4 Schutz gegen Verbrühen

Falls die Regeleinrichtung Algorithmen und/oder Einrichtungen für den Schutz gegen Verbrühen umfasst, müssen die Algorithmen und/oder Einrichtungen zuverlässig sein. Der Standardwert der Temperatur für

das im häuslichen Bereich an den Verbraucher abgegebene Trinkwarmwasser darf höchstens 60 °C betragen.

Falls die Temperatur des an den Verbraucher abgegebenen Trinkwarmwassers 60 °C übersteigen kann, muss eine externe automatische Einrichtung zur Beimischung von Kaltwasser oder sonstige Einrichtung installiert werden, mit deren Hilfe die Temperatur auf einen Höchstwert von 60 °C zu begrenzen ist.

6.1.5 Hochtemperaturschutz für Werkstoffe und Bauteile

Umfasst die Regeleinrichtung Algorithmen und/oder Einrichtungen zur Vermeidung der Überhitzung von Werkstoffen und/oder Bauteilen, z. B. solche, die in der Lage sind, die Pumpe(n) des Kollektorkreislaufs abzuschalten und möglicherweise das Wärmeübertragungsmedium aus dem Kollektorkreislauf abzulassen, so müssen diese Algorithmen und/oder Regeleinrichtungen zuverlässig sein.

Die Regeleinrichtung sollte die Umwälzpumpe(n) des Kollektorkreislaufs abschalten, sobald ein vom Hersteller oder dem Endlieferanten festgelegter oberer Grenzwert der Temperatur für einen Werkstoff und/oder ein Bauteil erreicht wird. Im Hinblick auf das erneute Einschalten der Umwälzpumpe(n) müssen die verwendeten Regelstrategien auf die Vermeidung von Schäden an der Anlage, den Bauteilen und den Werkstoffen ausgerichtet sein.

Falls die Regeleinrichtung Algorithmen und/oder Einrichtungen zur Begrenzung der Vorlauftemperatur, z. B. in einen Fußbodenheizkreis umfasst, müssen diese Algorithmen und/oder Regeleinrichtungen zuverlässig sein.

6.1.6 Blitz

Die Regeleinrichtung muss die in EN 62305-3 angegebenen Anforderungen erfüllen. Der Hersteller oder der Endlieferant muss die besonderen Einrichtungen für den Blitzschutz innerhalb der Regeleinrichtung festlegen.

6.2 Regler, Systemuhren, Zeitgeber und Zähler

6.2.1 Allgemeines

Alle Arten von Reglern, Systemuhren, Zeitgebern und Zählern, auf die das vorliegende Dokument Bezug nimmt, müssen mindestens über die vorgesehene Lebensdauer oder die vom Hersteller oder dem Endlieferanten festgelegten Wartungsfristen zuverlässig und gegen jegliche im Normalbetrieb mögliche Belastung widerstandsfähig sein. Bezüglich aller Funktionen und Betriebsweisen müssen Regler, Systemuhren, Zeitgeber und Zähler der Anleitung des Herstellers entsprechen.

6.2.2 Anforderungen an die Genauigkeit von Reglern

In Verbindung mit allen anderen Regeleinrichtungen müssen sich Regler, Systemuhren, Zeitgeber und Zähler so verhalten, wie vom Hersteller festgelegt und vorgesehen. Die Genauigkeit von Reglern, z. B. die Signalverarbeitung und Auslösung von Stellgliedern, muss den Betrieb aller Anlagenkonfigurationen ermöglichen. Der Regler ist nach den Spezifikationen des Herstellers gestaltet.

6.2.3 Anforderungen an die Genauigkeit von Systemuhren, Zeitgebern und Zählern

Die Anforderungen an die Genauigkeit von Systemuhren, Zeitgebern und Zählern, die für die Regelung von solaren Heizungsanlagen zuständig sind, sind in Tabelle 4 aufgeführt.

Tabelle 4 — Genauigkeit von Systemuhren, Zeitgebern und Zählern

Uhr/Zeitgeber/Zähler	Grenzabweichung
Echtzeituhr	$\pm 1,0$ min in 30 Tagen
Zeitgeber	$\pm 1,0$ min auf eine Betriebsdauer von 30 Tagen
Zähler	$\pm 1,0$ %

In dem Fall, dass solare Heizungsanlagen in Regionen eingesetzt werden, die eine Umstellung zwischen Sommer- und Winterzeit erfordern, müssen die gegebenenfalls erforderlichen Einstellungen vom Endlieferanten festgelegt werden.

6.3 Messfühler

6.3.1 Temperaturfühler

6.3.1.1 Allgemeines

Alle Temperaturfühler müssen so positioniert und eingebaut werden, dass ein zuverlässiger thermischer Kontakt mit dem Teil sichergestellt ist, dessen Temperatur gemessen werden soll. Die Umgebungsbedingungen dürfen, sofern sie nicht von maßgeblicher Bedeutung sind, keinen Einfluss auf die Messung haben. Mit Ausnahme der Messfühler für die Umgebungslufttemperatur müssen alle Temperaturfühler gegen äußere Einflüsse geschützt/wärmegeklämt sein.

6.3.1.2 Genauigkeitsanforderungen

Die Anforderungen an die Genauigkeit von Temperaturfühlern, die für die Regelung von solaren Heizungsanlagen zuständig sind, sind in Tabelle 5 aufgeführt.

Tabelle 5 — Anforderungen an die Genauigkeit von Temperaturfühlern für solare Heizungsanlagen

Temperaturbereich	Grenzabweichung
- 20 °C bis 70 °C	$\pm 1,0$ K
> 70 °C bis 100 °C	$\pm 1,5$ K
> 100 °C bis 150 °C	$\pm 1,5$ % des Temperaturwerts
Über 150 °C bis zur maximalen Betriebstemperatur (vom Endlieferanten festzulegen)	$\pm 2,0$ % des Temperaturwerts

6.3.1.3 Hochtemperaturbeständigkeit

Die Anforderungen an die Fähigkeit der Messfühler, extremen Betriebsbedingungen zu widerstehen, sind von ihrem Einbauort abhängig. Die Mindestanforderungen sind in Tabelle 6 aufgeführt.

Tabelle 6 – Anforderungen an Temperaturfühler auf ihre Hochtemperaturbeständigkeit

Für alle Arten von Temperaturfühlern, die in einer solaren Heizungsanlage oder einer Zusatzheizung eingebaut sind, falls die Zusatzheizung Bestandteil der solaren Heizungsanlage ist	
Geforderte Mindesttemperatur	Vom Hersteller oder Endlieferanten deklarierte Höchsttemperatur plus 10 K
Beanspruchungsdauer	Mindestens 6 h

6.3.1.4 Durch extreme Betriebsbedingungen verursachte Abnahme der Genauigkeit der Temperaturfühler

Alle Arten von Temperaturfühlern, die in einer solaren Heizungsanlage oder einer Zusatzheizung eingebaut sind, falls die Zusatzheizung Bestandteil der solaren Heizungsanlage ist, müssen den in Tabelle 6 festgelegten extremen Betriebsbedingungen ohne Abnahme ihrer Genauigkeit um mehr als 1 K widerstehen. Darüber hinaus müssen die in Tabelle 5 festgelegten Genauigkeitsanforderungen erfüllt werden.

6.3.2 Bestrahlungsstärkesensoren

6.3.2.1 Allgemeines

Sensoren zu Regelungszwecken müssen für die solare Bestrahlungsstärke mindestens im Wellenlängenbereich von etwa 0,4 m bis 0,8 m empfindlich sein.

6.3.2.2 Beständigkeit gegen hohe Bestrahlungsstärken

Die Bestrahlungsstärkesensoren müssen allen extremen solaren Bestrahlungsstärken widerstehen, die im Betrieb innerhalb der vom Hersteller oder dem Endlieferanten festgelegten Lebensdauer oder Wartungsfrist auftreten können. Die Anforderungen an die Fähigkeit von Bestrahlungsstärkesensoren, extremen Bestrahlungsstärkebedingungen zu widerstehen, sind in Tabelle 7 aufgeführt.

Tabelle 7 — Klimabedingungen für die Prüfung der Fähigkeit von Sensoren für die solare Bestrahlungsstärke, hohen Bestrahlungsstärken zu widerstehen

Klimaparameter	Wert
Hemisphärische solare Bestrahlungsstärke in der Ebene des Bestrahlungsstärkesensors, G	$> 1\,000\text{ W/m}^2$
Umgebungslufttemperatur während der Prüfung der Beständigkeit des Bestrahlungsstärkesensors gegen hohe Bestrahlungsstärken, ϑ_{amb}	20 °C bis 40 °C
Umgebungsluftgeschwindigkeit, v_{air}	$< 1\text{ m/s}$
Zeit, für die der Sensor für die solare Bestrahlungsstärke den Prüfbedingungen ausgesetzt sein sollte, t	$> 1\text{ h}$

6.3.2.3 Hochtemperaturbeständigkeit

Die Bedingungen für die Prüfung der Fähigkeit von Sensoren für die solare Bestrahlungsstärke, hohen Umgebungstemperaturen zu widerstehen, sind in Tabelle 8 aufgeführt.

Tabelle 8 — Klimabedingungen für die Prüfung der Fähigkeit von Sensoren für die solare Bestrahlungsstärke, hohen Umgebungstemperaturen zu widerstehen

Klimaparameter	Wert
Hemisphärische solare Bestrahlungsstärke in der Ebene des Bestrahlungsstärkesensors, G	$> 900 \text{ W/m}^2$
Umgebungslufttemperatur für die Prüfung der Beständigkeit des Sensors gegen hohe Temperaturen, ϑ_{amb}	$> 30 \text{ °C}$
Umgebungsluftgeschwindigkeit, v_{air}	$< 1 \text{ m/s}$
Zeit, für die der Sensor für die solare Bestrahlungsstärke den Prüfbedingungen ausgesetzt sein sollte, t	$> 12 \text{ h}$

6.3.2.4 Genauigkeitsanforderungen

Die Anforderungen an die Genauigkeit von Sensoren für die solare Bestrahlungsstärke, die für die Regelung von solaren Heizungsanlagen zuständig sind, sind in Tabelle 9 angegeben:

Tabelle 9 — Anforderungen an die Genauigkeit von Sensoren für die solare Bestrahlungsstärke

Messbereich	Grenzabweichung
100 W/m^2 bis 300 W/m^2	$\pm 15,0 \%$ der vorgegebenen solaren Bestrahlungsstärke
$> 300 \text{ W/m}^2$ bis 900 W/m^2	$\pm 10,0 \%$ der vorgegebenen solaren Bestrahlungsstärke
$> 900 \text{ W/m}^2$	$\pm 15,0 \%$ der vorgegebenen solaren Bestrahlungsstärke

6.3.2.5 Durch extreme Betriebsbedingungen verursachte Abnahme der Genauigkeit der Sensoren für die solare Bestrahlungsstärke

Bestrahlungsstärkesensoren müssen den in Tabelle 7 und Tabelle 8 festgelegten extremen Betriebsbedingungen ohne eine Abnahme ihrer Genauigkeit widerstehen, die über den in Tabelle 9 angegebenen Bereich hinausgeht. Weder der Messfühler noch die Dichtung(en), das (die) Kabel oder die dazugehörigen Befestigungsmittel dürfen Anzeichen von Zersetzung oder deutlich erkennbare Verfärbungen zeigen.

6.3.3 Sonstige Messfühler

Die Genauigkeit aller sonstigen Messfühler, wie z. B. von Drucksensoren, Niveausensoren, Durchflussmessern usw., muss den Angaben des Herstellers oder des Endlieferanten entsprechen. In der Dokumentation müssen alle maßgeblichen Betriebsbedingungen angegeben sein, für die der Messfühler als ausgelegt bezeichnet wird.

6.4 Anzeigen

Die Genauigkeit von Anzeigen, wie z. B. von Manometern, Thermometern, Füllstandsanzeigen, Spannungsanzeigen von Anoden, Strömungs-/Umwälzanzeigen oder Wärmemengenzählern usw., muss den Angaben des Herstellers oder des Endlieferanten entsprechen. Manometer müssen den zulässigen Bereich des Betriebsüberdrucks in der Anlage oder mindestens den Fülldruck der Anlage anzeigen. Die Spannungsanzeigen von Anoden müssen anzeigen, ob die von der Anode erzeugte elektrische Spannung ausreicht, um den Speicher zu schützen. Bei elektrischen Anoden muss angezeigt werden, ob sie

vorschriftsmäßig funktionieren. Strömungs-/Umwälzanzeigen müssen den tatsächlichen und den vom Hersteller oder dem Endlieferanten für die Strömung und die Umwälzung festgelegten Nennwert dokumentieren. Es wird empfohlen, eine Möglichkeit zur Einstellung der Strömung/Umwälzung vorzusehen. In der Dokumentation müssen alle maßgeblichen Betriebsbedingungen angegeben sein, für die der Messfühler als ausgelegt bezeichnet wird.

Falls Anzeigen an die Stromversorgung angeschlossen sind, müssen sie im Falle eines Stromausfalls so an die Stromversorgung angeschlossen sein, dass die größtmögliche Sicherheit gegeben ist.

Der Anschluss an die Stromversorgung sollte so vorgenommen werden, dass der Stromverbrauch so gering wie möglich ist.

6.5 Stellglieder

6.5.1 Umwälzpumpen

Siehe EN ISO 4413 und EN 1151-1.

Falls eine oder mehrere Umwälzpumpe(n) in den Kollektorkreis eingebaut sind, wie z. B. im Falle der Verwendung eines externen Kollektorkreis-Wärmeübertragers, sollte die gesamte elektrische Hilfsleistung der Pumpe(n) die in Tabelle 10 angegebenen Werte nicht überschreiten.

Tabelle 10 – Maximale elektrische Gesamtleistung der Pumpe(n)

Anlage	Maximale elektrische Gesamtleistung der Pumpe(n)
Kleine Anlagen	50 W oder 2 % der vom Kollektorfeld gelieferten Spitzenleistung, je nachdem, welches der höhere Wert ist
Große Anlagen	1 % der vom Kollektorfeld gelieferten Spitzenleistung

Falls die Spitzenleistung des Kollektorfeldes nicht in der Dokumentation angegeben ist, ist sie durch Multiplizieren der Aperturfläche des gesamten Kollektorfeldes mit 700 W/m^2 Aperturfläche, zu berechnen.

Im Falle von Pumpen, die mit variabler Leistung (z. B. mit Pulsweitenmodulation) oder im Kurzzeit-Wechselbetrieb betrieben werden, gelten die in Tabelle 10 angegebenen Anforderungen für die durchschnittliche Leistung.

Die oben angegebene maximale Pumpenleistung schließt die Leistung von Pumpen in Drain-Back-Anlagen aus, die nur zur erneuten Befüllung der Anlage nach der Entleerung des Wärmeträgerfluids benötigt wird.

Andere Wärmeübertragungskreisläufe innerhalb der Anlage sollten durch Vergleich der Hilfsleistung ihrer Pumpe(n) mit der höchsten übertragenen Wärmeleistung ausgelegt werden. Die in Tabelle 10 angegebenen Werte dürfen nicht überschritten werden.

6.5.2 Magnet- und Motorventile

Siehe EN ISO 4413 und ISO 15218.

Ventile sollten so eingebaut werden, dass der Stromverbrauch so gering wie möglich ist. Hierfür ist die am häufigsten zum Einsatz kommende Betriebsart zu betrachten.

6.5.3 Relais

Siehe EN 60255 (alle Teile).

Relais sollten so eingebaut werden, dass der Stromverbrauch so gering wie möglich ist. Hierfür ist die am häufigsten zum Einsatz kommende Betriebsart zu betrachten.

6.6 Erstinbetriebnahme und Abnahme

Die Standardparameter der Differenzthermostate, Multifunktionsregler und der gesamten Regeleinrichtung müssen die Erstinbetriebnahme der Anlage in der vom Hersteller oder dem Endlieferanten vorgesehenen Weise ermöglichen. Ein Zurücksetzen auf die Standardwerte der Regeleinrichtung muss möglich sein. Im Falle einstellbarer Parameter müssen alle notwendigen Einstellungen zur Aufrechterhaltung der vorschriftsmäßigen Funktionsweise der Anlage eindeutig in den Dokumenten beschrieben sein und in einem nichtlöschbaren Speicher festgehalten werden. Je nach Regeleinrichtung können unterschiedliche Dokumente für den Installateur und den Betreiber zur Verfügung gestellt werden.

6.7 Dokumentation

Die Dokumentation der Regeleinrichtung muss vollständig und klar strukturiert sein. Die Dokumentation muss alle für den Zusammenbau, die Installation, den Betrieb und die Wartung notwendigen Anweisungen enthalten. Die Anweisungen müssen die richtige Montage und den korrekten Betrieb ermöglichen.

Die Dokumentation muss mindestens die folgenden Angaben enthalten:

- a) alle maßgeblichen Anlagenvarianten, einschließlich der dazugehörigen hydraulischen und für die Regelung maßgeblichen Pläne und Festlegungen, die erforderlich sind, um den Betreiber in die Lage zu versetzen, die Betriebsarten der Anlage zu verstehen;
- b) Beschreibung der Regelstrategien und des Regelschemas (der Regelschemen), einschließlich der Position der Bestandteile der Regeleinrichtung (z. B. der Messfühler und Stellglieder), falls relevant für unterschiedliche Anlagenvarianten. In den (die) hydraulischen Plan (Pläne) der Anlage(n) sollte(n) die gesamte(n) Regeleinrichtung(en) einbezogen werden;
- c) eine Liste aller in die jeweilige Anlagevariante einzubeziehender Bauteile mit vollständiger Angabe der Maße und Typen. Es muss möglich sein, die darin aufgeführten Bauteile deutlich und unmissverständlich zu identifizieren;
- d) falls von Bedeutung, eine Liste der Kombinations- und Dimensionierungsmöglichkeiten innerhalb verschiedener Anlagevarianten;
- e) ein Leitfaden für die Einstellung aller Parameter und Einstellwerte. Es wird empfohlen, eine Tabelle einzubinden, in die alle einstellbaren Parameter und aktuellen Einstellwerte vom Anwender eingetragen werden;
- f) Anleitung für die Wartung der Regeleinrichtung, einschließlich Inbetriebsetzung und Abschaltung der Anlage;
- g) Anleitungen für Funktions- und Leistungsprüfungen;
- h) vorgesehene Maßnahme(n), die zu ergreifen sind, um bei den häufigsten Fehlerzuständen Abhilfe zu schaffen.

ANMERKUNG Zu den genauen Festlegungen für die gesamte Dokumentation einer solaren Heizungsanlage wird auf FprEN 12977-1:2016 verwiesen.

7 Prüfung von Messfühlern

7.1 Allgemeines

Im Sinne des vorliegenden Dokuments umfasst die Prüfung von Messfühlern die folgenden beiden Teilprüfungen:

- a) Prüfung der Fähigkeit von Messfühlern, extremen Betriebsbedingungen zu widerstehen;
- b) Prüfung der Genauigkeit, Dauerhaftigkeit und Zuverlässigkeit des Messfühlers im Hinblick auf seine Fähigkeit, physikalische Größen und/oder Bedingungen in Verbindung mit der gesamten Signalverarbeitung, z. B. innerhalb eines Reglers, zu messen. Im Sinne des vorliegenden Dokuments müssen die Messfühler Bestandteil einer solaren Heizungsanlage oder einer Zusatzheizung sein, falls diese Bestandteil einer solaren Heizungsanlage ist.

Im Hinblick auf die Prüfung eines Messfühlers wird das gesamte Zubehör des Messfühlers als Bestandteil des Messfühlers behandelt und daher mit ihm nach denselben Kriterien geprüft und beurteilt.

7.2 Prüfung von Temperaturfühlern

7.2.1 Allgemeines

Der Zweck dieses Abschnitts ist es, Temperaturfühler auf ihre Fähigkeit zu prüfen, extremen Betriebsbedingungen zu widerstehen. Darüber hinaus wird die Genauigkeit des Messfühlers in Verbindung mit der Datenverarbeitung, z. B. innerhalb eines Reglers, bestimmt. Im Sinne dieses Dokuments sind das Zubehör und die Befestigungsmittel des Messfühlers als Teil des Messfühlers zu behandeln.

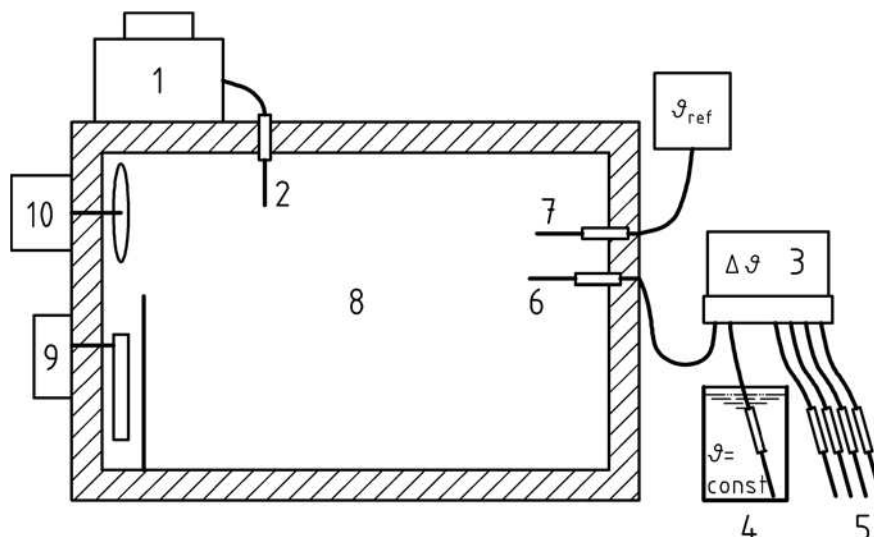
7.2.2 Prüfeinrichtung

Für die Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit und der Genauigkeit von Temperaturfühlern dürfen die folgenden Prüfeinrichtungen verwendet werden:

- a) eine Einrichtung zur Temperierung, die sich zur Prüfung von Temperaturfühlern auf die nach den Tabellen 5 und 6 geforderten Temperaturen einstellen lässt. Diese Einrichtung kann ein Wärmeschrank mit eingebautem Heizelement und Gebläse (Bild 1), ein Kalibrierthermostat oder ein Kalibrierbad sein.

Während der gesamten Prüfung sollte die Instabilität der von der Einrichtung gelieferten Temperaturen in Bezug auf den Einstellwert höchstens $\pm 0,5$ K betragen;

- b) digitales Vielfachmessgerät (zur Messung der elektrischen Spannung, der Stromstärke und des elektrischen Widerstands);
- c) Datenerfassungsgerät (wahlweise).



Legende

- | | | | |
|---|---|----|-------------------------------|
| 1 | Thermostat | 6 | zu prüfender Temperaturfühler |
| 2 | Messfühler für die Regelung der Temperatur des Wärmeschanks | 7 | Referenztemperaturfühler |
| 3 | zu prüfender Regler | 8 | Wärmeschrank |
| 4 | Speicher-Temperaturfühler (z. B. Bad mit konstanter Temperatur) | 9 | Heizelement |
| 5 | zusätzliche(r) Temperaturfühler | 10 | Gebläse |

Bild 1 — Aufriss einer Wärmeschrankanordnung zur Prüfung der Genauigkeit und Hochtemperaturbeständigkeit von Temperaturfühlern und der Funktionen von Differenzthermostaten

Die Genauigkeit des (der) Referenztemperaturfühler(s) sollte brauchbar sein z. B. für den Fall eines oder mehrerer Platin-Widerstandsthermometer, Thermometer der Klasse AA nach EN 60751:2008 oder Gerät(e) mit höherer Genauigkeit sollten genutzt werden.

7.2.3 Installation von Temperaturfühlern

Bei der Installation eines Temperaturfühlers in eine Temperiereinrichtung sollte darauf geachtet werden:

- die Temperaturfühler in Übereinstimmung mit den Anleitungen des Herstellers zu installieren;
- den aktiven Teil des Temperaturfühlers, der unter den üblichen Betriebsbedingungen der zu messenden Temperatur ausgesetzt ist, vollständig eben dieser Temperatur auszusetzen;
- die Teile des Temperaturfühlers, die üblicherweise keinen hohen Temperaturen ausgesetzt sind, nicht durch Hitzeeinwirkung zu beschädigen.

7.2.4 Prüfung von Temperaturfühlern auf ihre Hochtemperaturbeständigkeit

7.2.4.1 Allgemeines

Die Anforderungen an die Prüfung von Temperaturfühlern auf ihre Hochtemperaturbeständigkeit hängen von der höchsten im Betrieb möglichen Temperatur ab. Die Anforderungen sind in Tabelle 6 aufgeführt.

7.2.4.2 Prüfverfahren

Die Prüfung zur Bestimmung der Fähigkeit von Temperaturfühlern, extremen Betriebsbedingungen zu widerstehen, muss vor der Prüfung der Genauigkeit der Temperaturfühler durchgeführt werden.

Während der Prüfung jedes einzelnen Temperaturfühlers müssen alle übrigen Temperaturfühler auf einer sinnvollen Temperatur gehalten werden, sodass die Temperatur der übrigen Fühler, z. B. während der Prüfung des Kollektortemperaturfühlers, auf etwa 20 °C zu halten ist.

Die Anforderungen an die Prüfung von Temperaturfühlern auf ihre Fähigkeit, extremen Betriebsbedingungen zu widerstehen, sind in Tabelle 6 aufgeführt. Jeder zu prüfende Temperaturfühler muss der betreffenden Temperatur mindestens für die in der Tabelle 6 angegebene Dauer ausgesetzt sein.

Während der Prüfung müssen die tatsächlichen Temperaturwerte, denen der zu prüfende Temperaturfühler ausgesetzt ist, und das vom Temperaturfühler gegebene Signal aufgezeichnet werden. Es wird nachdrücklich empfohlen, neben der Prüfeinrichtung auch einen Referenztemperaturfühler zu verwenden, der den gleichen Bedingungen auszusetzen ist wie der zu prüfende Temperaturfühler (siehe Bild 1, Teil Nr. 7). Die Werte des Referenztemperaturfühlers sollten gleichzeitig mit den vom zu prüfenden Temperaturfühler gelieferten Werten aufgezeichnet werden.

Sichtprüfung des Temperaturfühlers, der Dichtung(en) und (des) der Kabel nach jedem Temperaturschritt, mindestens jedoch am Ende der Prüfung (siehe 7.2.4.3).

Die Ergebnisse sind unter Bezugnahme auf Tabelle 5 und der Sichtprüfung(en) zu dokumentieren.

7.2.4.3 Datenverarbeitung und Auswertung

Nach der Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit:

- Sichtprüfung des Temperaturfühlers, des Fühlergehäuses, der Dichtung(en), des (der) Kabel und aller zugehörigen Befestigungsmittel. Falls irgendein Teil Anzeichen von Materialzersetzung und/oder Verfärbungen zeigt, die einen schädlichen Einfluss auf den (die) Werkstoff(e) anzeigen könnten, muss dies im Prüfbericht angegeben werden.

7.2.5 Prüfung der Genauigkeit von Temperaturfühlern

7.2.5.1 Allgemeines

Nach der Prüfung eines Temperaturfühlers auf seine Fähigkeit, extremen Betriebsbedingungen zu widerstehen, vorausgesetzt die Anforderungen an die Temperaturbeständigkeit nach 7.2.4 sind erfüllt, ist die Genauigkeit dieses Temperaturfühlers zu messen.

7.2.5.2 Prüfverfahren

- a) Für die Prüfung der Genauigkeit muss jeder Temperaturfühler in die Temperiereinrichtung eingesetzt werden, z. B. so wie in Bild 1 gezeigt. Alle vom Endlieferanten gelieferten Temperaturfühler (z. B. der Kollektortemperaturfühler, der Temperaturfühler im Speicher, der Fühler für die Umgebungslufttemperatur) müssen nach der Anleitung des Herstellers elektrisch mit dem entsprechenden Anschluss des Reglers verbunden werden. Der (die) Regler ist (sind) an die Stromversorgung anzuschließen und in Betrieb zu nehmen. Auf diese Art und Weise werden die Temperaturfühler dem üblichen Messstrom mit der sich daraus ergebenden Eigenerwärmung ausgesetzt. Das elektrische Anschließen der Temperaturfühler einschließlich des Anschließens an die Stromversorgung muss mindestens 6 h vor Beginn der Genauigkeitsprüfung erfolgen.

Falls der Regler den Temperaturwert anzeigt oder ein vom Endlieferanten geliefertes zusätzliches Gerät den Temperaturwert anzeigt, sollte die Genauigkeit mit diesem Regler oder dem zusätzlichen Gerät und unter

Einbeziehung der gesamten Signalverarbeitung geprüft werden. Falls die Temperaturwerte nicht angezeigt werden, sollte die Messung der Fühlersignale mit einem geeigneten Ohmmeter oder einem anderen geeigneten Messgerät durchgeführt werden und muss die Temperatur nach den vom Endlieferanten zur Verfügung gestellten Korrelationen für die Messwerte berechnet werden. Falls die Temperaturwerte auf Grundlage der Messungen des Temperaturfühlers bestimmt werden, wenn sie vom Regler oder von einem zusätzlichen Messgerät getrennt werden, muss diese Messung unmittelbar (innerhalb von 30 s) nach dem Trennen vom Temperaturfühler erfolgen. den aktiven Teil des Temperaturfühlers, der unter den üblichen Betriebsbedingungen der zu messenden Temperatur ausgesetzt ist, vollständig eben dieser Temperatur auszusetzen.

- b) Der Temperaturfühler sollte direkt am entsprechenden Anschluss des Reglers oder des Referenzgeräts und nur mit den im Lieferzustand durch den Endlieferanten fest daran montierten Drähten angebracht werden. Falls der Temperaturfühler ohne Verdrahtung geliefert wird, muss eine Kabellänge von 5 m nach den vom Hersteller oder dem Endlieferanten dokumentierten Anforderungen angeschlossen werden.
- c) Bei langsam (mit etwa 1 °C/min) ansteigenden Temperaturen sollten die Temperaturfühler bei jedem der in Tabelle 11 aufgeführten Temperaturschritte für eine Dauer von mindestens 15 min verharren. Sobald der höchste Wert des Temperaturverlaufs erreicht ist, muss der Temperaturfühler dieser Temperatur für eine Dauer von mindestens 1 h ausgesetzt bleiben. Danach ist das Temperaturprofil mit sinkenden Temperaturen (mit etwa 1 °C/min) fortzusetzen, wobei wiederum bei jedem der in Tabelle 11 aufgeführten Temperaturschritte für eine Dauer von mindestens 15 min zu verharren ist.

ANMERKUNG Das langsame Ansteigen und Sinken der Temperatur ist verbindlich vorgeschrieben, weil die meisten Regelgeräte über eine Integrationsfunktion verfügen.

- d) Während des gesamten Temperaturverlaufs müssen die tatsächlichen Temperaturwerte, denen der zu prüfende Temperaturfühler ausgesetzt ist, und das vom Temperaturfühler gelieferte Signal (einschließlich der Signalverarbeitung) in Intervallen von höchstens 10 s aufgezeichnet werden. Es wird nachdrücklich empfohlen, neben der Prüfeinrichtung auch einen Referenztemperaturfühler zu verwenden, der den gleichen Bedingungen auszusetzen ist, wie der zu prüfende Messfühler (siehe Bild 1, Teil Nr. 7). Die Werte des Referenztemperaturfühlers sollten gleichzeitig mit den vom zu prüfenden Messfühler gelieferten Werten aufgezeichnet werden.
- e) Falls der Regler über eine Temperaturanzeige für den zu prüfenden Temperaturfühler verfügt, können die entsprechenden Temperaturen an der Regleranzeige direkt abgelesen werden. Ist dies nicht der Fall, so muss der Temperaturfühler elektrisch vom Regler getrennt werden, um das entsprechende Signal, z. B. den Wert des Widerstandes, mit Hilfe eines Ohmmeters zu messen (siehe Aufzählungspunkt a). Im Falle der Verwendung eines Ohmmeters muss der Temperaturfühler nach jeder bei 50 °C oder einer niedrigeren Temperatur durchgeführten Messung wieder an das Regelgerät angeschlossen werden, um der vom üblichen Messstrom verursachten Eigenerwärmung Rechnung zu tragen.
- f) Die Prüfung der Genauigkeit muss mindestens unter Anwendung der in Tabelle 11 aufgeführten Temperaturen durchgeführt werden.

Tabelle 11 – Bei der Prüfung der Genauigkeit anzuwendende Temperaturen

Messfühler für	Bei der Prüfung der Genauigkeit anzuwendende Temperaturen
Außentemperatur	- 15 °C; - 5 °C; 0 °C; 5 °C; 15 °C; 25 °C und 35 °C
Raumtemperatur	5 °C, 15 °C und 25 °C
Kollektortemperatur	- 10 °C, 10 °C, 50 °C und 90 °C
Speicher- und sonstige Temperaturen	10 °C, 50 °C und 90 °C, falls anwendbar
Falls für den Betrieb der Anlage andere Temperaturbereiche gelten, sollten entsprechende zusätzliche Prüftemperaturen ausgewählt werden.	

Um den Auswirkungen einer Hysterese Rechnung zu tragen, muss die Prüfung der Genauigkeit zweimal durchgeführt werden, einmal mit ansteigender und einmal mit sinkender Temperatur.

7.2.5.3 Datenverarbeitung und Auswertung

Vergleich der Temperaturwerte mit den von der Regeleinrichtung bei ansteigenden bzw. sinkenden Temperaturen angezeigten Werten. Falls verfügbar, sind die von der Regeleinrichtung angezeigten Temperaturen in einer Gegenprobe mit den Werten des zusätzlichen Referenztemperaturfühlers zu vergleichen (Bild 1, Element 7). Die Ergebnisse sind wie folgt zu bewerten:

- Wenn die Differenzen aller Messungen zwischen dem geprüften Temperaturfühler und der Beanspruchungstemperatur (Referenztemperaturfühler) die in Tabelle 5 aufgeführten Anforderungen erfüllen, hat der Temperaturfühler die Prüfung bestanden.

Erfüllt der Messfühler die in Tabelle 5 aufgeführten Anforderungen, so gilt die Prüfung der Genauigkeit des Temperaturfühlers als abgeschlossen.

Entspricht die Genauigkeit des Temperaturfühlers jedoch nicht den Angaben in Tabelle 5, so muss die Prüfung der Genauigkeit des Temperaturfühlers mit einem vom Hersteller oder dem Endlieferanten der Regeleinrichtung bereitzustellenden Ersatztemperaturfühler wiederholt werden. Fallen die Ergebnisse auch bei Verwendung eines neuen Ersatztemperaturfühlers ungenügend aus, so darf die Prüfung maximal ein drittes Mal durchgeführt werden.

- Falls die Abweichungen aller Einzelmessungen der zweiten (oder dritten) Prüfung weniger als das Zweifache der in Tabelle 5 festgelegten Grenzabweichungen betragen, müssen diese Abweichungen im Prüfbericht dokumentiert werden. Der betreffende Temperaturfühler darf für die Funktionsprüfung des Reglers und sonstiger Bestandteile der Regeleinrichtung verwendet werden.
- Falls die Abweichung(en) einer oder mehrerer Messung(en) größer oder gleich dem Zweifachen der in Tabelle 5 festgelegten Grenzabweichungen ist (sind), darf der betreffende Temperaturfühler nicht für die Funktionsprüfung des Reglers und sonstiger Bestandteile der Regeleinrichtung verwendet werden.

7.3 Prüfung von Sensoren für die solare Bestrahlungsstärke

7.3.1 Allgemeines

Der Zweck dieser Prüfung besteht darin, zu beurteilen, ob ein Sensor für die solare Bestrahlungsstärke schadlos, d. h. ohne Schäden wie z. B. Bruch, Schmelzen oder Versagen von (Kunststoff-)Abdeckungen, Zersetzung oder signifikante Verfärbung des Werkstoffs (der Werkstoffe), extremen Betriebsbedingungen (und extremen Klimabedingungen im Freien), wie z. B. hohen Bestrahlungsstärkeniveaus und dem Eindringen von Regen, widerstehen kann. Darüber hinaus ist eine Teilprüfung zur Untersuchung der Genauigkeit des Sensors vorgesehen. Die hierin festgelegten Anforderungen an die Dauerhaftigkeit und die Fähigkeit eines solchen Sensors, extremen Betriebsbedingungen zu widerstehen, gelten auch für das

gesamte Zubehör, wie z. B. für die Sensorgehäuse, Dichtungen, Kabel und die Befestigungsmittel des Bestrahlungsstärkesensors.

ANMERKUNG Besonders SI-Pyranometer (Anzeige der solaren Bestrahlungsstärke mittels des photoelektrischen Effektes) können durch solare Bestrahlungsstärkespitzen beschädigt werden. Aufgrund der Reflexion durch Wolken (und Schnee) können diese Spitzen Werte von bis zu 1.500 W/m^2 erreichen.

7.3.2 Prüfeinrichtung

Der Sensor für die solare Bestrahlungsstärke sollte im Freien oder in einem Solarstrahlungssimulator geprüft werden. Eigenschaften des für die Prüfung der Genauigkeit, des Widerstandes gegen hohe Bestrahlungsstärken und der Hochtemperaturbeständigkeit eines Bestrahlungsstärkesensors zu verwendenden Solarstrahlungssimulators müssen denen eines zur Prüfung der Wärmeleistung von Flüssigkeitskollektoren (nach EN ISO 9806) verwendeten Solarstrahlungssimulators entsprechen. Als Referenz und in Übereinstimmung mit den für die Prüfung der Wärmeleistung von Flüssigkeitskollektoren angewendeten Strahlungsmessungen muss die Solarstrahlung auf dem zu prüfenden Bestrahlungsstärkesensor mit einem Pyranometer der Klasse I oder besser gemessen werden; siehe die Festlegungen in ISO 9060. ISO/TR 9901 enthält Empfehlungen für die Verwendung des Referenzpyranometers in der Praxis, die befolgt werden sollten. Neben der solaren Bestrahlungsstärke sollten die folgenden Umgebungs- und Gerätetemperaturen sowie die Geschwindigkeit der Umgebungsluft des zu prüfenden Sensors aufgezeichnet werden

- a) nahe am Bestrahlungsstärkesensor mit Abschattung gegen Sonneneinstrahlung (Umgebungslufttemperatur),
- b) in Kontakt mit dem Bestrahlungsstärkesensor unter Abschattung gegen Sonneneinstrahlung (z. B. auf der Rückseite oder an einer anderen Stelle zur Messung der Sensortemperatur).

Die Ungenauigkeit bei der Messung der Umgebungslufttemperatur und der Temperatur des Bestrahlungsstärkesensors darf höchstens 1 K betragen. Die Genauigkeit des Referenzanemometers muss $\pm 0,5 \text{ m/s}$ betragen.

7.3.3 Installation von Temperaturfühlern

Der Bestrahlungsstärkesensor und das Referenzpyranometer sind in der gleichen Ebene und nach Anleitung des Herstellers zu montieren. Der Neigungswinkel und der Azimut sind so einzustellen, dass der Einfallswinkel der direkten Solarstrahlung weniger als 30° zum Senkrechteinfall beträgt.

Der für die Installation der Sensoren vorgesehene Ort darf nicht verschattet sein und eventuelle Hindernisse im Sichtfeld der Sensoren dürfen nicht mehr als 5 % der Sichtfeldfläche einnehmen. Große Hindernisse, wie z. B. Gebäude und Bäume, die die Horizontale vor den Bestrahlungsstärkesensoren mit einem Winkel von mehr als etwa 15° überragen, sind zu vermeiden.

7.3.4 Prüfung des Widerstandes von Sensoren gegen extreme Betriebsbedingungen

7.3.4.1 Allgemeines

Der Zweck dieser Prüfung besteht darin, zu beurteilen, ob ein Sensor für die solare Bestrahlungsstärke schadlos, d. h. ohne Schäden wie z. B. Glasbruch, Versagen von Kunststoffabdeckungen, Schmelzen von plastischen Werkstoffen oder signifikanten Ablagerungen ausgasender Materialien auf der Sensorabdeckung, den im Freien möglichen extremen Betriebsbedingungen, wie z. B. hohen Bestrahlungsstärkeniveaus, hohen Temperaturen, dem Eindringen von Wasser, schnellem äußeren Temperaturwechsel und Frost, widerstehen kann.

Nach der Montage und vor jeder Prüfung sollte die äußere Oberfläche von dem Bestrahlungsstärkesensor und dem Referenzpyranometer auf Staub, Verschmutzungen usw. überprüft und gegebenenfalls müssen beide gereinigt werden.

Während der Prüfung sind die solare (natürliche oder simulierte) Bestrahlungsstärke in der Sensorebene, die Temperatur und Geschwindigkeit der Umgebungsluft sowie die Sensortemperatur aufzuzeichnen.

7.3.4.2 Prüfverfahren

7.3.4.2.1 Allgemeines

Sofern die jeweiligen Prüfbedingungen berücksichtigt werden, dürfen die Prüfungen im Hinblick auf die Fähigkeit, hohen Bestrahlungsstärken und hohen Temperaturen zu widerstehen, gemeinsam durchgeführt werden.

ANMERKUNG Alle Prüfungen dürfen in Verbindung mit den in EN ISO 9806 beschriebenen Prüfungen der Zuverlässigkeit von Flüssigkeitskollektoren durchgeführt werden.

7.3.4.2.2 Hohe Bestrahlungsstärke

Die Bedingungen für die Prüfung der Fähigkeit des Sensors für die solare Bestrahlungsstärke, hohen Bestrahlungsstärken zu widerstehen, sind in Tabelle 7 aufgeführt. Die Istwerte des zu prüfenden Bestrahlungsstärkesensors (einschließlich des Signalwandlers, falls vorhanden) und des vom Referenzpyranometer gelieferten Signals müssen in Intervallen von höchstens 10 s aufgezeichnet werden.

7.3.4.2.3 Hohe Temperatur

Die Bedingungen für die Prüfung der Fähigkeit von Sensoren für die solare Bestrahlungsstärke, hohen Umgebungstemperaturen zu widerstehen, sind in Tabelle 8 aufgeführt.

Alternativ zur Freilandprüfung darf die Hochtemperaturbeständigkeit auch in einer Temperiereinrichtung, z. B. in einem auf die Temperatur von 40 °C eingestellten Wärmeschränk, geprüft werden. Die relative Luftfeuchte in dieser Temperiereinrichtung muss mehr als 60 % betragen. Bei Verwendung eines Wärmeschranks muss die Beanspruchungsdauer mehr als 12 h betragen, die höchstens in zwei Intervalle unterteilt werden dürfen. Falls der Bestrahlungsstärkesensor im Freien geprüft wird, sollte die Dauer der Prüfung auf Hochtemperaturbeständigkeit in nicht mehr als sechs Zeitintervalle unterteilt werden.

Der Bestrahlungsstärkesensor muss ununterbrochen auf dem Prüfstand montiert bleiben, bis die Anforderungen des Prüfverfahrens erfüllt sind.

Sowohl die vom zu prüfenden Bestrahlungsstärkesensor (einschließlich des Signalwandlers, falls vorhanden) ausgegebenen Werte als auch das vom Referenzpyranometer gelieferte Signal müssen mindestens alle 10 s aufgezeichnet werden.

7.3.4.2.4 Freilandbewitterungsprüfung

Die Beanspruchungsprüfung liefert Hinweise auf die Zuverlässigkeit von Bestrahlungsstärkesensoren unter den durchschnittlichen Betriebsbedingungen im Freien, besonders im Hinblick auf die Beanspruchungsdauer. Der Bestrahlungsstärkesensor muss den Bedingungen im Freien mindestens 90 aufeinander folgenden Tagen ausgesetzt sein. Der Montageort muss den Anforderungen von 7.3.3 mit einem Einfallwinkel der direkten Sonnenstrahlung von weniger als 30° zum Senkrechteinfall am Mittag entsprechen. Die Einwirkung aller natürlichen Klimabedingungen, wie z. B. von Temperatur, Wind und Regen, darf nicht eingeschränkt werden.

Während der Beanspruchungsprüfung im Freien müssen alle in Tabelle 12 angegebenen Bedingungen erfüllt werden.

Tabelle 12 — Mindestwerte für die Klimabedingungen für die Beanspruchungsprüfung im Freien und für schnelle äußere Temperaturwechsel

Klimaparameter	Wert
Hemisphärische solare Bestrahlungsstärke in der Ebene des Bestrahlungsstärkesensors, G	$> 900 \text{ W/m}^2$
Zeit, für die der Sensor für die solare Bestrahlungsstärke diesen Bestrahlungsbedingungen ausgesetzt sein sollte, t	$> 30 \text{ h}$
Eingedrungenes Regenwasser	Ja
Zeit, für die der Sensor für die solare Bestrahlungsstärke einer Beregnung ausgesetzt sein sollte, t	$> 4 \text{ h}$

Sowohl die vom zu prüfenden Bestrahlungsstärkesensor (einschließlich des Signalwandlers, falls vorhanden) ausgegebenen Werte als auch das vom Referenzpyranometer gelieferte Signal müssen mindestens alle 30 min aufgezeichnet werden.

7.3.4.2.5 Schneller äußerer Temperaturwechsel

Diese Prüfung dient zur Bewertung der Fähigkeit eines Bestrahlungsstärkesensors, an heißen, sonnigen Tagen plötzlichen heftigen Regenfällen ohne Ausfall standzuhalten.

Für diese Prüfung ist der Sensor mit einem gleichmäßig verteilten Sprühnebel aus Wasser mit einer Temperatur von weniger als 20 °C und einer Durchflussmenge von mehr als $0,05 \text{ kg/s}$ je Quadratmeter der besprühten Fläche zu besprühen. Vor dem Besprühen des Sensors müssen die in Tabelle 8 angegebenen Referenzbedingungen für eine Dauer von mindestens 1 h eingehalten werden, während die Umgebungstemperatur nicht unter 30 °C fallen darf. Die Dauer des schnellen äußeren Temperaturwechsels muss $0,5 \text{ h}$ betragen. Der Sensor ist drei schnellen äußeren Temperaturwechseln zu unterziehen.

7.3.4.2.6 Beregnungsprüfung

Während der Beregnung und der Prüfung auf eindringendes Wasser sollte die Lufttemperatur in der Umgebung des Bestrahlungsstärkesensors im Bereich von 10 °C bis 20 °C liegen. Die hemisphärische solare Bestrahlungsstärke in der Ebene des Bestrahlungsstärkesensors sollte 300 W/m^2 nicht überschreiten.

Die ungeschützten Seiten des Sensors für die solare Bestrahlungsstärke sind mit Hilfe von Sprühdüsen oder Brausevorrichtungen zu besprühen. Der Sensor ist mit Wasser einer Temperatur von $(20 \pm 10) \text{ °C}$ mit einer Durchflussmenge von mehr als $0,05 \text{ kg/s}$ je Quadratmeter der besprühten Fläche zu besprühen. Die Prüfung muss über eine Dauer von 4 h durchgeführt werden.

7.3.4.2.7 Befrostung

Der Sensor ist mit einem Neigungswinkel von 30 ° zur Horizontalen in einer Klimakammer oder einer Temperiereinrichtung zu montieren. Die Art und Weise der Befestigung, die Position der elektrischen Verbindungen und die Verdrahtung müssen der Anleitung des Herstellers entsprechen.

Es muss folgender Temperaturzyklus angewendet werden:

- Ausgangstemperatur: $(20 \pm 5) \text{ °C}$;
- Abkühlung und Befrostung, Zieltemperatur: $(-20 \pm 2) \text{ °C}$;
- Auftauen und Erwärmen, Zieltemperatur: $(20 \pm 5) \text{ °C}$.

Dieser Zyklus muss mindestens dreimal wiederholt werden.

Die Dauer der Abkühlphase darf 120 min nicht überschreiten.

Die Dauer der Auftau- und Erwärmungsphase darf 120 min nicht überschreiten.

Der Bestrahlungsstärkesensor muss nach Erreichen der angestrebten Werte jeweils mindestens 2 h lang auf den Zieltemperaturen verbleiben.

7.3.4.2.8 Extreme örtliche Bedingungen – wahlfreie Prüfungen

Falls an den für den Einsatz des Sensors vorgesehenen Standorten andere Betriebsbedingungen auftreten können, die dem Sensor schaden könnten, sollte(n) eine oder mehrere zusätzliche Prüfung(en) durchgeführt werden, die diese Bedingungen (wie z. B. hohe Luftfeuchte, Sandstürme) abdeckt (abdecken).

7.3.4.3 Datenverarbeitung und Auswertung

Nach jeder einzelnen Prüfung muss der Bestrahlungsstärkesensor auf Qualitätsminderung, Schrumpfung, Ausgasung und Verformung untersucht werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind gemeinsam mit den jeweiligen Werten der solaren (natürlichen oder simulierten) Bestrahlungsstärke in der Sensorebene, der Temperatur und Geschwindigkeit der Umgebungsluft und der Temperatur des Sensors zu dokumentieren. Darüber hinaus müssen alle besonderen Vorkommnisse, wie z. B. die Beregnung und schnelle äußere Temperaturwechsel sowie deren Dauer dokumentiert werden.

7.3.5 Prüfung der Genauigkeit von Sensoren für die solare Bestrahlungsstärke

7.3.5.1 Allgemeines

Die Genauigkeit von Sensoren für die solare Bestrahlungsstärke muss nach der Prüfung der Fähigkeit dieser Sensoren, extremen Betriebsbedingungen zu widerstehen, und nach der Expositionsprüfung gemessen werden.

7.3.5.2 Prüfverfahren

In die Bestimmung der Genauigkeit sind auch alle Signalverarbeitungseinrichtungen mit einzubeziehen. Der Sensor muss ausschließlich mit dem (den) vom Endlieferanten gelieferten Kabel(n) direkt an den entsprechenden Anschluss des Reglers angeschlossen werden. Falls der Sensor ohne Kabel geliefert wird, muss eine Kabellänge von 5 m nach den vom Endlieferanten dokumentierten Anforderungen angeschlossen werden. Der Bestrahlungsstärkesensor ist nach 7.3.3 zu montieren. Bei dieser Prüfung muss die Umgebungstemperatur mehr als 15 °C und die Luftgeschwindigkeit weniger als 3 m/s betragen.

Die Genauigkeit von Sensoren für die solare Bestrahlungsstärke muss mit den in Tabelle 13 angegebenen Werten geprüft werden.

Tabelle 13 — Bestrahlungsstärkeniveaus für die Prüfung der Genauigkeit von Sensoren für die solare Bestrahlungsstärke

Solare Bestrahlungsstärke in der Ebene des Bestrahlungsstärkesensors W/m^2
150 ± 25
300 ± 25
500 ± 50
700 ± 50
950 ± 50

Während der Prüfung der Genauigkeit muss die Bestrahlungsstärke vor jeder Messung für eine Dauer von mindestens 30 s innerhalb der in Tabelle 13 angegebenen Bereiche stabil sein. Es sind mindestens die Messungen für $(150 \pm 25) \text{ W/m}^2$, $(300 \pm 25) \text{ W/m}^2$ und $(700 \pm 50) \text{ W/m}^2$ mit zu- und abnehmenden Werten durchzuführen.

Die vom zu prüfenden Sensor und vom Referenzpyranometer angezeigten Werte sind gemeinsam mit der Temperatur des Prüfsensors sowie der Temperatur und Geschwindigkeit der Umgebungsluft aufzuzeichnen.

7.3.5.3 Datenverarbeitung und Auswertung

Die Prüfbedingungen sollten einschließlich der Beanspruchungsdauer im Prüfbericht angegeben werden. Falls die Genauigkeit des Bestrahlungsstärkesensors nicht die in Tabelle 9 angegebenen Anforderungen erfüllt, muss auch diese Abweichung im Prüfbericht angegeben werden. Falls die Ungenauigkeit um mehr als 50 % (relativ) größer als die in Tabelle 9 festgelegte maximal zulässige Ungenauigkeit ist, ist der Sensor zurückzuweisen. Mit diesem Bestrahlungsstärkesensor sollten keine weiteren Prüfungen an Regeleinrichtungen durchgeführt werden.

7.4 Prüfung weiterer Messfühler und zugehöriger Bauteile

Die Prüfung weiterer Messfühler und zugehöriger Bauteile muss in Übereinstimmung mit den jeweiligen Anforderungen innerhalb der betreffenden Anwendung erfolgen. In der Regel müssen Messfühler und zugehörige Bauteile:

- nach der Anleitung des Herstellers installiert/montiert werden,
- wenn irgend möglich, an das (die) originale(n) Signalverarbeitungsgerät(e) angeschlossen und mit diesem (diesen) gemessen werden,
- nach den Anforderungen und unter den extremen Betriebsbedingungen geprüft werden, die in der Anlage auftreten können, zu der sie gehören.

Zu den Anforderungen, der Prüfeinrichtung und der Installation von Messfühlern und zugehörigen Bauteilen, die nicht in 7.2 bis 7.3 festgelegt sind, siehe die einschlägigen Normen.