

DIN EN ISO 9806



ICS 27.160

Entwurf

Einsprüche bis 2016-07-13
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 9806:2014-06

**Solarenergie –
Thermische Sonnenkollektoren –
Prüfverfahren (ISO/DIS 9806:2016);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 9806:2016**

Solar energy –
Solar thermal collectors –
Test methods (ISO/DIS 9806:2016);
German and English version prEN ISO 9806:2016

Énergie solaire –
Capteurs thermiques solaires –
Méthodes d'essai (ISO/DIS 9806:2016);
Version allemande et anglaise prEN ISO 9806:2016

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-05-13 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de 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/stellungnahme 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 (Hausanschrift: 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 191 Seiten

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

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 9806:2016) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 312 „Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee ISO/TC 180 „Solar energy“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom EL0T gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der NA 041-01-56 AA „Solaranlagen (SpA CEN/TC 312 und ISO/TC 180)“ im DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik sowie deren Sicherheit (NHRS).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung der prEN ISO 9806 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfs gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 9488 siehe DIN EN ISO 9488

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 9806:2014-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Technische und redaktionelle Überarbeitung.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 9488, *Sonnenenergie — Vokabular*

Solarenergie — Thermische Sonnenkollektoren — Prüfverfahren (ISO/DIS 9806:2016)

Énergie solaire — Capteurs thermiques solaires — Méthodes d'essai (ISO/DIS 9806:2016)

Solar energy — Solar thermal collectors — Test methods (ISO/DIS 9806:2016)

ICS:

Deskriptoren:

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokumentstufe: parallele Umfrage
Dokumentsprache: D

STD Version 2.8f

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	8
Vorwort	9
Einleitung	10
1 Anwendungsbereich	11
2 Normative Verweisungen	11
3 Begriffe	11
4 Symbole und Abkürzungen	12
5 Allgemeines	15
5.1 Übersicht über die Prüfungen — Abfolge der Prüfungen	15
5.2 Prüfung von Kollektoren mit spezifischen Eigenschaften.....	16
5.2.1 Allgemeines	16
5.2.2 Kollektoren, die externe Energiequellen verwenden, und Kollektoren mit aktiven oder passiven Maßnahmen für den Normalbetrieb und den Selbstschutz	16
5.2.3 Kollektoren, die Wärme und Strom erzeugen	17
5.2.4 Wind- und/oder Infrarot-empfindliche Kollektoren (WISC)	17
5.2.5 Fassadenkollektoren.....	17
6 Innendruckprüfungen an Wärmeträgerfluidkanälen.....	18
6.1 Zweck	18
6.2 Wärmeträgerfluidkanäle aus nicht polymerischen Werkstoffen.....	18
6.2.1 Prüfeinrichtung und Durchführung.....	18
6.2.2 Prüfbedingungen	18
6.3 Wärmeträgerfluidkanäle aus polymerischen Werkstoffen.....	18
6.3.1 Prüfeinrichtung und Durchführung.....	18
6.3.2 Prüfbedingungen	19
6.4 Ergebnisse	19
7 Innendruckprüfungen an Wärmeträgerfluidkanälen.....	19
7.1 Zweck	19
7.2 Prüfeinrichtung und Durchführung.....	19
7.3 Prüfbedingungen	20
7.4 Ergebnisse	20
8 Bruch- oder Druckprüfung (nur bei Luftkollektoren).....	20
8.1 Zweck	20
8.2 Prüfeinrichtung und Durchführung.....	20
8.2.1 Allgemeines	20
8.2.2 Kollektoren mit geschlossenem Kreislauf.....	20
8.2.3 Kollektoren	21
8.3 Ergebnisse und ihre Darstellung	21
9 Norm-Stillstandstemperatur.....	21
9.1 Zweck	21
9.2 Prüfung unter Stillstandsbedingungen	21
9.3 Messung und Extrapolation der Norm-Stillstandstemperatur	22
9.4 Bestimmung der Norm-Stillstandstemperatur anhand von Wirkungsgradparametern	22
9.5 Ergebnisse	23

10	Freilandbewitterungs- und Halbbewitterungsprüfung	23
10.1	Zweck	23
10.2	Anfängliche Freilandbewitterung	23
10.3	Verfahren 1	23
10.4	Verfahren 2	24
10.5	Verfahren 3	24
10.6	Prüfbedingungen	25
10.7	Ergebnisse	25
11	Schneller äußerer Temperaturwechsel	25
11.1	Zweck	25
11.2	Prüfeinrichtung und Durchführung	25
11.3	Prüfbedingungen	26
11.4	Ergebnisse	26
12	Prüfung mit schnellem internen Temperaturwechsel (nur bei Flüssigkeitskollektoren)	26
12.1	Zweck	26
12.2	Prüfeinrichtung und Durchführung	26
12.3	Ergebnisse	27
13	Prüfung auf eingedrungenes Regenwasser	27
13.1	Zweck	27
13.2	Prüfeinrichtung und Durchführung	27
13.3	Prüfbedingungen	27
13.4	Ergebnisse	29
14	Frostbeständigkeitsprüfung	29
14.1	Zweck	29
14.2	Frostbeständige Kollektoren	29
14.2.1	Allgemeines	29
14.2.2	Prüfbedingungen	30
14.3	Wärmeübertragungsrohr-Kollektoren	30
14.3.1	Allgemeines	30
14.3.2	Prüfbedingungen	30
14.3.3	Ergebnisse	30
15	Mechanische Belastungsprüfung mit Über- oder Unterdruck	31
15.1	Zweck	31
15.2	Prüfeinrichtung und Durchführung	31
15.2.1	Montage	31
15.2.2	Verfahren für die Anwendung der Lasten	31
15.2.3	Bestimmte Spezifikationen für nachgeführte Kollektoren oder andere spezifische Kollektortypen	32
15.3	Prüfbedingungen	32
15.4	Ergebnisse	32
16	Schlagfestigkeitsprüfung	32
16.1	Zweck	32
16.2	Prüfverfahren	32
16.3	Auftreffbereich	33
16.4	Verfahren 1: Schlagfestigkeitsprüfung mit Eiskugeln	33
16.4.1	Prüfeinrichtung	33
16.4.2	Eiskugeln	33
16.4.3	Spezielle Aspekte des Prüfverfahrens bei Verwendung von Eiskugeln	34
16.5	Verfahren 2: Schlagfestigkeitsprüfung mit Stahlkugeln	34
16.6	Ergebnisse	34
17	Endkontrolle	34
17.1	Zweck	34

17.2	Prüfverfahren	34
17.3	Ergebnisse	35
18	Prüfbericht.....	35
19	Leistungsprüfung.....	36
19.1	Allgemeines	36
19.2	Leistungsprüfung unter Verwendung eines Sonnenstrahlungssimulators	36
19.2.1	Allgemeines	36
19.2.2	Sonnenstrahlungssimulator für die Leistungsprüfung	36
19.2.3	Sonnenstrahlungssimulator für die Messung von Einfallswinkel-Korrekturfaktoren.....	37
20	Montage und Standort des Kollektors	38
20.1	Allgemeines	38
20.2	Kollektorausrichtung bei Aufstellung im Freien	38
20.3	Abschattung der direkten Sonnenstrahlung	39
20.4	Diffuse und reflektierte Sonnenstrahlung	39
20.5	Thermische Bestrahlungsstärke.....	39
20.6	Luftgeschwindigkeit in der Umgebung.....	39
21	Messgeräteausrüstung.....	40
21.1	Messung der Sonnenstrahlung	40
21.1.1	Pyranometer.....	40
21.2	Wärmestrahlungsmessung	40
21.2.1	Allgemeines	40
21.2.2	Messung der thermischen Bestrahlungsstärke im Freien.....	40
21.2.3	Messung der thermischen Bestrahlungsstärke in Innenräumen	41
21.3	Temperaturmessungen.....	41
21.3.1	Allgemeines	41
21.3.2	Temperaturen des Wärmeträgerfluids (Flüssigkeitskollektoren).....	41
21.3.3	Mittlere volumenstromgewichtete Temperatur $\vartheta_{m,th}$ (Luftkollektoren)	41
21.3.4	Messung der Umgebungslufttemperatur.....	42
21.4	Messung der Durchflussgeschwindigkeit	43
21.4.1	Berechnung des Massenstroms (Flüssigkeit)	43
21.4.2	Messung der Durchflussgeschwindigkeit des Wärmeträgers (bei Luftkollektoren)	43
21.5	Messung der Luftgeschwindigkeit über dem Kollektor	43
21.5.1	Allgemeines	43
21.5.2	Geforderte Genauigkeit.....	44
21.6	Abgelaufene Zeit	44
21.7	Druckmessung.....	44
21.8	Messung der Luftfeuchte (Luftkollektoren)	44
21.9	Kollektormaße	44
22	Prüfstand	45
22.1	Flüssigkeitskollektoren	45
22.1.1	Allgemeines	45
22.1.2	Wärmeträger.....	46
22.1.3	Rohrleitungen und Rohrverbinder	46
22.1.4	Pumpe und Durchflussregler	46
22.2	Luftkollektoren	46
22.2.1	Allgemeines	46
22.2.2	Geschlossener Prüfkreislauf	46
22.2.3	Für die Umgebung offene Prüfkreisläufe.....	47
22.2.4	Wärmeträger.....	48
22.2.5	Prüfluftkanäle.....	48
22.2.6	Lüfter und Durchflussregler	49
22.2.7	Einrichtung zur Vorbehandlung der Luft.....	49
22.2.8	Feuchteverhältnis.....	49

23	Verfahren für die Wärmeleistungsprüfung	49
23.1	Allgemeines	49
23.2	Vorbehandlung des Kollektors	50
23.3	Prüfbedingungen	50
23.3.1	Allgemeines	50
23.3.2	Verfahren im stationären Zustand	50
23.3.3	Quasi-dynamische Prüfung	51
23.4	Prüfverfahren	51
23.4.1	Allgemeines	51
23.4.2	Prüfung von Flüssigkeitskollektoren unter stationären Bedingungen	51
23.4.3	Prüfung von Luftkollektoren unter stationären Bedingungen	51
23.4.4	Prüfung von WISC-Kollektoren unter stationären Bedingungen	52
23.4.5	Quasi-dynamische Prüfung	52
23.5	Messungen	52
23.5.1	Allgemeines	52
23.5.2	Zusätzliche Messungen bei Prüfungen in Sonnenstrahlungssimulatoren	53
23.5.3	Anforderung an die Datenerfassung	54
23.6	Prüfdauer	54
23.6.1	Prüfung im stationären Zustand	54
23.6.2	Quasi-dynamische Prüfung	55
24	Berechnung der Kollektorparameter	58
24.1	Flüssigkeitskollektoren	58
24.1.1	Allgemeines	58
24.1.2	Prüfverfahren für Flüssigkeitskollektoren im stationären Zustand	58
24.1.3	Quasi-dynamische Prüfverfahren für Flüssigkeitskollektoren	59
24.1.4	Datenanalyse	59
24.2	Luftkollektoren	59
24.2.1	Allgemeines	59
24.2.2	Prüfverfahren im stationären Zustand für Luftkollektoren mit geschlossenem Kreislauf	60
24.2.3	Prüfverfahren im stationären Zustand für Luftkollektoren mit für die Umgebung offenem Kreislauf	60
24.2.4	Prüfverfahren im stationären Zustand für WISC-Luftkollektoren mit für die Umgebung offenem Kreislauf	60
24.3	Standardberichtsbedingungen (en: Standard Reporting Conditions, SRC)	60
25	Bestimmung der effektiven Wärmekapazität und der Zeitkonstante	61
25.1	Messung der effektiven Wärmekapazität mit Bestrahlungsstärke	61
25.2	Messung der effektiven Wärmekapazität mithilfe des quasi-dynamischen Verfahrens	62
25.3	Berechnungsmethode zur Bestimmung der effektiven Wärmekapazität	62
25.4	Bestimmung der Zeitkonstante des Kollektors	62
26	Bestimmung des Einfallswinkel-Korrekturfaktors (en: Incident Angle Modifier, IAM)	63
26.1	Allgemeines	63
26.2	Modellierung	64
26.2.1	Stationäre Bedingungen	66
26.2.2	Quasi-dynamisch	66
26.3	Prüfverfahren	66
26.3.1	Flüssigkeitskollektoren unter stationären Bedingungen	66
26.3.2	Luftkollektoren	67
26.4	Berechnung des Einfallswinkel-Korrekturfaktors für den Kollektor	67
26.5	Bericht	67
27	Bestimmung des Druckabfalls	67
27.1	Allgemeines	67
27.2	Flüssigkeitskollektoren	68
27.2.1	Prüfeinrichtung und Durchführung	68
27.2.2	Durch Armaturen verursachter Druckabfall	68

27.2.3	Prüfbedingungen	68
27.3	Luftkollektoren	68
27.3.1	Prüfeinrichtung und Durchführung.....	68
Anhang A (normativ) Prüfberichte		70
A.1	Beschreibung des Kollektors	70
A.1.1	Allgemeine Informationen zur Prüflingidentifikation	70
A.1.2	Selbstschutzkollektoren (Abschnitt 5.2.2.3)	70
A.1.3	Betriebsbereich.....	71
A.1.4	Maße und allgemeine Informationen a)	71
A.1.5	Rahmen, Abdeckung, Gehäuse.....	71
A.1.6	Absorber	71
A.1.7	Hydrauliksystem.....	72
A.1.8	Luftkollektoren	72
A.1.9	Abdeckung / Transparente Abdeckung	73
A.1.10	Dämmung(en).....	73
A.1.11	Wärmeübertragungsrohre.....	73
A.1.12	Reflektor(en).....	73
A.1.13	Zusätzliche Informationen.....	73
A.2	Prüffolge und Zusammenfassung der Hauptprüfergebnisse	74
A.3	Innendruckprüfungen an Wärmeträgerfluidkanälen.....	75
A.3.1	Prüfbedingungen	75
A.3.2	Prüfergebnisse.....	75
A.4	Dichtheitsprüfung bei Luftkollektoren mit geschlossenem Kreislauf.....	75
A.4.1	Prüfbedingungen	75
A.4.2	Prüfergebnisse.....	75
A.5	Bruch- oder Druckprüfung.....	76
A.5.1	Prüfbedingungen	76
A.5.2	Prüfergebnisse.....	76
A.6	Bestimmung der Norm-Stillstandstemperatur.....	77
A.6.1	Prüfbedingungen	77
A.6.2	Prüfergebnisse.....	77
A.7	Freilandbewitterungsprüfung.....	77
A.7.1	Anfängliche Freilandbewitterung	77
A.7.2	Prüfbedingungen für Verfahren 1	78
A.7.3	Prüfbedingungen für Verfahren 2	78
A.7.4	Prüfbedingungen für Verfahren 3	79
A.8	Prüfung mit schnellem äußeren Temperaturwechsel.....	79
A.8.1	Prüfbedingungen	79
A.8.2	Prüfergebnisse.....	79
A.9	Prüfung mit schnellem inneren Temperaturwechsel	80
A.9.1	Prüfbedingungen	80
A.9.2	Prüfergebnisse.....	80
A.10	Prüfung auf eingedrungenes Regenwasser.....	80
A.10.1	Prüfbedingungen	80
A.10.2	Prüfergebnisse.....	80
A.11	Frostbeständigkeitsprüfung.....	81
A.11.1	Prüfbedingungen	81
A.11.2	Prüfergebnisse.....	81
A.12	Mechanische Belastungsprüfung.....	81
A.12.1	Überdruckprüfung am Kollektor und den Befestigungen.....	81
A.12.2	Unterdruckprüfung am Kollektor und den Befestigungen	81
A.13	Schlagfestigkeit	82
A.13.1	Prüfbedingungen	82
A.13.2	Prüfergebnisse.....	82
A.14	Endkontrolle.....	82

A.15	Ergebnisse der Leistungsprüfung.....	83
A.15.1	Allgemeines	83
A.15.2	Kollektoren, die externe Energiequellen verwenden (Abschnitt 5.2.2.2).....	84
A.15.3	Wärmeleistungsmessungen	84
A.15.4	Berichte über die Wärmeleistung	84
A.15.5	Berichterstattung der Wärmeleistung für Luftkollektoren, die für die Umgebung offen sind	86
A.15.6	Einfallswinkel-Korrekturfaktor.....	87
A.15.7	Effektive Wärmekapazität	88
A.15.8	Zeitkonstante	89
A.15.9	Druckabfallmessungen.....	89
Anhang B (informativ)	Modelle im stationären und quasi-dynamischen Zustand.....	90
Anhang C (informativ)	Dichte und Wärmekapazität von Wasser	91
Anhang D (informativ)	Bewertung der Standardunsicherheit in Sonnenkollektorprüfungen.....	92
D.1	Einleitung	92
D.2	Messunsicherheiten bei der Wirkungsgradprüfung von Sonnenkollektoren.....	92
D.3	Kurvenanpassung und Unsicherheiten der Ergebnisse der Wirkungsgradprüfung.....	94
Anhang E (informativ)	Messung der geschwindigkeitsgewichteten mittleren Temperatur.....	96
Anhang F (informativ)	Aspekte der Werkstoffeffizienz.....	98
Anhang G (normativ)	Bereichsumwandlung von Wärmeleistungsparametern	99
Literaturhinweise.....		100

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 9806:2016) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 312 „Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee ISO/TC 180 „Solar energy“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom EL0T gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 9806:2016 wurde vom CEN als prEN ISO 9806:2016 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung von Nationalen Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird normalerweise von ISO Technischen Komitees durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale Organisationen, staatlich und nicht-staatlich, in Liaison mit ISO, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) bei allen elektrotechnischen Themen zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Im Besonderen sollten die für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten notwendigen Annahmekriterien beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der empfangenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname wird als Information zum Nutzen der Anwender angegeben und stellt keine Anerkennung dar.

Eine Erläuterung der Bedeutung ISO-spezifischer Benennungen und Ausdrücke, die sich auf Konformitätsbewertung beziehen, sowie Informationen über die Beachtung der Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) zu technischen Handelshemmnissen (TBT, en: Technical Barriers to Trade) durch ISO enthält der folgende Link: www.iso.org/iso/foreword.html.

Das für dieses Dokument verantwortliche Komitee ist ISO/ TC 180 „Solar energy“.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 9806:2013), die technisch überarbeitet wurde.

Einleitung

Diese Internationale Norm definiert die Prüfverfahren für die Bewertung der Leistungsfähigkeit, Zuverlässigkeit, Dauerhaftigkeit und Sicherheit von thermischen Sonnenkollektoren unter gut definierten und wiederholbaren Bedingungen. Sie enthält Leistungsprüfverfahren für die Durchführung von Prüfungen im Außenbereich unter natürlicher Sonneneinstrahlung mit natürlichem sowie simuliertem Wind und für die Durchführung von Prüfungen im Innenbereich unter simulierter Sonneneinstrahlung und simuliertem Wind. Prüfungen im Freien können entweder im stationären Zustand oder als Ganztagesmessungen unter wechselnden Wetterbedingungen durchgeführt werden.

Kollektoren, die nach dieser Internationalen Norm geprüft werden, stellen ein breites Spektrum an Anwendungen dar, z. B. abgedeckte Flachkollektoren und Vakuum-Röhrenkollektoren für die Wasser- und Raumheizung in Wohngebäuden, Kollektoren für die Erwärmung von Schwimmbädern oder für andere Niedertemperatursysteme oder für die Nachführung von konzentrierenden Kollektoren für die Wärmeenergieerzeugung sowie Prozesswärmeanwendungen. Diese Norm gilt für Kollektoren, die Flüssigkeiten sowie Luft als Wärmeträgerfluid verwenden. Auf die gleiche Weise werden Kollektoren in Betracht gezogen, die externe Energiequellen für den Normalbetrieb und/oder Sicherheitszwecke (Überhitzungsschutz, Umweltbelastungen, usw.) verwenden, sowie Hybridgeräte, die Wärmeenergie und Strom erzeugen.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt Prüfverfahren für die Bewertung der Dauerhaftigkeit, Zuverlässigkeit, Sicherheit und Wärmeleistung von Flüssigkeitssolarkollektoren fest. Die Prüfverfahren gelten für Prüfungen im Labor und in situ.

Diese Internationale Norm gilt für alle Arten an flüssigkeitserwärmenden Solarkollektoren, Luftkollektoren, Hybridsolarkollektoren, die sowohl Wärme als auch Strom erzeugen, sowie Solarkollektoren, die externe Energiequellen für den Normalbetrieb und/oder Sicherheitszwecke verwenden. Sie deckt keine elektrischen Sicherheitsaspekte oder sonstige besondere Eigenschaften ab, die sich direkt auf die Stromerzeugung beziehen.

Diese Internationale Norm ist nicht auf Geräte anwendbar, bei denen ein Wärmespeicher ein integraler Bestandteil ist, so dass sich der Sammelprozess nicht vom Prozess der Wärmespeicherung trennen lässt, wie dies erforderlich sein kann, um beispielsweise Sammelleistungsmessungen durchzuführen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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).

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

ISO 9488, *Solar energy — Vocabulary*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 9488 und die folgenden Begriffe.

3.1

Einfallswinkel in Längsrichtung

Winkel zwischen dem Kollektorapertur-Normal und der in die Längsebene projizierten direkt einfallenden Sonnenstrahlung

3.2

Längsebene

Ebene, die durch das Kollektorapertur-Normal und die Konzentratorachse (oder im Falle flacher zweiachsiger Geometrien die größte Symmetrieachse) definiert ist

3.3

Betriebshöchsttemperatur

Höchsttemperatur, die im Normalbetrieb des Kollektors oder der Anlage erlaubt wird und die vom Hersteller angegeben wird

3.4

optische Achse

Symmetrieachse, die in Kollektoren mit Linienfokussierung senkrecht zur Brennnlinie und zur Aperturebene verläuft

3.5

Ausgasen

Prozess, bei dem ein Werkstoff unter der Einwirkung von erhöhten Temperaturen und/oder verringertem Druck Gase freisetzt

3.6

Reflektor

Oberfläche, die dazu dient, Strahlungsenergie zu reflektieren

3.7

Transversaler Einfallswinkel

Winkel zwischen dem Kollektorapertur-Normal und dem in die Querebene projizierten einfallenden Sonnenstrahl

3.8

Querebene

Ebene, die durch das Kollektorapertur-Normal und die senkrecht zur Konzentratorachse verlaufende Gerade oder im Falle flacher zweiachsiger Geometrien die kürzeste Symmetrieachse definiert ist

3.9

Auslösetemperatur

Temperaturwert, bei dem die Sicherheitssteuereinrichtungen für den ausfallsicheren Betriebszustand aktiviert werden

4 Symbole und Abkürzungen

A_G	Brutto-Kollektorfläche	m^2
a_1	Wärmedurchgangskoeffizient bei $(\vartheta_m - \vartheta_a) = 0$	$W/(m^2 \cdot K)$
a_2	Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient	$W/(m^2 \cdot K^2)$
a_3	Windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient	$J/(m^3 \cdot K)$
a_4	Von der Himmelstemperatur abhängiger Wärmedurchgangskoeffizient	
a_5	Effektive Wärmekapazität	$J/(m^2 \cdot K)$
a_6	Von der Windgeschwindigkeit abhängiger Konversionsfaktor	s/m
a_7	Von der Windgeschwindigkeit abhängiger IR-Strahlungsaustausch	$W/(m^2 \cdot K^4)$
a_8	Strahlungsverluste	$W/(m^2 \cdot K^4)$
b_u	Kollektorwirkungsgradfaktor (windabhängig)	s/m
C	Effektive Wärmekapazität des Kollektors	J/K
C_R	Geometrischer Konzentrationsfaktor	-
c_f	Spezifische Wärmekapazität des Wärmeträgerfluids	$J/(kgK)$
$c_{f,i}$	Spezifische Wärmekapazität des Wärmeträgerfluids Kollektoreintritt	$amJ/(kgK)$
$c_{f,e}$	Spezifische Wärmekapazität des Wärmeträgerfluids Kollektorausritt	$amJ/(kgK)$
$c_{f,a}$	Spezifische Wärmekapazität der Umgebungsluft	$J/(kgK)$
E_L	Langwellige Einstrahlung ($\lambda > 3 \mu m$)	W/m^2
G	Hemisphärische solare Bestrahlungsstärke	W/m^2
G_S	Hemisphärische solare Bestrahlungsstärke für die Berechnung der Standard-Stillstandstemperatur	W/m^2
G_m	Durchschnittliche gemessene hemisphärische solare Bestrahlungsstärke	W/m^2
G''	Netto-Bestrahlungsstärke	W/m^2

G_b	Direkte solare Bestrahlungsstärke (Sonneneinstrahlung)	W/m^2
G_d	Diffuse Bestrahlungsstärke	W/m^2
H	Strahlungsenergie in der Kollektorebene bei der Freilandbewitterung	MJ/m^2
$K_{hem}(\theta_L, \theta_T)$	Einfallswinkel-Korrekturfaktor	-
$K_b(\theta_L, \theta_T)$	Einfallswinkel-Korrekturfaktor für direkte Strahlung	-
$K_{\theta L}$	Einfallswinkel-Korrekturfaktor entlang der Kollektorrohre oder -reflektoren	--
$K_{\theta T}$	Einfallswinkel-Korrekturfaktor im rechten Winkel zu den Kollektorrohren oder -reflektoren	
K_d	Einfallswinkel-Korrekturfaktor für diffuse Strahlung	-
$\dot{m}$	Massenstrom des Wärmeträgerfluids	kg/s
$\dot{m}_{min}$	Mindestmassenstrom in der Leistungsprüfung	kg/h
$\dot{m}_{max}$	Maximaler Massenstrom in der Leistungsprüfung	kg/h
$\dot{m}_e$	Luftmassenstrom (in Strömungsrichtung) dahinter	kg/s
$\dot{m}_i$	Luftmassenstrom (in Strömungsrichtung) davor	kg/s
$\dot{m}_l$	Leckage-Luftmassenstrom	kg/s
$p_{f,e}$	Statischer Druck des Wärmeträgerfluids (Luft) am Austritt des Sonnenkollektors	Pa
$p_{f,i}$	Statischer Druck des Wärmeträgers (Luft) am Eintritt des Sonnenkollektors	Pa
P_{abs}	Absolutdruck der Umgebungsluft	Pa
$\dot{Q}$	Nutzwärmeleistung des Kollektors	W
$\dot{Q}_{Peak}$	Spitzenleistung. Vom Kollektormodul bei senkrechtem Einfall abgegebene Leistung, $G = 1000 W/m^2$ und $\vartheta_m - \vartheta_a = 0 K$	W
$\dot{Q}_t$	Mittlere Ausgangsleistung während eines Zeitschritts	W
R_D	Gaskonstante für Wasserdampf	$461,4 J/(kgK)$
rH_{amb}	Relative Feuchte der Umgebungsluft	%
rH_e	Relative Feuchte der Luft am Austritt des Sonnenkollektors	%
rH_i	Relative Feuchte der Luft am Eintritt des Sonnenkollektors	%
R_L	Gaskonstante für Luft	$287,1 J/(kgK)$
T	Absolute Temperatur	K
T	Zeit	s
U	Geschwindigkeit der Umgebungsluft	m/s
V_f	Wärmeträgerinhalt des Kollektors	m^3
$\dot{V}$	Volumenstrom	m^3/s
$\dot{V}_e$	Volumenstrom am Austritt des Sonnenkollektors	m^3/s
$\dot{V}_i$	Volumenstrom am Eintritt des Sonnenkollektors	m^3/s
$\dot{V}_l$	Volumenluftleckrate	m^3/s
$X_{W,a}$	Wassergehalt der Umgebungsluft	$kg H_2O/kg$ Trockenluft

$X_{W,e}$	Wassergehalt am Austritt des Sonnenkollektors	kg Trockenluft	H ₂ O/kg
$X_{W,i}$	Wassergehalt am Eintritt des Sonnenkollektors	kg Trockenluft	H ₂ O/kg
Δp	Druckdifferenz zwischen Wärmeträgereintritt und -austritt	Pa	
Δt	Zeitintervall	s	
ΔT	Temperaturunterschied zwischen Wärmeträgeraustritt und -eintrittK ($\vartheta_e - \vartheta_{in}$)	K	
η_b	Kollektorwirkungsgrad, basierend auf der Bestrahlungsstärke G_b	-	
η_{hem}	Kollektorwirkungsgrad, basierend auf der hemisphärischen solaren- Bestrahlungsstärke G_{hem}		
$\eta_{0,b}$	Spitzenwirkungsgrad des Kollektors (η_b bei $\vartheta_m - \vartheta_a = 0$ K), basierend- auf der Bestrahlungsstärke G_b		
$\eta_{0,hem}$	Spitzenwirkungsgrad des Kollektors ($\eta_{0, hem}$ at $\vartheta_m - \vartheta_a = 0$ K),- basierend auf der Bestrahlungsstärke G_{hem}		
$\eta_{hem, \dot{m}_i}$	Kollektorwirkungsgrad in Bezug auf den Massenstrom $\dot{m}_i$		
Θ	Einfallswinkel	Grad	
Θ_L	Einfallswinkel in Längsrichtung	Grad	
Θ_T	Transversaler Einfallswinkel	Grad	
ϑ_a	Umgebungslufttemperatur	°C	
ϑ_{am}	Gemessene Umgebungslufttemperatur	°C	
ϑ_{as}	Umgebungslufttemperatur für die Norm-Stillstandstemperatur	°C	
ϑ_e	Temperatur am Kollektorausritt	°C	
ϑ_i	Temperatur am Kollektoreintritt	°C	
ϑ_m	Mittlere Temperatur des Wärmeträgerfluids	°C	
$\vartheta_{max,op}$	Betriebshöchsttemperatur	°C	
ϑ_{stg}	Norm-Stillstandstemperatur	°C	
$\vartheta_{trigger}$	Temperatur für die Auslösung der Sicherheitseinrichtung	°C	
$\vartheta_{m,th}$	Volumenstromgewichtetes Temperaturmittel	°C	
$\vartheta_{mp,e}$	Flüssigkeitstemperatur am nachgeschalteten Luftmassenmesser	°C	
$\vartheta_{mp,i}$	Flüssigkeitstemperatur am vorgeschalteten Luftmassenmesser	°C	
ϑ_{sm}	Mittlere gemessene Absorbtemperatur	°C	
λ	Wellenlänge	µm	
ρ	Dichte des Wärmeträgerfluids	kg/m ³	
ρ_l	Luftdichte	kg/m ³	
σ	Stefan-Boltzmann-Konstante	W/(m ² K ⁴)	
τ_c	Kollektorzeitkonstante	s	
τ	Transmissionsgrad		
$(\tau\alpha)$	Effektives Transmissionsgrad-Absorptionsgrad-Produkt	-	

5 Allgemeines

5.1 Übersicht über die Prüfungen — Abfolge der Prüfungen

Eine vollständige Abfolge der Prüfungen für Sonnenkollektoren, einschließlich einer Dauerhaftigkeitsprüfung und Wärmeleistungsmessungen, wird in Tabelle 1 —Liste der Prüfungen vorgeschlagen. Diese Prüfungsabfolge kann je nach Bedarf geändert werden oder es können nur einzelne Prüfungen durchgeführt werden. Für einige Prüfungen sind jedoch bestimmte Voraussetzungen erforderlich. Für sämtliche Prüfungsabfolgen und Einzelprüfungen ist die Endkontrolle (Abschnitt 17) eine abschließende, zusammenfassende Prüfung für die ordnungsgemäße Identifikation und Beschreibung des Prüflings sowie zur Erkennung von Problemen oder Mängeln.

Tabelle 1 — Liste der Prüfungen

Abschnitt	Prüfung
7	Leckageprüfung ^{a, f}
8	Bruch- und Druckprüfung ^{a, f}
9	Norm-Stillstandstemperatur ^a
10	Freilandbewitterungsprüfung ^{a, b}
11	Prüfung mit schnellem äußeren Temperaturwechsel ^b
12	Prüfung mit schnellem inneren Temperaturwechsel ^{b, d, e, m}
13	Prüfung auf eingedrungenes Regenwasser ^f
14	Frostbeständigkeitsprüfung ^{c, f}
6	Innendruckprüfung an Wärmeträgerkanälen ^{a, d, e}
15	Mechanische Belastungsprüfung ^f
16	Schlagfestigkeitsprüfung ^g
17	Endkontrolle
19-26	Wärmeleistungsprüfung ^{h, i}
27	Druckabfallmessung

^a Für polymerische Absorber ist die Norm-Stillstandstemperatur für die interne Druckprüfung erforderlich.

^b Die beiden Prüfungen mit schnellem äußeren und inneren Temperaturwechsel dürfen mit der Freilandbewitterungsprüfung kombiniert werden.^c

^c Für angeblich frostbeständige Kollektoren und Kollektoren, die Wärmeübertragungsrohre enthalten.^d

^d Ist nur bei Flüssigkeitskollektoren anwendbar. Letzte Prüfung einer Prüfungsabfolge, aber vor der Endkontrolle.

^e Bei Wärmeträgerfluidkanälen, die polymerische Werkstoffe enthalten, ist vor der Prüfung eine Halbbewitterung erforderlich (einschließlich Dichtung).^f

^f Vor der Prüfung ist eine Halbbewitterung erforderlich.

^g Bei Polymerabdeckungen ist vor der Prüfung eine Halbbewitterung erforderlich.^h

^h Vor der Leistungsprüfung von Wärmeübertragungsrohrkollektoren ist eine Freilandbewitterung erforderlich.ⁱ

ⁱ Vor der Wärmeleistungsprüfung von Kollektoren, die externe Energiequellen verwenden, ist eine Halbbewitterung erforderlich.

5.2 Prüfung von Kollektoren mit spezifischen Eigenschaften

5.2.1 Allgemeines

Die in dieser Norm beschriebenen allgemeinen Prüfverfahren decken den Großteil der Standardprodukte ab. Einige Kollektorkonstruktionen mit zusätzlichen spezifischen Eigenschaften müssen wie in diesem Abschnitt angegeben geprüft werden. Kollektoren können über ein oder mehrere Eigenschaften verfügen. Eigenschaften, die nicht in diesem Bericht genannt werden, dürfen für den geprüften Kollektor nicht als anwendbar angesehen werden.

5.2.2 Kollektoren, die externe Energiequellen verwenden, und Kollektoren mit aktiven oder passiven Maßnahmen für den Normalbetrieb und den Selbstschutz

5.2.2.1 Allgemeines

Diese Kollektoren müssen geprüft werden, um unter normalen Betriebsbedingungen eine angemessene Leistung und/oder die Fähigkeit zu demonstrieren, sich vor schwerwiegenden Ausfällen aufgrund von Bedingungen, die während des standardmäßigen Betriebs vorkommen können, zu schützen. Sämtliche Prüfungen müssen mithilfe der vorgesehenen Originalgeräte des Herstellers (Nachführungsgeräte, Pumpen, Sensoren, usw.) und mithilfe von externen Energiequellen wie vom Hersteller angegeben durchgeführt werden. Der Hersteller muss die Eigenschaften der Einrichtungen zum Schutz der Anlage eindeutig festlegen und er muss angeben, ob für den Betrieb dieser Einrichtung(en) eine externe Energiequelle erforderlich ist.

5.2.2.2 Kollektoren, die externe Energiequellen für den Normalbetrieb verwenden

Der Gesamtverbrauch für den Normalbetriebmodus des Kollektors muss auf angemessene Art und Weise im Prüfbericht bewertet und angegeben werden.

5.2.2.3 Kollektoren mit aktiven oder passiven Maßnahmen zum Selbstschutz

Die Schutzsysteme können aktiv sein, wie z. B. im Falle von Stellgliedern, Motoren und anderen Betriebsmitteln, oder auch passiv, wie im Falle von auf Wärme reagierenden Werkstoffen oder anderen konstruktiv vorgesehenen Einrichtungen. Normalerweise werden solche Selbstschutzsysteme durch einen bestimmten Schwellenwert aktiviert (Tem, Druck, mechanische Last, usw.). Der Hersteller muss die Kontroll Sollwerte und Parameter an die Labore übermitteln. Sämtliche Dauerhaftigkeitsprüfungen müssen wie in dieser Norm beschrieben durchgeführt werden, jedoch unter Bedingungen, die diesen Schwellenwerten ohne die Aktivierung der Selbstschutzmaßnahmen am nächsten kommen. Falls nötig wird der Kollektor mithilfe der angemessenen Flüssigkeiten und Durchflussmengen betrieben. Diese Prüfbedingungen haben Vorrang vor den Prüfbedingungen in den folgenden Kapiteln.

In einer Ergänzungsprüfung muss die Funktionsfähigkeit jeder Selbstschutzmaßnahme mindestens zweimal überprüft werden, indem die Schwellenwerte wie in dieser Norm definiert an die Prüfbedingungen weitergeleitet werden.

Für alle Geräte mit externen Energiequellen für den Selbstschutz wird angenommen, dass die Energie im erforderlichen Umfang für den Normalbetrieb und 5 Minuten nach der Weitergabe der Schwelle für den Selbstschutz verfügbar ist. Es muss überprüft werden, ob die Systeme den Kollektor rechtzeitig schützen können und ob er danach weiterhin geschützt ist, auch im Falle eines nachfolgenden kompletten Stromausfalls.

Wenn diese Verfahren nicht anwendbar sind, muss eine alternative Prüfabfolge definiert werden, um einen geeigneten Betrieb sämtlicher aktiver und passiver Mechanismen während normaler Betriebsbedingungen und im Falle von zu aktivierenden Selbstschutzmaßnahmen zu verifizieren.

5.2.2.4 Bericht

Bestimmte Aspekte von Kollektoren, die externe Energiequellen und aktive oder passive Maßnahmen für den Normalbetrieb und den Selbstschutz verwenden, müssen im entsprechenden Kapitel in Anhang A beschrieben und angegeben werden. Spezifikationen für die Durchflussmenge, die Flüssigkeitstemperatur und die Dauer des Durchflusses müssen dargelegt werden, wenn in der Prüfung ein Flüssigkeitsdurchfluss angewandt wurde.

5.2.3 Kollektoren, die Wärme und Strom erzeugen

5.2.3.1 Allgemeines

Diese Kollektoren müssen hinsichtlich der Dauerhaftigkeit und Wärmeleistung wie jeder andere Sonnenkollektor geprüft werden. Sämtliche Leistungsprüfungen müssen unter den Maximalbedingungen für die Stromerzeugung durchgeführt werden. Bei sämtlichen Dauerhaftigkeitsprüfungen darf der Stromgenerator nicht an einen anderen Verbraucher angeschlossen sein (offener Kreislauf), um die Kühlung des Kollektors zu verhindern und die schlechtesten Betriebsbedingungen zu simulieren.

5.2.3.2 Bericht

Der Stromgenerator muss detailliert im Prüfbericht beschrieben werden. Die elektrische Betriebsart muss für alle Prüfungen berichtet werden.

5.2.4 Wind- und/oder Infrarot-empfindliche Kollektoren (WISC)

5.2.4.1 Allgemeines

Verschiedene Arten an Kollektoren werden gegenüber Wind und/oder Wärmestrahlung als empfindlich angesehen. Bei diesen Kollektoren befinden sich der Absorber oder das Wärmeträgerfluid normalerweise in engem Kontakt mit der Umgebung. Typische Beispiele umfassen polymerische Kollektoren ohne Abdeckung, einige PVT-Kollektoren, höchst konzentrierende Parabolrinnenkollektoren oder einige Luftkollektoren.

5.2.4.2 Angepasste Prüfverfahren

WISC-Kollektoren müssen wie jeder andere Sonnenkollektor geprüft werden, aber das Prüfverfahren muss für die folgenden Prüfungen angepasst werden:

- Halbbewitterung / Freilandbewitterung.
- Wärmeleistungsmessungen.

5.2.5 Fassadenkollektoren

5.2.5.1 Allgemeines

Kollektoren, die nach der Herstellerspezifikation bei Neigungen von mehr als 75° betriebsfähig sind, müssen als Fassadenkollektoren angesehen werden.

5.2.5.2 Angepasste Prüfverfahren

Fassadenkollektoren (im Gebäude oder auf der Fassade) müssen wie jeder andere Sonnenkollektor geprüft werden, aber das Prüfverfahren muss für die Freilandbewitterungsprüfungen angepasst werden (Abschnitt 10).

6 Innendruckprüfungen an Wärmeträgerfluidkanälen

6.1 Zweck

Diese Prüfung dient zur Beurteilung eines Kollektors, dem Höchstdruck im Wärmeträgerfluidkanal gemäß der Spezifikation des Herstellers standzuhalten.

6.2 Wärmeträgerfluidkanäle aus nicht polymerischen Werkstoffen

6.2.1 Prüfeinrichtung und Durchführung

Die Prüfeinrichtung besteht aus einem hydraulischen Druckgeber, einem Sicherheitsventil, einem Belüftungsventil und einem Druckmessgerät mit einer Standardunsicherheit von besser als 5 %. Das Belüftungsventil muss verwendet werden, um die Wärmeträgerkanäle vor der Druckbeaufschlagung zu entlüften. Die Wärmeträgerfluidkanäle sind mit auf Raumtemperatur gehaltener Flüssigkeit zu füllen und dem Prüfdruck auszusetzen. Nach der Erhöhung des Drucks in den Wärmeträgerfluidkanälen des Kollektors auf den Prüfdruck müssen die Wärmeträgerfluidkanäle durch ein Absperrventil von der Druckquelle isoliert werden. Die Wärmeträgerfluidkanäle müssen während der Dauer der Prüfung von der Druckquelle getrennt bleiben und der Druck in den Wärmeträgerfluidkanälen muss beobachtet werden.

6.2.2 Prüfbedingungen

Die Druckprüfung von Wärmeträgerfluidkanälen ist bei einer Umgebungstemperatur im Bereich von $20 \pm 10^\circ\text{C}$ unter Lichtschutz durchzuführen. Der Prüfdruck muss innerhalb von $\pm 5 \%$ des 1,5-fachen des vom Hersteller vorgegebenen Höchstbetriebsdrucks des Kollektors stabil sein, bevor der Kollektor von der Druckquelle getrennt werden kann. Der Prüfdruck muss für eine Dauer von mindestens 15 min aufrechterhalten werden.

6.3 Wärmeträgerfluidkanäle aus polymerischen Werkstoffen

6.3.1 Prüfeinrichtung und Durchführung

Die Druckprüfungen der Wärmeträgerfluidkanäle sind bei erhöhten Temperaturen durchzuführen, weil die Druckfestigkeit eines polymerischen Wärmeträgerfluidkanals bei Erhöhung seiner Temperatur nachteilig beeinflusst werden kann. Die Prüfeinrichtung besteht aus einem hydraulischen oder pneumatischen Druckgeber und einer Vorrichtung zum Aufheizen der Wärmeträgerkanäle auf die geforderte Prüftemperatur. Die Prüftemperatur der Wärmeträgerfluidkanäle müssen vor der Prüfung für eine Dauer von mindestens 30 min und während der gesamten Prüfdauer aufrechterhalten werden.

Bei Wärmeträgerfluidkanälen muss der Druck in (etwa fünf) gleichmäßigen Schritten bis zum Erreichen des Prüfdrucks erhöht werden, wobei jeder Zwischendruck jeweils 5 min lang zu halten ist. Anschließend muss der finale Prüfdruck innerhalb von $\pm 5 \%$ stabil gehalten werden.

Eines der folgenden Verfahren ist anzuwenden.

- a) Eintauchen der Wärmeträgerfluidkanäle in ein temperaturgeregeltes Wasserbad und Verwendung von Druckluft oder gefärbtem Wasser als Prüfmedium.
- b) Verbindung mit einem temperatur- und druckgeregelten Flüssigkeitskreis.
- c) Erwärmen des Kollektors in einem Sonnenstrahlungssimulator oder unter natürlicher Sonnenstrahlung und Verwendung einer Flüssigkeit als Prüfmedium.

6.3.2 Prüfbedingungen

Die Prüftemperatur muss die vom Hersteller festgelegte Betriebshöchsttemperatur oder die Norm-Stillstandstemperatur sein, je nachdem, welches der höhere Wert ist. Für Systeme, die einem atmosphärischen Druck ausgesetzt sind und die unter gemäß 5.2.2.3 geprüften Stillstandsbedingungen ableiten sollen, muss die Prüftemperatur die vom Hersteller spezifizierte höchste Betriebstemperatur sein. Der Prüfdruck muss das 1,5-fache des vom Hersteller festgelegten höchsten Kollektorbetriebsdrucks betragen. Der Prüfdruck muss für mindestens 1 h beibehalten werden.

6.4 Ergebnisse

Wenn sichtbar, müssen die Wärmeträgerfluidkanäle auf Undichtigkeiten, Ausbauchung und Verwindung untersucht werden. Bei nicht polymerischen Wärmeträgerfluidkanälen wird eine Leckage bei ein Druckabfall $\Delta P > 5\%$ des Prüfdrucks oder 17 kPa und/oder im Falle einer Beobachtung von leckenden Flüssigkeitstropfen vermutet. Bei nicht metallischen Wärmeträgerfluidkanälen wird eine Leckage vermutet, wenn Tropfen oder ein Luftverlust beobachtet werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind zusammen mit den angewendeten Druck- und Temperaturwerten sowie der Prüfdauer im Prüfbericht anzugeben.

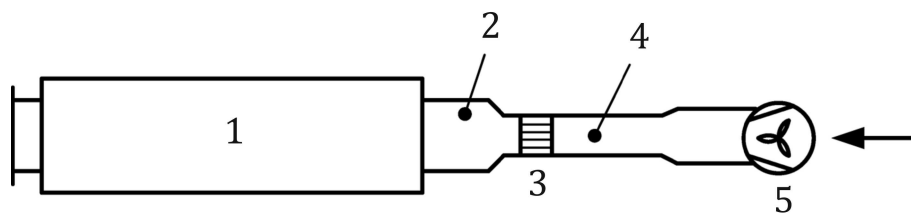
7 Innendruckprüfungen an Wärmeträgerfluidkanälen

7.1 Zweck

Diese Prüfung dient dazu, den Volumenstrom der aus Undichtigkeiten des Luftkollektors austretenden Luft, d. h. seinen Leckagevolumenstrom, zu quantifizieren. Bei einigen Kollektorausführungen ist die Dichtigkeitsprüfung nicht anwendbar, so z. B. bei Kollektoren mit offenem Kreislauf.

7.2 Prüfeinrichtung und Durchführung

Für die Dichtheitsprüfung kann ein zur Volumenstrombestimmung geeignetes Durchflussmessgerät verwendet werden, wie es z. B. in Bild 1 — Schematische Darstellung der Prüfeinrichtung für die Bestimmung der Luftdichtheit von Solarluftkollektoren zu sehen ist. Alle Leckagevolumenströme, die aus anderen Quellen als dem Prüfgegenstand stammen, sind zu quantifizieren und von dem für den Kollektor erhaltenen Ergebnis zu subtrahieren.



Legende

- 1 Solarlufterhitzer
- 2 Druckmessgerät
- 3 Durchflussmessgerät
- 4 Temperaturfühler
- 5 Lüfter

Bild 1 — Schematische Darstellung der Prüfeinrichtung für die Bestimmung der Luftdichtheit von Solarluftkollektoren

7.3 Prüfbedingungen

Alle Rohrverbindung außer einer müssen abgedichtet werden. Die verbleibende Rohrverbindung muss mit einem Messgerät für den Volumenstrom sowie einem Lüfter mit variabler Drehzahl verbunden werden. Die Druckdifferenz zwischen der verbleibenden Rohrverbindung und der Umgebung ist mithilfe eines Druckdifferenzmessers zu messen.

Die Prüfung selbst besteht aus zwei Teilen, einer Überdruck- und einer Unterdruck-Dichtheitsprüfung. Die Prüfung ist unter Beaufschlagung mit Überdruck bzw. Unterdruck durchzuführen. Die Standardunsicherheit muss für die Messung des Luftvolumenstroms besser als $\pm 2 \%$ und für die Druckdifferenzmessung besser als $\pm 10 \text{ Pa}$ sein.

7.4 Ergebnisse

Die Ergebnisse müssen den Festlegungen in A.4 entsprechend angegeben werden.

8 Bruch- oder Druckprüfung (nur bei Luftkollektoren)

8.1 Zweck

Diese Prüfung dient dazu, festzustellen, ob die betreffenden Luftkollektoren in der Lage sind, den Drücken standzuhalten, die sich für die Luftleitungssysteme, in die sie eingebaut werden, erwarten lassen.

8.2 Prüfeinrichtung und Durchführung

8.2.1 Allgemeines

Es kann eine ähnliche Einrichtung verwendet werden wie für die Dichtheitsprüfung von Luftkollektoren und die Messgenauigkeit muss dieselben Anforderungen erfüllen (siehe Abschnitt 7.2). Es ist sicherzustellen, dass der Ventilator mit variabler Drehzahl für den vorgesehenen Über- oder Unterdruck geeignet ist.

Die Prüfung ist bei Umgebungstemperatur durchzuführen. Kollektoren, bei denen polymerische Werkstoffe (Kunststoffe oder Elastomere) in direkten Kontakt mit dem Wärmeträgerfluid kommen, müssen unter der vom Hersteller spezifizierten höchsten Betriebstemperatur geprüft werden. Der Kollektor muss nach einem der folgenden Verfahren erwärmt werden:

- a) Anschließen einer Heizvorrichtung an den Flüssigkeitskreislauf und Durchleiten von heißer Luft durch den Kollektor, bevor der Kollektoraustritt verschlossen wird.
- b) Erhitzen des gesamten Kollektors in einem Sonnenstrahlungssimulator.
- c) Erhitzen des gesamten Kollektors im Freien unter natürlicher Sonneneinstrahlung.

8.2.2 Kollektoren mit geschlossenem Kreislauf

Die Prüfung ist nach folgendem Verfahren durchzuführen:

- a) Der Druckmesser ist in den Anschluss für den Kollektoraustritt einzubauen, und der Eintrittsanschluss ist durch den Durchflussmesser und den Druckregler für die Luftzufuhr anzuschließen.
- b) Es ist sicherzustellen, dass die Luftzufuhr für den vorgesehenen Über- oder Unterdruckmesser geeignet ist.
- c) Der Druckregler ist auf Umgebungsdruck einzustellen und der Druckablesewert bei Nullstellung ist zu notieren.
- d) Falls die Prüfung bei einer anderen Temperatur als der Umgebungstemperatur durchgeführt wird, muss der Kollektor nach einem der in 8.2.1 angegebenen Verfahren erwärmt werden.

- e) Die Luftzufuhr ist einzuschalten, und das Regelventil ist zu öffnen, bis ein Manometerdruck vom 1,5-fachen des vom Hersteller festgelegten Betriebshöchstdrucks des Kollektors (Über- und/oder Unterdruck) erreicht ist, und dieser ist 10 min lang zu halten.
- f) Der Kollektor ist zu untersuchen, und sämtliche Anzeichen von strukturellem Schaden sind im Prüfbericht anzugeben.

8.2.3 Kollektoren

Die Prüfung ist nach folgendem Verfahren durchzuführen:

- a) Der Druckablesewert bei Nullstellung ist zu notieren, wobei keine Luft durch den Kollektor fließen darf.
- b) Die Luftzufuhr ist einzuschalten und zu steigern, bis ein Volumenstrom vom 1,5-fachen des vom Hersteller festgelegten Höchstwertes erreicht ist, und dieser ist für eine Dauer von mindestens 15 s zu halten. Der Kollektor ist in der für die normale Nutzung vorgesehenen Konfiguration zu prüfen, wobei Luft von atmosphärischem Druck in den Kollektor eingeleitet wird.
- c) Der Luftstrom ist für eine Dauer von mindestens 10 min aufrechtzuerhalten. Am Ende dieser Dauer von 10 min ist der Kollektor unter Beibehaltung des Luftvolumenstroms zu untersuchen, und sämtliche Anzeichen von Verwindung oder Zusammenbruch sind im Prüfbericht anzugeben.

8.3 Ergebnisse und ihre Darstellung

Der Prüfbericht muss wie in Anhang A.5 gefordert erstattet werden.

9 Norm-Stillstandstemperatur

9.1 Zweck

Dieser Abschnitt enthält Verfahren für die Bestimmung der Norm-Stillstandstemperatur eines Kollektors, d. h. der Temperatur eines Kollektors in Phasen starker Sonnenstrahlung und hoher Umgebungstemperaturen, in denen dem Kollektor keine Nutzwärme entnommen wird. Die Norm-Stillstandtemperatur ϑ_{stg} wird für eine Solarbestrahlungsstärke $G_s = 1000 \text{ W/m}^2$ und eine Umgebungstemperatur $\vartheta_{as} = 30 \text{ °C}$ bestimmt. Die Norm-Stillstandtemperatur wird in den folgenden Prüfungen verwendet:

- Innendruckprüfung von Kollektoren mit polymerischen Absorbern (Abschnitt 6.3).
- Leckageprüfungen der Luftkollektoren mit polymerischen Wärmeträgerfluidkollektoren (Abschnitt 7).
- Riss- oder Einsturzprüfungen der Luftkollektoren mit polymerischen Werkstoffen (Abschnitt 8).
- Freilandbewitterungsprüfung (Abschnitt 10).

9.2 Prüfung unter Stillstandsbedingungen

Der Begriff Prüfung unter Stillstandsbedingungen wird wie folgt definiert: Der Kollektor ist im Freien aufzustellen oder in einen Sonnenstrahlungssimulator einzubauen. Flüssigkeitskollektoren dürfen nicht mit der Wärmeträgerflüssigkeit oder einer anderen Flüssigkeit gefüllt sein. Alle Flüssigkeitsrohre bis auf eines müssen verschlossen sein, um Abkühlung infolge natürlicher Luftbewegung zu vermeiden. Wenn ein Temperaturfühler erforderlich ist, muss dieser fest am Absorberstandort angebracht werden, wo die höchste für das Wärmeträgerfluid erwartete Temperatur auftritt. Der Temperaturfühler muss gegen Sonnenstrahlung abgeschirmt sein. Wenn der Kollektor mit einem Fühlerrohr ausgestattet ist, muss der Temperaturfühler dort mithilfe einer wärmeleitenden Paste installiert werden, um einen guten Wärmekontakt sicherzustellen. Andernfalls gilt Folgendes: Bei Flachkollektoren und Vakuum-Röhrenkollektoren mit Direktfluss wird definiert, dass diese Stelle in zwei Dritteln der Absorberhöhe und der halben Absorberbreite liegt. Für Vakuum-Röhrenkollektoren mit Wärmerohren liegt diese Stelle direkt auf einem Kondensator eines Wärmerohrs. Bei einigen Vakuum-Röhrenkollektoren kann es vernünftig sein,

die Norm-Stillstandtemperatur auf einem einzelnen Rohr mit angemessener Dämmung darauf zu messen, um die Wärmeverluste zu reduzieren und einen kompletten Kollektor zu simulieren. Wo diese Definitionen nicht gelten, muss eine alternative geeignete Stelle definiert werden.

Kollektoren ohne rückseitige Dämmung müssen auf einer dunklen Fläche ($\alpha > 80 \%$) montiert werden, um ungünstige Bedingungen in Bezug auf die Höchsttemperatur zu erreichen.

Kollektoren mit Selbstschutz müssen wie in Abschnitt 5.2.2.3 spezifiziert mit einer Temperatur betrieben werden, die sich gerade unterhalb der Auslösetemperatur befindet.

9.3 Messung und Extrapolation der Norm-Stillstandtemperatur

Der Kollektor muss unter Stillstandsbedingungen mit einem angebrachten Stillstandtemperaturfühler geprüft werden. Die Position des Fühlers muss im Prüfbericht angegeben werden.

Der Kollektor wird mindestens 1,5 h unter stabilen Stillstandsbedingungen mit einer mittleren Geschwindigkeit der Umgebungsluft von weniger als 1 m/s ausgesetzt. Stabile Bedingungen sind gegeben, wenn das Einstrahlungsniveau G_m stets innerhalb von $1000 \text{ W/m}^2 \pm 100 \text{ W/m}^2$ liegt, wenn die gemessene Umgebungstemperatur ϑ_{am} stets innerhalb von $30 \pm 10 \text{ °C}$ liegt.

Basierend auf der Schätzung, dass das Verhältnis $(\vartheta_{sm} - \vartheta_{am})/G_m$ unter stationären Stillstandsbedingungen für den Kollektor konstant bleibt, wird die Norm-Stillstandtemperatur für die ausgewählten Parameter (G_S und ϑ_{as}) gegeben durch

$$\vartheta_{stg} = \vartheta_{as} + \frac{G_S}{G_m} (\vartheta_{sm} - \vartheta_{am}) \quad (1)$$

Die Norm-Stillstandtemperatur des Kollektors ist definiert als der Mittelwert von ϑ_{stg} über den Messzeitraum von 1 h.

9.4 Bestimmung der Norm-Stillstandtemperatur anhand von Wirkungsgradparametern

Basierend auf der Definition, dass unter einem Stillstand keine Nutzwärmeentfernung möglich ist, wird die Stillstandtemperatur als Absorbertemperatur ϑ_{abs} definiert, wobei die gemessene Wärmeleistung Null entspricht. Die Norm-Stillstandtemperatur ϑ_{stg} für die Bestrahlungsstärke $G_S = 1000 \text{ W/m}^2$ und die Umgebungstemperatur $\vartheta_{as} = 30 \text{ °C}$ wird dann mithilfe der folgenden Gleichung berechnet:

$$\vartheta_{stg} = \vartheta_{as} + \frac{-a_1 + \sqrt{a_1^2 + 4\eta_{0,hem}G_S a_2}}{2a_2} + 20^\circ\text{C} \quad (2)$$

Da die Leistungsparameter für eine Windgeschwindigkeit von 2 m/s – 4 m/s gemessen werden, deren Wert höher ist als unter Stillstandsbedingungen, werden 20 °C addiert, um die höhere Windgeschwindigkeit auszugleichen. Für quasi-dynamische Messungen wird $(\eta_{0,hem} \cdot 1000 \text{ W/m}^2)$ durch $(\eta_{0,b} \cdot (K_b(0,0) \cdot 850 \text{ W/m}^2 + K_d \cdot 150 \text{ W/m}^2))$ ersetzt.

Dieser Ansatz basiert auf der Extrapolation der Gleichung für den Kollektorstandtemperatur, d. h. wo die Wärmeabgabe Null entspricht. Um sicherzustellen, dass die Gleichung für den Wirkungsgrad immer noch gültig ist, müssen einige der gemessenen Kollektorstandtemperaturdaten mit den Parametern ϑ_m , ϑ_{as} und G gemessen worden sein, was zu einer Leistung $\dot{Q} \geq \dot{Q}_{peak}/2$ mit der zusätzlichen Bedingung führt, dass $G > 800 \text{ W/m}^2$. Ist dies nicht der Fall, ist das Verfahren nicht anwendbar.

Die Stillstandstemperaturen für andere Klimabedingungen G'_S und ϑ'_{am} müssen mithilfe der Norm-Stillstandstemperatur wie folgt berechnet werden:

$$\vartheta_{stg}(G'_S, \vartheta'_{am}) = \vartheta'_{am} + \frac{G'_S}{1000}(\vartheta_{stg} - 30) \quad (3)$$

9.5 Ergebnisse

Die Norm-Stillstandstemperatur wird in einer aufgerundeten 10°C-Auflösung angegeben (Abschnitt A.6).

10 Freilandbewitterungs- und Halbbewitterungsprüfung

10.1 Zweck

Die Freilandbewitterungsprüfung stellt ein einfaches Zuverlässigkeitsprüfverfahren dar, das Betriebsbedingungen anzeigt (oder simuliert), die während des tatsächlichen Betriebs wahrscheinlich auftreten können, und sie ermöglicht es dem Kollektor, sich zu „stabilisieren“, sodass nachfolgende Eignungsprüfungen eher zu wiederholbaren Ergebnissen führen können. Aus dem zuletzt genannten Grund wird eine Prüfungsabfolge für die Halbbewitterungsprüfung definiert.

Eine der in Tabelle 2 — Klimatische Referenzbedingungen für die Freilandbewitterung sowie für die Prüfung mit schnellem äußeren und inneren Temperaturwechsel definierten Klimaklassen muss für die Prüfung ausgewählt werden. Die Klimaklasse C ist für besondere Zwecke ausgelegt und kann nach Bedarf definiert werden. Es sind drei verschiedene Verfahren zur Durchführung der Prüfungen verfügbar. Die Ergebnisse der drei Verfahren werden als vergleichbar angesehen. Jede Freilandbewitterungs- und Halbbewitterungsprüfung wird mit einer anfänglichen Freilandbewitterung im Außenbereich unter Stillstandsbedingungen (Außenanlagen 10.2) begonnen, gefolgt von einem der drei Prüfverfahren.

10.2 Anfängliche Freilandbewitterung

Der Kollektor muss mindestens 30 Tage lang (oder 15 Tage für die Halbbewitterung) im Freien (obligatorisch) unter sämtlichen Klimabedingungen für die Prüfung unter Stillstandsbedingungen (Abschnitt 9) montiert werden. Der Neigungswinkel muss im Bereich von 30 °-60 ° und innerhalb der Spezifikation des Herstellers liegen. Für Fassadenkollektoren müssen 50 % der anfänglichen Freilandbewitterung mit einer vertikalen Ausrichtung des Kollektors stattfinden. Die Kollektoren müssen mindestens einmal wöchentlich einer Sichtprüfung unterzogen werden, und sämtliche der in Abschnitt 17 festgelegten Anzeichen von Beschädigung müssen protokolliert und zusammen mit den Prüfergebnissen angegeben werden.

10.3 Verfahren 1

Die Lufttemperatur in der Umgebung muss mit einer Standardunsicherheit von 1 K und die hemisphärische Bestrahlungsstärke in der Kollektorebene unter Verwendung eines Pyranometers der Klasse I oder besser nach ISO 9060 aufgezeichnet werden. Die Werte der Strahlungsenergie und der mittleren Lufttemperatur müssen mindestens alle 5 Minuten durchgeführt werden.

Der Kollektor muss weiter ausgesetzt werden, bis die maximale Strahlungsenergie H , die in Tabelle 2 — Klimatische Referenzbedingungen für die Freilandbewitterung sowie für die Prüfung mit schnellem äußeren und inneren Temperaturwechsel gezeigt wird, erreicht wurde. Die anfängliche Freilandbewitterungszeit im Freien kann eingeschlossen werden, wenn die Umgebungstemperatur und die hemisphärische solare Bestrahlungsstärke entsprechend gemessen werden.

Der Kollektor muss außerdem mindestens 32 h (16 h für Halbbewitterung) lang einer Bestrahlungsstärke und Umgebungstemperatur von mehr als dem in Tabelle 2 — Klimatische Referenzbedingungen für die Freilandbewitterung sowie für die Prüfung mit schnellem äußeren und inneren Temperaturwechsel angegebenen Wert ausgesetzt werden. Bedingungen, die nach Abschnitt 9 zur selben Kollektortemperatur führen, sind akzeptabel. Diese Stunden müssen aus Zeiträumen von mindestens 30 Minuten zusammengesetzt werden. Die anfängliche Freilandbewitterung kann eingeschlossen werden, wenn die erwähnten Daten entsprechend gemessen werden.

Bewitterungsprüfungen in Innenräumen unter Verwendung eines Sonnenstrahlungssimulators dürfen durchgeführt werden, um die festgelegte Dauer von 32 oder 16 Stunden und/oder die festgelegte Bestrahlung nach Ablauf der 30 oder 15 Tage im Freien zu erreichen. Die Dauer der Prüfzyklen darf höchstens 8 h betragen. Falls ein Zyklus länger als 8 h dauert, werden nur 8 h gezählt. Zwischen den einzelnen Zyklen muss jeweils eine Pause von mindestens 4 h eingelegt werden, um den Kollektor auf einen Wert nahe der Umgebungstemperatur abzukühlen. Die Merkmale des zu verwendenden Sonnenstrahlungssimulators müssen wie in Abschnitt 19.2.2 bestehen. Für Nicht-WISC-Kollektoren muss das Einstrahlungsspektrum im Kurzwellenbereich berücksichtigt werden.

Die Kollektoren müssen mindestens einmal wöchentlich einer Sichtprüfung unterzogen werden, und sämtliche der in Abschnitt 17 festgelegten Anzeichen von Beschädigung müssen protokolliert und zusammen mit den Prüfergebnissen angegeben werden.

10.4 Verfahren 2

Nach der anfänglichen Freilandbewitterung wird der Kollektor mithilfe eines geeigneten Wärmeträgerfluids mit einem gepumpten Wärmeübertragungskreislauf verbunden, wobei der Kollektor Teil der Kreislauf ist. Ein geeignetes Wärmeträgerfluid verbleibt bei Stillstandstemperatur und dem maximal zulässigen Betriebsdruck des Kollektors in flüssigem Zustand. Der Kollektor wird mit einer Fluidtemperatur $\vartheta_m = \vartheta_{stg}(G', \vartheta_{am}) + 10\text{ °C}$ mit der höchstmöglichen Durchflussmenge betrieben, wobei $\vartheta_{stg}(G', \vartheta_{am})$ als Stillstandstemperatur für die ausgewählte Klimaklasse nach Abschnitt 9 berechnet werden muss. Das System mit dieser Durchflussmenge und Temperatur maximal 8 Stunden laufen lassen und die Pumpe dann für mindestens 4 Stunden ausschalten. Diese Zyklen wiederholen, bis die Werte für die ausgewählte Klimaklasse erreicht werden.

Den Kollektor jeden Tag einer Sichtprüfung unterziehen und Änderungen des Erscheinungsbildes notieren.

Dieses Verfahren ist nicht für Wärmeübertragungsrohrkollektoren anwendbar.

10.5 Verfahren 3

Nach der anfänglichen Freilandbewitterung wird der Kollektor für die Prüfung unter Stillstandsbedingungen (Abschnitt 9.2) in einem temperaturgeregelten Sonnenstrahlungssimulator installiert. Die Leistung des Sonnenstrahlungssimulators wird so angepasst, dass die mittlere, an sechs gleichmäßig verteilten Punkten auf dem Kollektor gemessene Strahlung, größer ist als die Strahlung, die für die ausgewählte Klimaklasse in Tabelle 2 — Klimatische Referenzbedingungen für die Freilandbewitterung sowie für die Prüfung mit schnellem äußeren und inneren Temperaturwechsel angegeben ist, mit weniger als 20 % Schwankung für die gesamte Apertur. Die Umgebungstemperatur muss höher sein als die für die ausgewählte Klimaklasse angegebene Temperatur. Das System unter diesen Bedingungen laufen lassen, wobei der Simulator maximal 8 Stunden betrieben werden darf, und dann mindestens 4 Stunden lang ausschalten. Diesen Betriebszyklus wiederholen, bis die Werte für die ausgewählte Klimaklasse erreicht werden.

Den Kollektor jeden Tag einer Sichtprüfung unterziehen und Änderungen des Erscheinungsbildes notieren.

10.6 Prüfbedingungen

Es sind die in Tabelle 2 angegebenen Referenzbedingungen anzuwenden. Die angegebenen Werte sind Mindestwerte für die Prüfung. Die Klimaklasse wird vom Hersteller des Kollektors ausgewählt.

Tabelle 2 — Klimatische Referenzbedingungen für die Freilandbewitterung sowie für die Prüfung mit schnellem äußeren und inneren Temperaturwechsel

Klimatische Bedingung	Wert für die Klimaklasse				
	Klasse C Individuell		Klasse B Sonnig	Klasse A Sehr sonnig	Klasse A+ Extrem sonnig
Hemisphärische solare Bestrahlungsstärke in der Kollektorebene im Verlauf von mindestens 32 Stunden (bzw. im Falle der Halbbewitterung 16 Stunden), G in W/m^2 Mindestumgebungstemperatur, ϑ_a in $^{\circ}\text{C}$ ^a	$G_x/\vartheta_{a,x}$		900/15	1000/20	1100/40
Strahlungsenergie in der Kollektorebene bei der Freilandbewitterung im Verlauf von mindestens 30 Tagen, H in MJ/m^2	H_x		540	600	700
Strahlungsenergie in der Kollektorebene bei Halbbewitterung im Verlauf von mindestens 15 Tagen, H in MJ/m^2	$H_x/2$		270	300	350
^a Für Prüfungen mit schnellem äußeren und inneren Temperaturwechsel können die Werte als Mittelwerte für 1 h verstanden werden.					

10.7 Ergebnisse

Die Ergebnisse, einschließlich der ausgewählten Klimaklasse, der gemessenen Bestrahlungsstärke und den Temperaturstufen, sowie sämtliche Beobachtungen müssen wie in Anhang A.7 gefordert angegeben werden.

11 Schneller äußerer Temperaturwechsel

11.1 Zweck

Kollektoren können an heißen Sonnentagen gelegentlichen plötzlichen Regenschauern ausgesetzt sein, wodurch eine starke äußere Temperaturänderung hervorgerufen wird. Diese Prüfung dient zur Beurteilung eines Kollektors, solchen schnellen Temperaturwechseln ohne Ausfall standzuhalten.

11.2 Prüfeinrichtung und Durchführung

Der Kollektor muss unter Stillstandsbedingungen betrieben oder wie in Verfahren 2 der Freilandbewitterungsprüfung mit einem Fluidkreislauf verbunden werden. Im Falle von Luftkollektoren müssen der Eintritt und der Austritt vor dem Eindringen von Wasser geschützt werden.

Um ein gleichmäßiges Besprühen der Vorderseite des Kollektors mit Wasser sicherzustellen, ist eine Gruppe von Düsen vorzusehen.

Der Kollektor muss zwei schnellen äußeren Temperaturwechseln ausgesetzt werden.

11.3 Prüfbedingungen

Der Kollektor muss den ausgewählten Klimabedingungen wie in Tabelle 2 — Klimatische Referenzbedingungen für die Freilandbewitterung sowie für die Prüfung mit schnellem äußeren und inneren Temperaturwechsel beschrieben oder Bedingungen, die zur selben Kollektortemperatur nach Abschnitt 9 führen, mindestens 1 h lang ausgesetzt werden, bevor er mindestens 5 Min mit Wasser besprüht wird.

Kollektoren mit Überhitzungsselbstschutzmechanismus müssen 1 Stunde lang nahe der Selbstschutzauslösetemperatur betrieben werden, bevor sie mindestens 15 Min mit Wasser besprüht werden.

Die Temperatur des versprühten Wassers muss stets weniger als 25 °C betragen, und eine Sprühdosis von mehr als 0,03 kg/s je Quadratmeter Brutto-Kollektorfläche bereitstellen.

Kollektoren mit gehärtetem Glas werden als konform mit dieser Anforderung angesehen und es ist keine Prüfung erforderlich.

11.4 Ergebnisse

Der Prüfbericht muss wie in A.8 gefordert erstattet werden.

12 Prüfung mit schnellem internen Temperaturwechsel (nur bei Flüssigkeitskollektoren)

12.1 Zweck

Kollektoren können an heißen Sonnentagen gelegentlich einem plötzlich einströmendem kalten Wärmeträger ausgesetzt sein, wodurch im Innern eine starke Temperaturänderung hervorgerufen wird; dies kann z. B. der Fall sein, wenn die Anlage nach einer Außerbetriebsetzung wieder in Betrieb genommen wird, während der Kollektor seine Stillstandstemperatur hat. Diese Prüfung dient der Beurteilung der Fähigkeit eines Kollektors, schnellen Temperaturwechseln dieser Art ohne Ausfall standzuhalten.

12.2 Prüfeinrichtung und Durchführung

Der Kollektor ist entweder im Freien aufzustellen oder in einem Sonnenstrahlungssimulator zu installieren. Flüssigkeitskollektoren dürfen nicht mit der Wärmeträgerflüssigkeit oder einer anderen Flüssigkeit gefüllt sein. Alle Wärmeträgerfluidkanäle müssen abgedichtet werden. Nur eines muss offen gelassen werden, damit sich die Luft im Absorber ungehindert ausdehnen kann. Eines der abgedichteten Wärmeträgerfluidrohre muss über ein Absperrventil mit einer Wärmeträgerfluidquelle verbunden werden.

Der Kollektor muss zwei schnellen inneren Temperaturwechseln ausgesetzt werden.

Dieses Verfahren ist nicht auf die werkmäßig abgedichteten Teile des Kollektors anwendbar.

Prüfbedingungen

Der Kollektor muss den ausgewählten Klimabedingungen wie in Tabelle 2 — Klimatische Referenzbedingungen für die Freilandbewitterung sowie für die Prüfung mit schnellem äußeren und inneren Temperaturwechsel beschrieben oder Bedingungen, die zur selben Kollektortemperatur nach Abschnitt 9 führen, mindestens 1 h lang ausgesetzt werden, bevor er mindestens 5 Min mit kaltem Wasser gespült wird. Für alle Kollektoren muss sichergestellt werden, dass der Kollektor komplett mit Wasser befüllt ist.

Kollektoren mit Überhitzungsselbstschutzmechanismus müssen 1 Stunde lang nahe der Selbstschutzauslösetemperatur betrieben werden, bevor sie mindestens 5 Min mit kalter Flüssigkeit gespült werden.

Die Temperatur des kalten Wärmeträgerfluids muss weniger als 25 °C betragen. Der Massenstrom muss dem größten bei der Wärmeleistungsprüfung verwendeten Massenstrom entsprechen bzw. mindestens 0,02 kg/s je Quadratmeter Brutto-Kollektorfläche betragen (sofern der Hersteller nichts anderes festgelegt hat).

12.3 Ergebnisse

Der Prüfbericht muss wie in A.9 gefordert erstattet werden.

13 Prüfung auf eingedrungenes Regenwasser

13.1 Zweck

Diese Prüfung soll die Fähigkeit eines Kollektors bewerten, frei fallendem Regen oder Schlagregen ohne Schäden und ohne das Eindringen von Wasser zu einem solchen Ausmaß standzuhalten, dass eine signifikante Reduzierung der Leistung oder Lebensdauer erwartet werden muss.

13.2 Prüfeinrichtung und Durchführung

Der Kollektor muss mithilfe der originalen Befestigungsmittel auf herkömmliche Art auf einem offenen Rahmen und im flachesten vom Hersteller spezifizierten Installationswinkel installiert werden. Kollektoren, die ausschließlich für den Einbau in eine Dachkonstruktion vorgesehen sind, müssen auf einem simulierten Dach montiert werden, wobei ihre Unterseite geschützt sein muss. Die Anordnung des Kollektors und der Sprühdüsen wird in Bild 2 — Anordnung von Kollektor und Sprühdüsen für die Prüfung auf eingedrungenes Regenwasser definiert.

Wenn diese Prüfungsanordnung nicht anwendbar ist oder unangemessen scheint, muss eine vergleichbare Konfiguration durchgeführt werden, in der alle freiliegenden Punkte der Kollektorkonstruktion, die potenziell anfällig für Schäden oder das Eindringen von Regen sind (zum Beispiel der Motor eines nachgeführten Parabolrinnenkollektors), mit zusätzlichen Sprühdüsen besprüht werden müssen.

Während des gesamten Prüfverfahrens muss der Kollektor vor Licht abgeschirmt werden und muss warm gehalten werden, indem eine heiße Flüssigkeit mit 55 °C (± 5 K) durch den Absorber zirkuliert wird. Luftkollektoren müssen mit erzwungenem Luftstrom auf Umgebungstemperatur gelassen werden. Nach der Stabilisierung unter diesen Bedingungen für mindestens 4 Stunden wird der Kollektor 4 Stunden lang besprüht. Nach dem Besprühen muss der Kollektor bis zur Endkontrolle abgeschirmt bleiben.

Das Eindringen von Wasser in den Kollektor muss innerhalb von 72 Stunden nach dem Sprühen durch die Endkontrolle festgelegt werden (Abschnitt 17). Dadurch werden die Stoßfestigkeits- und mechanische Belastungsprüfungen ermöglicht. Der Kollektor muss vom Licht abgeschirmt werden, darf aber bis zur Endkontrolle nicht mehr warm gehalten werden. Der Kollektor muss so gelagert werden, dass die Ergebnisse nicht beeinflusst werden und ein unnötiger Transport muss vermieden werden.

13.3 Prüfbedingungen

Für die erforderlichen Sprühdüsen gelten die folgenden Festlegungen:

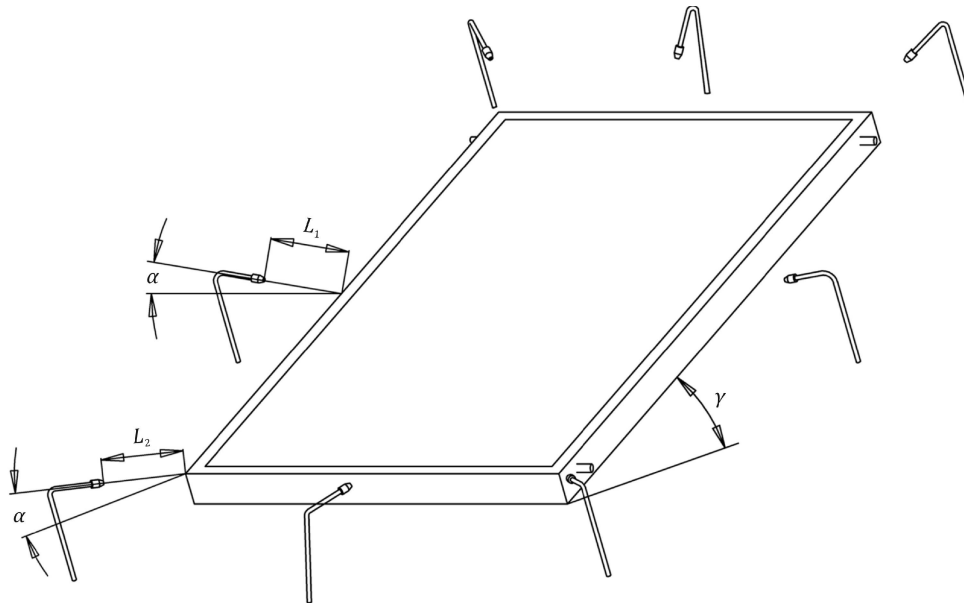
- Vollkonisches Sprühen,
- Massenstrom von 2 kg/min ($\pm 0,5$ kg/min) je Düse,
- Sprühwinkel von $60^\circ \pm 5^\circ$,
- Tropfengröße $> 150 \mu\text{m}$,
- Der Wasserdruck muss in jeder Düse auf 300 kPa (± 50 kPa) gehalten werden.

Wenn anwendbar muss die Anordnung der Sprühköpfe folgendermaßen aussehen:

- Mindestens jede Ecke und jede Seite des Gehäuses muss direkt wie in Bild 2 gezeigt besprüht werden.
- Mindestens jeder in Bild 3 gezeigte Bereich (Flachkollektoren mit Mittelbalken) wird direkt besprüht,
- Mindestens jeder in Bild 4 gezeigte Bereich (Vakuum-Röhrenkollektoren) wird direkt besprüht,

- Die Sprühdüsen sind unter einem Winkel von $30^\circ (\pm 5^\circ)$ zur Kollektorebene auf den Kollektor gerichtet,
- Die Sprühköpfe befinden sich 250 mm (± 50 mm) vom Kollektor entfernt,
- Der maximale Abstand zwischen zwei Sprühdüsen beträgt 150 cm. Es müssen zusätzliche Sprühköpfe installiert werden, wenn dies nicht möglich ist.

Mittelbalken und andere Strukturkomponenten, für die das Eindringen von Wasser eine Möglichkeit darstellt, müssen entsprechend besprüht werden. Zusätzliche Sprühköpfe müssen in einem Abstand von 400 bis 600 mm vom Kollektor platziert werden; der Winkel von 30° ist nicht erforderlich.



Legende

L_1 L_2 250 mm

α 30° Winkel der Sprühdüse zur Kollektoroberfläche

γ Kleinster vom Hersteller empfohlener Neigungswinkel zur Horizontalen; ist dieser Winkel nicht festgelegt, so ist ein Wert von 30° zu verwenden

Bild 2 — Anordnung von Kollektor und Sprühdüsen für die Prüfung auf eingedrungenes Regenwasser

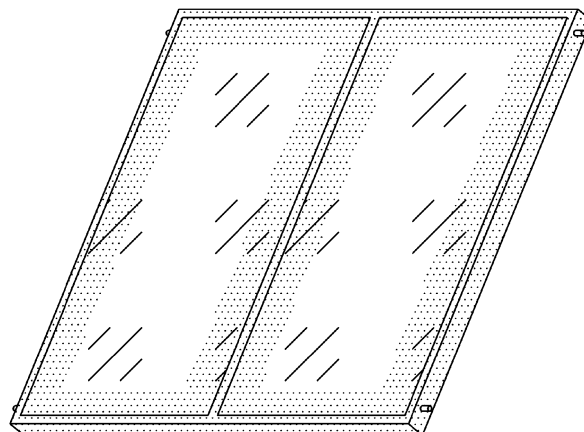


Bild 3 — Zu besprühende Flächen bei Flachkollektoren (einschließlich Mittelbalken)

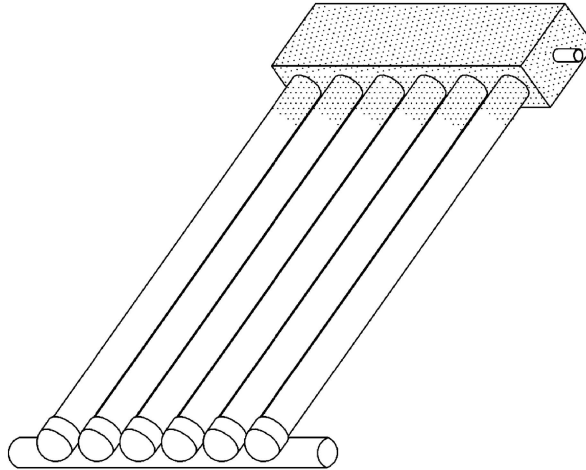


Bild 4 — Zu besprühende Flächen bei Vakuum-Röhrenkollektoren

13.4 Ergebnisse

Der Prüfbericht muss wie in A.10 gefordert erstattet werden.

14 Frostbeständigkeitsprüfung

14.1 Zweck

Diese Prüfung dient der Beurteilung der Fähigkeit eines Kollektors, Frost ohne Beschädigungen standzuhalten. Diese Prüfung ist nicht auf Kollektoren anwendbar, in deren Einbauanweisung ausdrücklich angegeben ist, dass sie nur mit einem Frostschutzmittel oder Luft verwendet werden dürfen. Für Selbstschutzkollektoren gilt Abschnitt 5.2.2.3. Kollektoren mit zusätzlichen Flüssigkeiten mit Frostrisiko, z. B. in Wärmeübertragungsrohren, müssen auf ihre Frostbeständigkeit geprüft werden.

Je nach Kollektor muss eines der folgenden Verfahren angewendet werden.

14.2 Frostbeständige Kollektoren

14.2.1 Allgemeines

Der Kollektor ist in einer Kältekammer zu installieren. Der Kollektor muss korrekt aufgestellt werden und ist vollständig zu verschließen; der Neigungswinkel des Kollektors zur Horizontalen muss der kleinste vom Hersteller empfohlene Winkel sein.

14.2.1.1 Kollektoren mit Ablassfrostschutz

Vor jedem Prüfzyklus muss der Kollektor für eine Dauer von 10 min mit Wasser gefüllt und dann 5 min mit dem vom Hersteller installierten Gerät abgelassen werden. Am niedrigsten Punkt der Kollektorrohre muss ein Temperaturfühler angebracht sein, damit die Temperatur des verbleibenden Wassers überwacht werden kann.

14.2.1.2 Frostbeständige Kollektoren

Der Kollektor ist bei Betriebsdruck mit Wasser zu füllen. Nach jedem Zyklus muss der Kollektor erneut bei Betriebsdruck mit Wasser gefüllt werden. Die Wassertemperatur muss während der gesamten Prüfung überwacht werden.

14.2.2 Prüfbedingungen

Der Kollektor muss am niedrigsten empfohlenen Neigungswinkel geprüft werden. Die Prüftemperatur muss so eingestellt werden, dass der Temperaturfühler eine Temperatur von maximal -20°C – oder wie vom Hersteller spezifiziert – anzeigt, mindestens 1 h pro Zyklus. Der Kollektor wird dann auf mindestens $+10^{\circ}\text{C}$ Fühlertemperatur abgetaut und mindestens 1 h pro Zyklus warm gehalten. Dieser Prüfzyklus muss drei Mal wiederholt werden.

14.3 Wärmeübertragungsrohr-Kollektoren

14.3.1 Allgemeines

Diese Prüfung muss an allen Wärmeübertragungsrohr-Kollektoren durchgeführt werden. Ein Minimum von sechs Wärmeübertragungsrohren muss ausgewählt werden, um eine Frostbeständigkeitsprüfung durchzuführen. Diese Wärmeübertragungsrohre müssen vor der Prüfung mindestens eine Halbbewitterung als Teil eines vollen Kollektors ausführen. Mindestens eines der Wärmeübertragungsrohre muss als Kontrollprüfling zum Vergleich mit den geprüften Prüflingen behalten werden. Es kann nötig sein, einen Teil des Kollektors zu zerstören (Vakuum-Röhren, Kollektorgehäuse, usw.), um die Wärmeübertragungsrohre zu entnehmen. Die Prüfung muss für die Dauer einer bestimmten Anzahl an Frost- und Auftauzyklen in einer geeigneten, regelbaren Klimakammer durchgeführt werden. Alternativ kann ein Niedertemperatur-Fluidkreislauf für das Einfrieren verwendet werden. Die Prüfung muss dann auf einem komplett montierten Kollektor durchgeführt werden.

14.3.2 Prüfbedingungen

Eine detaillierte, anfängliche Inspektion aller Wärmeübertragungsrohre muss Folgendes dokumentieren:

- Die Form (rund, oval, zylindrisch, konisch, usw.) und die Außenmaße aller Teile des Wärmeübertragungsrohrs.
- Fotografische Aufnahme aller Prüflinge.

An zwei Wärmeübertragungsrohren müssen Temperaturfühler angebracht sein, um sicherzustellen, dass eine genaue und mittlere Temperatur gemessen wird. Die Temperaturfühler müssen mechanisch und thermisch am unteren Ende des Wärmeübertragungsrohrs in der Nähe des Fluidpegels angebracht werden, wenn die gesamte Flüssigkeit innerhalb des Wärmeübertragungsrohrs kondensiert ist und das Wärmeübertragungsrohr mit der in dieser Prüfung zu verwendenden Neigung gehalten wird. Die von diesen Fühlern angezeigte Temperatur stellt mutmaßlich die Temperatur des Fluids innerhalb des Wärmeübertragungsrohrs dar.

Wärmeübertragungsrohre, die nicht ohne Beschädigungen von der Vakuumröhre getrennt werden können, können mitsamt der Vakuumröhre geprüft werden. Auf einem zusätzlichen Prüfling muss der Kondensator durch das Bohren eines Lochs geöffnet werden, sodass ein Temperaturfühler eingeführt werden kann und an die Stelle geführt werden kann, an der sich das Wärmeträgerfluid des Wärmeübertragungsrohrs befindet.

Die Wärmeübertragungsrohre müssen am höchsten empfohlenen Neigungswinkel geprüft werden. Die Prüftemperatur muss so eingestellt werden, dass der Temperaturfühler eine Temperatur von maximal -20°C – oder wie vom Hersteller spezifiziert – anzeigt, mindestens 1 h pro Zyklus. Der Kollektor wird dann auf mindestens $+10^{\circ}\text{C}$ Fühlertemperatur abgetaut und mindestens 1 h pro Zyklus warm gehalten. Dieser Prüfzyklus muss drei Mal wiederholt werden.

Eine detaillierte Endkontrolle, einschließlich einer fotografischen Aufnahme, muss für alle Prüflinge angefertigt werden.

14.3.3 Ergebnisse

Der Prüfbericht muss wie in A.11 gefordert erstattet werden.

15 Mechanische Belastungsprüfung mit Über- oder Unterdruck

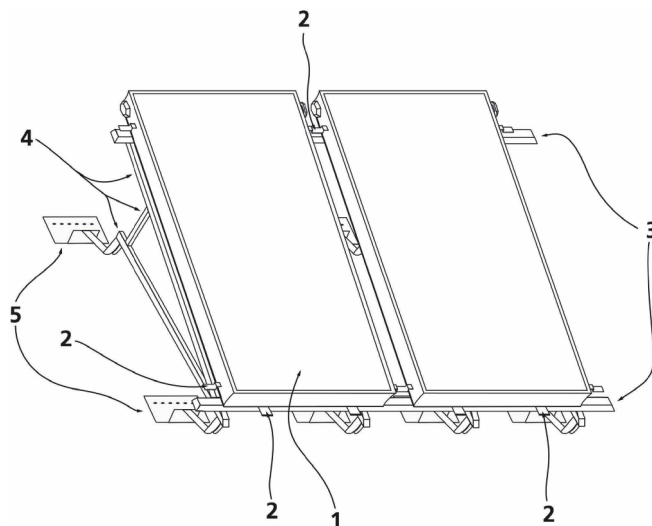
15.1 Zweck

Die mechanischen Belastungsprüfungen sollen den Umfang bewerten, in dem der Kollektor und dessen Befestigungspunkte der positiven Drucklast aufgrund von Wind oder Schnee sowie dem negativen Druck oder Auftriebskräften durch Wind standhalten können. Die Befestigungsmittel werden nicht bewertet.

15.2 Prüfeinrichtung und Durchführung

15.2.1 Montage

Der Kollektor muss mithilfe der originalen Befestigungsmittel des Herstellers installiert werden. Der Kollektor ist an den Befestigungsmitteln an den Befestigungspunkten des Kollektors befestigt. Die Befestigungsmittel sind am Prüfstand angebracht. Der Prüfstand muss solide sein. Verwahrungen oder Dichtungssätze, die einen integralen Bestandteil des Kollektors darstellen, müssen in die Prüfung einbezogen werden.



Legende

- 1 Kollektor
- 2 Befestigungspunkte. Relevant für das Prüfergebn
- 3 Für die Prüfung zu verwendende Befestigungsmittel. Am Prüfstand angebracht, aber nicht relevant für das Prüfergebn
- 4 Stand (nicht geprüft)
- 5 Dachhaken (nicht geprüft)

Bild 5 — Definition der Befestigungsmittel und -punkte

15.2.2 Verfahren für die Anwendung der Lasten

Für die Belastung des Kollektors dürfen verschiedene Verfahren angewendet werden, um die verteilte positive und negative Last gleichmäßig auf den Kollektor anzuwenden, wie beispielsweise

- Folie und Kies, Sand, oder Wasser: Der Kollektor wird horizontal angeordnet und von einer flexiblen Folie abgedeckt. Ein umliegender Rahmen, der hoch genug ist, um die erforderliche Menge an Kies aufzunehmen, wird über dem Kollektor platziert. Der Kies, der Sand oder das Wasser müssen gleichmäßig im Rahmen verteilt werden, sodass überall die gleiche Belastung entsteht, bis die gewünschte Höhe erreicht wird.
- Saugnäpfe: Mechanisch ausgelöste Saugnäpfe werden gleichmäßig über die Kollektorfläche verteilt. Die Saugnäpfe dürfen die durch die mechanische Belastung verursachte Bewegung der Kollektorabdeckung nicht behindern.

- Luftdruck: Der Kollektor wird in einem Prüfstand installiert, in dem positive oder negative Luftdrücke von vorne oder hinten angewandt werden können, beispielsweise durch die Verwendung von Luftkissen oder anderen Verfahren.

Je nach Kollektortyp können andere Verfahren angemessener sein, solange diese eine einheitliche Druckverteilung über die gesamte Brutto-Kollektorfläche bieten. Das Prüfverfahren muss im Prüfbericht beschrieben werden.

15.2.3 Bestimmte Spezifikationen für nachgeführte Kollektoren oder andere spezifische Kollektortypen

Wenn die beschriebenen Verfahren nicht anwendbar sind (zum Beispiel für nachgeführte Parabolrinnenkollektoren), muss das Labor spezifische und geeignete Verfahren entwickeln, um die Beständigkeit gegen mechanische Lasten in Übereinstimmung mit Abschnitt 5.2 zu prüfen. Falls in Übereinstimmung mit den Anweisungen des Herstellers Steuerungselemente vorgesehen sind, um die Kollektoren gegen Wind- oder Schneelasten zu schützen, müssen diese Steuerungsfunktionen sofern möglich entsprechend überprüft werden. Die Prüfungsanordnung muss eindeutig zusammen mit den Prüfergebnissen beschrieben werden.

15.3 Prüfbedingungen

Die Drücke müssen in Schritten von maximal 500 Pa erhöht werden. Als Bezugsfläche ist die Brutto-Kollektorfläche zu verwenden. Jeder Lastschritt muss für mindestens 60 Sekunden beibehalten werden. Eine dauerhafte Verformung muss einem Belastungswert zugewiesen werden, während dieser nach jeder Belastungszunahme vollständig abnimmt und die Verwindung im Vergleich mit dem Beginn der Prüfreihe gemessen wird.

15.4 Ergebnisse

Der Prüfbericht muss wie in A.12 gefordert erstattet werden.

16 Schlagfestigkeitsprüfung

16.1 Zweck

Diese Prüfung dient der Beurteilung, inwieweit ein Kollektor den durch das Auftreffen von Hagelkörnern verursachten Wirkungen standhalten kann.

16.2 Prüfverfahren

Zwei Prüfverfahren sind verfügbar, die entweder Eiskugeln oder Stahlkugeln verwenden.

Das Prüfverfahren besteht aus einer Abfolge von Schussreihen, die auf einen Kollektor abgegeben werden. Jede dieser Schussreihen besteht aus vier Schüssen derselben Kerbbrucharbeit. Bei Verwendung von Eiskugeln wird die Kerbbrucharbeit des Schusses durch den Kugeldurchmesser und die Geschwindigkeit nach Tabelle 3 — Eiskugelmassen und Prüfgeschwindigkeiten festgelegt. Bei Verwendung von Stahlkugeln wird die Kerbbrucharbeit des Schusses durch die Fallhöhe nach Abschnitt 16.5 bestimmt.

Für die aufeinander folgenden Schussreihen sind Kugeln mit zunehmender Kerbbrucharbeit zu verwenden. Für die erste Schussreihe ist der kleinste vom Hersteller festgelegte Eiskugeldurchmesser oder im Falle der Verwendung von Stahlkugeln die geringste vom Hersteller festgelegte Fallhöhe zu verwenden.

Die Auftreffbereiche sind nach Abschnitt 16.3 auszuwählen.

Für Vakuum-Röhrenkollektoren gilt folgende Regel: Im Falle des Bruchs einer Röhre muss die Prüfung mit einer zusätzlichen Röhre wiederholt werden. Bricht auch diese zweite Röhre, so gilt die Prüfung als nicht bestanden.

Wenn die Flüssigkeit enthaltenden Absorber direkt durch Hagel getroffen werden können, muss der Kollektor bei atmosphärischem Druck mit Fluid gefüllt werden.

16.3 Auftreffbereich

- a) Abgedeckte Flachkollektoren: Die Auftreffstellen müssen sich in einem Radius von 75 mm von der sichtbaren Glasecke befinden. Für jede Schussreihe mit einem bestimmten Eiskugeldurchmesser bzw. mit einer bestimmten Fallhöhe muss eine andere Ecke gewählt werden.
- b) Vakuum-Röhrenkollektoren: Für jeden Eiskugeldurchmesser bzw. für jede Fallhöhe müssen vier nach dem Zufallsprinzip ausgewählte Röhren des Kollektors geprüft werden. Zwei Röhren müssen im oberen Ende und zwei im unteren Ende geprüft werden. Die Auftreffstellen dürfen sich maximal 75 mm vom oberen sichtbaren Ende und vom unteren sichtbaren Ende befinden. Die Schussrichtung müssen senkrecht zur Röhrenachse liegen.
- c) Kollektoren, die sich nicht eindeutig einer der obigen Kategorien a) oder b) zuordnen lassen: Das Prüflabor muss vier repräsentative Auftreffbereiche festlegen. Die Koordinaten der Auftreffstellen sind vor Ausführung der Schüsse festzulegen.

16.4 Verfahren 1: Schlagfestigkeitsprüfung mit Eiskugeln

16.4.1 Prüfeinrichtung

- a) Ein Vorratsbehälter zur Lagerung der Eiskugeln bei einer Temperatur von weniger als -4 °C.
- b) Ein starrer Rahmen zur Auflagerung des Kollektors, so dass dessen Auftrefffläche rechtwinklig zur Flugbahn der Eiskugel steht; das Auflager muss steif genug sein, sodass im Moment des Auftreffens nur eine vernachlässigbare Verdrehung oder Durchbiegung auftritt.
- c) Eine Waage zur Bestimmung der Masse einer Eiskugel mit einer Standardunsicherheit von $\pm 2 \%$.
- d) Ein Katapult, der in der Lage ist, eine Eiskugel den Festlegungen von 16.4.2 entsprechend abzuschießen.
- e) Ein Gerät zur Messung der Geschwindigkeit der Eiskugel mit einer Standardunsicherheit von $\pm 1 \text{ m/s}$. Das Geschwindigkeitsmessgerät darf höchstens 1 m von der Kollektoroberfläche entfernt sein.

16.4.2 Eiskugeln

Die Eiskugeln müssen aus Wasser ohne irgendwelche Zusatzmittel hergestellt werden. Sie müssen aus klarem Eis bestehen und völlig frei von Luftblasen sein und dürfen keine mit bloßem Auge sichtbaren Risse haben. Der Kugeldurchmesser ist aus den in Tabelle 3 — Eiskugelmassen und Prüfgeschwindigkeiten festgelegten auszuwählen. Die für die Schüsse zu verwendenden Eiskugeln müssen eine Temperatur von weniger als -4 °C haben.

Tabelle 3 — Eiskugelmassen und Prüfgeschwindigkeiten

Neindungmesser	Masse [g $\pm 5 \%$]	Prüfgeschwindigkeit [m/s $\pm 5 \%$]
15	1,63	17,8
25	7,53	23,0
35	20,7	27,2
45	43,9	30,7

16.4.3 Spezielle Aspekte des Prüfverfahrens bei Verwendung von Eiskugeln

- a) Die Eiskugeln sind in den Vorratsbehälter zu geben und vor ihrer Verwendung mindestens 1 h darin zu belassen.
- b) Es ist sicherzustellen, dass die Temperatur aller Oberflächen des Katapults, die mit den Eiskugeln in Berührung kommen können, nahe der Raumtemperatur liegt.
- c) In Übereinstimmung mit dem nachfolgend beschriebenen Schritt e) sind auf ein simuliertes Ziel mehrere Versuchsschüsse abzugeben; dabei ist der Katapult so zu justieren, dass die mit dem in der vorgeschriebenen Position befindlichen Geschwindigkeitsmessgerät gemessene Geschwindigkeit der Eiskugel mit einer Grenzabweichung von $\pm 5\%$ der entsprechenden in Tabelle 3 — Eiskugelmassen und Prüfgeschwindigkeiten angegebenen Prüfgeschwindigkeit der Hagelkörner entspricht.
- d) Der Kollektor ist bei Raumtemperatur an dem starren Rahmen zu befestigen.
- e) Die Zeit zwischen der Entnahme der Eiskugel aus dem Behälter und dem Auftreffen auf den Kollektor darf 60 s nicht überschreiten.
- f) Die Schussreihe ist den Anforderungen entsprechend auf den Kollektor abzugeben. Danach ist dieser an den Auftreffstellen zu untersuchen, und alle Anzeichen von Schäden und sonstigen sichtbaren Auswirkungen der Schüsse sind zu protokollieren.

16.5 Verfahren 2: Schlagfestigkeitsprüfung mit Stahlkugeln

Der Kollektor muss entweder vertikal oder horizontal auf einer Unterlage montiert werden. Die Unterlage muss steif genug sein, so dass während der Schlageinwirkung nur eine vernachlässigbare Verwindung oder Durchbiegung auftritt.

Zur Simulation des Auftreffens von Hagelkörnern sind Stahlkugeln zu verwenden. Wenn der Kollektor horizontal montiert ist, werden die Stahlkugeln senkrecht fallen gelassen; ist er vertikal aufgestellt, so werden die Schläge mit Hilfe eines Pendels horizontal geführt. In beiden Fällen entspricht die Fallhöhe dem senkrechten Abstand zwischen dem Freigabepunkt und der horizontalen Ebene, in der der Auftreffpunkt liegt.

Wird die Prüfung nach diesem Verfahren durchgeführt, so muss die Stahlkugel eine Masse von $150\text{ g} \pm 10\text{ g}$ haben und ist die folgende Reihe von Fallhöhen zu betrachten: 0,4 m; 0,6 m; 0,8 m; 1,0 m; 1,2 m; 1,4 m; 1,6 m; 1,8 m und 2,0 m.

16.6 Ergebnisse

Der Prüfbericht muss wie in A.13 gefordert erstattet werden.

17 Endkontrolle

17.1 Zweck

Die Endkontrolle soll die Struktur des Kollektors aufzeichnen und den Zustand des Kollektors nach Abschluss der Prüfung bewerten, wenn er nicht mehr für weitere Prüfungen verwendet wird.

17.2 Prüfverfahren

Der Kollektor muss demontiert und komplett unter Laborbedingungen untersucht werden, d. h. in einer Nicht-Betriebsbedingung, abgeschirmt vom Licht und bei Raumtemperatur. Die Endkontrolle muss als zerstörendes Prüfverfahren angesehen werden und deshalb die abschließende Prüfung darstellen.

Der Prüfbericht muss wie in A.1 beschrieben erstattet werden. Die gegebenen Informationen müssen mit den Herstellerinformationen verglichen werden.

Nach der Liste in Anhang A.14 - aber nicht darauf beschränkt - müssen alle Fehler und Abweichungen dokumentiert und bewertet werden, wo dies nach dem folgenden Schlüssel anwendbar ist:

0 Kein Problem:

Leistung, Dauerhaftigkeit, Sicherheit und Erscheinung werden als nicht durch die vorhergehenden Prüfungen beeinträchtigt angesehen und bleiben über die erwartete Lebensdauer hinweg stabil.

Keine Ausgasungsglasverfärbung sichtbar.

1 Kleines Problem:

Hauptsächlich Erscheinungsaspekte, ästhetische Fehler und/oder leichte Reduzierung der Leistung ($<5\%$). Dauerhaftigkeit und Sicherheit bleiben über die erwartete Lebensdauer hinweg stabil. Leichte Ausgasungsglasverfärbung sichtbar.

Permanente Kondensierung und anhaltend fortschreitende Mängel muss als wesentliche Probleme eingestuft werden.

2 Wesentlicher Ausfall:

Schwerwiegender vorzeitiger Ausfall hinsichtlich der Leistung, Dauerhaftigkeit, Sicherheit oder Erscheinung wurde gefunden oder muss erwartet werden. Signifikante Ausgasungsglasverfärbung sichtbar.

Sämtliche Funde, die als kleines Problem oder wesentlicher Ausfall eingestuft werden, müssen anhand von Fotografien dokumentiert werden.

Die Bewertung "wesentlicher Ausfall" ist obligatorisch - wenn anwendbar - im Falle (aber nicht beschränkt auf):

- Eines Bruchs oder einer dauerhafte Verformung der Abdeckung oder der Abdeckungsbefestigung.
- Einer Leckage des Flüssigkeitskanals.
- Einer Verformung, aufgrund derer ein permanenter Kontakt zwischen dem Absorber und der Abdeckung etabliert wird.
- Eines Bruchs oder einer dauerhaften Verformung der Kollektorbefestigungspunkte oder des Kollektorgehäuses.
- Eines Vakuumverlusts, Verlusts der Gasfüllung.
- Einer Auflösung der Absorberbeschichtung.
- Einer Feuchteansammlung in Form von permanentem Kondenswasser an der Innenseite der transparenten Abdeckung oder einer permanenten lokalen Retention von mehr als 25 ml Wasser im Kollektor.

17.3 Ergebnisse

Der Prüfbericht muss wie in A.1 und A.14 gefordert erstattet werden.

18 Prüfbericht

Für jede Prüfung müssen die in Anhang A angegebenen Vordrucke zusammen mit dem Einleitungsvordruck (A.2), der eine Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse einschließlich der Prüfverfahren enthält, ausgefüllt werden.

19 Leistungsprüfung

19.1 Allgemeines

Die Leistungsprüfung der Sonnenkollektoren umfasst mindestens die Bewertung der Wärmeleistung, die durch den Kollektor unter verschiedenen Betriebsbedingungen (Abschnitt 23) geliefert wird, die Messung der Abhängigkeit der Wärmeleistung vom Einfallswinkel der Strahlung auf den Kollektor (Abschnitt 26) und die Bestimmung der Wärmekapazität des Kollektors (Abschnitt 0). Diese drei Parametersätze sind für die Berechnung der Wärmeleistung des Kollektors erforderlich.

Die Norm bietet außerdem Verfahren zur Bestimmung zusätzlicher wichtiger Parameter, wie dem Druckabfall und der Zeitkonstante.

Falls der Kollektor in festen Einheiten mit einer Fläche von jeweils mehr als 1 m² geliefert wird, muss eine ausreichende Anzahl von Modulen miteinander verbunden werden, damit ein Prüfkollektor entsteht, dessen Bruttofläche mindestens 1 m² beträgt.

Es sind zwei Verfahren für die Leistungsprüfung verfügbar, das Verfahren im stationären Zustand und das quasi-dynamische Prüfverfahren. Beide Methoden liefern angeblich gleichwertige Prüfergebnisse und es sind Verfahren für die gemeinsame Umrechnung der Parametersätze verfügbar.

Die Leistungsprüfung ist in Prüfeinrichtungen im Freien sowie auf Prüfständen im Innenbereich mithilfe eines Sonnenstrahlungssimulators möglich.

19.2 Leistungsprüfung unter Verwendung eines Sonnenstrahlungssimulators

19.2.1 Allgemeines

Die Leistung der Kollektoren wird durch die Menge der direkten und diffusen Sonnenstrahlung beeinflusst. Daher können nur Sonnenstrahlungssimulatoren für die Leistungsprüfung verwendet werden, bei denen ein annähernd senkrecht einfallender Strahl simulierter Sonnenstrahlung auf den Kollektor gerichtet werden kann.

In der Praxis ist es schwierig, einen gleichmäßigen Strahl simulierter Sonnenstrahlung zu erzeugen, und aus diesem Grunde muss über der Kollektorapertur ein mittlerer Strahlungspegel gemessen werden.

19.2.2 Sonnenstrahlungssimulator für die Leistungsprüfung

Simulatoren für Leistungsprüfungen müssen folgende Merkmale aufweisen:

Die Lampen müssen in der Lage sein, über der Kollektorapertur eine mittlere Bestrahlungsstärke von mindestens 700 W/m² zu erzeugen. Einige Lampen benötigen mehr als 30 min, um nach einem Kaltstart stabile Betriebsbedingungen zu erreichen. Sämtliche Messungen dürfen erst nach Erreichen der stabilen Arbeitsbedingungen begonnen werden.

Zu keiner Zeit darf die Bestrahlungsstärke an einem Punkt der Kollektorapertur von der mittleren Bestrahlungsstärke über der Apertur um mehr als $\pm 15\%$ abweichen. Die genaue Einstellung des Simulators muss so sein, dass für mindestens 80 % der simulierten Sonnenstrahlung die Einfallswinkel in einem Bereich liegen, in dem der Einfallswinkel-Korrekturfaktor des Kollektors von seinem Wert bei senkrechtem Einfall höchstens um $\pm 2\%$ abweicht. Bei üblichen Flachkollektoren ist diese Bedingung in der Regel erfüllt, wenn mindestens 80 % der an einem beliebigen Punkt des zu prüfenden Kollektors auftreffenden simulierten Sonnenstrahlung aus einem Bereich des Sonnenstrahlungssimulators stammen, der bei Betrachtung von einem beliebigen Punkt aus in einem gegenüberliegenden Winkel von höchstens 60° enthalten ist. Für die Messung des Einfallswinkel-Korrekturfaktors gelten zusätzliche Anforderungen in Bezug auf die genaue Einstellung (siehe 19.2.3).

Die Spektralverteilung der simulierten Sonnenstrahlung muss etwa der des Sonnenspektrums bei einer optischen Luftmasse von 1,5 entsprechen. Die Messung der spektralen Eigenschaften des Sonnenstrahlungssimulators muss in der Kollektorebene über den Wellenlängenbereich von 0,3 µm bis 3 µm und in Bandbreiten von 0,1 µm oder darunter durchgeführt werden. Die thermische Bestrahlungsstärke auf den Kollektor darf die Strahlung eines schwarzen Strahlers bei Lufttemperatur in der Umgebung höchstens um 5 % der hemisphärischen Bestrahlungsstärke überschreiten.

Die anfängliche Spektralmessung muss durchgeführt werden, nachdem die Lampen ihre Einbrennphase abgeschlossen haben. Die Menge der infraroten Wärmestrahlungsenergie in der Kollektorebene muss auf geeignete Weise gemessen (die Messungen möglichst im Wellenlängenbereich oberhalb etwa 2,5 µm, jedoch nicht über 4 µm beginnend) werden.

Es muss eine Kontrolle durchgeführt werden, um für den Kollektor die Wirkung der spektralen Unterschiede auf das $(\tau\alpha)$ -Produkt zu bestimmen. Falls die effektiven $(\tau\alpha)$ -Werte unter dem Simulator bei der optischen Luftmasse 1,5 um mehr als $\pm 1\%$ von denen unter dem Sonnenstrahlungsspektrum abweichen, müssen die Prüfergebnisse korrigiert werden.

$$(\tau\alpha)_{eff} = \frac{\int_{0,3\mu m}^{3\mu m} \tau(\lambda)\alpha(\lambda)G(\lambda) d\lambda}{\int_{0,3\mu m}^{3\mu m} G(\lambda) d\lambda} \quad (4)$$

Die gemessene Bestrahlungsstärke G muss im Prüfbericht als Tabelle für einen Rasterabstand von weniger als 150 mm über die gesamte Brutto-Kollektorfläche hinweg dargestellt werden. Die Bestrahlungsstärke G muss in der Ebene des Absorbers gemessen werden. Alternativ kann der Spitzenwirkungsgrad η_0 durch eine Messung im Freien bestimmt werden. Falls dieser Wert um mehr als $\pm 1\%$ von der Simulatormessung abweicht, muss eine Korrektur durchgeführt werden.

Die Korrektur muss wie folgt auf den im Simulator gemessenen Wärmekonversionsfaktor angewandt werden.

$$\eta_{0,hem} = \eta_{0,hem,measured} \frac{(\tau\alpha)_{eff;G=AM1.5}}{(\tau\alpha)_{eff;G=Simulator}} \quad (5)$$

Der wesentliche Unterschied zwischen der Prüfung von WISC-Kollektoren in Innenräumen und ihrer Prüfung im Freien liegt in der langwelligen Wärmestrahlung. Der Anteil langwelliger Strahlung in einem Simulator darf höchstens 50 W/m² (bei Freiluftbedingungen in der Regel bis zu -100 W/m²) betragen.

Das bei der Messung der Bestrahlungsstärke während der Prüfdauer angewendete Verfahren muss Werte für die mittlere Bestrahlungsstärke ergeben, die den durch die räumliche Integration ermittelten Werten innerhalb von $\pm 1\%$ entsprechen.

19.2.3 Sonnenstrahlungssimulator für die Messung von Einfallswinkel-Korrekturfaktoren

Zur Messung des Einfallswinkel-Korrekturfaktors dürfen nur Sonnenstrahlungssimulatoren verwendet werden, die mindestens eine der folgenden Anforderungen in Abschnitt 19.2.2 verwenden. Die Einstellung muss so sein, dass mindestens 90 % der an einem beliebigen Punkt des zu prüfenden Kollektors auftreffenden simulierten Sonnenstrahlung von einem Bereich des Sonnenstrahlungssimulators ausgehen, der bei Betrachtung von diesem Punkt innerhalb eines gegenüberliegenden Winkels von höchstens 20° enthalten ist.

Die gemessenen Bestrahlungsstärkedaten und die gemessene genaue Einstellung müssen mit einem Rasterabstand von maximal 150 mm über die gesamte Brutto-Kollektorfläche hinweg gemessen werden.

20 Montage und Standort des Kollektors

20.1 Allgemeines

Der Kollektor muss wie vom Hersteller festgelegt montiert werden. Sofern nichts anderes festgelegt wurde, muss eine offene Montagekonstruktion verwendet werden, die eine ungehinderte Luftbewegung hinter und seitlich des Kollektors ermöglicht.

Kollektoren, die ausschließlich für den Einbau in Dächer/Wände spezifiziert sind, müssen nach den Anweisungen des Herstellers und mit den Originalteilen (z. B. Verwahrungssätze) auf einer simulierten Dach-/Wandstruktur dort installiert werden, wo die Rückseite des Kollektors vor Wind geschützt ist, aber ohne zusätzliche Dämmung.

Kollektoren, die für die Installation auf einer gedämmten Struktur vorgesehen sind (einige Wandkollektorendesigns, einige Schwimmbadkollektoren, WISC-Kollektoren, usw.), müssen auf einer wärmedämmten Unterlage mit einem Verhältnis der Wärmeleitfähigkeit des Werkstoffs zu seiner Dicke von $1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \pm 0,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ montiert werden, dabei ist die oben liegende Oberfläche der Kollektoren matt weiß zu streichen und die Rückseite zu belüften. Die Verwendung einer solchen Dämmung muss eindeutig im Prüfbericht zusammen mit einer Aussage beschrieben werden, dass die gemessenen Leistungsergebnisse nur in Verbindung mit der Verwendung einer zusätzlichen Dämmung auf der Rückseite mit der für die Prüfung verwendeten Wärmeleitfähigkeit möglich sind.

ANMERKUNG Als geeigneter Werkstoff für die wärmedämmte Unterlage können z. B. 30 mm Polystyrolschaum verwendet werden.

Kollektoranordnungen, die aus einzelnen Rohr- oder Streifenbauteilen hergestellt sind, müssen so montiert werden, dass sich die Rohre (oder Streifen) in einem Abstand von 10 mm oder einem Durchmesser (Streifenbreite) befinden, je nachdem welches der kleinere Wert ist. Falls in den Installationsanweisungen des Herstellers ein anderer Rohr- oder Streifenabstand festgelegt ist, muss der empfohlene Abstand eingehalten werden. Falls der Kollektor mit Abstandshaltern oder einer anderen Einrichtung zur Festsetzung des Rohr- (oder Streifen-) abstandes geliefert wird, ist der Kollektor im Lieferzustand zu prüfen und seine Geometrie im Prüfbericht anzugeben.

Bei vor Ort zusammenzubauenden Kollektoren, die nicht in festen Größen geliefert werden, muss überprüft werden, ob bei den Leistungsprüfungen ein realistisches Fließmuster und eine realistische Fließgeschwindigkeit gegeben sind.

Der Kollektor muss so eingebaut sein, dass sich seine Unterkante mindestens 0,5 m über der Bodenoberfläche befindet. Warme Luftströme, wie sie an den Wänden eines Gebäudes aufsteigen, dürfen nicht über den Kollektor streichen. Falls Kollektoren auf dem Dach eines Gebäudes geprüft werden, müssen sie mindestens 2 m von der Dachkante entfernt angeordnet werden.

Andere als die vom Hersteller produzierten Sonnen-Nachführstände müssen einen Nachführfehler von nicht mehr als $\pm 0,1^\circ$ in allen Hauptwinkeln des Kollektors aufweisen.

20.2 Kollektorausrichtung bei Aufstellung im Freien

Bei der Berechnung des Einfallswinkel der Sonnenstrahlung auf die Kollektorapertur muss die azimutale Abweichung des Kollektors von der Südrichtung berücksichtigt werden. Größere Abweichungen von der Südrichtung können zulässig sein, sie werden jedoch zu einer winkelunsymmetrischen Strahlungsverteilung führen. Der Einfallswinkel muss mit einer Standardunsicherheit unter $\pm 1^\circ$ berechnet werden. Nichtabbildende stationäre Kollektoren, wie CPC-Kollektoren, müssen so eingebaut werden, dass die direkte Sonnenstrahlung innerhalb des Akzeptanzwinkels des betreffenden Entwurfs einfällt.

20.3 Abschattung der direkten Sonnenstrahlung

Der Aufstellort des Prüfstandes muss so gewählt werden, dass während der Prüfung kein Schatten auf den Kollektor und die Messgeräte für die Bestrahlungsstärke fällt.

20.4 Diffuse und reflektierte Sonnenstrahlung

Für die Analyse der Ergebnisse von Prüfungen im Freien wird vorausgesetzt, dass Sonnenstrahlung, die nicht direkt von der Sonnenscheibe ausgeht, isotrope Strahlung aus dem hemisphärischen Sichtfeld des Kollektors ist. Der Kollektor muss an Orten aufgestellt werden, an denen während der Prüfungen keine bedeutende Sonnenstrahlung von benachbarten Gebäuden oder Oberflächen auf ihn reflektiert wird und das Sichtfeld nicht in signifikantem Maße eingeschränkt ist. Große Glas-, Metall- oder Wasserflächen im Sichtfeld des Kollektors sind zu vermeiden. Es ist auch wichtig, die Reflexionen auf der Rückseite des Kollektors zu minimieren, insbesondere im Falle von Vakuum-Röhrenkollektoren. Das Reflexionsvermögen der meisten rauen Oberflächen, z. B. von Gras, bewittertem Beton oder Split, ist üblicherweise gering genug, so dass bei der Prüfung des Kollektors keine Probleme entstehen.

Bei Sonnenstrahlungssimulatoren wird nur direkte Sonnenstrahlung annähernd simuliert und es ist erforderlich, die reflektierte Einstrahlung zu minimieren. Dies kann durch einen dunklen Anstrich mit geringem Reflexionsvermögen aller Flächen innerhalb der Prüfkammer erreicht werden.

Der Solarreflexionsgrad des bei der Leistungsprüfung von rückseitig nicht opaken Kollektoren verwendeten Hintergrunds darf höchstens 20 % betragen.

20.5 Thermische Bestrahlungsstärke

Die Leistung einiger Kollektorarten hängt in besonderem Maße von der thermischen Bestrahlungsstärke ab. Die Temperatur der dem Kollektor benachbarten Flächen muss möglichst genau der Lufttemperatur in der Umgebung entsprechen, um den Einfluss der Wärmestrahlung möglichst gering zu halten. So dürfen z. B. bei Aufstellung im Freien im Sichtfeld des Kollektors keine Schornsteine, Kühltürme oder heiße Abgasquellen vorhanden sein. Bei der Prüfung in Innenräumen und im Simulator muss der Kollektor von heißen Flächen, wie von z. B. Heizkörpern, Abluftkanälen von Klimaanlageanlagen und Klimageräten, und von kalten Oberflächen, wie z. B. Fenstern und Außenwänden, abgeschirmt werden. Die Abschirmung ist sowohl auf der Vorder- als auch der Rückseite des Kollektors wichtig.

20.6 Luftgeschwindigkeit in der Umgebung

Die Leistung vieler Kollektoren hängt von der Luftgeschwindigkeit in der Umgebung ab. Um eine möglichst hohe Vergleichpräzision der Messungen zu erreichen, müssen die Kollektoren so montiert werden, dass die Luft die Aperturfläche sowie die Rückseite und die Seitenränder des Kollektors ungehindert umströmen kann.

Kollektoren, die für die Integration in eine Gebäudehülle vorgesehen sind, dürfen auf ihrer Rückseite gegen (künstlichen) Wind geschützt sein; ist dies der Fall, so ist das in Verbindung mit den Prüfergebnissen im Prüfbericht anzugeben.

Die mittlere Luftgeschwindigkeit in der Umgebung in einem Abstand von 50 mm oberhalb und parallel zur Kollektorvorderseite muss in dem in Abschnitt 23.3.2.4 spezifizierten Bereich liegen, wobei die in Tabelle 6 — Zulässige Abweichung der gemessenen Parameter während einer Messperiode festgelegte Grenzabweichung gilt. Falls dies unter natürlichen Bedingungen nicht erzielt werden kann, ist ein Gebläse zu verwenden.

21 Messgeräteausrüstung

21.1 Messung der Sonnenstrahlung

21.1.1 Pyranometer

21.1.1.1 Allgemeines

Zur Messung der hemisphärischen Strahlung nach den Empfehlungen in ISO/TR 9901 sind ein oder mehrere Pyranometer der Klasse I oder besser nach ISO 9060 zu verwenden. Zur Messung der diffusen Kurzwellenstrahlung sind ein oder mehrere Pyranometer der Klasse I oder besser, ausgestattet mit einem Schattenring, oder alternativ ein Pyrheliometer zusammen mit einem Pyranometer zu verwenden.

Für höchst konzentrierende Kollektoren ($CR > 3$) muss ein Pyrheliometer der Klasse I oder besser nach ISO 9060 verwendet werden, um die direkte senkrechte Bestrahlungsstärke (DNI) zu messen. Das Pyrheliometer muss auf einem separaten Sonnen-Nachführstand montiert werden. Das Sichtfeld des Pyrheliometers darf nicht mehr als einen Bogen von 6° umfassen. Die Nachführfehler in Verbindung mit der Montage auf dem Nachführgerät dürfen $\pm 0.5^\circ$ nicht überschreiten.

Die direkte und diffuse Bestrahlungsstärke müssen mithilfe von $G_b = DNI \cdot \cos \theta$ und $G_d = G - G_b$ berechnet werden.

21.1.1.2 Montage des Pyranometers

Das Pyranometer muss so eingebaut werden, dass es den gleichen Pegel direkter, diffuser und reflektierter Sonnenstrahlung empfängt wie der Kollektor. Das Pyranometer muss so eingebaut werden, dass sein Sensor mit einer Grenzabweichung von $< 1^\circ$ in derselben Ebene wie die Kollektorapertur angeordnet ist. Zu keiner Zeit während der Prüfphase darf (dürfen) das (die) Pyranometer einen Schatten auf die Kollektorapertur werfen. Auch das Reflektieren der Energie vom Sonnenkollektor auf das Pyranometer muss möglichst vermieden werden. Der Pyranometerkörper und die herausgeführten Anschlussleitungen müssen abgeschirmt werden, um die Erwärmung der elektrischen Anschlüsse durch Sonnenstrahlung möglichst gering zu halten.

21.1.1.3 Messung des Einfallswinkels direkter Sonnenstrahlung

Die Einfallswinkel müssen durch Berechnung oder mithilfe der Sonnenpositionsfühler mit einer Genauigkeit von oder von mehr als $\pm 0.1^\circ$ festgelegt werden.

Ein einfaches Gerät zur Messung des Einfallswinkels direkter Sonnenstrahlung kann hergestellt werden, indem im rechten Winkel zu einer ebenen Platte, auf der sich konzentrische Ringe mit Gradeinteilung befinden, ein Zeiger angebracht wird. Zur Bestimmung des Einfallswinkels kann die mit Hilfe der konzentrischen Ringe gemessene Länge des Zeigerschattens verwendet werden. Das Gerät muss auf einer Seite des Kollektors in der Kollektorebene angebracht werden.

21.2 Wärmestraahlungsmessung

21.2.1 Allgemeines

Wenn erforderlich muss die Langwellenstrahlung EL mithilfe eines in der Kollektorebene montierten Pyrgeometers gemessen werden. Die thermische Bestrahlungsstärke muss mit einer Standardunsicherheit von 10 W/m^2 bestimmt werden.

21.2.2 Messung der thermischen Bestrahlungsstärke im Freien

Das Pyrgeometer muss auf einer Seite auf mittlerer Höhe des Kollektors montiert werden.

21.2.3 Messung der thermischen Bestrahlungsstärke in Innenräumen

Pyrgometer müssen gut belüftet sein, um den Einfluss der Sonnenstrahlung oder der simulierten Sonnenstrahlung möglichst gering zu halten. Der Einfluss der Erwärmung durch kurzweilige Sonnenstrahlung muss auf ein Mindestmaß reduziert werden.

21.3 Temperaturmessungen

21.3.1 Allgemeines

Zur Leistungsmessung sind drei Temperaturfühler erforderlich. Das sind die Temperatur der Wärmeträgerflüssigkeit am Kollektoreintritt, die Temperatur der Wärmeträgerflüssigkeit am Kollektorausritt und die Temperatur der Umgebungsluft. Da die geforderte Genauigkeit und die Umgebung für diese Messungen unterschiedlich sind, können auch der Temperaturmessfühler und die zugehörige Einrichtung unterschiedlich sein.

21.3.2 Temperaturen des Wärmeträgerfluids (Flüssigkeitskollektoren)

21.3.2.1 Geforderte Genauigkeit

Die Temperatur des Wärmeträgerfluids am Eintritt und Austritt des Kollektors muss mit einer Standardunsicherheit von 1 % des Temperaturhubs im Kollektor gemessen werden. Um sicherzustellen, dass mit der Zeit kein Temperaturdrift entsteht, ist eine viel bessere Auflösung des Temperatursignals von $\pm 0,02$ K erforderlich. Die Differenz zwischen den Kollektoraustritts- und -eintrittstemperaturen (ΔT) muss mit einer Standardunsicherheit von $< 0,05$ K bestimmt werden.

21.3.2.2 Anbringung der Messfühler

Der Fühler für die Temperaturmessung des Wärmeträgerfluids muss in einem Abstand von höchstens 200 mm zum Kollektoreintritt und -austritt eingebaut werden, und die Rohrleitungen müssen in Strömungsrichtung sowohl oberhalb als auch unterhalb des Fühlers mit Wärmedämmung versehen werden. Falls es erforderlich ist, den Fühler weiter als 200 mm entfernt vom Kollektor anzuordnen, muss überprüft werden, ob die Messung der Temperatur der Wärmeträgerflüssigkeit nicht beeinträchtigt wird. Um die Durchmischung der Wärmeträgerflüssigkeit am Ort der Temperaturmessung sicherzustellen, muss in Strömungsrichtung oberhalb des Fühlers ein Rohrbogen, eine Lochblende oder ein Mischer angeordnet werden. Die Messsonde muss stromaufwärts in ein Rohr ragen, in dem eine Aufwärtsströmung vorhanden ist (damit verhindert wird, dass sich in der Nähe des Fühlers Luft ansammelt).

21.3.3 Mittlere volumenstromgewichtete Temperatur $\vartheta_{m,th}$ (Luftkollektoren)

21.3.3.1 Allgemeines

Die mittlere volumenstromgewichtete Temperatur beschreibt die in Bezug auf den Volumenstrom, die Wärmekapazität und die Dichte gewichtete Temperatur, die die mittlere Temperatur in einem Luftkanal definiert.

Wenn ein Luftstrom mit $\vartheta > \vartheta_a$ durch einen Lüftungskanal fließt, ergibt sich aufgrund der Wärmeverluste des Lüftungskanals und der gegebenen Strömungsgeschwindigkeitsverteilung im Lüftungskanal eine bestimmte Temperaturverteilung und damit eine bestimmte Dichte- und Wärmekapazitätsverteilung. Die mittleren gewichteten Temperaturen $\vartheta_{m,th,in}$ und $\vartheta_{m,th,out}$ sind die für die Wärmebilanz eines Luftkollektors repräsentativen Temperaturen.

$$\vartheta_{m,th} = \frac{\iint \vartheta(x,y) v(x,y) \rho(x,y) c(x,y) dx dy}{\iint v(x,y) \rho(x,y) c(x,y) dx dy} \quad (6)$$

Da der Einfluss von Dichte und Wärmekapazität gering ist, kann dies verkürzt wie folgt dargestellt werden:

$$\vartheta_{m,th} = \frac{1}{Av_m} \iint \vartheta(x,y)v(x,y)dxdy \quad (7)$$

Bei der Strömungsverteilung muss konstruktiv für eine Homogenisierung über den Kanalquerschnitt gesorgt werden. Die Temperaturmessung ist so durchzuführen, dass sich die Temperaturgradienten über den Kanalquerschnitt ausgleichen. So lässt sich die Strömungsverteilung z.B. durch den Einsatz von feinmaschigen Netzen im Lüftungskanal homogenisieren. Mit Hilfe eines einen Durchschnittswert bildenden, gleichmäßig verteilten Temperaturfühlers (Archimedische Schnecke) lässt sich die thermische Durchschnittstemperatur im Kanal ermitteln.

21.3.3.2 Geforderte Genauigkeit

Die Messung der Temperatur des Wärmeträgers am Kollektoreintritt ist mit einer Standardunsicherheit von $\pm 0,2$ K durchzuführen. Um jedoch zu überprüfen, dass die Temperatur mit der Zeit nicht abweicht, ist eine wesentlich höhere Auflösung des Temperatursignals von mindestens $\pm 0,04$ K erforderlich.

21.3.3.3 Anbringung der Messfühler

Der Fühler für die Temperaturmessung muss in einem Abstand von höchstens 200 mm zum Kollektoreintritt bzw. austritt befestigt werden, und die Kanäle müssen sowohl in Strömungsrichtung oberhalb als auch unterhalb des Fühlers mit Wärmedämmung versehen werden. Falls es erforderlich ist, den Fühler in einem Abstand von mehr als 200 mm zum Kollektor anzuordnen, muss überprüft werden, ob die Messung der Temperatur des Wärmeträgers nicht beeinträchtigt wird; hierzu kann z. B. erneut die Differenz zwischen Eintritts- und Austrittstemperatur berechnet werden.

ANMERKUNG Ein Beispiel für eine mögliche Fühlerkonfiguration ist in Anhang E angegeben.

21.3.3.4 Bestimmung der Temperaturdifferenz des Wärmeträgerfluids (ΔT)

Die Differenz zwischen den Kollektoraustritts- und eintrittstemperaturen (ΔT) muss mit einer Standardunsicherheit von $< 0,2$ K bestimmt werden. T-Messfühler sind unter Verwendung von Luft im entsprechenden Durchfluss- und Temperaturbereich zu kalibrieren.

21.3.4 Messung der Umgebungslufttemperatur

21.3.4.1 Geforderte Genauigkeit

Die Lufttemperatur in der Umgebung muss mit einer Standardunsicherheit von $< 0,5$ K gemessen werden.

21.3.4.2 Anbringung der Messfühler

Bei Messungen im Freien muss der Messfühler von direkter und reflektierter Sonnenstrahlung mit Hilfe eines weiß gestrichenen, gut belüfteten Schutzdachs, vorzugsweise mit Zwangsbelüftung, abgeschirmt werden. Das Schutzdach selbst muss abgeschirmt und in halber Höhe des Kollektors, mindestens jedoch 1 m über der Bodenoberfläche angebracht werden, um sicherzustellen, dass es sich weit genug außerhalb des Einflussbereiches der Bodenerwärmung befindet. Das Schutzdach muss in einem Abstand von nicht mehr als 10 m zum Kollektor angebracht werden.

Falls mit Hilfe eines Gebläses eine Luftströmung über dem Kollektor erzeugt wird, muss die Lufttemperatur an der Ausgangsseite des Gebläses gemessen werden; dabei muss durch Überprüfungen sichergestellt werden, dass diese Temperatur um nicht mehr als ± 2 K von der Lufttemperatur in der Umgebung abweicht.

21.4 Messung der Durchflussgeschwindigkeit

21.4.1 Berechnung des Massenstroms (Flüssigkeit)

Die Standardunsicherheit der Massenstrommessung muss innerhalb von $\pm 1\%$ des gemessenen Wertes liegen. Das Durchflussmessgerät muss im Bereich der Wärmeträgerflüssigkeitsdurchflussmengen und -temperaturen kalibriert sein, die bei der Kollektorprüfung zu verwenden sind.

Wenn volumetrische Durchflussmessgeräte verwendet werden, müssen die Temperatur und die Dichte der Flüssigkeit mit ausreichender Genauigkeit bekannt sein, um sicherzustellen, dass der Massenstrom mit der erforderlichen Genauigkeit bestimmt werden kann.

21.4.2 Messung der Durchflussgeschwindigkeit des Wärmeträgers (bei Luftkollektoren)

Die Standardunsicherheit der Massenstrommessung muss innerhalb von $\pm 2\%$ des gemessenen Wertes liegen. Anhand der Bestimmung von Druck und Temperatur lassen sich Volumenströme in Massenströme umrechnen:

$$\dot{m} = \dot{V} \cdot \rho_l \quad (8)$$

Wird die Dichte ρ_l nach der folgenden Gleichung berechnet:

$$\rho_l = \frac{(1000 + X_W)}{(1000 \cdot R_L + X_W \cdot R_L)} \cdot \frac{(P_{abs} + p_f)}{(\vartheta_{mp} + 273.15)} \quad (9)$$

Diese Parameter müssen mit einer Standardunsicherheit gemessen werden, die besser ist als in Tabelle 4 — Größte zulässige Messunsicherheiten.

Tabelle 4 — Größte zulässige Messunsicherheiten

Parameter	Messwert	Standardunsicherheit
$\dot{V}$	Volumenstrom	$\pm 1\%$
ϑ_m	Temperatur des Luftstroms an der Messeinrichtung zur Bestimmung des Volumenstroms	$\pm 1\text{ K}$
P_{abs}	Absolutdruck der Umgebungsluft	$\pm 50\text{ Pa}$
$\dot{m}$	Massenstrom	$\pm 2\%$

Zur Bestimmung des Massenstroms sind Messverfahren anzuwenden, bei denen Differenzdruckverfahren (Messblenden, Venturirohre oder Laminarströmungsfühler) oder mechanische Verfahren (Turbinengaszähler) zum Einsatz kommen. Thermische Messverfahren sind aufgrund des großen durch den Wassergehalt der Luft verursachten Messfehlers nicht anwendbar.

21.5 Messung der Luftgeschwindigkeit über dem Kollektor

21.5.1 Allgemeines

Die Beziehung zwischen der meteorologischen Windgeschwindigkeit und der Luftgeschwindigkeit über dem Kollektor hängt vom Standort der Prüfeinrichtung ab, weswegen die meteorologische Windgeschwindigkeit kein brauchbarer Parameter für die Prüfung von Kollektoren ist. Bei Verwendung der über dem Kollektor gemessenen Luftgeschwindigkeit ist es jedoch möglich, die Bedingungen eindeutig anzugeben, unter denen die Prüfungen durchgeführt wurden. Die Luftgeschwindigkeit muss während der Prüfung an einer geeigneten Stelle überwacht werden, die relativ zur mittleren Luftgeschwindigkeit über dem Kollektor kalibriert wurde.

21.5.2 Geforderte Genauigkeit

Die Geschwindigkeit der über die Vorderseite des Kollektors strömenden Umgebungsluft muss mit einer Standardunsicherheit $< 0,5 \text{ m/s}$ gemessen werden. Es muss berücksichtigt werden, dass die Anfahrgeschwindigkeiten der meisten Anemometer zwischen $0,5 \text{ m/s}$ und 1 m/s liegen. Die Geschwindigkeit der Umgebungsluft ist normalerweise unter Bedingungen im Freien nicht konstant. Die Messung der durchschnittlichen Luftgeschwindigkeit ist deshalb erforderlich und kann entweder aus Einzelwerten durch Bildung des arithmetischen Mittels oder durch Zeitintegration über die Prüfzeit bestimmt werden.

21.5.2.1 Anbringung der Messfühler für die Messung der Luftgeschwindigkeit über dem Kollektor

21.5.2.1.1 Allgemeines

Es können ein Umgebungswind oder künstliche Windgeneratoren verwendet werden, um die erforderliche Windgeschwindigkeit parallel zur Prüfoberfläche des Kollektors bereitzustellen. Die Gleichmäßigkeit der Luftgeschwindigkeit im Bereich der Kollektorapertur ist zu überprüfen, denn sie kann von einem Ende des Kollektors zum anderen schwanken. Es muss mithilfe eines tragbaren Anemometers in einem Abstand von 50 mm vor der Kollektorebene in gleichmäßigen Abständen über die Kollektorfläche verteilt eine Reihe von Luftgeschwindigkeitsmessungen durchgeführt werden. Anschließend ist ein Durchschnittswert zu ermitteln. Der Turbulenzgrad muss stets im Bereich von 15% bis 30% liegen. Während der Prüfung muss die Luftgeschwindigkeit dann konstant an einer geeigneten Stelle überwacht werden, die relativ zur mittleren Luftgeschwindigkeit über dem Kollektor kalibriert wurde, wobei die Geschwindigkeit der Umgebungsluft berücksichtigt wurde. Der Fühler darf nicht vom Wind abgeschirmt sein und während der Prüfdauern keinen Schatten auf den Kollektor werfen.

Bei Kollektoren, die keine rückseitige Wärmedämmung aufweisen oder nicht auf einer simulierten Dachfläche montiert sind, muss die Luftgeschwindigkeit über der Vorder- und Rückseite angepasst und gemessen werden. Für die Datenkorrelation ist der Durchschnittswert der Luftgeschwindigkeiten an Vorder- und Rückseite zu verwenden.

21.6 Abgelaufene Zeit

Die abgelaufene Zeit ist mit einer Standardunsicherheit von $< 0,2 \%$ zu messen.

21.7 Druckmessung

Die Druckmessung dient dazu, eine Reihe von Informationen über den Kollektor zu erhalten:

- Druckabfall.
- Wert des Drucks während der Wirkungsgradprüfung.
- Leckagerate (aufgrund von Druckunterschieden).

21.8 Messung der Luftfeuchte (Luftkollektoren)

Bei Verwendung von Luft als Wärmeträger ist deren Feuchtigkeitsgehalt erforderlich, um die spezifische Wärmekapazität der Luft korrekt bestimmen zu können. Das Feuchteverhältnis X_W muss mit einer Genauigkeit von $\pm 0,001$ (Wassermasse in kg /Trockenluftmasse in kg) bei einer Wärmeträgerfluidtemperatur von 25 °C gemessen werden.

21.9 Kollektormaße

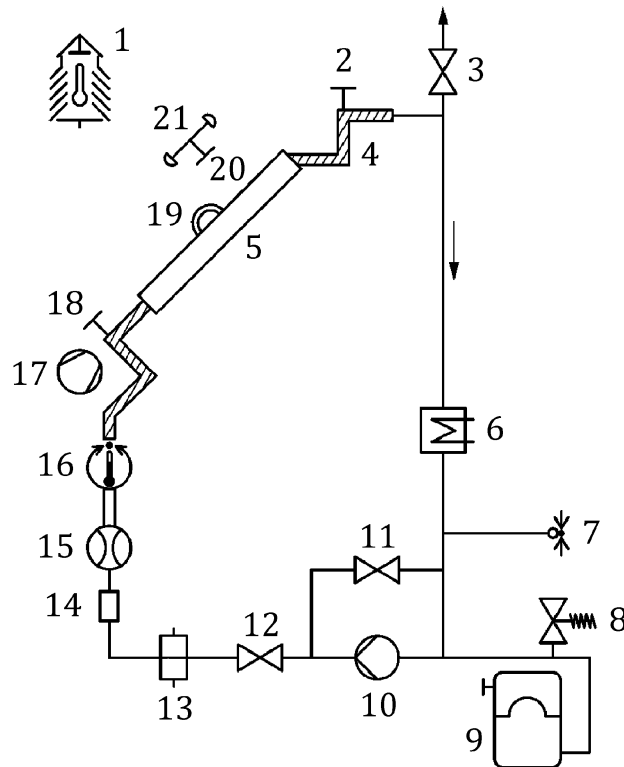
Die Brutto-Kollektorfläche muss mit einer Standardunsicherheit von besser als $0,3 \%$ gemessen werden. Flächenmessungen sind bei einer Kollektortemperatur von $20 \pm 10 \text{ °C}$ und, falls der Absorber aus Nicht-Metall-Material besteht, bei Betriebsdruck durchzuführen. Wenn der daraus resultierende Kollektorbereich innerhalb von 1% der Spezifikation des Herstellers liegt, dann muss die Spezifikation des Herstellers angegeben und für die Berechnung des Wirkungsgrads verwendet werden.

22 Prüfstand

22.1 Flüssigkeitskollektoren

22.1.1 Allgemeines

Bild 6 — Beispiel für einen geschlossenen Prüfkreislauf zeigt ein Beispiel für schematische Prüfkonfigurationen für Flüssigkeitskollektoren.



Legende

- | | |
|--|--|
| 1 Umgebungsluft-Temperaturfühler | 12 Durchflussregelventil |
| 2 Temperaturfühler (ϑ_e) | 13 Filter (200 μ m) |
| 3 Entlüftung | 14 Schauglas |
| 4 Wärmeisoliertes Rohr | 15 Durchflussmessgerät |
| 5 Sonnenkollektor | 16 Sekundärer Temperaturregler |
| 6 Heizer/Kühler für die primäre Temperaturregelung | 17 Windgenerator |
| 7 Druckmessgerät | 18 Temperaturfühler (ϑ_{in}) |
| 8 Sicherheitsventil | 19 Pyrgeometer |
| 9 Expansionsspeicher | 20 Pyranometer |
| 10 Pumpe | 21 Anemometer |
| 11 Umgehungsventil | |

Bild 6 — Beispiel für einen geschlossenen Prüfkreislauf

22.1.2 Wärmeträger

Als Wärmeträger zur Prüfung von Kollektoren kann entweder Wasser oder eine vom Kollektorhersteller empfohlene Flüssigkeit verwendet werden. Die spezifische Wärmekapazität und die Dichte der verwendeten Flüssigkeit müssen über den Bereich der während der Prüfungen verwendeten Flüssigkeitstemperaturen innerhalb von $\pm 1 \%$ bekannt sein. Werte für Wasser werden in Anhang C angegeben.

22.1.3 Rohrleitungen und Rohrverbinder

Die Rohrleitungen zwischen den Temperaturmessstellen und dem Kollektor (Eintritt und Austritt) müssen so geschützt sein, dass der berechnete Temperaturgewinn oder Temperaturverlust entlang eines jeden Rohrabschnittes unter Prüfbedingungen $\pm 0,01 \text{ K}$ nicht überschreitet.

Die Kollektorrohre müssen durch Ventilation von Lufteinschlüssen befreit werden und Verunreinigung müssen entfernt werden.

22.1.4 Pumpe und Durchflussregler

Die Wärmeträgerpumpe muss im Kollektorprüfkreislauf so angeordnet werden, dass ihre an die Wärmeträgerflüssigkeit abgegebene Verlustwärme weder die Regelung der Kollektoreintrittstemperatur noch die Messungen der Wärmeträgerfluidtemperaturen beeinträchtigt. Die Pumpe und der Durchflussregler müssen in der Lage sein, den Massen- oder Volumenstrom bei einer innerhalb des Betriebsbereiches beliebig gewählten Eintrittstemperatur unabhängig von Temperaturschwankungen innerhalb von 1% konstant zu halten.

22.2 Luftkollektoren

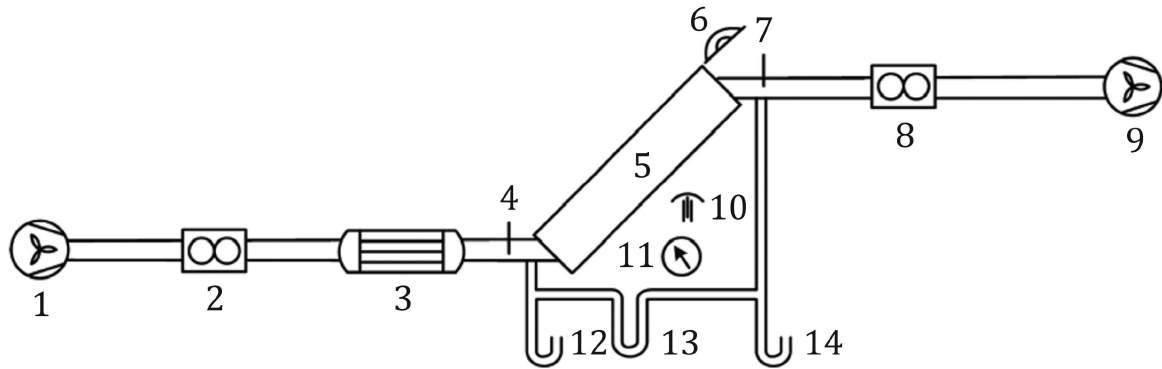
22.2.1 Allgemeines

Es wird zwischen verschiedenen Arten an Luftkollektoren unterschieden.

- Luftkollektoren, die in einem geschlossenen Luftkreislauf (geschlossener Kreislauf) arbeiten.
- Luftkollektoren, die Umgebungsluft ansaugen. Dabei handelt es sich um Feuchtigkeit abgebende Kollektoren, bei denen die Umgebungsluft durch die Kollektorabdeckung angesaugt wird.
- Offen für Umgebungsluftkollektoren, wobei die Umgebungsluft an definierten Eintrittsöffnungen angesaugt wird.

22.2.2 Geschlossener Prüfkreislauf

Bild 7 — Beispiel für einen geschlossenen Prüfkreislauf legt die Messung von Kollektoren mit geschlossenem Kreislauf in einem Prüfkreislauf dar. Es müssen zwei Durchflussmessgeräte verwendet werden, eines am Eintritt und eines am Austritt. Der Kollektor muss bei Umgebungsdruck gemessen werden, was sich mit Hilfe von zwei Lüftern umsetzen lässt. Zwischen den beiden Lüftern darf ein Bereich vorgesehen sein, in dem die Luft klimatisiert werden kann.



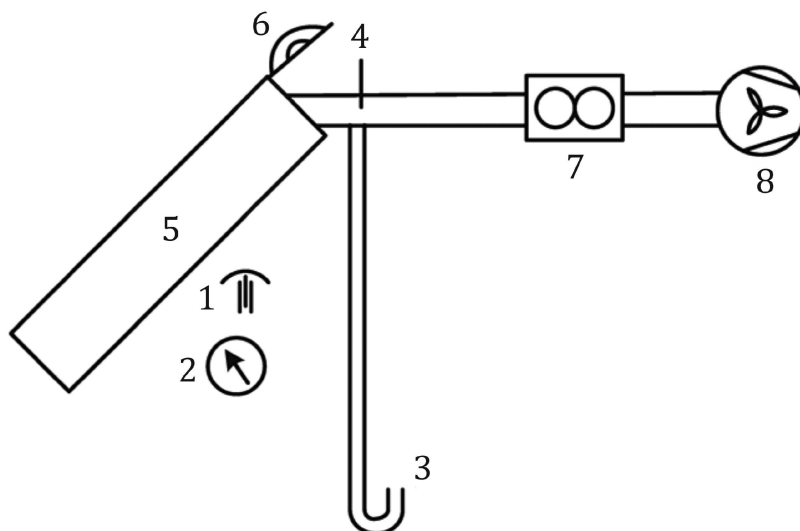
Legende

- | | |
|---|---|
| 1 Lüfter | 8 Durchflussmessgerät |
| 2 Durchflussmessgerät | 9 Lüfter |
| 3 Elektrischer Lufterhitzer | 10 Temperaturfühler für die Umgebungsluft (ϑ_a) |
| 4 Temperaturfühler (ϑ_{in}) | 11 Druckmessgerät für die Umgebungsluft (P_{abs}) |
| 5 Solarlufterhitzer | 12 Druckmessgerät ($P_{f,i}$) |
| 6 Pyranometer (G) | 13 Differenzdruck ($\Delta P = P_{f,i} - P_{f,e}$) |
| 7 Temperaturfühler (ϑ_e) | 14 Druckmessgerät ($P_{f,e}$) |

Bild 7 — Beispiel für einen geschlossenen Prüfkreislauf

22.2.3 Für die Umgebung offene Prüfkreisläufe

Der Massenstrom für Luftkollektoren, die für die Umgebung offen sind, können nur am Kollektoraustritt bestimmt werden. Die Kollektoreintrittstemperatur entspricht der Umgebungstemperatur. Bild 8 — Beispiel einer für die Umgebung offenen Prüfanordnung zeigt ein Beispiel für eine zur Prüfung von Luftkollektoren mit offenem Kreislauf geeignete Konfiguration.



Legende

- 1 Temperaturfühler für die Umgebungsluft (ϑ_a)
- 2 Druckmessgerät für die Umgebungsluft (P_{abs})
- 3 Druckmessgerät ($P_{f,e}$)
- 4 Temperaturfühler (ϑ_e)
- 5 Solarlufterhitzer
- 6 Pyranometer (G)
- 7 Durchflussmessgerät ($\dot{m}_e = f(\dot{V}_e, \vartheta_{mp,e}, rH_e, P_e)$)
- 8 Lüfter

Bild 8 — Beispiel einer für die Umgebung offenen Prüfanordnung

22.2.4 Wärmeträger

Zur Bestimmung der spezifischen Wärmekapazität der Luft an jedem Messpunkt werden die Temperatur und die Luftfeuchte benötigt. Dies kann mit der in Abschnitt 21.3.3 gegebenen Wärmeträgerfluidtemperatur berechnet werden. Die Dichte ist nach Abschnitt 21.4.2 zu berechnen.

22.2.5 Prüfluftkanäle

Die in Strömungsrichtung vor und hinter dem Kollektor installierten Luftkanäle müssen die gleichen Querschnittsmaße wie der Kollektoreintritt bzw. austritt haben. Das Fließverhalten der Luft im Kollektor ist für die richtige Beurteilung der Leistung des Kollektors von großer Bedeutung. Das Fließverhalten der Luft im Kollektor (besonders im Bereich nahe dem Eintritt) hängt in erster Linie von der Verbindung zwischen Verrohrung und Kollektor ab. Bei genormten Prüfungen wird nur ein einziges Kollektormodul geprüft, das der in der Praxis üblichen Einbauart möglicherweise nicht entspricht.

Um ein über den gesamten Kollektor gleichmäßiges Flussverhalten zu erzielen, muss bei jedem geprüften Kollektor am Eintritt und am Austritt die vom Hersteller regulär bereitgestellten Verteilungsluftkanäle verwendet werden. Mit Hilfe von Kästen aus gelochtem Metallblech am Eintritt und Austritt lässt sich ein gleichmäßig verteilter Luftstrom erreichen, was bedeutet, dass ein gleichmäßiger Luftstrom von der Mittellinie des Kollektors bis zum Rand und vom Eintritt bis zum Austritt fließt. Der Abschnitt zwischen der zur Messung von Ein- und Austrittstemperatur dienenden Messfühlereinheit und dem Kollektoreintritt bzw. austritt muss wärmegeklämt sein, um den Wärmeverlust auf $\pm 0,2 \text{ W/K}$ zu begrenzen. Entsprechend üblicher Praxis müssen dem Durchflussmessgerät und dem Lüfter in Strömungsrichtung Filter vorgeschaltet werden (eine Filternenngröße von $200 \mu\text{m}$ ist üblicherweise angemessen).