

DIN EN ISO 22975-3



ICS 27.160

**Solarenergie –
Kollektorbauteile und Materialien –
Teil 3: Beständigkeit von Solarabsorberflächen (ISO 22975-3:2014);
Deutsche Fassung EN ISO 22975-3:2014**

Solar energy –
Collector components and materials –
Part 3: Absorber surface durability (ISO 22975-3:2014);
German version EN ISO 22975-3:2014

Energie solaire –
Composants et matériaux du collecteur –
Partie 3: Durabilité de la surface de l'absorbeur (ISO 22975-3:2014);
Version allemande EN ISO 22975-3:2014

Gesamtumfang 38 Seiten

DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik (NHRS)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 22975-3:2014) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 180 „Solar energy“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 312 „Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom ELOT (Griechenland) gehalten wird.

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

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

ISO 2409	siehe	DIN EN ISO 2409
ISO 2819	siehe	DIN EN ISO 2819
ISO 4624	siehe	DIN EN ISO 4624
ISO 8407	siehe	DIN EN ISO 8407
ISO 9226	siehe	DIN EN ISO 9226
ISO 10062	siehe	DIN EN ISO 10062

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 2409, *Beschichtungsstoffe — Gitterschnittprüfung*

DIN EN ISO 2819, *Metallische Überzüge auf metallischen Grundwerkstoffen — Galvanische und chemische Überzüge — Überblick über Methoden der Haftfestigkeitsprüfung*

DIN EN ISO 4624, *Beschichtungsstoffe — Abreißversuch zur Beurteilung der Haftfestigkeit*

DIN EN ISO 8407, *Korrosion von Metallen und Legierungen — Entfernen von Korrosionsprodukten von Korrosionsprobekörpern*

DIN EN ISO 9226, *Korrosion von Metallen und Legierungen — Korrosivität von Atmosphären — Bestimmung der Korrosionsgeschwindigkeit von Standardproben zur Ermittlung der Korrosivität*

DIN EN ISO 10062, *Korrosionsprüfungen in künstlicher Atmosphäre mit sehr niedrigen Konzentrationen von Schadgas(en)*

Deutsche Fassung

Solarenergie —
Kollektorbauteile und Materialien —
Teil 3: Beständigkeit von Solarabsorberflächen
(ISO 22975-3:2014)

Solar energy —
Collector components and materials —
Part 3: Absorber surface durability (ISO 22975-3:2014)

Energie solaire —
Composants et matériaux du collecteur —
Partie 3: Durabilité de la surface de l'absorbeur
(ISO 22975-3:2014)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 7. Mai 2014 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN-CENELEC oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Anforderungen und Klassifizierung.....	7
5 Prüfverfahren zur Bewertung von Werkstoffeigenschaften als Maß der Absorberleistung.....	8
5.1 Probenahme und Vorbereitung der Probekörper.....	8
5.2 Konditionierung der Proben	8
5.3 Solarer Absorptionsgrad	9
5.4 Wärmeemissionsgrad	9
5.5 Haftfestigkeit	9
6 Prüfungen zur Bewertung der Wärmebeständigkeit von Absorberflächen	9
6.1 Kurzbeschreibung	9
6.2 Prüfgerät	10
6.3 Verfahren zur Durchführung von Hochtemperaturprüfungen	11
6.4 Qualifizierungsverfahren	12
7 Prüfungen zur Bestimmung der Kondenswasserbeständigkeit von Absorberflächen.....	12
7.1 Kurzbeschreibung	12
7.2 Prüfgerät	13
7.3 Verfahren zur Durchführung von Prüfungen bei konstanter Kondensation	14
7.4 Qualifizierungsverfahren	15
8 Prüfung zur Bestimmung der Korrosionsbeständigkeit der Absorberfläche in Luft mit hoher Luftfeuchte und Schwefeldioxidanteil	15
8.1 Kurzbeschreibung	15
8.2 Prüfgerät	16
8.3 Vergleichsprobekörper	17
8.4 Verfahren zur Durchführung der Prüfung auf Korrosionsbeständigkeit in Luft mit hoher Luftfeuchte und Schwefeldioxidanteil	17
8.5 Bestimmung der kürzesten zulässigen Ausfallzeiten in der Prüfung unter Verwendung von Vergleichsprobekörpern	18
8.6 Qualifizierungsverfahren	18
9 Prüfbericht.....	19
Anhang A (normativ) Verfahren zur Bestimmung der solaren Absorption und des Wärmeemissionsgrades von Absorberflächen	20
A.1 Bewertung des solaren Absorptionsgrades	20
A.1.1 Anwendungsbereich	20
A.1.2 Prüfgerät	20
A.1.3 Messung der Werte des Reflexionsgrades	20
A.1.4 Bewertung der Werte des spektralen Absorptionsgrades	20
A.1.5 Bewertung des solaren Absorptionsgrades	21
A.1.6 Entscheidende Faktoren bei der Bewertung des solaren Absorptionsgrades	21
A.2 Bewertung des Wärmeemissionsgrades	21
A.2.1 Anwendungsbereich	21
A.2.2 Prüfgerät	22
A.2.3 Bewertung des Wärmeemissionsgrades	22
A.2.4 Entscheidende Faktoren bei der Bewertung des Wärmeemissionsgrades mittels Spektralmessung	23

Anhang B (normativ) Eigenschaften von Temperatur und Ausfallzeit in der Bewertung der Wärmebeständigkeit von Absorberflächen	24
Anhang C (normativ) Eigenschaften von Temperatur/Kondensation und Ausfallzeit in Zusammenhang mit dem Prüfplan für die Qualifizierung für die Bewertung der Kondenswasserbeständigkeit von Absorberflächen	30
Anhang D (informativ) Geeignete Prüfgerätausführungen für die Qualifizierungsprüfung von Solarabsorberflächen.....	34
Literaturhinweise	36

Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 22975-3:2014) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 180 „Solar energy“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 312 „Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom ELOT gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Januar 2015, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Januar 2015 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

ISO 22975 unter dem allgemeinen Titel „Solarenergie — Kollektorbauteile und Materialien“ besteht aus den folgenden Teilen:

— *Teil 3: Beständigkeit von Solarabsorberflächen*

Die folgenden Teile sind in Vorbereitung:

— *Teil 1: Vakuumröhren — Beständigkeit und Leistungsfähigkeit*

— *Teil 2: Wärmerohre für solarthermische Anwendungen — Beständigkeit und Leistungsfähigkeit*

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 22975-3:2014 wurde vom CEN als EN ISO 22975-3:2014 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Einleitung

Um einen Werkstoff in einer gegebenen Anwendung effektiv auszuwählen, zu verwenden und zu erhalten, muss seine Zersetzung unter Betriebsbedingungen vor Gebrauch vorhergesagt werden. Vorzugsweise sollte die Beständigkeit des Werkstoffs quantitativ als eine zu erwartende Lebensdauer ausgedrückt werden. Beständigkeit ist in diesem Fall die Fähigkeit eines Werkstoffs, Zersetzung zu widerstehen, die durch alle äußeren Umweltfaktoren verursacht wird, welche die Leistung des Werkstoffs unter Betriebsbedingungen beeinflussen können. Als Lebensdauer ist der Zeitraum nach dem Einbau festgelegt, in welchem spezifische Werkstoffeigenschaften, die für die Leistungsfähigkeit des Werkstoffs wichtig sind, zulässige Mindestwerte erfüllen oder übertreffen.

Die Lebensdauer eines Werkstoffs ist somit nicht allein von dessen physikalischen und chemischen Eigenschaften abhängig, sondern auch von der Anforderung an seine Leistung in der betrachteten Anwendung sowie von äußeren Umweltfaktoren, welche die Leistung unter Betriebsbedingungen beeinflussen. Die ausschlaggebende Frage bei der Gestaltung ist, ob von einem spezifischen Werkstoff eine Lebensdauer zu erwarten ist, deren Länge einen bestimmten Wert, die sogenannte Nenn-Lebensdauer, überschreitet; letztere wird von Kostenbetrachtungen in Bezug auf die Lebensdauer unter Berücksichtigung der gesamten Anlage bestimmt. Die Bewertung der Lebensdauer kann auf der Grundlage von Rückmeldungsdaten aus der praktischen Anwendung oder von Ergebnissen der sogenannten Qualifizierungs- oder Zulassungsprüfungen der Beständigkeit erfolgen.

Das gegenwärtig empfohlene Qualifizierungsverfahren für die Beständigkeit von Solarabsorberflächen beruht auf der Durchführung einer Reihe von Kurzzeit-Prüfungen der Beständigkeit. Während einer Prüfung wird die optische Leistung der geprüften Absorberfläche durch Messung ihres solaren Absorptionsgrades und Wärmeemissionsgrades bestimmt. Anhand des Verlustes optischer Leistung der Absorberfläche wird deren Ausfallzeit in der durchgeführten Prüfung bewertet und mit der durch die Nenn-Lebensdauer des Absorbers festgelegten, kürzesten zulässigen Ausfallzeit verglichen. Die Nenn-Lebensdauer, die Leistungsanforderung, welche die Ausfallzeit hinsichtlich des Verlustes optischer Leistung festlegt, sowie die Klassifizierung von Art und Ausmaß umweltbedingter Beanspruchung werden unter der Annahme festgelegt, dass die zu prüfende Absorberfläche in einen belüfteten Flachkollektor für Warmwasseranlagen in Wohngebäuden und Kombianlagen oder unter ähnlichen Betriebsbedingungen eingebaut wird.

Das empfohlene Qualifizierungsverfahren kann vorzugsweise bei der Entwicklung und Validierung neuer Arten von Absorberflächen verwendet werden. Ausgehend von den Prüfergebnissen kann darauf geschlossen werden, mit welcher Wahrscheinlichkeit eine geprüfte Absorberfläche die Anforderung an eine zulässige Lebensdauer auch in der Praxis erfüllt. Das empfohlene Verfahren zur Beständigkeitsprüfung erzielt nachweislich Ergebnisse, die sowohl qualitativ als auch quantitativ recht gut mit den tatsächlichen Beobachtungen auf den Absorberflächen übereinstimmen, welche für längere Zeiträume in Sonnenkollektoren geprüft wurden, die unter typischen Bedingungen für Warmwasseranlagen in Wohngebäuden oder Kombianlagen arbeiten. Konnte der geprüfte Absorber nicht nach dem gegenwärtigen Verfahren qualifiziert werden, wird dennoch eine umfassendere Untersuchung der Dauerhaftigkeit empfohlen, die trotzdem zu einer Qualifizierung führen könnte.

Das gegenwärtige Verfahren besteht aus drei Teilen, um den Absorber hinsichtlich seiner Beständigkeit gegen hohe Temperatur, gegen hohe Luftfeuchte und Kondensation sowie gegen Korrosion aufgrund atmosphärischen Schwefeldioxids zu prüfen. Diese drei Teile sind unabhängig und können einzeln bewertet werden.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 22975 gilt für die Bestimmung des Langzeit-Verhaltens und der Lebensdauer von selektiven Solarabsorbern für belüftete Flachkollektoren, die unter typischen Bedingungen für Warmwasseranlagen in Wohngebäuden oder Kombianlagen arbeiten.

Dieser Teil von ISO 22975 legt ein Ausfallkriterium für einen Solarabsorber auf Grundlage der Veränderungen seiner optischen Leistung fest. Die betrachteten optischen Eigenschaften sind der solare Absorptionsgrad und der Wärmeemissionsgrad.

Dieser Teil von ISO 22975 legt Verfahren zur Beständigkeitsprüfung mit Schwerpunkt auf Beständigkeit gegen hohe Temperaturen, Wasserkondensation auf der Absorberfläche sowie Luft mit hoher Feuchte und Schwefeldioxidanteil fest.

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 4624, *Paints and varnishes — Pull-off test for adhesion*

ISO 8407, *Corrosion of metals and alloys — Removal of corrosion products from corrosion test specimens*

ISO 9050, *Glass in building — Determination of light transmittance, solar direct transmittance, total solar energy transmittance, ultraviolet transmittance and related glazing factors*

ISO 10062, *Corrosion tests in artificial atmosphere at very low concentrations of polluting gas(es)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Nenn-Lebensdauer

Beanspruchungsdauer unter Betriebsbedingungen nach dem Einbau, in welcher die Absorberfläche die Leistungsanforderung erwartungsgemäß erfüllt

3.2

Ausfallzeit

Beanspruchungsdauer während der Prüfung, bei welcher die Grenze der Leistungsanforderung erreicht wird

3.3

solarer Absorptionsgrad

α_s

Anteil der Sonnenstrahlungsenergie, der von einer Absorberfläche absorbiert wird

3.4

Wärmeemissionsgrad

ε

Verhältnis zwischen der Energie je Flächeneinheit, die eine Oberfläche bei einer gegebenen Temperatur abstrahlt und der entsprechenden Energie, die ein idealer schwarzer Körper bei der gleichen Temperatur abstrahlt

3.5

Funktion des Leistungskriteriums

PC

Leistungsänderung einer Absorberfläche bezogen auf Änderungen des solaren Absorptionsgrades und des Wärmeemissionsgrades

4 Anforderungen und Klassifizierung

4.1 Für die Klassifizierung der Beständigkeit der Absorberfläche gilt die folgende Leistungsanforderung:

$$PC = -\Delta\alpha_s + 0,50\Delta\varepsilon \leq 0,05 \quad (1)$$

Dabei ist

$\Delta\alpha_s$ die Änderung des solaren Absorptionsgrades, definiert als

$$\Delta\alpha_s = \alpha_{s,t} - \alpha_{s,i} \quad (2)$$

dabei entspricht $\alpha_{s,t}$ dem Wert des solaren Absorptionsgrades zum tatsächlichen Prüfzeitpunkt oder bei Betrieb; und

dabei entspricht $\alpha_{s,i}$ dem Anfangswert des solaren Absorptionsgrades;

Dabei ist

$\Delta\varepsilon$ die Veränderung des Wärmeemissionsgrades

$$\Delta\varepsilon = \varepsilon_t - \varepsilon_i \quad (3)$$

dabei entspricht ε_t dem Wert des Wärmeemissionsgrades zum tatsächlichen Prüfzeitpunkt oder bei Betrieb; und

dabei entspricht ε_i dem Anfangswert des Wärmeemissionsgrades.

ANMERKUNG 1 Diese Funktion des Leistungskriteriums basiert vorrangig auf der Position gemittelter Leistungswerte typischer solarer Warmwasseranlagen in Wohngebäuden und Kombianlagen [4]. Allerdings wird in dem in Bezug genommenen Prüfverfahren entsprechend IEA-Task 10 eine leicht abweichende Definition für PC verwendet, und zwar $PC = -\Delta\alpha_s - 0,25 \times \Delta\varepsilon$. Von der IEA-Arbeitsgruppe MSTC durchgeführte Untersuchungen haben allerdings erwiesen, dass ein Gewichtungsfaktor von 0,5 für den Wärmeemissionsgrad geeigneter ist [9].

ANMERKUNG 2 Höhere Werte der PC-Funktion können verwendet werden, sofern als besser geeignet angesehen. $PC < 0,10$ sollte bedeuten, dass die optische Leistung der Absorberfläche und dadurch auch die Leistung der solaren Warmwasseranlage in Wohngebäuden und Kombianlagen auf einen Wert verringert werden darf, der 90 % des ursprünglichen Wertes während der Nenn-Lebensdauer entspricht [4].

4.2 Vor der Prüfung der Beständigkeit einer Absorberfläche sind alle nach 5.1 entnommenen und vorbereiteten Probekörper hinsichtlich ihres nach 5.2 bestimmten Wertes für den solaren Absorptionsgrad sowie ihres nach 5.3 bestimmten Wertes für den Wärmeemissionsgrad zu beschreiben.

Zur Qualifizierung für die Prüfung muss die Standardabweichung bei dem Satz Probekörper bei den ermittelten Werten für den solaren Absorptionsgrad weniger als 0,01 und bei den ermittelten Werten für den Wärmeemissionsgrad weniger als 0,04 betragen.

4.3 Bei beschichteten Absorberflächen sind drei zusätzliche Probekörper vorzubereiten, und die Haftfestigkeit der Beschichtung auf diesen Probekörpern ist nach 5.5 zu bewerten.

Bei dem für die Prüfung zu qualifizierenden Absorber muss die Haftfestigkeit der Beschichtung bei allen Probekörpern $> 0,15$ MPa betragen (ISO 4624).

ANMERKUNG Bei ausreichend genauer Betrachtung kann die Haftfestigkeit der Beschichtung durch ein einfacheres Verfahren bewertet werden. Das Verfahren nach ISO 2409 [1] ist anwendbar, und die Anforderung an die zufrieden stellende Haftfestigkeit kann auf einen Wert von 1 festgelegt werden. Andernfalls ist ein geeignetes Verfahren nach ISO 2819 [2] anwendbar.

4.4 Bei einer Absorberfläche, die hinsichtlich ihrer Wärmebeständigkeit zu qualifizieren ist, muss das Verfahren zur Beständigkeitsprüfung nach Abschnitt 6 angewendet werden.

Eine Absorberfläche mit ausreichender Wärmebeständigkeit muss die Anforderungen an die Prüfergebnisse nach 6.4 erfüllen.

4.5 Bei einer Absorberfläche, die hinsichtlich ihrer Kondenswasserbeständigkeit bei der Verwendung in einem luftdurchlässigen Sonnenkollektor mit mehr oder weniger ungesteuerter Lüftung zu qualifizieren ist, muss das Verfahren zur Beständigkeitsprüfung nach Abschnitt 7 angewendet werden.

Eine Absorberfläche mit ausreichender Kondenswasserbeständigkeit muss die Anforderungen an die Prüfergebnisse nach 7.4 erfüllen.

4.6 Bei einer Absorberfläche, die hinsichtlich ihrer Beständigkeit gegen Zersetzung qualifiziert werden sollte, welche durch Schwefeldioxidanteil als Luftschadstoff verursacht wird, ist das Verfahren zur Beständigkeitsprüfung nach Abschnitt 8 anzuwenden (optional).

Eine Absorberfläche kann für die Verwendung in zwei Sonnenkollektorklassen qualifiziert werden, die zwei unterschiedliche Schweregrade bezüglich atmosphärischer Korrosivität repräsentieren.

Sonnenkollektor Typ A: Luftdichter Sonnenkollektor oder Sonnenkollektor mit gesteuerter Lüftung im Spalt zwischen Absorberfläche und Abdeckplatte. Die Ober- und Unterseite des Sonnenkollektorrahmens sollte mit Lüftungsöffnungen versehen sein. Die atmosphärische Korrosivität auf der Unterseite des Sonnenkollektors kann unter Betriebsbedingungen typischerweise einer Korrosionsgeschwindigkeit von Zink von 0,1 g/m² je Jahr entsprechen.

Sonnenkollektor Typ B: Luftdurchlässiger Sonnenkollektor mit mehr oder weniger ungesteuerter Lüftung im Sonnenkollektor. Die atmosphärische Korrosivität auf der Unterseite des Sonnenkollektors entspricht unter Betriebsbedingungen einer Korrosionsgeschwindigkeit von Zink von 0,3 g/m² je Jahr.

Eine Absorberfläche mit ausreichender Beständigkeit gegen Zersetzung, welche durch Luft mit hoher Luftfeuchte und Schwefeldioxidanteil verursacht wird, muss entweder hinsichtlich nur eines Sonnenkollektors vom Typ A oder hinsichtlich Sonnenkollektoren der beiden Typen A und B die Anforderungen an die Prüfergebnisse nach 8.6 erfüllen.

5 Prüfverfahren zur Bewertung von Werkstoffeigenschaften als Maß der Absorberleistung

5.1 Probenahme und Vorbereitung der Probekörper

Für Beständigkeitsprüfungen sind Proben mit einer Absorberfläche von vorzugsweise (50 × 50) mm vorzubereiten. Die Proben sind so aus größeren Stücken der Absorberplatte zu entnehmen, dass Schwankungen der optischen Eigenschaften zwischen den verschiedenen Probekörpern minimiert werden. Drei zusätzliche Proben sind ebenso für die Bewertung der Haftfestigkeit der Beschichtung ungealterter Proben erforderlich. Zur Durchführung eines vollständigen Prüfprogramms für die Beständigkeit nach diesem empfohlenen Verfahren sind mindestens 18 Proben erforderlich.

5.2 Konditionierung der Proben

Der Mittelwert des solaren Absorptionsgrads und der Mittelwert des Wärmeemissionsgrads von drei Proben sind zu bestimmen. Die mögliche maximale Absorbertemperatur für einen Kollektor mit antireflektierender (AR) Beschichtung nach Tabelle B.1 ist zu bestimmen. Alle 18 Proben sind für mindestens 5 h bei dieser maximalen Absorbertemperatur mit einem mit der Beschreibung nach 6.2 vergleichbaren Prüfgerät anzulassen. Drei Proben sind auf Haftfestigkeit nach 5.5 zu prüfen und wenn diese die Prüfung bestehen, ist mit den anderen 15 Proben fortzufahren.

5.3 Solarer Absorptionsgrad

Der Wert des solaren Absorptionsgrades ist durch Messungen des Reflexionsgrades für jede der 15 Proben nach A.1 zu bestimmen. Für den vollständigen Satz Proben sind zusätzlich der Mittelwert und die Standardabweichung des solaren Absorptionsgrades zu berechnen.

5.4 Wärmeemissionsgrad

Der Wert des Wärmeemissionsgrades ist ebenfalls für jede der 15 Proben nach A.2 zu bestimmen. Für den vollständigen Satz Proben sind zusätzlich der Mittelwert und die Standardabweichung des Wärmeemissionsgrades zu berechnen.

5.5 Haftfestigkeit

Die Haftfestigkeit der Absorberbeschichtung ist entweder nach ISO 4624 (für die Auswahl der Prüfanordnung sind das allgemeine Prüfverfahren für sowohl biegesteife als auch verformbare Trägerwerkstoffe sowie Prüfstempel mit einem Durchmesser von 20 mm anzuwenden) oder mittels eines einfacheren Verfahrens zur Bewertung der Haftfestigkeit zu bestimmen (siehe 4.3); es ist entsprechend der zutreffenden Norm fortzuführen.

6 Prüfungen zur Bewertung der Wärmebeständigkeit von Absorberflächen

6.1 Kurzbeschreibung

6.1.1 Alterung bei hohen Temperaturen wird häufig in vielen technischen Anwendungsgebieten zur Bewertung der Wärmebeständigkeit von Werkstoffen verwendet. Eine hohe Temperatur beschleunigt alle Arten von Prozessen, die gewöhnlich zu einer erhöhten Geschwindigkeit der Werkstoffzersetzung führen. Bei einer selektiven Absorberbeschichtung aus kleinen Metallpartikeln steigert eine hohe Temperatur die Metalloxydation, was hauptsächlich den Absorptionsgrad der Beschichtung verringert.

6.1.2 Wenn sie in einem einfach verglasten Flachkollektor installiert ist, kann eine Absorberfläche großen Temperaturschwankungen ausgesetzt sein; im Extremfall von -20 °C bis mehr als 200 °C . Als ein Wert für das Ausmaß der Wärmebeanspruchung wird die effektive mittlere Temperatur T_{eff} während eines Betriebsjahres einer Absorberfläche verwendet. Sie wird durch die folgende Gleichung ausgedrückt:

$$\exp\left(-\frac{E_T}{R}T_{\text{eff}}^{-1}\right) = \int_{T_{\text{min}}}^{T_{\text{max}}} \exp\left(-\frac{E_T}{R}T^{-1}\right)f(T)dT \quad (4)$$

Dabei ist

- $f(T)$ ist die jahresbezogene Frequenzfunktion der Betriebstemperatur einer Absorberfläche eines Sonnenkollektors, d. h. der Zeitabschnitt eines Jahres, in welchem die Betriebstemperatur innerhalb des Bereiches T bis $T + dT$ liegt;
- T_{max} die höchste Betriebstemperatur der Absorberfläche im Sonnenkollektor, in Kelvin (K);
- T_{min} die niedrigste Betriebstemperatur der Absorberfläche im Sonnenkollektor, in Kelvin (K);
- E_T die Arrhenius-Aktivierungsenergie, die die Temperaturabhängigkeit einer thermischen Zersetzungsreaktion einer Absorberfläche angibt;
- R die Konstante der thermischen Zustandsgleichung idealer Gase, die $8,314\text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ beträgt.

6.1.3 Die jahresbezogene Frequenzfunktion $f(T)$ wird durch die äußere klimatische Beanspruchung bestimmt, die auf den Sonnenkollektor, sowie die optischen Eigenschaften der Solarabsorberfläche und der Verglasung einwirkt.

In diesem empfohlenen Verfahren wird angenommen, dass der Sonnenkollektor für 11 Monate eines Jahres in Betrieb ist, tagsüber für die Leitungswasserproduktion, wenn die Temperatur des Sonnenkollektors 40 °C überschreitet. Für einen Monat im Jahr, während des Sommers, befindet sich der Sonnenkollektor im Stagnationszustand. Vom Blickwinkel der thermischen Alterung führt die Temperaturbeanspruchung auf der Solarabsorberfläche ausschließlich an sonnigen Tagen, an denen sich der Sonnenkollektor in Stagnation befindet, zu einer erheblichen thermischen Zersetzung. Die Bezugswärmebeanspruchung oder die Frequenzfunktion der Temperatur für ein Jahr, die die Betriebsbedingungen in diesem empfohlenen Verfahren repräsentiert, entspricht daher 30 Sonnentagen, an denen sich der Kollektor in Stagnation befindet, siehe Bild B.1.

Die auf die Solarabsorberfläche wirkende Temperaturbeanspruchung ist auch abhängig von den optischen Eigenschaften der Absorberfläche, ebenso wie die höchste Temperatur der Absorberfläche im Stagnationszustand. Die Höchsttemperatur der Absorberfläche wird in diesem empfohlenen Verfahren anhand des solaren Absorptionsgrades und des Wärmeemissionsgrades unter Verwendung der in Tabelle B.1 aufgeführten Wechselwirkungen bestimmt. Die Bezugswärmebeanspruchung, bezogen auf die effektive mittlere Temperatur, ist danach als Funktion der Aktivierungsenergie der thermischen Zersetzung unter Verwendung der höchsten Temperatur der Absorberfläche zu berechnen.

ANMERKUNG Sofern besser geeignet, ist eine andere Frequenzfunktion der Temperatur anwendbar, um die Betriebsbedingungen zu repräsentieren. Die neue, einer spezifischen Aktivierungsenergie entsprechende, effektive mittlere Temperatur kann unter Verwendung von Gleichung (4) berechnet werden.

6.1.4 Zur Bewertung der Wärmebeständigkeit der Absorberfläche werden Kurzzeit-Prüfungen durchgeführt, die die thermische Zersetzung der Absorberfläche bei einer konstant hohen Temperatur verstärken. Die folgende Funktion für die Zeitumrechnung ist zum Umrechnen der Nenn-Lebensdauer von 25 Jahren in die kürzeste zulässige Ausfallzeit, t_R , für eine bei der Temperatur T_R durchzuführende Prüfung bei konstanter Temperatur zu verwenden.

$$t_R = 25 \times 8760 \exp \left[-\frac{E_T}{R} (T_{\text{eff}}^{-1} - T_R^{-1}) \right] \quad (5)$$

Dabei ist

T_{eff} die effektive mittlere Temperatur der Absorberfläche, in Kelvin (K), festgelegt durch Gleichung (4).

Die effektive mittlere Temperatur schwankt in Abhängigkeit von der Aktivierungsenergie ebenso wie die kürzeste zulässige Ausfallzeit bei einer spezifischen Prüfung bei konstanter Temperatur.

6.1.5 Um festzustellen, ob eine Absorberfläche qualifiziert ist oder nicht, sind die Ergebnisse von mindestens zwei verschiedenen Prüfungen bei konstanter Temperatur erforderlich, es sei denn, die optische Leistung der zu prüfenden Absorberfläche bleibt während der ersten Prüfung unbeeinträchtigt. Der Prüfplan für die Qualifizierung und die Bedingungen für die Temperaturprüfungen werden in den Bildern B.2 bis B.4 bzw. in Tabelle B.2 aufgeführt.

6.2 Prüfgerät

6.2.1 Die zur Bewertung der Wärmebeständigkeit der Absorberfläche zu verwendende Prüfkammer muss so konstruiert sein, dass:

- a) Prüfungen bei konstanter Temperatur bis zu mindestens 380 °C durchgeführt werden können;