

# DIN EN 12975-2:2006-06 (D)

## Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile - Kollektoren - Teil 2: Prüfverfahren; Deutsche Fassung EN 12975-2:2006

---

Inhalt	Seite
Vorwort .....	7
Einleitung .....	8
1 Anwendungsbereich .....	9
2 Normative Verweisungen .....	9
3 Begriffe .....	9
4 Symbole und Einheiten.....	9
5 Zuverlässigkeitsprüfung von Flüssigkeitskollektoren .....	12
5.1 Allgemeines .....	12
5.2 Innendruckprüfungen für Absorber .....	13
5.2.1 Anorganische Absorber .....	13
5.2.2 Absorber aus organischen Werkstoffen (Kunststoffe oder Elastomere).....	13
5.3 Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit.....	16
5.3.1 Zweck.....	16
5.3.2 Prüfeinrichtung und Durchführung.....	16
5.3.3 Prüfbedingungen.....	16
5.3.4 Ergebnisse .....	17
5.4 Expositionsprüfung.....	17
5.4.1 Zweck.....	17
5.4.2 Prüfeinrichtung und Durchführung .....	17
5.4.3 Prüfbedingungen.....	17
5.4.4 Ergebnisse .....	18
5.5 Schneller äußerer Temperaturwechsel .....	18
5.5.1 Zweck.....	18
5.5.2 Prüfeinrichtung und Durchführung .....	18
5.5.3 Prüfbedingungen.....	19
5.5.4 Ergebnisse .....	19
5.6 Schneller innerer Temperaturwechsel .....	19
5.6.1 Zweck.....	19
5.6.2 Prüfeinrichtung und Durchführung .....	19
5.6.3 Prüfbedingungen.....	20
5.6.4 Ergebnisse .....	20
5.7 Prüfung auf eingedrungenes Regenwasser .....	20
5.7.1 Zweck.....	20
5.7.2 Prüfeinrichtung und Durchführung .....	20
5.7.3 Prüfbedingungen.....	21
5.7.4 Ergebnisse .....	22
5.8 Prüfung der Frostbeständigkeit.....	22
5.8.1 Zweck.....	22
5.8.2 Prüfeinrichtung und Durchführung .....	22
5.8.3 Prüfbedingungen.....	23
5.8.4 Ergebnisse .....	23
5.9 Mechanische Belastungsprüfung.....	23
5.9.1 Druckprüfung für die Kollektorabdeckung .....	23
5.9.2 Unterdruckprüfung des Kollektors.....	24
5.10 Prüfung der Schlagfestigkeit (wahlweise).....	25
5.10.1 Zweck.....	25
5.10.2 Prüfeinrichtung und Durchführung .....	25
5.10.3 Prüfbedingungen.....	27

5.10.4	Ergebnisse.....	27
5.11	Endkontrolle.....	27
5.12	Prüfbericht.....	27
6	Prüfung der Wärmeleistung von Flüssigkeitskollektoren.....	27
6.1	Abgedeckte Sonnenkollektoren unter stationären Bedingungen (einschließlich Druckabfall) .....	28
6.1.1	Einbau und Standort des Kollektors.....	28
6.1.2	Messgeräte .....	29
6.1.3	Prüfaufbau .....	35
6.1.4	Prüfung der Leistung im Freien unter stationären Bedingungen.....	38
6.1.5	Prüfung des Wirkungsgrades im stationären Zustand unter Verwendung eines Sonnenstrahlungssimulators .....	42
6.1.6	Bestimmung der effektiven Wärmekapazität und der Zeitkonstante eines Kollektors .....	45
6.1.7	Einfallswinkel-Korrekturfaktor des Kollektors .....	47
6.1.8	Bestimmung des Druckabfalls über einem Kollektor .....	50
6.2	Unabgedeckte Sonnenkollektoren unter stationären Bedingungen (einschließlich Druckabfall) .....	50
6.2.1	Montage und Standort des Kollektors.....	50
6.2.2	Messgeräte .....	52
6.2.3	Prüfaufbau .....	54
6.2.4	Prüfung des Wirkungsgrades im stationären Betrieb im Freien .....	54
6.2.5	Prüfung des Wirkungsgrades im stationären Zustand mittels Sonnenstrahlungssimulator .....	58
6.2.6	Bestimmung der effektiven Wärmekapazität und der Zeitkonstante eines Kollektors .....	59
6.2.7	Einfallswinkel-Korrekturfaktor (wahlweise).....	60
6.2.8	Bestimmung des Druckabfalls über einem Kollektor .....	62
6.3	Abgedeckte und unabgedeckte Sonnenkollektoren unter quasi-dynamischen Bedingungen .....	62
6.3.1	Montage und Standort des Kollektors.....	62
6.3.2	Messgeräteausrüstung .....	63
6.3.3	Prüfaufbau .....	64
6.3.4	Prüfung des Wirkungsgrades im Freien .....	64
6.3.5	Bestimmung der effektiven Wärmekapazität .....	72
6.3.6	Einfallswinkel-Korrekturfaktor auf den Kollektor.....	72
Anhang A (normativ) Prinzipskizzen für Dauerhaftigkeits- und Zuverlässigkeitsprüfungen .....		74
Anhang B (normativ) Prüfprotokolle für Dauerhaftigkeits- und Zuverlässigkeitsprüfungen.....		82
B.1	Protokoll der Prüfreihefolge und Zusammenfassung der Hauptergebnisse .....	82
B.2	Innendruckprüfung für anorganische Absorber .....	83
B.2.1	Technische Daten des Kollektors .....	83
B.2.2	Prüfbedingungen .....	83
B.2.3	Prüfergebnisse.....	83
B.3	Innendruckprüfung für Absorber aus organischen Werkstoffen .....	84
B.3.1	Technische Daten des Kollektors .....	84
B.3.2	Prüfbedingungen .....	84
B.3.3	Prüfergebnisse.....	85
B.4	Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit .....	86
B.4.1	Verfahren zum Aufheizen der Kollektoren:.....	86
B.4.2	Prüfbedingungen .....	86
B.4.3	Prüfergebnisse.....	86
B.5	Expositionsprüfung .....	87
B.5.1	Prüfbedingungen .....	87
B.5.2	Prüfergebnisse.....	87
B.5.3	Klimatische Bedingungen für alle Prüftage .....	88
B.5.4	Zeitabschnitte, in denen die Werte der Bestrahlungsstärke und der Umgebungslufttemperatur höher sind, als die Werte nach Tabelle 4.....	89
B.5.5	Ergebnisse der Überprüfung .....	90
B.6	Schnelle äußere Temperaturwechselprüfung: .....	91
B.6.1	Prüfbedingungen .....	91
B.6.2	Prüfergebnisse.....	92
B.7	Schnelle innere Temperaturwechselprüfung: .....	93
B.7.1	Prüfbedingungen .....	93

B.7.2	Prüfergebnisse .....	94
B.8	Prüfung auf eindringendes Regenwasser .....	95
B.8.1	Prüfbedingungen .....	95
B.8.2	Prüfergebnisse .....	95
B.9	Frostbeständigkeitsprüfung .....	96
B.9.1	Kollektortyp .....	96
B.9.2	Prüfbedingungen .....	96
B.9.3	Prüfergebnisse .....	96
B.10	Mechanische Belastungsprüfung .....	97
B.10.1	Überdruckprüfung der Kollektorabdeckung .....	97
B.10.2	Zugprüfung der Befestigung zwischen Abdeckung und Kollektorgehäuse .....	98
B.10.3	Zugprüfung der Kollektorbefestigungen .....	99
B.11	Prüfung der Schlagfestigkeit mit Stahlkugeln .....	100
B.11.1	Prüfbedingungen .....	100
B.11.2	Durchführung der Prüfung .....	100
B.11.3	Prüfergebnisse .....	100
B.12	Prüfung der Schlagfestigkeit mit Eiskugeln .....	101
B.12.1	Prüfbedingungen .....	101
B.12.2	Durchführung der Prüfung .....	101
B.12.3	Prüfergebnisse .....	101
B.13	Ergebnisse der Endüberprüfung .....	102
Anhang C (normativ)	Stagnationstemperatur von Flüssigkeitskollektoren .....	103
C.1	Allgemeines .....	103
C.2	Bestimmung der Stagnationstemperatur .....	103
Anhang D (normativ)	Prüfbericht für Leistungsprüfungen von abgedeckten Sonnenkollektoren .....	104
D.1	Allgemeines .....	104
D.2	Beschreibung des Sonnenkollektors .....	104
D.3	Prüfergebnisse .....	106
Anhang E (normativ)	Prüfbericht für Leistungsprüfungen von unabgedeckten Sonnenkollektoren .....	109
E.1	Allgemeines .....	109
E.2	Beschreibung des Sonnenkollektors .....	109
E.3	Prüfergebnisse .....	111
Anhang F (normativ)	Darstellung der Koeffizienten $c_1$ bis $c_6$ des Kollektormodells nach 6.3 .....	114
Anhang G (normativ)	Messung der effektiven Wärmekapazität .....	116
G.1	Prüfaufbau .....	116
G.2	Prüfung im Raum .....	116
G.2.1	Allgemeines .....	116
G.2.2	Messungen .....	116
G.2.3	Berechnung der effektiven Wärmekapazität .....	116
G.2.4	Bestimmung der effektiven Wärmekapazität aus experimentellen Daten .....	117
G.3	Prüfverfahren für Prüfungen im Freien oder mit Sonnenstrahlungssimulator .....	118
Anhang H (informativ)	Vergleich zwischen den beiden Kollektormodellen nach 6.1 und 6.3 .....	119
Anhang I (informativ)	Eigenschaften von Wasser (siehe DIN V 4757-4:1995-11) .....	120
I.1	Dichte von Wasser (bei 1 bar), in $\text{kg/m}^3$ .....	120
I.2	Spezifische Wärmekapazität von Wasser (bei 1 bar), in $\text{kJ}/(\text{kg K})$ .....	120
Anhang J (informativ)	Zusammenfassender Leistungsprüfbericht für das quasi-dynamische Prüfverfahren .....	121
Anhang K (informativ)	Allgemeine Leitlinien zur Abschätzung der Unsicherheit bei der Prüfung des Wirkungsgrades bei Sonnenkollektoren .....	123
K.1	Einleitung .....	123
K.2	Messunsicherheiten bei der Wirkungsgradprüfung von Sonnenkollektoren .....	123
K.3	Parameteridentifikation und Unsicherheiten der Ergebnisse der Wirkungsgradprüfung .....	125

<b>Anhang L (informativ) Bestimmung des Druckabfalls über einem Kollektor .....</b>	<b>127</b>
L.1 Allgemeines.....	127
L.2 Prüfaufbau .....	127
L.3 Vorbereitung des Kollektors.....	127
L.4 Durchführung der Prüfung .....	127
L.5 Messungen .....	128
L.6 Durch Rohrverbinder verursachter Druckabfall .....	128
L.7 Prüfbedingungen .....	128
L.8 Berechnung und Darstellung der Ergebnisse .....	128
Literaturhinweise .....	129

## Bilder

<b>Bild 1 — Empfohlene Fühlerpositionen für die Messung der Eintritts- und Austrittstemperaturen des Wärmeträgers .....</b>	<b>32</b>
<b>Bild 2 — Beispiel eines geschlossenen Prüfkreislaufs .....</b>	<b>35</b>
<b>Bild 3 — Beispiel eines offenen Prüfkreislaufs .....</b>	<b>36</b>
<b>Bild 4 — Kollektorzeitkonstante.....</b>	<b>46</b>
<b>Bild 5 — Typische Einfallswinkel-Korrekturfaktoren <math>K_{\theta}</math>.....</b>	<b>48</b>
<b>Bild 6 — Typischer Einfallswinkel-Korrekturfaktor .....</b>	<b>60</b>
<b>Bild 7 — <math>t_m - t_a</math> als Funktion von <math>\theta^*</math> .....</b>	<b>68</b>
<b>Bild 8 — <math>G_b</math> als Funktion von <math>\theta_1</math>.....</b>	<b>68</b>
<b>Bild 9 — <math>G_d</math> als Funktion von <math>G^*</math> .....</b>	<b>69</b>
<b>Bild 30 — Windgeschwindigkeit als Funktion von <math>\theta^*</math> .....</b>	<b>69</b>
<b>Bild A.1 — Prinzipskizze für die Innendruckprüfung anorganischer Absorber .....</b>	<b>74</b>
<b>Bild A.2 — Prinzipskizze für die Innendruckprüfung organischer Absorber für ungedeckte Kollektoren.....</b>	<b>74</b>
<b>Bild A.3 — Prinzipskizze für die Innendruckprüfung organischer Absorber zur Verwendung mit Wärmeträgern auf Ölbasis (Heißöleinspeisung) .....</b>	<b>75</b>
<b>Bild A.4 — Prinzipskizze für die Innendruckprüfung organischer Absorber zur Verwendung mit Wärmeträgern auf Ölbasis (Prüfung unter Sonneneinstrahlung) .....</b>	<b>75</b>
<b>Bild A.5 — Prinzipskizze für die Innendruckprüfung organischer Absorber (Prüfung mit Pressluft unter Sonneneinstrahlung).....</b>	<b>76</b>
<b>Bild A.6 — Prinzipskizze für die Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit (im Freien oder im Simulator) .....</b>	<b>76</b>
<b>Bild A.7 — Prinzipskizze für die Expositionsprüfung.....</b>	<b>77</b>
<b>Bild A.8 — Prinzipskizze für die schnelle äußere Temperaturwechselprüfung .....</b>	<b>77</b>
<b>Bild A.9 — Prinzipskizze für die schnelle innere Temperaturwechselprüfung .....</b>	<b>78</b>
<b>Bild A.10 — Prinzipskizze für die Prüfung auf eindringendes Regenwasser .....</b>	<b>78</b>
<b>Bild A.11 — Prinzipskizze für die Prüfung der Frostbeständigkeit .....</b>	<b>79</b>
<b>Bild A.12 — Prinzipskizze für die mechanische Prüfung (Überdruck auf der Kollektorabdeckung).....</b>	<b>79</b>
<b>Bild A.13 — Prinzipskizze für die mechanische Prüfung (Unterdruck auf den Befestigungen zwischen Kollektorabdeckung und Kollektorgehäuse).....</b>	<b>80</b>
<b>Bild A.14 — Prinzipskizze für die mechanische Prüfung (Unterdruck auf den Montageelementen des Kollektors).....</b>	<b>80</b>
<b>Bild A.15 — Prinzipskizze für die Prüfung der Schlagfestigkeit mittels Stahlkugeln.....</b>	<b>80</b>
<b>Bild A.16 — Prinzipskizze für die Prüfung der Schlagfestigkeit mittels Eiskugeln .....</b>	<b>81</b>
<b>Bild D.1 — Leistung je Kollektormodul (für <math>G = 1\,000\text{ W/m}^2</math>) .....</b>	<b>107</b>
<b>Bild E.1 — Leistung je Kollektormodul.....</b>	<b>111</b>

## Tabellen

<b>Tabelle 1 — Liste der Prüfungen.....</b>	<b>12</b>
<b>Tabelle 2 — Klimatische Referenzbedingungen zur Bestimmung der Prüftemperaturen für die Innendruckprüfung organischer Absorber.....</b>	<b>15</b>
<b>Tabelle 3 — Klimatische Referenzbedingungen für die Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit.....</b>	<b>16</b>

<b>Tabelle 4 — Klimatische Referenzbedingungen für die Freilandbewitterung sowie für die äußere und innere schnelle Temperaturwechselprüfung.....</b>	<b>18</b>
<b>Tabelle 5 — Zulässige Abweichung der gemessenen Parameter während einer Messperiode .....</b>	<b>40</b>
<b>Tabelle 6 — Werte für Wichtungsfaktoren .....</b>	<b>45</b>
<b>Tabelle 7 — Bereich der Prüfbedingungen für die Wärmeleistungsprüfung .....</b>	<b>55</b>
<b>Tabelle 8 — Zulässige Abweichung der gemessenen Parameter während einer Messperiode .....</b>	<b>56</b>
<b>Tabelle B.1.....</b>	<b>82</b>
<b>Tabelle B.2.....</b>	<b>88</b>
<b>Tabelle B.3.....</b>	<b>89</b>
<b>Tabelle J.1 — Einfallswinkel-Korrekturfaktor, <math>K_{\theta b}(\theta)</math> .....</b>	<b>122</b>