# E DIN EN ISO 9806:2024-11 (D/E)

## Solarenergie - Thermische Sonnenkollektoren - Prüfverfahren (ISO/DIS 9806:2024); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 9806:2024

## Solar energy - Solar thermal collectors - Test methods (ISO/DIS 9806:2024); German and English version prEN ISO 9806:2024

## Inhalt

Seite


Europäisches Vorwort . . . 9
Vorwort . . . 10
Einleitung . . . 12
1 Anwendungsbereich . . . 18
2 Normative Verweisungen . . . 18
3 Begriffe . . . 18
4 Symbole . . . 19
5 Allgemeines . . . 21
5.1 Übersicht über die Prüfungen — Abfolge der Prüfungen . . . 21
5.2 Auslegungsbetriebsbereich . . . 22
5.3 Prüfung von Kollektoren mit spezifischen Eigenschaften . . . 23
5.3.1 Allgemeines . . . 23
5.3.2 Kollektoren, die externe Energiequellen für den Normalbetrieb verwenden . . . 23
5.3.3 Kollektoren mit aktivem Selbstschutz . . . 24
5.3.4 Kollektoren, die Wärme und Strom erzeugen . . . 24
5.3.5 Nachgeführte Kollektoren . . . 24
5.3.6 Luft- und Flüssigkeitskollektoren . . . 25
6 Innendruckprüfungen an Wärmeträgerfluidkanälen (nur Flüssigkeitskollektoren) . . . 25
6.1 Ziel . . . 25
6.2 Wärmeträgerfluidkanäle aus nicht polymerischen Werkstoffen . . . 25
6.2.1 Prüfeinrichtung und Durchführung . . . 25
6.2.2 Prüfbedingungen . . . 26
6.3 Wärmeträgerfluidkanäle aus polymerischen Werkstoffen . . . 26
6.3.1 Prüfeinrichtung und Durchführung . . . 26
6.3.2 Prüfbedingungen . . . 26
6.4 Ergebnisse und Bericht . . . 26
7 Prüfung der Luftleckrate (nur für Luftkollektoren) . . . 26
7.1 Ziel . . . 26
7.2 Prüfeinrichtung und Durchführung . . . 27
7.3 Prüfbedingungen . . . 27
7.4 Ergebnisse und Bericht . . . 27
8 Norm-Stagnationstemperatur . . . 27
8.1 Ziel . . . 27
8.2 Prüfung unter Stagnationsbedingungen . . . 28
8.3 Messung und Extrapolation der Norm-Stagnationstemperatur . . . 28
8.4 Bestimmung der Norm-Stagnationstemperatur anhand von Wirkungsgradparametern . . . 29
8.5 Ergebnisse und Bericht . . . 29
9 Bewitterungs- und Halbbewitterungsprüfung . . . 29
9.1 Ziel . . . 29
9.2 Anfängliche Freilandbewitterung . . . 30
9.3 Verfahren 1 (Freilandbewitterung) . . . 30
9.4 Verfahren 2 (Wärmeübertragungskreislauf) . . . 30
9.5 Verfahren 3 (Bewitterungsprüfung in Innenräumen) . . . 30
9.6 Bewitterungsprüfung für Kollektoren mit aktivem Selbstschutz gegen Überhitzung . . . 31
9.7 Prüfbedingungen . . . 31
9.8 Ergebnisse und Bericht . . . 31
10 Prüfung mit schnellem äußerem Temperaturwechsel . . . 32

10.1 Ziel . . . 32
10.2 Prüfeinrichtung und Durchführung . . . 32
10.3 Prüfbedingungen . . . 32
10.4 Ergebnisse und Bericht . . . 32
11 Prüfung mit schnellem internem Temperaturwechsel (nur bei Flüssigkeitskollektoren) . 32
11.1 Ziel . . . 32
11.2 Prüfeinrichtung und Durchführung . . . 32
11.3 Prüfbedingungen . . . 33
11.4 Ergebnisse und Bericht . . . 33
12 Prüfung auf eingedrungenes Regenwasser . . . 33
12.1 Ziel . . . 33
12.2 Prüfeinrichtung und Durchführung . . . 33
12.3 Prüfbedingungen . . . 34
12.4 Ergebnisse und Bericht . . . 35
13 Frostbeständigkeitsprüfung . . . 36
13.1 Ziel . . . 36
13.2 Frostbeständige Kollektoren . . . 36
13.2.1 Allgemeines . . . 36
13.2.2 Prüfbedingungen . . . 36
13.2.3 Ergebnisse und Bericht . . . 36
13.3 Sonnenkollektoren mit Wärmeübertragungsrohren . . . 36
13.3.1 Allgemeines . . . 36
13.3.2 Prüfbedingungen . . . 37
13.3.3 Ergebnisse und Bericht . . . 37
14 Mechanische Belastungsprüfung mit Über- oder Unterdruck . . . 37
14.1 Ziel . . . 37
14.2 Prüfeinrichtung und Durchführung . . . 37
14.2.1 Befestigung . . . 37
14.2.2 Verfahren für die Anwendung der Lasten . . . 38
14.2.3 Bestimmte Spezifikationen für nachgeführte Kollektoren oder andere spezifische Kollektortypen . . . 38
14.3 Prüfbedingungen . . . 39
14.4 Ergebnisse und Bericht . . . 39
15 Schlagfestigkeitsprüfung . . . 39
15.1 Ziel . . . 39
15.2 Prüfverfahren . . . 39
15.3 Auftreffbereich . . . 39
15.4 Verfahren 1: Schlagfestigkeitsprüfung mit Eiskugeln . . . 40
15.4.1 Prüfeinrichtung . . . 40
15.4.2 Eiskugeln . . . 40
15.4.3 Spezielle Aspekte des Prüfverfahrens bei Verwendung von Eiskugeln . . . 40
15.5 Verfahren 2: Schlagfestigkeitsprüfung mit Stahlkugeln . . . 41
15.6 Ergebnisse und Bericht . . . 41
16 Aktive Selbstschutzmechanismen . . . 41
16.1 Ziel . . . 41
16.2 Prüfeinrichtung und Durchführung . . . 41
16.3 Prüfbedingungen . . . 41
16.3.1 Prüfung des Schutzes bei Spannungsunterbrechung . . . 41
16.3.2 Prüfung des Schutzes bei Kommunikationsunterbrechung . . . 42
16.3.3 Prüfung des Überhitzungsschutzes . . . 42
16.3.4 Prüfung des Schutzes vor ungünstigen Klimabedingungen . . . 42
16.4 Ergebnisse und Bericht . . . 42
17 Endkontrolle . . . 42
17.1 Ziel . . . 42
17.2 Prüfverfahren . . . 42
17.3 Ergebnisse und Bericht . . . 43
18 Prüfung der thermischen Leistungsfähigkeit . . . 44
18.1 Allgemeines . . . 44
19 Montage und Standort des Kollektors . . . 44
19.1 Allgemeines . . . 44
19.2 Abschattung der direkten Sonnenstrahlung . . . 45

19.3 Diffuse und reflektierte Sonnenstrahlung . . . 45
19.4 Thermische Bestrahlungsstärke . . . 45
20 Messgeräteausrüstung . . . 46
20.1 Messung der Sonnenstrahlung . . . 46
20.1.1 Pyranometer . . . 46
20.2 Messung der Wärmestrahlung . . . 46
20.3 Temperaturmessungen . . . 46
20.3.1 Temperaturen des Wärmeträgerfluids (Flüssigkeitskollektoren) . . . 46
20.3.2 Mittlere volumenstromgewichtete Temperatur $\vartheta_{m,th}$ (Luftkollektoren) . . . 47
20.3.3 Messung der Umgebungslufttemperatur . . . 48
20.4 Messung des Durchflusses . . . 48
20.4.1 Berechnung des Massenstroms (Flüssigkeit) . . . 48
20.4.2 Messung des Durchflusses des Wärmeträgers (bei Luftkollektoren) . . . 48
20.5 Messung der Luftgeschwindigkeit über dem Kollektor . . . 48
20.5.1 Allgemeines . . . 48
20.5.2 Geforderte Genauigkeit . . . 49
20.5.3 Anbringung der Messfühler für die Messung der Luftgeschwindigkeit über dem Kollektor 49
20.6 Abgelaufene Zeit . . . 49
20.7 Luftfeuchteverhältnis (Luftkollektoren) . . . 49
20.8 Kollektormaße . . . 49
21 Prüfstand . . . 50
21.1 Flüssigkeitskollektoren . . . 50
21.1.1 Allgemeines . . . 50
21.1.2 Wärmeträgerfluid . . . 50
21.1.3 Rohrleitungen und Rohrverbinder . . . 50
21.2 Luftkollektoren . . . 51
21.2.1 Allgemeines . . . 51
21.2.2 Geschlossener Prüfkreislauf . . . 51
21.2.3 Zur Umgebung offener Prüfkreislauf . . . 51
21.2.4 Wärmeträgerfluid . . . 52
21.2.5 Pumpe und Durchflussregler . . . 52
21.2.6 Luftkanäle . . . 52
21.2.7 Lüfter und Durchflussregler . . . 52
21.2.8 Einrichtung zur Vorbehandlung der Luft . . . 52
21.2.9 Luftfeuchteverhältnis . . . 53
22 Verfahren für die Prüfung der thermischen Leistungsfähigkeit . . . 53
22.1 Allgemeines . . . 53
22.2 Vorbehandlung des Kollektors . . . 53
22.3 Prüfbedingungen . . . 54
22.3.1 Allgemeines . . . 54
22.3.2 Durchflussmengen . . . 54
22.3.3 Luftgeschwindigkeit parallel zur Kollektorebene . . . 54
22.4 Prüfverfahren . . . 55
22.4.1 Allgemeines . . . 55
22.4.2 Verfahren im stationären Zustand . . . 55
22.4.3 Quasi-dynamische Prüfung . . . 55
22.5 Messungen . . . 56
22.5.1 Allgemeines . . . 56
22.5.2 Anforderungen an die Datenerfassung . . . 57
22.6 Prüfdauer . . . 57
22.6.1 Prüfung im stationären Zustand . . . 57
22.6.2 Quasi-dynamische Prüfung . . . 57
22.7 Prüfung der thermischen Leistungsfähigkeit unter Verwendung eines Sonnenstrahlungssimulators . . . 60
22.7.1 Allgemeines . . . 60
22.7.2 Sonnenstrahlungssimulator für die Prüfung der thermischen Leistungsfähigkeit . . . 60
22.7.3 Zusätzliche Messungen bei Prüfungen in Sonnenstrahlungssimulatoren . . . 62

**22.7.4 Sonnenstrahlungssimulator für die Messung von Einfallswinkel-Korrekturfaktoren . . . 62**
**23 Berechnung der Kollektorparameter . . . 62**
**23.1 Flüssigkeitskollektoren . . . 62**
**23.1.1 Allgemeines . . . 62**
**23.1.2 Prüfverfahren für Flüssigkeitskollektoren im stationären Zustand . . . 63**
**23.1.3 Quasi-dynamisches Prüfverfahren für Flüssigkeitskollektoren . . . 63**
**23.1.4 Datenanalyse . . . 63**
**23.2 Luftkollektoren . . . 63**
**23.2.1 Allgemeines . . . 63**
**23.2.2 Prüfverfahren im stationären Zustand für Luftkollektoren mit geschlossenem Kreislauf 64**
**23.2.3 Prüfverfahren im stationären Zustand für zur Umgebung offene Luftkollektoren . . . 64**
**23.3 Standardberichtsbedingungen (en: Standard Reporting Conditions, SRC) . . . 64**
**23.4 Standardunsicherheit . . . 65**
**23.5 Umwandlung der Bezugsfläche . . . 65**
**24 Bestimmung der effektiven Wärmekapazität und der Zeitkonstante . . . 65**
**24.1 Allgemeines . . . 65**
**24.2 Messung der effektiven Wärmekapazität mit Bestrahlungsstärke . . . 65**
**24.3 Messung der effektiven Wärmekapazität mithilfe des quasi-dynamischen Verfahrens . . 66**
**24.4 Berechnungsmethode zur Bestimmung der effektiven Wärmekapazität . . . 66**
**24.5 Bestimmung der Zeitkonstante des Kollektors . . . 67**
**25 Bestimmung des Einfallswinkel-Korrekturfaktors (en: Incident Angle Modifier, IAM) . . 68**
**25.1 Allgemeines . . . 68**
**25.2 Modellierung . . . 68**
**25.2.1 Verfahren im stationären Zustand . . . 70**
**25.2.2 Quasi-dynamisches Verfahren . . . 70**
**25.3 Prüfverfahren . . . 70**
**25.3.1 Flüssigkeitskollektoren unter stationären Bedingungen . . . 70**
**25.4 Berechnung des Einfallswinkel-Korrekturfaktors für den Kollektor . . . 71**
**25.5 Prüfbericht . . . 71**
**26 Bestimmung des Druckabfalls . . . 72**
**26.1 Allgemeines . . . 72**
**26.2 Flüssigkeitskollektoren . . . 72**
**26.2.1 Prüfeinrichtung und Durchführung . . . 72**
**26.2.2 Durch Armaturen verursachter Druckabfall . . . 72**
**26.2.3 Prüfbedingungen . . . 72**
**26.3 Luftkollektoren . . . 73**
**26.3.1 Prüfeinrichtung und Durchführung . . . 73**
**26.4 Berechnung und Darstellung der Ergebnisse . . . 73**
**Anhang A** (informativ) **Prüfberichte . . . 74**
**A.1 Allgemeines . . . 74**
**A.2 Beschreibung des Kollektors . . . 74**
**A.2.1 Allgemeines . . . 74**
**A.2.2 Allgemeine Informationen zur Prüflingsidentifikation . . . 74**
**A.2.3 Schutzmechanismen . . . 74**
**A.2.4 Auslegungs-Betriebsbereich . . . 75**
**A.2.5 Abmessungen . . . 75**
**A.2.6 Rahmen, Abdeckung, Gehäuse . . . 75**
**A.2.7 Absorber . . . 75**
**A.2.8 Hydrauliksystem . . . 76**
**A.2.9 Luftkollektoren . . . 76**
**A.2.10 Abdeckung/Transparente Abdeckung . . . 76**
**A.2.11 Dämmung(en) . . . 77**
**A.2.12 Wärmeübertragungsrohre . . . 77**
**A.2.13 Reflektor(en) . . . 77**
**A.2.14 Zusätzliche Informationen . . . 77**
**A.2.15 Verwendetes Material . . . 77**
**A.3 Prüfabfolge und Zusammenfassung der Hauptprüfergebnisse . . . 77**

**A.4 Innendruckprüfungen an Wärmeträgerfluidkanälen . . . 78**
**A.4.1 Prüfbedingungen . . . 78**
**A.4.2 Prüfergebnisse . . . 78**
**A.5 Luftleckratenprüfung bei Luftkollektoren mit geschlossenem Kreislauf . . . 78**
**A.5.1 Prüfbedingungen . . . 78**
**A.5.2 Prüfergebnisse . . . 79**
**A.6 Bestimmung der Norm-Stagnationstemperatur . . . 79**
**A.6.1 Prüfbedingungen . . . 79**
**A.6.2 Prüfergebnisse . . . 80**
**A.7 Bewitterungsprüfung . . . 80**
**A.7.1 Prüfbedingungen der anfänglichen Freilandbewitterung . . . 80**
**A.7.2 Prüfbedingungen für Verfahren 1 . . . 80**
**A.7.3 Prüfbedingungen für Verfahren 2 . . . 80**
**A.7.4 Prüfbedingungen für Verfahren 3 . . . 81**
**A.7.5 Klimabedingungen während der Bewitterungsprüfung . . . 81**
**A.7.6 Prüfergebnisse . . . 81**
**A.8 Prüfung mit schnellem äußerem Temperaturwechsel . . . 81**
**A.8.1 Prüfbedingungen . . . 81**
**A.8.2 Prüfergebnisse . . . 82**
**A.9 Prüfung mit schnellem innerem Temperaturwechsel . . . 82**
**A.9.1 Prüfbedingungen . . . 82**
**A.9.2 Prüfergebnisse . . . 82**
**A.10 Prüfung auf eingedrungenes Regenwasser . . . 82**
**A.10.1 Prüfbedingungen . . . 82**
**A.10.2 Prüfergebnisse . . . 82**
**A.11 Frostbeständigkeitsprüfung . . . 83**
**A.11.1 Frostbeständige Kollektoren . . . 83**
**A.11.2 Wärmeübertragungsrohre . . . 83**
**A.12 Mechanische Belastungsprüfung . . . 83**
**A.12.1 Überdruckprüfung am Kollektor und den Befestigungen . . . 83**
**A.12.2 Unterdruckprüfung am Kollektor und den Befestigungen . . . 83**
**A.13 Schlagfestigkeitsprüfung . . . 84**
**A.13.1 Prüfbedingungen . . . 84**
**A.13.2 Prüfergebnisse . . . 84**
**A.14 Endkontrolle . . . 84**
**A.15 Ergebnisse der Prüfung der thermischen Leistungsfähigkeit . . . 85**
**A.15.1 Allgemeines . . . 85**
**A.15.2 Kollektoren, die externe Energiequellen für den Normalbetrieb verwenden . . . 86**
**A.15.3 Wärmeleistungsmessungen . . . 86**
**A.15.4 Bericht über die Wärmeleistung . . . 86**
**A.15.5 Berichterstattung der thermischen Leistungsfähigkeit von zur Umgebung offenen Luftkollektoren . . . 88**
**A.15.6 Einfallswinkel-Korrekturfaktor . . . 89**
**A.15.7 Effektive Wärmekapazität . . . 90**
**A.15.8 Zeitkonstante . . . 91**
**A.15.9 Druckabfallmessungen . . . 91**
**Anhang B** (normativ) **Leistungsbewertung des Kollektors . . . 93**
**B.1 Berechnung des Bruttoertrags . . . 93**
**B.1.1 Einleitung . . . 93**
**B.1.2 Definitionen . . . 93**
**B.1.3 Bruttowärmeertrag *GTY (en: gross thermal yield)* . . . 94**
**B.1.4 Bruttostromertrag *GEY (en: gross electric yield)* . . . 94**
**B.1.5 Bruttosolarertrag GSY (en: gross solar yield) . . . 94**
**Anhang C** (normativ) **Modelle im stationären und quasi-dynamischen Zustand . . . 95**
**Anhang D** (normativ) **Dichte und Wärmekapazität von Wasser . . . 97**
**Anhang E** (informativ) **Bewertung der Standardunsicherheit in Sonnenkollektorprüfungen . . . 98**
**E.1 Allgemeines . . . 98**

**E.2 Messunsicherheiten bei der Wirkungsgradprüfung von Sonnenkollektoren . . . . . 98**
**E.3 Kurvenanpassung und Unsicherheiten der Ergebnisse der Wirkungsgradprüfung . . . . 100**
**Anhang F** (informativ) **Messung der geschwindigkeitsgewichteten mittleren Temperatur . . . . . 102**
**Anhang G** (normativ) **Aspekte der Werkstoffeffizienz . . . . . 103**
**Anhang H** (informativ) **Flächenumwandlung von Parametern der thermischen Leistungsfähigkeit 104**
**Anhang I** (informativ) **Validierung der Kollektorparameter . . . . . 105**
**I.1 Einleitung . . . . . 105**
**I.2 Kollektormontage, Messgeräteausrüstung und Prüfstand . . . . . 105**
**I.3 Prüfbedingungen . . . . . 105**
**I.3.1 Allgemeines . . . . . 105**
**I.4 Prüfverfahren . . . . . 105**
**I.4.1 Allgemeines . . . . . 105**
**I.4.2 Validierung . . . . . 106**
**Literaturhinweise . . . . . 108**

## Bilder

**Bild 1 — Schematische Darstellung der Prüfeinrichtung für die Bestimmung der Luftleckraten . 27**
**Bild 2 — Anordnung von Kollektor und Sprühdüsen für die Prüfung auf eingedrungenes Regenwasser . . . . . 35**
**Bild 3 — Zu besprühende Flächen bei Flachkollektoren (einschließlich Mittelbalken) . . . . . 35**
**Bild 4 — Zu besprühende Flächen bei Vakuum-Röhrenkollektoren . . . . . 35**
**Bild 5 — Festlegung der Befestigungsmittel und -punkte . . . . . 38**
**Bild 6 — Beispiel für einen geschlossenen Prüfkreislauf . . . . . 50**
**Bild 7 — Beispiel für einen geschlossenen Prüfkreislauf . . . . . 51**
**Bild 8 — Beispiel einer zur Umgebung offenen Prüfanordnung . . . . . 52**
**Bild 9 — $\vartheta_{\mathrm{m}} - \vartheta_{\mathrm{a}}$ als Funktion von $G_{\mathrm{hem}}$ . . . . . 58**
**Bild 10 — $G_{\mathrm{b}}$ als Funktion von $\theta$ . . . . . 59**
**Bild 11 — $G_{\mathrm{d}}$ als Funktion von $G_{\mathrm{hem}}$ . . . . . 59**
**Bild 12 — Windgeschwindigkeit als Funktion von $\mathrm{G}_{\mathrm{hem}}$ . . . . . 59**
**Bild 13 — $E_{\mathrm{L}}$ als Funktion von $G_{\mathrm{hem}}$ . . . . . 60**
**Bild 14 — $\vartheta_{\mathrm{m}} - \vartheta_{\mathrm{a}}$ als Funktion von $\boldsymbol{u}$ . . . . . 60**
**Bild 15 — Zeitkonstante . . . . . 67**
**Bild 16 — Symmetrieebenen und -winkel, die für die Bestimmung der IAM von Bedeutung sind . 69**
**Bild 17 — Messung des Druckabfalls von Luftkollektoren . . . . . 73**
**Bild A.1 — Kurve des Leckagevolumenstroms eines Luftkollektors . . . . . 79**
**Bild A.2 — Je Kollektoreinheit unter Standardberichtsbedingungen (SRC) abgegebene Leistung 88**
**Bild A.3 — Einfallswinkel-Korrekturfaktor . . . . . 90**
**Bild A.4 — Druckabfall . . . . . 92**
**Bild F.1 — Anordnung im Messfühler . . . . . 102**
**Bild F.2 — Beispiel für einen Temperaturfühler . . . . . 102**
**Bild I.1 — Temperatur und Bestrahlungsstärke während der Validierungsabfolge . . . . . 106**

## Tabellen

**Tabelle 1 — Liste der Prüfungen . . . . . 22**
**Tabelle 2 — Norm-Stagnationsbedingungen . . . . . 28**
**Tabelle 3 — Klimatische Referenzbedingungen für die Bewitterungsprüfung sowie für die Prüfung mit schnellem äußerem und innerem Temperaturwechsel . . . . . 31**
**Tabelle 4 — Eiskugelmassen und Prüfgeschwindigkeiten . . . . . 40**
**Tabelle 5 — Während der Prüfung zu messende Größen . . . . . 56**
**Tabelle 6 — Zulässige Abweichung der gemessenen Parameter während einer Messperiode . . . 57**
**Tabelle 7 — Standardberichtsbedingungen (SRC) . . . . . 64**

**Tabelle 8 — Spitzenleistungsbedingungen . . . . . 65**
**Tabelle 9 — Gewichtungsfaktoren . . . . . 66**
**Tabelle 10 — Zulässige Abweichung der gemessenen Parameter . . . . . 67**
**Tabelle A.1 — Ergebnisse, zusammengefasst . . . . . 77**
**Tabelle A.2 — Werte für Druck- und Leckagevolumenstrom eines Luftkollektors . . . . . 79**
**Tabelle A.3 — Klimatische Bedingungen für alle Prüftage . . . . . 81**
**Tabelle A.4 — Datenprotokoll der erfüllten Anforderungen an die Bewitterungsprüfung . . . . . 81**
**Tabelle A.5 — Endkontrollaufzeichnungen . . . . . 84**
**Tabelle A.6 — Koeffizienten der thermischen Leistungsfähigkeit des Kollektors . . . . . 87**
**Tabelle A.7 — Vom Kollektor abgegebene Leistung . . . . . 87**
**Tabelle A.8 — Thermische Leistungsfähigkeit von zur Umgebung offenen Luftkollektoren . . . . 89**
**Tabelle A.9 — Thermische Leistungsfähigkeit von zur Umgebung offenen WISC-Luftkollektoren 89**
**Tabelle A.10 — Einfallswinkel-Korrekturfaktor . . . . . 90**
**Tabelle A.11 — Tabelle des Kollektordruckabfalls . . . . . 91**
**Tabelle G.1 — Werkstoffe . . . . . 103**