



# **Prüfbericht**

## **Wärmeleistung eines Sonnenkollektors**

### *Test Report*

### *Thermal Performance of a Solar Collector*

**nach EN ISO 9806:2017 und  
ICC 901/SRCC 100-2020**

*according to EN ISO 9806:2017 and  
ICC 901/SRCC 100-2020*

**Prüfbericht-Nr.: 21COL1631OEM24**

*Test Report No.: 21COL1631OEM24*

**Stuttgart, den 19.02.2024**

*Stuttgart, February 19<sup>th</sup>, 2024*

**Auftraggeber:**

*client:*

**ECOFER OIKONOMOU Z. KOSTAS  
XANTHIPPOU 150  
GR-15669 PAPAGOU ATHENS  
GREECE**

**Hersteller:**

*manufacturer:*

**ECOFER OIKONOMOU Z. KOSTAS**

**Typ:**

*type:*

**ECOFER SMARTEVO 29**

**Herstelljahr:**

*year of production:*

**2021**

## Inhaltsverzeichnis

### *Table of Contents*

|   |   |
|---|---|
| 1 | Beschreibung des Sonnenkollektors ..... 3<br><i>Solar Collector Description</i>   |
| 2 | Prüfergebnisse Wärmeleistung ..... 6<br><i>Test Results Thermal Performance</i>   |
| 3 | Prüfergebnisse Druckverlust ..... 9<br><i>Test Results Pressure loss</i>  |
| 4 | Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors ..... 10<br><i>Test Occurrences and Operating Behaviour</i>   |
| 5 | Prüfverfahren ..... 10<br><i>Test Methods</i>   |
|   | Anhang A: Messwerte der Außenprüfung unter quasi-dynamischen Bedingungen ..... 11<br><i>Annex A: Measured Data of Outdoor Test under Quasi-Dynamic Conditions</i> |
|   | Anhang B: Bezug auf Aperturfläche ..... 13<br><i>Annex B: Reference to aperture area</i>  |
|   | Anhang C: Nomenklatur ..... 16<br><i>Annex C: Symbols and Units</i>   |

## 1 Beschreibung des Sonnenkollektors (gemäß Herstellerangaben) *Solar Collector Description (acc. to manufacturer)*

|   |  |
|---|--|
| <b>Hersteller</b><br><i>manufacturer</i>                                | ECOFER OIKONOMOU Z. KOSTAS<br>XANTHIPPOU 150<br>GR-15699 PAPAGOOU ATHENS<br>GREECE |
| <b>Ansprechpartner:</b><br><i>contact person:</i>                       | Zachos Oikonomou<br>Tel.: +30 2106715510<br>email: zachos@ecofer.com.gr            |
| <b>Typ:</b><br><i>type:</i>   | ECOFER SMARTEVO 29<br><i>ECOFER SMARTEVO 29</i>                                    |
| <b>Herstellernummer:</b><br><i>serial no.:</i>                          | Keine Angabe<br><i>Not specified</i>   |
| <b>Serienprodukt oder Baumuster:</b><br><i>duplicate part or model:</i> | Serienprodukt<br><i>duplicate part</i>   |
| <b>Herstelljahr:</b><br><i>year of production:</i>                      | 2021<br><i>2021</i>  |

|  |  |
|--|--|
| <b>Kollektor</b><br><i>Collector</i>                                     |  |
| <b>Bauart:</b><br><i>collector type:</i>                                 | Flachkollektor<br><i>flat plate collector</i>    |
| <b>Brutto-Kollektorfläche:</b><br><i>gross area of collector:</i>        | 2.92 m <sup>2</sup><br><i>2.92 m<sup>2</sup></i> |
| <b>Länge:</b><br><i>length:</i>  | 2006 mm<br><i>2006 mm</i>                        |
| <b>Breite:</b><br><i>width:</i>  | 1457 mm<br><i>1457 mm</i>                        |
| <b>Höhe:</b><br><i>height:</i>   | 85 mm<br><i>85 mm</i>                            |
| <b>Gewicht:</b><br><i>weight:</i>  | 38 kg<br><i>38 kg</i>                            |
| <b>Wärmeträgerinhalt:</b><br><i>heat transfer fluid content:</i>         | 1.93 Liter<br><i>1.93 litres</i>                 |
| <b>Material Seitenwand/Rahmen:</b><br><i>material side wall/frame:</i>   | Aluminium<br><i>aluminium</i>                    |
| <b>Material Rückwand:</b><br><i>material back sheet:</i>                 | Aluminium<br><i>aluminium</i>                    |
| <b>Verbindungsart der Rahmenteile:</b><br><i>frame fastening method:</i> | vernietet<br><i>riveted</i>                      |
| <b>Einbauweise:</b><br><i>collector mounting:</i>                        | Aufdach, Flachdach<br><i>on roof, flat roof</i>  |
| <b>Anzahl Anschlüsse:</b><br><i>number of connections:</i>               | 4<br><i>4</i>                                    |
| <b>Ausführung Anschlüsse:</b><br><i>realisation of connections:</i>      | 22 mm Cu-Rohr<br><i>22 mm Cu tube</i>            |

## Absorber

*Absorber*

|   |   |
|---|---|
| <b>Material:</b><br><i>material:</i>  | Aluminiumblech mit Kupferregister<br><i>aluminium sheet with copper pipes</i> |
| <b>Verbindung Fluidkanäle/Absorber:</b><br><i>bond between risers and fin/plate:</i>          | lasergeschweißt<br><i>laser welded</i>  |
| <b>Dicke:</b><br><i>thickness:</i>  | 0.4 mm<br><i>0.4 mm</i>   |
| <b>Oberflächenbehandlung:</b><br><i>surface treatment:</i>                                    | Blue selective<br><i>Blue selective</i>                                       |
| <b>Absorptionsgrad:</b><br><i>solar absorptance:</i>  | 0.95<br><i>0.95</i>   |
| <b>Emissionsgrad:</b><br><i>emittance:</i>  | 0.05<br><i>0.05</i>   |
| <b>Durchströmungsform:</b><br><i>flow pattern:</i>  | Harfe<br><i>harp</i>  |
| <b>Abmessungen Absorber [L x B]:</b><br><i>dimension absorber [L x W]:</i>                    | 1937 mm x 1385 mm<br><i>1937 mm x 1385 mm</i>                                 |
| <b>Abmessungen Absorberrohre:</b><br><i>dimension absorber tubes:</i>                         | 8.0 x 0.4 mm<br><i>8.0 x 0.4 mm</i>   |
| <b>Anzahl Absorberrohre:</b><br><i>number of absorber tubes:</i>                              | 12<br><i>12</i>   |
| <b>Länge eines Absorberrohres:</b><br><i>length of a single absorber tube:</i>                | 1915 mm<br><i>1915 mm</i>   |
| <b>Abstand der Absorberrohre:</b><br><i>distance centre to centre between absorber tubes:</i> | 105 mm<br><i>105 mm</i>   |
| <b>Länge eines Sammlerrohres:</b><br><i>length of header tube:</i>                            | 1510 mm<br><i>1510 mm</i>   |
| <b>Abmessungen Sammlerrohr:</b><br><i>dimension of the header tube:</i>                       | 22 x 0.7 mm<br><i>22 x 0.7 mm</i>   |

## Transparente Abdeckung

*Transparent cover:*

|   |   |
|---|---|
| <b>Anzahl:</b><br><i>number:</i>  | 1<br><i>1</i>   |
| <b>Länge x Breite x Dicke:</b><br><i>length x width x thickness:</i>                      | 1960 mm x 1410 mm x 3.2 mm<br><i>1960 mm x 1410 mm x 3.2 mm</i> |
| <b>Transmissionsgrad:</b><br><i>transmittance:</i>  | 0.915<br><i>0.915</i>   |
| <b>Abmessungen Apertur [L x B]:</b><br><i>aperture dimension [L x W]:</i>                 | 1942 mm x 1393 mm<br><i>1942 mm x 1393 mm</i>                   |
| <b>Oberflächenstruktur innen/außen:</b><br><i>surface characteristics inside/outside:</i> | matt / matt<br><i>matt / matt</i>                               |

## Wärmedämmung

*Thermal insulation:*

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | Rückseite<br><i>back side</i>                      | seitlich<br><i>at the side</i>                     |
| <b>Material:</b><br><i>material:</i>                       | Glaswolle<br><i>Glass wool</i>                     | Glaswolle<br><i>Glass wool</i>                     |
| <b>Hersteller:</b><br><i>manufacturer:</i>                 | IZOCAM<br><i>IZOCAM</i>                            | IZOCAM<br><i>IZOCAM</i>                            |
| <b>Produktbezeichnung:</b><br><i>product name:</i>         | keine Angabe<br><i>not specified</i>               | keine Angabe<br><i>not specified</i>               |
| <b>Wärmeleitfähigkeit:</b><br><i>thermal conductivity:</i> | 0.035 W/(mK)<br><i>0.035 W/(mK)</i>                | 0.031 W/(mK)<br><i>0.031 W/(mK)</i>                |
| <b>Dichte:</b><br><i>density:</i>                          | 25 kg/m <sup>3</sup><br><i>25 kg/m<sup>3</sup></i> | 60 kg/m <sup>3</sup><br><i>60 kg/m<sup>3</sup></i> |
| <b>Dicke:</b><br><i>thickness:</i>                         | 30 mm<br><i>30 mm</i>                              | 15 mm<br><i>15 mm</i>                              |

## Grenzdaten

*Limitations:*

|   |  |
|---|--|
| <b>Stillstandstemperatur:</b><br><i>stagnation temperature:</i>                 | 230 °C (von Prüflabor bestimmt)<br><i>230 °C (determined by test laboratory)</i> |
| <b>maximale Betriebstemperatur:</b><br><i>maximum operation temperature:</i>    | keine Angabe<br><i>not specified</i>   |
| <b>max. zulässiger Betriebsdruck:</b><br><i>maximum operation pressure:</i>     | 10 bar<br><i>10 bar</i>  |
| <b>Zulässiger Wärmeträger:</b><br><i>allowed heat transfer fluid:</i>           | Wasser-Frostschutz-Gemisch<br><i>antifreeze/water mixture</i>                    |
| <b>Nenndurchfluss pro Kollektor:</b><br><i>nominal flow rate per collector:</i> | keine Angabe<br><i>not specified</i>   |

## Gültigkeit

*Validity:*

Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp ECOFER SMARTEVO 29.  
*The test report is valid for collector type ECOFER SMARTEVO 29 as specified above.*

## 2 Prüfergebnisse Wärmeleistung

### *Test Results Thermal Performance*

#### Spezifische Nutzenergie des Kollektors:

*Specific useful energy extracted from the collector:*

$$\dot{Q} = A_G \left[ \eta_{0,b} K_b(\theta_L, \theta_T) G_b + \eta_{0,b} K_d G_d - a_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - a_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - a_3 u'(\vartheta_m - \vartheta_a) \right. \\ \left. + a_4(E_L - \sigma T_a^4) - a_5 \left( \frac{d\vartheta_m}{dt} \right) - a_6 u' G - a_7 u'(E_L - \sigma T_a^4) - a_8(\vartheta_m - \vartheta_a)^4 \right]$$

mit/*with*

$$K_b(\theta_L, \theta_T) = K_b(\theta_L, 0) \cdot K_b(0, \theta_T)$$

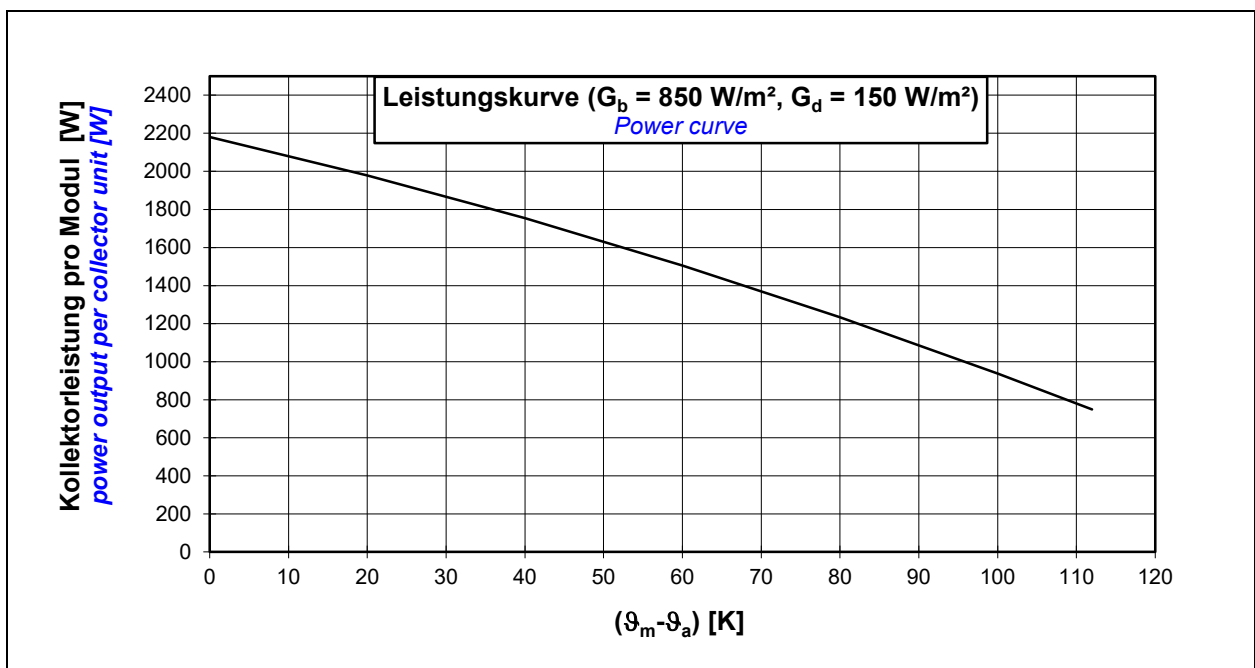
|   | Einheit<br><i>unit</i>                     | Wert<br><i>value</i> | $\sigma^*$ |
|---|--|----------------------|------------|
| <b>Konversionsfaktor basierend auf der direkten Bestrahlungsstärke</b><br><i>peak collector efficiency based on beam irradiance</i>   | $\eta_{0,b}$ [-]                           | 0.748                | 0.003      |
| <b>Einfallswinkel-Korrekturfaktor für diffuse Strahlung</b><br><i>incidence angle modifier for diffuse radiation</i>  | $K_d$ [-]                                  | 0.988                | 0.008      |
| <b>Wärmedurchgangskoeffizient</b><br><i>heat loss coefficient</i>   | $a_1$ [W/(m <sup>2</sup> K)]               | 3.257                | 0.081      |
| <b>temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient</b><br><i>temperature dependent heat loss coefficient</i>  | $a_2$ [W/(m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )] | 0.010                | 0.001      |
| <b>windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient</b><br><i>wind speed dependent heat loss coefficient</i>   | $a_3$ [J/(m <sup>3</sup> K)]               | 0                    | -          |
| <b>Faktor zur Berechnung der von der Himmelstemperatur abhängigen Strahlungswärmeverluste</b><br><i>factor for calculation of sky temperature dependent radiative heat losses</i> | $a_4$ [-]                                  | 0                    | -          |
| <b>effektive spezifische Wärmekapazität</b><br><i>effective specific thermal capacity</i>   | $a_5$ [J/(m <sup>2</sup> K)]               | 14940                | 281        |
| <b>Koeffizient zur Berechnung der Windabhängigkeit des Konversionsfaktors</b><br><i>coefficient for calculation of wind dependence of zero loss efficiency</i>                    | $a_6$ [s/(m)]                              | 0                    | -          |
| <b>Windabhängiger Strahlungsaustauschkoeffizient</b><br><i>wind speed dependence or IR radiation exchange</i>   | $a_7$ [s/m]                                | 0                    | -          |
| <b>Koeffizient zur Berechnung der Strahlungswärmeverluste</b><br><i>coefficient for radiation losses</i>  | $a_8$ [W/m <sup>2</sup> K <sup>4</sup> ]   | 0                    | -          |

\*  $\sigma$ : Standardabweichung / *standard deviation*

**Einfallswinkel-Korrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke**  
*Incidence angle modifier of the beam solar irradiance*

| <b>Einfallswinkel <math>\theta</math></b><br><i>incident angle <math>\theta</math></i> | 0    | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b><math>K_b(\theta_L, 0)</math>:</b>  | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.97 | 0.89 | 0.68 | 0.34 | 0.00 |
| <b><math>\sigma^*</math></b>   | -    | -    | 0.00 | -    | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | -    | -    |
| <b><math>K_b(0, \theta_T)</math>:</b>  | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.97 | 0.89 | 0.68 | 0.34 | 0.00 |
| <b><math>\sigma^*</math></b>   | -    | -    | 0.00 | -    | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | -    | -    |

|  |        |
|--|--------|
| <b>Maximale Temperaturdifferenz während der Prüfung</b><br><i>(<math>\vartheta_m - \vartheta_a</math>)<sub>max</sub>:</i>  | 82 K   |
| <i>maximum temperature difference during test (<math>\vartheta_m - \vartheta_a</math>)<sub>max</sub>:</i>  | 82 K   |
| <b>Peakleistung pro Kollektormodul <math>\dot{Q}_{peak}</math></b><br><b>(<math>G_b = 850 \text{ W/m}^2</math>, <math>G_d = 150 \text{ W/m}^2</math>, (<math>\vartheta_m - \vartheta_a</math>) = 0):</b> | 2180 W |
| <i>peak power per collector unit <math>\dot{Q}_{peak}</math></i><br><i>(<math>G_b = 850 \text{ W/m}^2</math>, <math>G_d = 150 \text{ W/m}^2</math>, (<math>\vartheta_m - \vartheta_a</math>) = 0):</i>   | 2180 W |



**Kollektorleistung pro Modul [W]**

*Power output per collector unit [W]*

| $\vartheta_m - \vartheta_a$<br>[K] | Bestrahlungsstärke / <i>Irradiance</i>               |  |  |
|------------------------------------|--|--|--|
|                                    | $G_b = 0 \text{ W/m}^2$<br>$G_d = 400 \text{ W/m}^2$ | $G_b = 440 \text{ W/m}^2$<br>$G_d = 260 \text{ W/m}^2$ | $G_b = 850 \text{ W/m}^2$<br>$G_d = 150 \text{ W/m}^2$ |
| 0                                  | 863  | 1522   | 2180   |
| 20                                 | 661  | 1320   | 1978   |
| 40                                 | 436  | 1095   | 1753   |
| 60                                 | 187  | 846  | 1504   |
| 80                                 | 0 *)   | 574  | 1233   |
| 100                                | 0 *)   | 279  | 937  |
| 112                                | 0 *)   | 91   | 749  |

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung

*Note: the reported values are for normal incidence*

\*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

*\*) Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

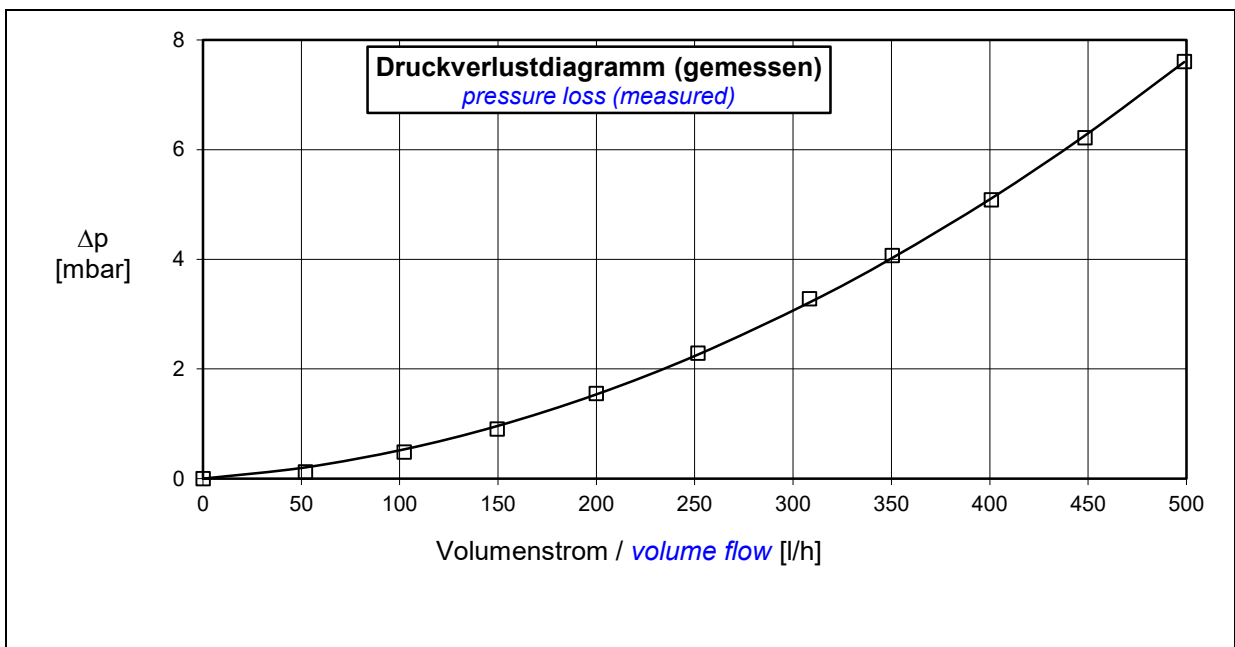


### 3 Prüfergebnisse Druckverlust

*Test Results Pressure Loss*

|   |  |
|---|--|
| <b>Bestimmung des Druckverlusts:</b><br><i>Determination of the pressure loss</i> | $\Delta p = a \cdot \dot{V}^2 + b \cdot \dot{V}$   |
| <b>a [(mbar h<sup>2</sup>)/l<sup>2</sup>]</b>                                     | <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"><b>2.527 E-05</b></div> |
| <b>b [(mbar h)/l]</b>   | <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"><b>0.002633</b></div>   |

(Wassertemperatur / *water temperature*  $\vartheta = 20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ )



**Tabelle der aufgenommenen Messwerte**  
*Table of measuring data*

|  |     |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Volumenstrom<br>[l/h]<br><i>volume flow</i>    | 0.0 | 52.0 | 102.3 | 149.4 | 199.8 | 251.6 | 308.3 | 350.4 | 400.7 | 448.3 | 498.8 |
| Druckverlust<br>[mbar]<br><i>pressure loss</i> | 0.0 | 0.1  | 0.5   | 0.9   | 1.6   | 2.3   | 3.3   | 4.1   | 5.1   | 6.2   | 7.6   |

## 4 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors

### *Test Occurrences and Operating Behaviour*

Keine Auffälligkeiten

*Nothing particular*

## 5 Prüfverfahren

### *Test Methods*

Die Prüfung der Wärmeleistung erfolgte im Außentest nach EN ISO 9806:2017 "Solarenergie - Thermische Sonnenkollektoren - Prüfverfahren" und ICC 901/SRCC 100-2020 unter Verwendung des Prüfverfahrens unter quasi-dynamischen Bedingungen mit einer Kollektorneigung von 44 °. Als Wärmeträger wurde Wasser mit einem spezifischen Massenstrom von 72 kg/(m<sup>2</sup>h) verwendet.

*The thermal performance test was carried out outdoors according to EN ISO 9806:2017 „Solar energy – Solar thermal collectors – Test methods“ and ICC 901/SRCC 100-2020 under quasi-dynamic conditions and a collector tilt angle of 44 °.*

*Water was used as heat transfer fluid with a specific mass flow rate of 72 kg/(m<sup>2</sup>h).*

Dieser Prüfbericht darf ohne die schriftliche Zustimmung des IGTE nicht **auszugsweise** vervielfältigt werden.

*It is not allowed to copy **extracts** of this test report without a written agreement from IGTE.*

**Eingang Prüfling:**

26.08.2021

*Arrival of test sample:*

**Interne Kennzeichnung des Prüflings:**

C1631A

*Internal identification of test sample:*

*C1631A*

**Prüfzeitraum:**

08.09.2021 – 22.10.2021

*Test period:*

**Prüfer:**

F. Sansonnens, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy

*Test engineer:*

Stuttgart, den 19.02.2024

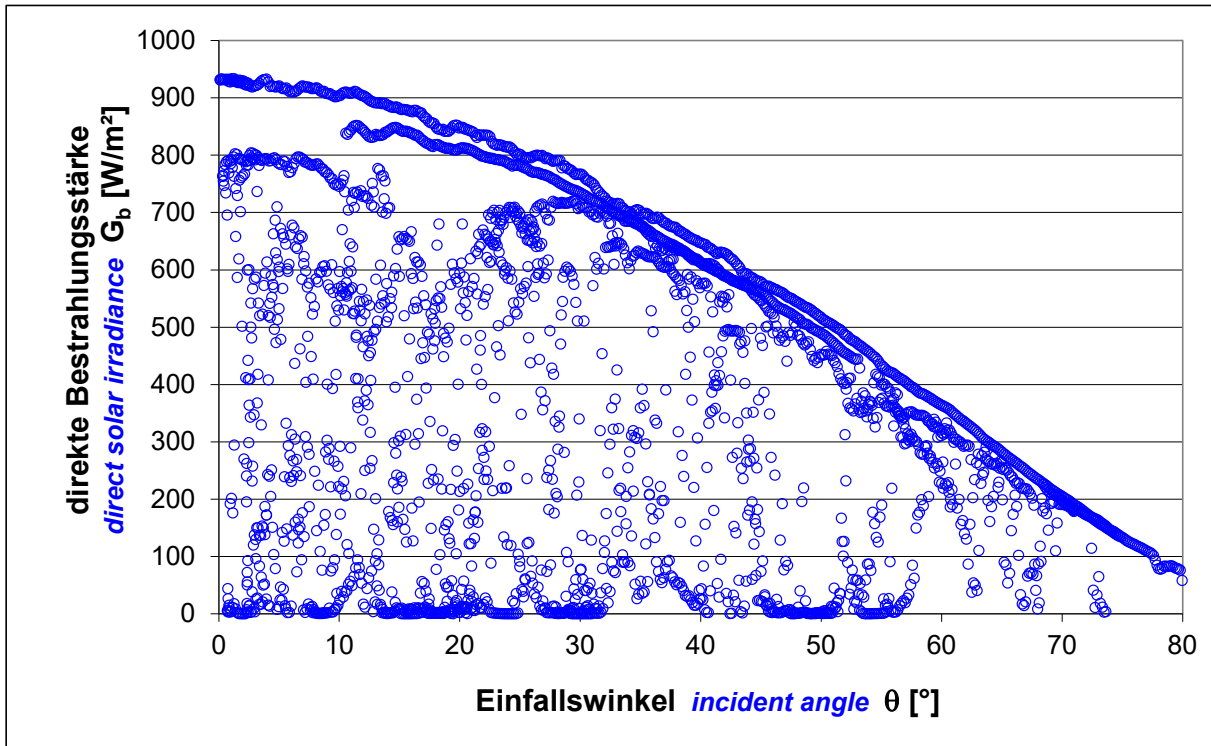
Dr.-Ing. Harald Drück

Leiter Prüfbereich Solar

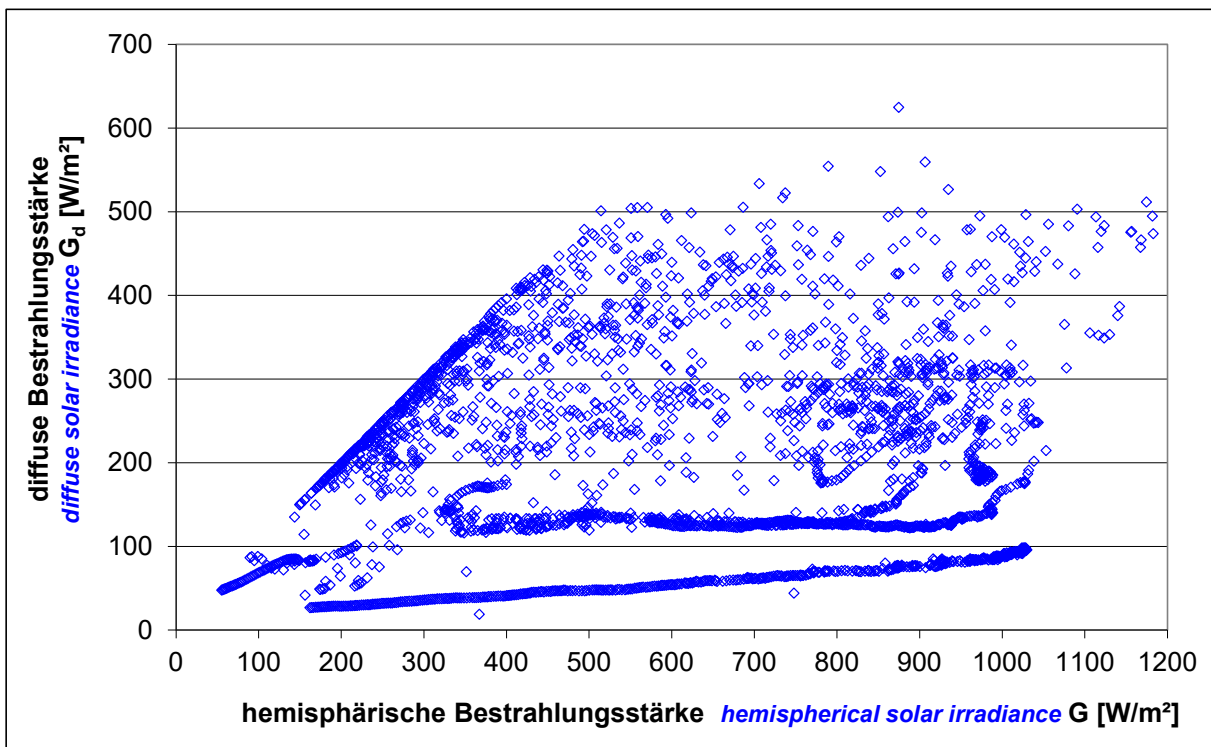
*Head of test section solar*

## Anhang A: Messwerte der Außenprüfung unter quasi-dynamischen Bedingungen

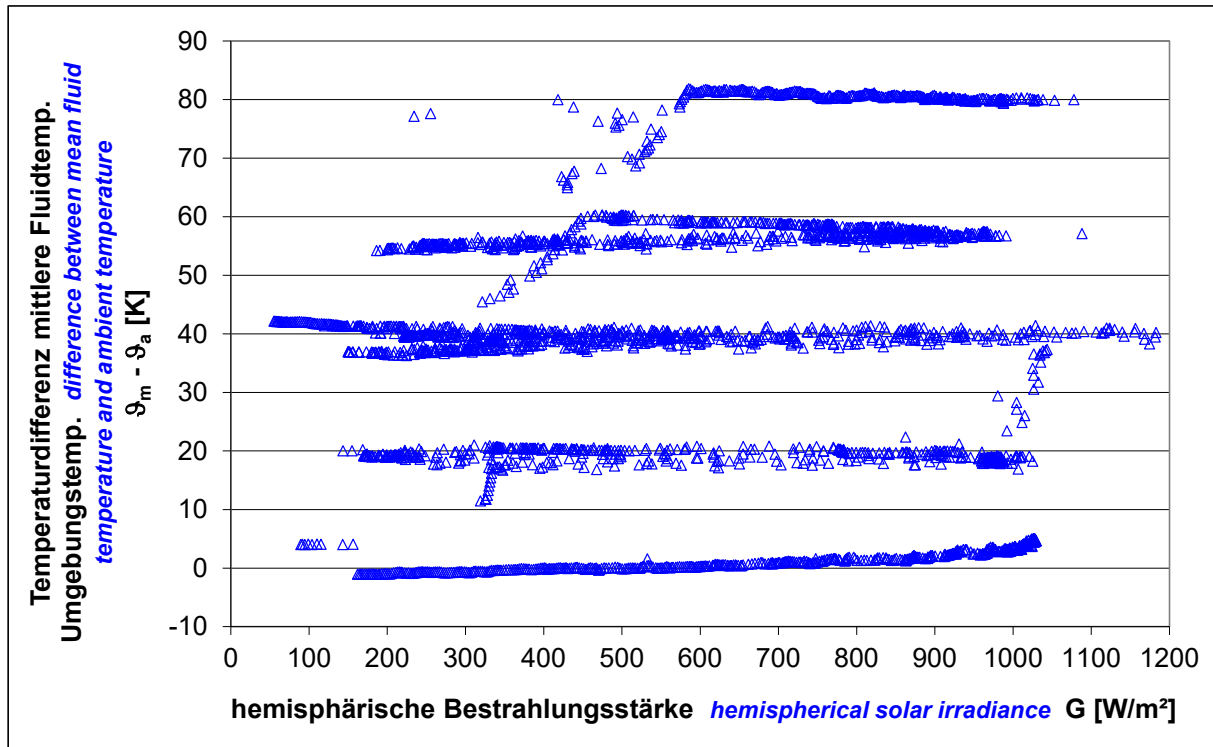
*Annex A: Measured Data of Outdoor Test under Quasi-Dynamic Conditions*



**Abbildung A.1:** Direkte Bestrahlungsstärke für unterschiedliche Einfallswinkel  
*Figure A.1: Direct solar irradiance for different incident angles*



**Abbildung A.2:** Zusammenhang zwischen diffuser Bestrahlungsstärke und hemisphärischer Bestrahlungsstärke  
*Figure A.2: Relation between diffuse solar irradiance and hemispherical solar irradiance*



**Abbildung A.3:** Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur für unterschiedliche hemisphärische Bestrahlungsstärken

*Figure A.3: Difference between mean fluid temperature and ambient temperature for different hemispherical solar irradiance values*

## Anhang B: Bezug auf Aperturfläche

### *Annex B: Reference to aperture area*

Seit März 2014 hat die internationale Norm EN ISO 9806 die bislang gültige europäische Norm EN 12975-2:2006 abgelöst. Die EN ISO 9806 verwendet als Bezugsfläche für die Kollektorkennwerte die Brutto-Kollektorfläche. Um die Vergleichbarkeit mit Kollektorkennwerten herzustellen, die auf die Aperturfläche bezogen sind, werden in diesem Anhang die Kollektorkennwerte bezogen auf die Brutto-Kollektorfläche und Aperturfläche dargestellt.

**Die thermische Leistungsfähigkeit des Kollektors ist unabhängig von der gewählten Bezugsfläche und ändert sich daher durch die hier beschriebene Umrechnung nicht!**

*Since March 2014 the international standard EN ISO 9806 has replaced the European standard EN 12975-2:2006 which was valid so far. The standard EN ISO 9806 uses for the collector parameters the gross area as reference area. For the comparison of collector parameters, which were determined using the aperture area as reference area, this annex presents the collector parameters based on gross collector area and aperture area.*

***The thermal performance of the collector is independent from the used reference area and hence is not changed by the conversion procedure described here!***

Die Umrechnung von der Brutto-Kollektorfläche ( $A_G$ ) als Bezugsfläche auf die Aperturfläche ( $A_{Ap}$ ) als Bezugsfläche erfolgt durch das Flächenverhältnis  $A_G/A_{Ap}$  für die Kollektorkennwerte:  $\eta_{0,b}$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_5$ ,  $a_7$  und  $a_8$ .

Die Kollektorkennwerte  $K_d$ ,  $a_4$  sind flächenunabhängig und bedürfen keiner Umrechnung.

*The conversion from the gross collector area ( $A_G$ ) as reference area to the aperture area ( $A_{Ap}$ ) as reference area is calculated by multiplication with the area ratio  $A_G/A_{Ap}$  for the collector parameters  $\eta_{0,b}$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_5$ ,  $a_7$  and  $a_8$ .*

*The collector parameters  $K_d$ ,  $a_4$  and independent from the reference area and need no conversion.*

$$\eta_{0,b}(A_{Ap}) = \eta_{0,b}(A_G) \frac{A_G}{A_{Ap}}$$

$$a_1(A_{Ap}) = a_1(A_G) \frac{A_G}{A_{Ap}}$$

$$a_2(A_{Ap}) = a_2(A_G) \frac{A_G}{A_{Ap}}$$

$$a_5(A_{Ap}) = a_5(A_G) \frac{A_G}{A_{Ap}}$$

$$a_7(A_{Ap}) = a_7(A_G) \frac{A_G}{A_{Ap}}$$

$$a_8(A_{Ap}) = a_8(A_G) \frac{A_G}{A_{Ap}}$$

( $A_{Ap}$ ) steht hierbei für den auf die Aperturfläche bezogenen Kollektorkennwert und ( $A_G$ ) für den auf die Brutto-Kollektorfläche bezogenen Kollektorkennwert.

*( $A_{Ap}$ ) represents the collector parameter based on aperture area and ( $A_G$ ) represents the collector parameter based on gross area.*

### Spezifische Nutzenergie des Kollektors:

*Specific useful energy extracted from the collector:*

$$\dot{Q} = A_G \left[ \eta_{0,b} K_b(\theta_L, \theta_T) G_b + \eta_{0,b} K_d G_d - a_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - a_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - a_3 u'(\vartheta_m - \vartheta_a) \right. \\ \left. + a_4(E_L - \sigma T_a^4) - a_5 \left( \frac{d\vartheta_m}{dt} \right) - a_6 u' G - a_7 u'(E_L - \sigma T_a^4) - a_8(\vartheta_m - \vartheta_a)^4 \right]$$

mit/*with*

$$K_b(\theta_L, \theta_T) = K_b(\theta_L, 0) \cdot K_b(0, \theta_T)$$

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| <b>Bezugsfläche, Brutto-Kollektorfläche, Aperturfläche</b><br><i>Reference area, gross area, aperture area</i>  | $A, A_G, A_{Ap}$<br>[m <sup>2</sup> ]         | <b>A<sub>G</sub> = 2.92</b>                                   | <b>A<sub>Ap</sub> = 2.71</b>                                    |
|   |   | <b>Bezug<br/>A<sub>G</sub><br/>Based on<br/>A<sub>G</sub></b> | <b>Bezug<br/>A<sub>Ap</sub><br/>Based on<br/>A<sub>Ap</sub></b> |
| <b>Konversionsfaktor basierend auf der direkten Bestrahlungsstärke</b><br><i>peak collector efficiency based on beam irradiance</i>   | $\eta_{0,b}$ [-]                              | <b>0.748</b>  | 0.806   |
| <b>Einfallswinkel-Korrekturfaktor für diffuse Strahlung</b><br><i>incidence angle modifier for diffuse radiation</i>  | $K_d$ [-]                                     | <b>0.988</b>  | 0.988   |
| <b>Wärmedurchgangskoeffizient</b><br><i>heat loss coefficient</i>   | $a_1$<br>[W/(m <sup>2</sup> K)]               | <b>3.257</b>  | 3.509   |
| <b>temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient</b><br><i>temperature dependent heat loss coefficient</i>  | $a_2$<br>[W/(m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )] | <b>0.010</b>  | 0.011   |
| <b>windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient</b><br><i>wind speed dependent heat loss coefficient</i>   | $a_3$<br>[J/(m <sup>3</sup> K)]               | 0   | -   |
| <b>Faktor zur Berechnung der von der Himmelstemperatur abhängigen Strahlungswärmeverluste</b><br><i>factor for calculation of sky temperature dependent radiative heat losses</i> | $a_4$ [-]                                     | 0   | -   |
| <b>effektive spezifische Wärmekapazität</b><br><i>effective specific thermal capacity</i>   | $a_5$<br>[J/(m <sup>2</sup> K)]               | <b>14940</b>  | 16098   |
| <b>Koeffizient zur Berechnung der Windabhängigkeit des Konversionsfaktors</b><br><i>coefficient for calculation of wind dependence of zero loss efficiency</i>                    | $a_6$ [s/(m)]                                 | 0   | -   |
| <b>Windabhängiger Strahlungsaustauschkoeffizient</b><br><i>wind speed dependence or IR radiation exchange</i>   | $a_7$ [s/m]                                   | -   | -   |
| <b>Koeffizient zur Berechnung der Strahlungswärmeverluste</b><br><i>coefficient for radiation losses</i>  | $a_8$<br>[W/m <sup>2</sup> K <sup>4</sup> ]   | -   | -   |

## Einfallswinkel-Korrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke

*Incidence angle modifier of the beam solar irradiance*

| <b>Einfallswinkel <math>\theta</math></b><br><i>incident angle <math>\theta</math></i> | 0    | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b><math>K_b(\theta_L, 0)</math>:</b>  | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.97 | 0.89 | 0.68 | 0.34 | 0.00 |
| <b><math>K_b(0, \theta_T)</math>:</b>  | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.97 | 0.89 | 0.68 | 0.34 | 0.00 |

## Anhang C: Nomenklatur

### *Annex C: Symbols and Units*

|   |  |  |
|---|--|--|
| <b>A<sub>G</sub></b>                              | [m <sup>2</sup> ]                        | Brutto-Kollektorfläche / <i>gross area of collector</i>  |
| <b>A<sub>Ap</sub></b>                             | [m <sup>2</sup> ]                        | Aperturfläche / <i>aperture area of collector</i>  |
| <b>a</b>  | [(mbar h <sup>2</sup> )/l <sup>2</sup> ] | Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts<br><i>coefficient for calculation of pressure loss</i>  |
| <b>b</b>  | [(mbar h)/l]                             | Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts<br><i>coefficient for calculation of pressure loss</i>  |
| <b>a<sub>1</sub></b>                              | [W/(m <sup>2</sup> K)]                   | Wärmedurchgangskoeffizient bei (ϑ <sub>m</sub> - ϑ <sub>a</sub> ) = 0<br><i>heat loss coefficient at (ϑ<sub>m</sub> - ϑ<sub>a</sub>) = 0</i>                               |
| <b>a<sub>2</sub></b>                              | [W/(m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )]     | temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient<br><i>temperature dependent heat loss coefficient</i>  |
| <b>a<sub>3</sub></b>                              | J/(m <sup>3</sup> K)                     | windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient<br><i>wind speed dependent heat loss coefficient</i>   |
| <b>a<sub>4</sub></b>                              | -  | Faktor zur Berechnung der von der Himmelstemperatur abhängigen Strahlungswärmeverluste<br><i>factor for calculation of sky temperature dependent radiative heat losses</i> |
| <b>a<sub>5</sub></b>                              | [kJ/(m <sup>2</sup> K)]                  | effektive spezifische Wärmekapazität des Kollektors<br><i>effective specific heat capacity of the collector</i>  |
| <b>a<sub>6</sub></b>                              | s/m                                      | Koeffizient zur Berechnung der Windabhängigkeit des Konversionsfaktors<br><i>coefficient for calculation of wind dependence in zero loss efficiency</i>                    |
| <b>a<sub>7</sub></b>                              | s/m                                      | Windabhängiger Strahlungsaustauschkoeffizient<br><i>wind speed dependence or IR radiation exchange</i>   |
| <b>a<sub>8</sub></b>                              | W/m <sup>2</sup> K <sup>4</sup>          | Koeffizient zur Berechnung der Strahlungswärmeverluste<br><i>coefficient for radiation losses</i>  |
| <b>E<sub>L</sub></b>                              | [W/m <sup>2</sup> ]                      | langwellige Strahlung (λ > 3 μm) / <i>long wave irradiance (λ &gt; 3 μm)</i>   |
| <b>η<sub>0,b</sub></b>                            | [-]                                      | Konversionsfaktor basierend auf der direkten Bestrahlungsstärke G <sub>b</sub><br><i>peak collector efficiency based on beam irradiance G<sub>b</sub></i>                  |
| <b>η<sub>0,hem</sub></b>                          | [-]                                      | Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke G<br><i>conversion factor based on hemispherical irradiance G</i>   |
| <b>G</b>  | [W/m <sup>2</sup> ]                      | hemisphärische Bestrahlungsstärke / <i>hemispherical solar irradiance</i>  |
| <b>G<sub>b</sub></b>                              | [W/m <sup>2</sup> ]                      | direkte Bestrahlungsstärke / <i>beam solar irradiance</i>  |
| <b>G<sub>d</sub></b>                              | [W/m <sup>2</sup> ]                      | diffuse Bestrahlungsstärke / <i>diffuse solar irradiance</i>   |
| <b>K<sub>b</sub>(θ<sub>L</sub>,θ<sub>T</sub>)</b> | [-]                                      | Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke<br><i>incident angle modifier of beam solar irradiance</i>   |
| <b>K<sub>b</sub>(θ<sub>L</sub>,0)</b>             | [-]                                      | Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke (longitudinal)<br><i>incident angle modifier of beam solar irradiance (longitudinal)</i>                     |
| <b>K<sub>b</sub>(0,θ<sub>T</sub>)</b>             | [-]                                      | Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke (transversal)<br><i>incident angle modifier of beam solar irradiance (transversal)</i>                       |
| <b>K<sub>d</sub></b>                              | [-]                                      | Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke<br><i>incident angle modifier of diffuse solar irradiance</i>  |
| <b><math>\dot{m}</math></b>                       | [kg/h]                                   | Massenstrom / <i>mass flow rate</i>  |
| <b><math>\dot{Q}</math></b>                       | [W]                                      | Kollektorleistung pro Modul / <i>power per collector unit</i>  |
| <b>Δp</b>   | [mbar]                                   | Druckverlust / <i>pressure loss</i>  |
| <b>t</b>  | [s]                                      | Zeit / <i>time</i>   |
| <b>T<sub>a</sub></b>                              | [K]                                      | Umgebungstemperatur / <i>ambient air temperature</i>   |
| <b>u</b>  | [m/s]                                    | Windgeschwindigkeit / <i>surrounding air speed</i>   |
| <b>u'</b>   | [m/s]                                    | Reduzierte Windgeschwindigkeit / <i>reduced surrounding air speed</i>  |
| <b><math>\dot{V}</math></b>                       | [l/h]                                    | Volumenstrom / <i>volume flow</i>  |
| <b>ϑ</b>  | [°C]                                     | Temperatur / <i>temperature</i>  |
| <b>ϑ<sub>a</sub></b>                              | [°C]                                     | Umgebungstemperatur / <i>ambient air temperature</i>   |
| <b>ϑ<sub>e</sub></b>                              | [°C]                                     | Kollektoraustrittstemperatur / <i>collector outlet temperature</i>   |



---

|                  |                                    |   |
|------------------|------------------------------------|---|
| $\vartheta_{in}$ | [°C]                               | Kollektoreintrittstemperatur / <i>collector inlet temperature</i>   |
| $\vartheta_m$    | [°C]                               | mittlere Fluidtemperatur / <i>mean fluid temperature</i>  |
| $\theta$         | [°]                                | Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke<br><i>incidence angle of beam solar irradiance</i>   |
| $\sigma$         | W/(m <sup>2</sup> K <sup>4</sup> ) | Stefan-Boltzmann-Konstante $\sigma = 5.67 \times 10^{-8}$ W/(m <sup>2</sup> K <sup>4</sup> )<br><i>Stefan-Boltzmann-constant <math>\sigma = 5.67 \times 10^{-8}</math> W/(m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>)</i> |



# **Prüfbericht**

## **Zuverlässigkeit und Dauerhaftigkeit eines Sonnenkollektors**

### *Test Report*

### *Durability and Reliability of a Solar Collector*

nach EN ISO 9806:2017, EN 12975-1:2006+A1:2010 und  
**ICC 901/SRCC 100-2020**  
*according to EN ISO 9806:2017, EN 12975-1:2006+A1:2010 and  
ICC 901/SRCC 100-2020*

**Prüfbericht-Nr.: 21COL1631QOEM25**  
*Test Report No.: 21COL1631QOEM25*

**Stuttgart, den 19.02.2024**  
*Stuttgart, February 19<sup>th</sup>, 2024*

**Auftraggeber:** ECOFER OIKONOMOU Z. KOSTAS  
*client:* XANTHIPPOU 150  
GR-15669 PAPAGOU ATHENS  
GREECE

**Hersteller:** ECOFER OIKONOMOU Z. KOSTAS  
*manufacturer:*

**Typ:** ECOFER SMARTEVO 29  
*type:*

**Herstelljahr:** 2021  
*year of production:*

## Inhaltsverzeichnis

### *Table of Contents*

|    |  |
|----|--|
| 1  | Beschreibung des Sonnenkollektors ..... 3<br><i>Solar Collector Description</i>  |
| 2  | Prüffolge und Ergebnisse ..... 8<br><i>Test Sequence and Results</i>   |
| 3  | Innendruckprüfung der Wärmeträgerkanäle ..... 9<br><i>Internal Pressure Test for Fluid Channels</i>                                |
| 4  | Bestimmung der Stagnationstemperatur ..... 9<br><i>Determination of Stagnation Temperature</i>                                     |
| 5  | Expositionsprüfung ..... 9<br><i>Exposure Test</i>   |
| 6  | Prüfung des schnellen inneren Temperaturwechsels ..... 10<br><i>Internal Thermal Shock Test</i>                                    |
| 7  | Prüfung auf eingedrungenes Regenwasser ..... 10<br><i>Rain Penetration Test</i>  |
| 8  | Mechanische Belastungsprüfung mit Über- und Unterdruck ..... 10<br><i>Mechanical Load Test with Positive and Negative Pressure</i> |
| 9  | Prüfung der Schlagfestigkeit ..... 11<br><i>Impact Resistance Test</i>   |
| 10 | Endkontrolle ..... 12<br><i>Final Inspection</i>   |
| 11 | Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors ..... 13<br><i>Test Occurrences and Operating Behaviour</i>                  |
| 12 | Prüfverfahren ..... 13<br><i>Test Methods</i>  |
|    | Anhang A: Expositionsprüfung ..... 14<br><i>Annex A: Exposure Test</i>   |

## 1 Beschreibung des Sonnenkollektors (gemäß Herstellerangaben) *Solar Collector Description (acc. to manufacturer)*

|   |   |
|---|---|
| <b>Hersteller</b><br><i>manufacturer</i>                                | ECOFER OIKONOMOU Z. KOSTAS<br>XANTHIPPOU 150<br>GR-15699 PAPAGOU ATHENS<br>GREECE |
| <b>Ansprechpartner:</b><br><i>contact person:</i>                       | Zachos Oikonomou<br>Tel.: +30 210671551<br>email: zachos@ecofer.com.gr            |
| <b>Typ:</b><br><i>type:</i>   | ECOFER SMARTEVO 29<br><i>ECOFER SMARTEVO 29</i>                                   |
| <b>Herstellernummer:</b><br><i>serial no.:</i>                          | Keine Angabe<br><i>Not specified</i>  |
| <b>Serienprodukt oder Baumuster:</b><br><i>duplicate part or model:</i> | Serienprodukt<br><i>duplicate part</i>  |
| <b>Herstelljahr:</b><br><i>year of production:</i>                      | 2021<br><i>2021</i>   |

|  |  |
|--|--|
| <b>Kollektor</b><br><i>Collector</i>                                     |  |
| <b>Bauart:</b><br><i>collector type:</i>                                 | Flachkollektor<br><i>flat plate collector</i>    |
| <b>Brutto-Kollektorfläche:</b><br><i>gross area of collector:</i>        | 2.92 m <sup>2</sup><br><i>2.92 m<sup>2</sup></i> |
| <b>Länge:</b><br><i>length:</i>  | 2006 mm<br><i>2006 mm</i>                        |
| <b>Breite:</b><br><i>width:</i>  | 1457 mm<br><i>1457 mm</i>                        |
| <b>Höhe:</b><br><i>height:</i>   | 85 mm<br><i>85 mm</i>                            |
| <b>Gewicht:</b><br><i>weight:</i>  | 38 kg<br><i>38 kg</i>                            |
| <b>Wärmeträgerinhalt:</b><br><i>heat transfer fluid content:</i>         | 1.93 Liter<br><i>1.93 litres</i>                 |
| <b>Material Seitenwand/Rahmen:</b><br><i>material side wall/frame:</i>   | Aluminium<br><i>aluminium</i>                    |
| <b>Material Rückwand:</b><br><i>material back sheet:</i>                 | Aluminium<br><i>aluminium</i>                    |
| <b>Verbindungsart der Rahmenteile:</b><br><i>frame fastening method:</i> | vernietet<br><i>riveted</i>                      |
| <b>Einbauweise:</b><br><i>collector mounting:</i>                        | Aufdach, Flachdach<br><i>on roof, flat roof</i>  |
| <b>Anzahl Anschlüsse:</b><br><i>number of connections:</i>               | 4<br><i>4</i>                                    |
| <b>Ausführung Anschlüsse:</b><br><i>realisation of connections:</i>      | 22 mm Cu-Rohr<br><i>22 mm Cu tube</i>            |

## Absorber

*Absorber*

|   |   |
|---|---|
| <b>Material:</b><br><i>material:</i>  | Aluminiumblech mit Kupferregister<br><i>aluminium sheet with copper pipes</i> |
| <b>Verbindung Fluidkanäle/Absorber:</b><br><i>bond between risers and fin/plate:</i>          | lasergeschweißt<br><i>laser welded</i>  |
| <b>Dicke:</b><br><i>thickness:</i>  | 0.4 mm<br><i>0.4 mm</i>   |
| <b>Oberflächenbehandlung:</b><br><i>surface treatment:</i>                                    | Blue selective<br><i>Blue selective</i>                                       |
| <b>Absorptionsgrad:</b><br><i>solar absorptance:</i>  | 0.95<br><i>0.95</i>   |
| <b>Emissionsgrad:</b><br><i>emittance:</i>  | 0.05<br><i>0.05</i>   |
| <b>Durchströmungsform:</b><br><i>flow pattern:</i>  | Harfe<br><i>harp</i>  |
| <b>Abmessungen Absorber [L x B]:</b><br><i>dimension absorber [L x W]:</i>                    | 1937 mm x 1385 mm<br><i>1937 mm x 1385 mm</i>                                 |
| <b>Abmessungen Absorberrohre:</b><br><i>dimension absorber tubes:</i>                         | 8.0 x 0.4 mm<br><i>8.0 x 0.4 mm</i>   |
| <b>Anzahl Absorberrohre:</b><br><i>number of absorber tubes:</i>                              | 12<br><i>12</i>   |
| <b>Länge eines Absorberrohres:</b><br><i>length of a single absorber tube:</i>                | 1915 mm<br><i>1915 mm</i>   |
| <b>Abstand der Absorberrohre:</b><br><i>distance centre to centre between absorber tubes:</i> | 105 mm<br><i>105 mm</i>   |
| <b>Länge eines Sammlerrohres:</b><br><i>length of header tube:</i>                            | 1510 mm<br><i>1510 mm</i>   |
| <b>Abmessungen Sammlerrohr:</b><br><i>dimension of the header:</i>                            | 22 x 0.7 mm<br><i>22 x 0.7 mm</i>   |

## Transparente Abdeckung

*Transparent cover:*

|   |   |
|---|---|
| <b>Anzahl:</b><br><i>number:</i>  | 1<br><i>1</i>   |
| <b>Länge x Breite x Dicke:</b><br><i>length x width x thickness:</i>                      | 1960 mm x 960 mm x 3.2 mm<br><i>1960 mm x 960 mm x 3.2 mm</i> |
| <b>Transmissionsgrad:</b><br><i>transmittance:</i>  | 0.915<br><i>0.915</i>   |
| <b>Abmessungen Apertur [L x B]:</b><br><i>aperture dimension [L x W]:</i>                 | 1942 mm x 943 mm<br><i>1942 mm x 943 mm</i>                   |
| <b>Oberflächenstruktur innen/außen:</b><br><i>surface characteristics inside/outside:</i> | matt / matt<br><i>matt / matt</i>                             |

## Wärmedämmung

### *Thermal insulation:*

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | Rückseite<br><i>back side</i>                      | seitlich<br><i>at the side</i>                     |
| <b>Material:</b><br><i>material:</i>                       | Glaswolle<br><i>Glass wool</i>                     | Glaswolle<br><i>Glass wool</i>                     |
| <b>Hersteller:</b><br><i>manufacturer:</i>                 | IZOCAM<br><i>IZOCAM</i>                            | IZOCAM<br><i>IZOCAM</i>                            |
| <b>Produktbezeichnung:</b><br><i>product name:</i>         | keine Angabe<br><i>not specified</i>               | keine Angabe<br><i>not specified</i>               |
| <b>Wärmeleitfähigkeit:</b><br><i>thermal conductivity:</i> | 0.035 W/(mK)<br><i>0.035 W/(mK)</i>                | 0.031 W/(mK)<br><i>0.031 W/(mK)</i>                |
| <b>Dichte:</b><br><i>density:</i>                          | 25 kg/m <sup>3</sup><br><i>25 kg/m<sup>3</sup></i> | 60 kg/m <sup>3</sup><br><i>60 kg/m<sup>3</sup></i> |
| <b>Dicke:</b><br><i>thickness:</i>                         | 30 mm<br><i>30 mm</i>                              | 15 mm<br><i>15 mm</i>                              |

## Grenzdaten

### *Limitations:*

|   |  |
|---|--|
| <b>Stillstandstemperatur:</b><br><i>stagnation temperature:</i>                 | 230 °C (von Prüflabor bestimmt)<br><i>230 °C (determined by test laboratory)</i> |
| <b>maximale Betriebstemperatur:</b><br><i>maximum operation temperature:</i>    | keine Angabe<br><i>not specified</i>   |
| <b>max. zulässiger Betriebsdruck:</b><br><i>maximum operation pressure:</i>     | 10 bar<br><i>10 bar</i>  |
| <b>Zulässiger Wärmeträger:</b><br><i>allowed heat transfer fluid:</i>           | Wasser-Frostschutz-Gemisch<br><i>antifreeze/water mixture</i>                    |
| <b>Nenndurchfluss pro Kollektor:</b><br><i>nominal flow rate per collector:</i> | keine Angabe<br><i>not specified</i>   |

## Feststellung des Kollektors

### *Collector identification:*

|   |   |
|---|---|
| <b>Zeichnungssatz und Datenblätter:</b><br><i>construction characteristics and technical data sheets:</i> | Ein vollständiger Satz an technischen Zeichnungen und Datenblättern liegt dem Prüfinstitut vor, vgl. Bericht des IGTE/TZS PI-011-7S1491-2021 vom 19.11.2021.<br><i>A complete set of engineering drawings and technical data sheets is available at the test laboratory, as report of IGTE/TZS PI-011-7S1491-2021 dated 19.11.2021.</i> |
|---|---|

|   |   |                                     |                          |
|---|---|-------------------------------------|--------------------------|
| <p><b>Kennzeichnung:</b><br/><i>labelling:</i></p>                                | <p>Das Typenschild enthält folgende nach EN 12975-1:2006+A1:2010 Kapitel 7.2 geforderte Angaben:<br/> <i>The collector label shows the following according to EN 12975-1:2006+A1:2010 chapter 7.2 required data:</i></p>  | ja<br><i>yes</i>                    | nein<br><i>no</i>        |
|   | Name des Herstellers<br><i>name of manufacturer</i>   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|   | Kollektortyp<br><i>collector type</i>   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|   | Seriennummer<br><i>serial number</i>  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|   | Herstellungsjahr<br><i>year of production</i>   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|   | Brutto-Kollektorfläche<br><i>gross area of collector</i>  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|   | Maße des Kollektors<br><i>dimensions of collector</i>   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|   | Maximaler Betriebsdruck<br><i>maximum operation pressure</i>  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|   | Stagnationstemperatur bei 1000 W/m <sup>2</sup> und 30°C<br><i>stagnation temperature at 1000 W/m<sup>2</sup> and 30°C</i>  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|   | Volumen des Wärmeträgermediums<br><i>volume of heat transfer fluid</i>  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|   | Leergewicht des Kollektors<br><i>weight of empty collector</i>  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|   | Hergestellt in:<br><i>made in:</i>  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|   | <p>Das Typenschild lag dem Prüfling als Muster bei und enthält alle nach EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 geforderten Angaben.<br/>                 Gemäß EN 12975-1:2006 Kapitel 7.2 muss es gut sichtbar und haltbar am Kollektor angebracht sein.<br/> <i>The collector label was attached as a specimen and it includes all, according to EN 12975-1:2006 chapter 7.2, required information.<br/>                 According to EN 12975-1:2006 chapter 7.2 it shall be fixed visible and durable on the collector frame.</i></p> |                                     |                          |
| <p><b>Installationsanweisung:</b><br/><i>instructor installation manual :</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Installation Manual - ECOFER SMARTEVO</li> <li>▪ <i>Installation Manual - ECOFER SMARTEVO</i></li> </ul> <p>Die Installationsanweisung enthält folgende nach EN 12975-1:2006+A1:2010 Kapitel 7.3 notwendigen Angaben:<br/> <i>The installer instruction manual contains the following according to EN 12975-1:2006+A1:2010 chapter 7.3 required information:</i></p>   | ja<br><i>yes</i>                    | nein<br><i>no</i>        |
|   | Maße und Gewicht des Kollektors<br><i>dimensions and weight of the collector</i>  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

|   |                                     |                          |
|---|-------------------------------------|--------------------------|
| Anweisung für dessen Transport und Handhabung<br><i>instructions about the transport and handling of the collector</i>  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Beschreibung des Montageverfahrens<br><i>description of the mounting procedure</i>  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Empfehlungen für den Blitzschutz<br><i>recommendations about lightning protection</i>   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Anweisung für die Verbindung der Kollektoren untereinander<br><i>instructions about the coupling of the collectors to one another</i>   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Anweisungen für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträgerkreislauf<br><i>instructions about the connection of the collector field to the heat transfer circuit</i> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorguppen bis 20 m <sup>2</sup><br><i>dimensions of pipe connections for collector arrays up to 20 m<sup>2</sup></i>                       | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Hinweise hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien<br><i>recommendations about the heat transfer media</i>  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Vorsichtsmaßnahmen die beim Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind<br><i>precautions to be taken during filling, operation and maintenance</i>                           | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| maximaler Betriebsdruck<br><i>maximum operation pressure</i>  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Druckverlust<br><i>pressure loss</i>  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| größter und kleinster Neigungswinkel<br><i>maximum and minimum tilt angle</i>   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| zulässige Wind- und Schneelast<br><i>permissible wind and snow load</i>   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Wartungsanforderungen<br><i>maintenance requirements</i>  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |



## **Gültigkeit**

### *Validity:*

Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp ECOFER SMARTEVO 29 sowie für die baugleichen Kollektoren ECOFER SMARTEVO 27, ECOFER SMARTEVO 25, ECOFER SMARTEVO 23, ECOFER SMARTEVO 20, ECOFER SMARTEVO 19, ECOFER SMARTEVO 17 und ECOFER SMARTEVO 15.

*The test report is valid for collector type ECOFER SMARTEVO 29 as specified above as well as for the collectors ECOFER SMARTEVO 27, ECOFER SMARTEVO 25, ECOFER SMARTEVO 23, ECOFER SMARTEVO 20, ECOFER SMARTEVO 19, ECOFER SMARTEVO 17 and ECOFER SMARTEVO 15 as specified above.*

## 2 Prüffolge und Ergebnisse

### *Test Sequence and Results*

Die Prüfung des Kollektors erfolgte nach der EN ISO 9806:2017 „Solarenergie - Thermische Sonnenkollektoren - Prüfverfahren“

*The test of the collector was performed according to EN ISO 9806:2017 „Solar energy – Solar thermal collectors – Test methods“*

### 2.1 Prüfungen

#### *Tests*

| Prüfung<br><i>Test</i>  | Datum / <i>date</i>   |                   | Prüfergebnis<br><i>Test result</i>  |
|---|-----------------------|-------------------|---|
|   | Beginn / <i>Start</i> | Ende / <i>End</i> |   |
| Innendruckprüfung an Wärmeträgerkanälen<br><i>Internal pressure test for fluid channels</i>   | 09.11.2021            |                   | Kein Problem<br><i>no problem</i>   |
| Bestimmung der Stagnationstemperatur für Flüssigkeitskollektoren<br><i>Determination of the stagnation temperature of liquid heating collectors</i> | 23.09.2021            |                   | $\vartheta_{\text{stg}} = 230 \text{ °C}$   |
| Expositionsprüfung, Klasse A<br><i>Exposure test, class A</i>   | 27.08.2021            | 29.10.2021        | Kein Problem<br><i>no problem</i>   |
| Erste Prüfung des schnellen inneren Temperaturwechsels, Klasse A<br><i>First internal thermal shock test, class A</i>                               | 28.10.2021            |                   | Kein Problem<br><i>no problem</i>   |
| Zweite Prüfung des schnellen inneren Temperaturwechsels, Klasse A<br><i>Second internal thermal shock test, class A</i>                             | 28.10.2021            |                   | Kein Problem<br><i>no problem</i>   |
| Prüfung auf eingedrungenes Regenwasser<br><i>Rain penetration test</i>  | 03.11.2021            |                   | Kein Problem<br><i>no problem</i>   |
| Mechanische Belastungsprüfung mit Überdruck<br><i>Mechanical load test with positive pressure</i>   | 09.11.2021            |                   | max. Druck: 2750 Pa,<br>kein Problem<br><i>max. pressure: 2750 Pa, no problem</i>                     |
| Mechanische Belastungsprüfung mit Unterdruck<br><i>Mechanical load test with negative pressure</i>  | 09.11.2021            |                   | max. Druck: 2400 Pa,<br>kein Problem<br><i>max. pressure: 2400 Pa, no problem</i>                     |
| Schlagfestigkeitsprüfung mittels Stahlkugel<br><i>Impact resistance test using a steel ball</i>   | 09.11.2021            |                   | max. Fallhöhe: 2.0 m,<br>kein Problem<br><i>max. drop height: 2.0 m, no problem</i>                   |
| Endkontrolle<br><i>Final inspection</i>   | 10.11.2021            |                   | Kein Problem<br><i>no problem</i>   |
| Prüfung der Wärmeleistung und des Druckverlustes<br><i>Thermal performance testing and pressure loss</i>  | 08.09.2021            | 25.10.2021        | Prüfbericht / <i>test report</i><br>21COL1631OEM24<br>21COL1632OEM28<br>vom / <i>dated</i> 19.02.2024 |

### 2.2 Feststellung des Kollektors

#### *Collector Identification*

Das Typenschild und die Installationsanweisung enthalten alle nach EN 12975-1:2006+A1:2010 Kapitel 7 geforderten Angaben (vgl. 1 Allgemeine Angaben).

*The collector label and the installer instruction manual include all required information according to EN 12975-1:2006+A1:2010 chapter 7 (see 1 General Specification).*

### 3 Innendruckprüfung der Wärmeträgerkanäle

#### *Internal Pressure Test for Fluid Channels*

Durchführung und Randbedingungen nach EN ISO 9806:2017, Kapitel 6.  
*Execution and boundary conditions according to EN ISO 9806:2017, chapter 6.*

Datum: / *date*: 09.11.2021

| max. Betriebsdruck<br><i>max. operating pressure</i><br>[bar] | Prüfdruck<br><i>test pressure</i><br>[bar] | Prüfdauer<br><i>test duration</i><br>[min] | Enddruck<br><i>final pressure</i><br>[bar] |
|---|--|--|--|
| 10  | 15.20                                      | 15   | 15.15                                      |

### 4 Bestimmung der Stagnationstemperatur

#### *Determination of Stagnation Temperature*

Bestimmung der Standard Stagnationstemperatur nach EN ISO 9806:2017, Kapitel 9.4  
*Determination of the standard stagnation temperature according to EN ISO 9806:2017, chapter 9.4.*

**Ergebnis:** Die Stagnationstemperatur  $\vartheta_{stg}$  für die vorgeschriebenen Umgebungsbedingungen von  $G_s = 1000 \text{ W/m}^2$  und  $\vartheta_{as} = 30 \text{ °C}$  ergibt sich nach

*Conclusion: The stagnation temperature  $\vartheta_{stg}$  for the required ambient conditions  $G_s = 1000 \text{ W/m}^2$  and  $\vartheta_{as} = 30 \text{ °C}$  is calculated according*

$$\vartheta_{stg} = 1,2 \cdot \left( \vartheta_{as} + \frac{-a_1 + (a_1^2 + 4\eta_{0,hem}a_2G_s)^{1/2}}{2a_1} \right)$$

zu: / *to*:  $\vartheta_{stg} = 230 \text{ °C}$

Die Standard Stagnationstemperatur wird in einer aufgerundeten 10 °C Auflösung angegeben.  
*The standard stagnation temperature is reported in an up-rounded 10 °C resolution*

Kollektorkennwerte  $\eta_{0,hem}$ ,  $a_1$  und  $a_2$  nach Prüfbericht 21COL1632OEM28 vom 19.02.2024  
*Collector parameters  $\eta_{0,hem}$ ,  $a_1$  and  $a_2$  according to test report 21COL1632OEM28 dated 19.02.2024*

### 5 Expositionsprüfung

#### *Exposure Test*

Durchführung und Randbedingungen nach EN ISO 9806:2017, Kapitel 10.2 und 10.3, Klasse A.  
*Execution and boundary conditions according to EN ISO 9806:2017, chapters 10.2 and 10.3, class A.*

Expositionsdauer: / *Duration of exposure*: 27.08.2021 – 22.10.2021

| Einstrahlungssumme in Kollektorebene<br><i>Irradiation in collector plane</i><br>[MJ/m <sup>2</sup> ] | Stunden über 1000 W/m <sup>2</sup><br><i>hours with more than 1000 W/m<sup>2</sup></i><br>[h] |
|---|---|
| 919.5   | 32.0  |

Detaillierte Informationen hierzu im Anhang A.  
*For detailed information see Annex A.*

## 6 Prüfung des schnellen inneren Temperaturwechsels *Internal Thermal Shock Test*

Durchführung und Randbedingungen nach EN ISO 9806:2017, Kapitel 12, Klasse A.  
*Execution and boundary conditions according to EN ISO 9806:2017, chapter 12, class A.*

1. Prüfung: / *1. test*: 28.10.2021

| Volumenstrom<br><i>flow rate</i><br>[l/(m <sup>2</sup> min)] | Fluidtemperatur<br><i>fluid temperature</i><br>[°C] | mittlere<br>Bestrahlungsstärke<br><i>mean irradiance</i><br>[W/m <sup>2</sup> ] | mittlere<br>Umgebungstemperatur<br><i>mean ambient temperature</i><br>[°C] |
|--|---|---|--|
| <b>1.7</b>   | <b>14</b>   | <b>1050</b>   | <b>15</b>  |

2. Prüfung: / *2. test*: 28.10.2021

| Volumenstrom<br><i>flow rate</i><br>[l/(m <sup>2</sup> min)] | Fluidtemperatur<br><i>fluid temperature</i><br>[°C] | mittlere<br>Bestrahlungsstärke<br><i>mean irradiance</i><br>[W/m <sup>2</sup> ] | mittlere<br>Umgebungstemperatur<br><i>mean ambient temperature</i><br>[°C] |
|--|---|---|--|
| <b>1.7</b>   | <b>13</b>   | <b>1050</b>   | <b>15</b>  |

## 7 Prüfung auf eingedrungenes Regenwasser *Rain Penetration Test*

Durchführung und Randbedingungen nach EN ISO 9806:2017, Kapitel 13.  
*Execution and boundary conditions according to EN ISO 9806:2017, chapter 13.*

Datum: / *date*: 03.11.2021

| Anzahl der Sprühdüsen<br><i>number of spray nozzle</i><br>[-] | Volumenstrom<br><i>flow rate</i><br>[l/min] | Fluidtemperatur<br><i>fluid temperature</i><br>[°C] | Prüfdauer<br><i>test duration</i><br>[h] |
|---|---|---|--|
| <b>6</b>  | <b>11.0</b>                                 | <b>15</b>   | <b>4.0</b>                               |

## 8 Mechanische Belastungsprüfung mit Über- und Unterdruck *Mechanical Load Test with Positive and Negative Pressure*

### 8.1 Überdruckprüfung am Kollektor und den Befestigungen *Positive Pressure Test of the Collector and the Fixings*

Durchführung und Randbedingungen nach EN ISO 9806:2017, Kapitel 15.  
*Execution and boundary conditions according to EN ISO 9806:2017, chapter 15.*

Datum: / *date*: 09.11.2021

Die Kollektorabdeckung wurde unter Verwendung von Saugnapfen mit einem maximalen Druck von 2750 Pa belastet.

*The collector cover was charged using suction cups with a maximum pressure of 2750 Pa.*

## 8.2 Unterdruckprüfung am Kollektor und den Befestigungen *Negative Pressure Test of the Collector and the Fixings*

Durchführung und Randbedingungen nach EN ISO 9806:2017, Kapitel 15.  
*Execution and boundary conditions according to EN ISO 9806:2017, chapter 15.*

Datum: / *date*: 09.11.2021

Die Kollektorabdeckung wurde unter Verwendung von Saugnäpfen mit einem maximalen Zug von 2400 Pa belastet.  
*The collector cover was charged using suction cups with a maximum tension of 2400 Pa.*

## 9 Prüfung der Schlagfestigkeit mittels Stahlkugel *Impact Resistance Test using a steel ball*

Durchführung und Randbedingungen nach EN ISO 9806:2017, Kapitel 16.  
*Execution and boundary conditions according to EN ISO 9806:2017, chapter 16.*

Datum: / *date*: 09.11.2021

| <i>maximale Fallhöhe</i><br><i>maximum drop height</i><br>[m] | <i>Durchmesser der Stahlkugel</i><br><i>diameter of steel ball</i><br>[mm] | <i>Masse</i><br><i>mass</i><br>[g] | <i>Anzahl der Schläge</i><br><i>number of impacts</i><br>[-] |
|---|--|------------------------------------|--|
| <b>2.0</b>  | <b>33</b>  | <b>147</b>                         | <b>4</b>   |

## 10 Endkontrolle

### *Final Inspection*

Zerlegung und Untersuchung des Kollektors nach Abschluss der vollständigen Prüffolge gemäß EN ISO 9806:2017, Kapitel 17.

*Dismantling and inspection of the collector after completion of the full test sequence according to EN ISO 9806:2017, chapter 17.*

Datum: / *date*: 10.11.2021

Bewertung erfolgt nach dem folgenden Schlüssel: / *Evaluation according the following scale*:

- 0 - kein Problem / *no problem*
- 1 - kleines Problem / *minor problem*
- 2 - wesentlicher Ausfall / *major failure*

|  |  |   |
|--|--|---|
| Gehäuse /<br><i>collector box</i>                                    | Rissbildung / Verwerfung / Korrosion / eindringendes Regenwasser<br><i>cracking / warping / corrosion / rain penetration</i>   | 0 |
| Montageelemente<br><i>mountings</i>                                  | Festigkeit / Sicherheit<br><i>strength / safety</i>  | 0 |
| Verschlüsse / Dichtungen<br><i>seals / gaskets</i>                   | Rissbildung / Haftung / Elastizität<br><i>cracking / adhesion / elasticity</i>   | 0 |
| Abdeckung / Reflektor<br><i>cover / reflector</i>                    | Rissbildung / Haarrisse / Ausbeulen / Abblättern / Verwerfung<br><i>cracking / crazing / buckling / delamination / warping</i> | 0 |
| Absorberbeschichtung<br><i>absorber coating</i>                      | Rissbildung / Haarrisse / Blasenbildung<br><i>cracking / crazing / blistering</i>  | 0 |
| Absorberregister<br><i>absorber piping</i>                           | Verformung / Korrosion / Undichtheit / sich lösende Verbindungen<br><i>deformation / corrosion / leakage / loss of bonding</i> | 0 |
| Absorberbefestigung<br><i>absorber fixing</i>                        | Verformung / Korrosion<br><i>deformation / corrosion</i>   | 0 |
| Wärmedämmung und Kanthölzer<br><i>insulation and squared timbers</i> | Wasseraufnahme/Ausgasen/Schwindung<br><i>water retention / outgassing / degradation</i>  | 0 |

## 11 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors

### *Test Occurrences and Operating Behaviour*

keine Auffälligkeiten  
*nothing particular*

## 12 Prüfverfahren

### *Test Methods*

Die Prüfung des Kollektors erfolgte nach der EN ISO 9806:2017 „Solarenergie - Thermische Sonnenkollektoren - Prüfverfahren“, EN 12975-1:2006+A1:2010 und ICC 901/SRCC 100-2020.

*The test of the collector was carried according to EN ISO 9806:2017 „Solar energy – Solar thermal collectors – Test methods“, EN 12975-1:2006+A1:2010 and ICC 901/SRCC 100-2020.*

Dieser Prüfbericht darf ohne die schriftliche Zustimmung des IGTE nicht **auszugsweise** vervielfältigt werden.

*It is not allowed to copy **extracts** of this test report without a written agreement from IGTE.*

**Eingang Prüfling:** 26.08.2021

*Arrival of test sample:*

**Interne Kennzeichnung des Prüflings:** C1631B

*internal identification of test sample:*

*C1631B*

**Prüfzeitraum:** 27.08.2021 – 10.11.2021

*Test period:*

**Prüfer:** F. Sansonnens, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy

*Test engineer:*

Stuttgart, den 19.02.2024

Dr.-Ing. Harald Drück  
Leiter Prüfbereich Solar  
*Head of test section solar*

## Anhang A: Expositionsprüfung

### *Annex A: Exposure Test*

Durchführung und Randbedingungen nach EN ISO 9806:2017, Kapitel 10.2 und 10.3, Klasse A.  
*Execution and boundary conditions according to EN ISO 9806:2017, chapters 10.2 and 10.3, class A.*

Expositionsdauer: Außenprüfung 27.08.2021 – 18.10.2021 53 Tage  
*Duration of exposure: outdoor 53 days*

| Datum<br><i>Date</i> | Mittlere<br>Umgebungstemperatur<br><i>Mean ambient temperature</i><br>[°C] | Einstrahlungssumme in<br>Kollektorebene<br><i>Irradiation in collector plane</i><br>[MJ/m <sup>2</sup> ] | Stunden über 1000 W/m <sup>2</sup><br><i>hours with more than 1000 W/m<sup>2</sup></i><br>[h] |
|----------------------|--|--|---|
| 27.08.2021           | 15.7   | 17.6   | 0.0   |
| 28.08.2021           | 13.9   | 8.1  | 0.0   |
| 29.08.2021           | 12.5   | 4.4  | 0.0   |
| 30.08.2021           | 14.3   | 5.8  | 0.0   |
| 31.08.2021           | 15.6   | 9.8  | 0.0   |
| 01.09.2021           | 18.1   | 24.5   | 0.0   |
| 02.09.2021           | 19.2   | 27.6   | 1.6   |
| 03.09.2021           | 20.6   | 27.5   | 1.9   |
| 04.09.2021           | 21.7   | 27.3   | 2.2   |
| 05.09.2021           | 22.6   | 26.0   | 1.1   |
| 06.09.2021           | 22.6   | 25.2   | 1.8   |
| 07.09.2021           | 22.0   | 22.1   | 0.0   |
| 08.09.2021           | 22.7   | 26.7   | 1.7   |
| 09.09.2021           | 24.4   | 20.0   | 0.0   |
| 10.09.2021           | 22.5   | 16.1   | 0.0   |
| 11.09.2021           | 19.2   | 9.6  | 0.0   |
| 12.09.2021           | 20.1   | 24.0   | 0.7   |
| 13.09.2021           | 22.0   | 20.9   | 0.0   |
| 14.09.2021           | 23.8   | 18.9   | 0.0   |
| 15.09.2021           | 19.1   | 4.2  | 0.0   |
| 16.09.2021           | 15.5   | 3.9  | 0.0   |
| 17.09.2021           | 16.5   | 11.2   | 0.0   |
| 18.09.2021           | 18.1   | 23.7   | 0.0   |
| 19.09.2021           | 16.5   | 21.1   | 0.0   |
| 20.09.2021           | 14.5   | 6.7  | 0.0   |
| 21.09.2021           | 13.7   | 16.1   | 0.0   |
| 22.09.2021           | 14.5   | 20.1   | 0.0   |
| 23.09.2021           | 19.0   | 25.9   | 2.0   |
| 24.09.2021           | 19.3   | 24.8   | 0.0   |
| 25.09.2021           | 21.1   | 22.9   | 0.0   |
| 26.09.2021           | 19.3   | 7.7  | 0.0   |
| 27.09.2021           | 19.9   | 15.3   | 0.0   |
| 28.09.2021           | 14.4   | 14.5   | 0.0   |
| 29.09.2021           | 15.1   | 13.6   | 0.0   |
| 30.09.2021           | 12.9   | 21.1   | 0.0   |
| 01.10.2021           | 16.6   | 23.5   | 0.0   |



|                                  |      |  |   |
|----------------------------------|------|--|---|
| 02.10.2021                       | 18.9 | 20.5   | 0.0   |
| 03.10.2021                       | 18.8 | 3.8  | 0.0   |
| 04.10.2021                       | 11.7 | 3.3  | 0.0   |
| 05.10.2021                       | 13.2 | 8.3  | 0.0   |
| 06.10.2021                       | 11.1 | 11.5   | 0.0   |
| 07.10.2021                       | 11.1 | 5.9  | 0.0   |
| 08.10.2021                       | 11.2 | 8.1  | 0.0   |
| 09.10.2021                       | 12.0 | 23.7   | 0.0   |
| 10.10.2021                       | 10.6 | 23.4   | 0.0   |
| 11.10.2021                       | 10.1 | 15.2   | 0.0   |
| 12.10.2021                       | 9.3  | 4.1  | 0.0   |
| 13.10.2021                       | 7.8  | 9.3  | 0.0   |
| 14.10.2021                       | 10.9 | 17.1   | 0.0   |
| 15.10.2021                       | 11.8 | 16.6   | 0.0   |
| 16.10.2021                       | 10.1 | 9.5  | 0.0   |
| 17.10.2021                       | 8.7  | 15.3   | 0.0   |
| 18.10.2021                       | 9.9  | 11.9   | 0.0   |
| <b>Zeitraum</b><br><i>period</i> |      | <b>Einstrahlungssumme in Kollektorebene</b><br><i>Irradiation in collector plane</i><br>[MJ/m <sup>2</sup> ] | <b>Stunden über 1000 W/m<sup>2</sup></b><br><i>hours with more than 1000 W/m<sup>2</sup></i><br>[h] |
| <b>27.08.2021 – 18.10.2021</b>   |      | <b>845.9</b>   | <b>13.0</b>   |

Expositionsdauer:                   Innenprüfung                   27.10.2021 – 29.10.2021  
*Duration of exposure:*           *indoor*

|                                  |   |  |   |
|----------------------------------|---|--|---|
| <b>Datum</b><br><i>Date</i>      | <b>Mittlere Temperatur</b><br><i>Mean temperature</i><br>[°C] | <b>Einstrahlungssumme in Kollektorebene</b><br><i>Irradiation in collector plane</i><br>[MJ/m <sup>2</sup> ] | <b>Stunden über 1000 W/m<sup>2</sup></b><br><i>hours with more than 1000 W/m<sup>2</sup></i><br>[h] |
| 27.10.2021                       | 15.0  | 30.2   | 8.0   |
| 28.10.2021                       | 15.0  | 30.2   | 8.0   |
| 29.10.2021                       | 15.0  | 13.2   | 3.0   |
| <b>Zeitraum</b><br><i>period</i> |   | <b>Einstrahlungssumme in Kollektorebene</b><br><i>Irradiation in collector plane</i><br>[MJ/m <sup>2</sup> ] | <b>Stunden über 1000 W/m<sup>2</sup></b><br><i>hours with more than 1000 W/m<sup>2</sup></i><br>[h] |
| <b>27.10.2021 – 29.10.2021</b>   |   | <b>73.6</b>  | <b>19.0</b>   |



# **Prüfbericht**

## **Wärmeleistung eines Sonnenkollektors**

### *Test Report*

### *Thermal Performance of a Solar Collector*

**nach EN ISO 9806:2017 und  
ICC 901/SRCC 100-2020**  
*according to EN ISO 9806:2017 and  
ICC 901/SRCC 100-2020*

**Prüfbericht-Nr.: 21COL1632OEM28**  
*Test Report No.: 21COL1632OEM28*

**Stuttgart, den 19.02.2024**  
*Stuttgart, February 19<sup>th</sup>, 2024*

**Auftraggeber:** ECOFER OIKONOMOU Z. KOSTAS  
*client:* XANTHIPPOU 150  
GR-15669 PAPAGOU ATHENS  
GREECE

**Hersteller:** ECOFER OIKONOMOU Z. KOSTAS  
*manufacturer:*

**Typ:** ECOFER SMARTEVO 15  
*type:*

**Herstelljahr:** 2021  
*year of production:*

## Inhaltsverzeichnis

### *Table of Contents*

|   |   |
|---|---|
| 1 | Beschreibung des Sonnenkollektors ..... 3<br><i>Solar Collector Description</i>   |
| 2 | Prüfergebnisse Wärmeleistung ..... 6<br><i>Test Results Thermal Performance</i>   |
| 3 | Prüfergebnisse Druckverlust ..... 9<br><i>Test Results Pressure loss</i>  |
| 4 | Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors ..... 10<br><i>Test Occurrences and Operating Behaviour</i>   |
| 5 | Prüfverfahren ..... 10<br><i>Test Methods</i>   |
|   | Anhang A: Messwerte der Außenprüfung unter quasi-dynamischen Bedingungen ..... 11<br><i>Annex A: Measured Data of Outdoor Test under Quasi-Dynamic Conditions</i> |
|   | Anhang B: Bezug auf Aperturfläche ..... 13<br><i>Annex B: Reference to aperture area</i>  |
|   | Anhang C: Leistungskurve für weitere ECOFER SMARTEVO Kollektoren ..... 16<br><i>Annex C: Power curve for other ECOFER SMARTEVO collectors</i>                     |
|   | Anhang D: Nomenklatur ..... 28<br><i>Annex D: Symbols and Units</i>   |

## 1 Beschreibung des Sonnenkollektors (gemäß Herstellerangaben) *Solar Collector Description (acc. to manufacturer)*

|   |  |
|---|--|
| <b>Hersteller</b><br><i>manufacturer</i>                                | ECOFER OIKONOMOU Z. KOSTAS<br>XANTHIPPOU 150<br>GR-15699 PAPAGOOU ATHENS<br>GREECE |
| <b>Ansprechpartner:</b><br><i>contact person:</i>                       | Zachos Oikonomou<br>Tel.: +30 210671551<br>email: zachos@ecofer.com.gr             |
| <b>Typ:</b><br><i>type:</i>   | ECOFER SMARTEVO 15<br><i>ECOFER SMARTEVO 15</i>                                    |
| <b>Herstellernummer:</b><br><i>serial no.:</i>                          | Keine Angabe<br><i>Not specified</i>   |
| <b>Serienprodukt oder Baumuster:</b><br><i>duplicate part or model:</i> | Serienprodukt<br><i>duplicate part</i>   |
| <b>Herstelljahr:</b><br><i>year of production:</i>                      | 2021<br><i>2021</i>  |

### Kollektor *Collector*

|  |  |
|--|--|
| <b>Bauart:</b><br><i>collector type:</i>                                 | Flachkollektor<br><i>flat plate collector</i>    |
| <b>Brutto-Kollektorfläche:</b><br><i>gross area of collector:</i>        | 1.51 m <sup>2</sup><br><i>1.51 m<sup>2</sup></i> |
| <b>Länge:</b><br><i>length:</i>  | 1503 mm<br><i>1503 mm</i>                        |
| <b>Breite:</b><br><i>width:</i>  | 1007 mm<br><i>1007 mm</i>                        |
| <b>Höhe:</b><br><i>height:</i>   | 85 mm<br><i>85 mm</i>                            |
| <b>Gewicht:</b><br><i>weight:</i>  | 20 kg<br><i>20 kg</i>                            |
| <b>Wärmeträgerinhalt:</b><br><i>heat transfer fluid content:</i>         | 1.16 Liter<br><i>1.16 litres</i>                 |
| <b>Material Seitenwand/Rahmen:</b><br><i>material side wall/frame:</i>   | Aluminium<br><i>aluminium</i>                    |
| <b>Material Rückwand:</b><br><i>material back sheet:</i>                 | Aluminium<br><i>aluminium</i>                    |
| <b>Verbindungsart der Rahmenteile:</b><br><i>frame fastening method:</i> | vernietet<br><i>riveted</i>                      |
| <b>Einbauweise:</b><br><i>collector mounting:</i>                        | Aufdach, Flachdach<br><i>on roof, flat roof</i>  |
| <b>Anzahl Anschlüsse:</b><br><i>number of connections:</i>               | 4<br><i>4</i>                                    |
| <b>Ausführung Anschlüsse:</b><br><i>realisation of connections:</i>      | 22 mm Cu-Rohr<br><i>22 mm Cu tube</i>            |

## Absorber

*Absorber*

|   |   |
|---|---|
| <b>Material:</b><br><i>material:</i>  | Aluminiumblech mit Kupferregister<br><i>aluminium sheet with copper pipes</i> |
| <b>Verbindung Fluidkanäle/Absorber:</b><br><i>bond between risers and fin/plate:</i>          | lasergeschweißt<br><i>laser welded</i>  |
| <b>Dicke:</b><br><i>thickness:</i>  | 0.4 mm<br><i>0.4 mm</i>   |
| <b>Oberflächenbehandlung:</b><br><i>surface treatment:</i>                                    | Blue selective<br><i>Blue selective</i>                                       |
| <b>Absorptionsgrad:</b><br><i>solar absorptance:</i>  | 0.95<br><i>0.95</i>   |
| <b>Emissionsgrad:</b><br><i>emittance:</i>  | 0.05<br><i>0.05</i>   |
| <b>Durchströmungsform:</b><br><i>flow pattern:</i>  | Harfe<br><i>harp</i>  |
| <b>Abmessungen Absorber [L x B]:</b><br><i>dimension absorber [L x W]:</i>                    | 1440 mm x 935 mm<br><i>1440 mm x 935 mm</i>                                   |
| <b>Abmessungen Absorberrohre:</b><br><i>dimension absorber tubes:</i>                         | 8.0 x 0.4 mm<br><i>8.0 x 0.4 mm</i>   |
| <b>Anzahl Absorberrohre:</b><br><i>number of absorber tubes:</i>                              | 8<br><i>8</i>   |
| <b>Länge eines Absorberrohres:</b><br><i>length of a single absorber tube:</i>                | 1370 mm<br><i>1370 mm</i>   |
| <b>Abstand der Absorberrohre:</b><br><i>distance centre to centre between absorber tubes:</i> | 105 mm<br><i>105 mm</i>   |
| <b>Länge eines Sammlerrohres:</b><br><i>length of header tube:</i>                            | 1060 mm<br><i>1060 mm</i>   |
| <b>Abmessungen Sammlerrohr:</b><br><i>dimension of the header tube:</i>                       | 22 x 0.7 mm<br><i>22 x 0.7 mm</i>   |

## Transparente Abdeckung

*Transparent cover:*

|   |   |
|---|---|
| <b>Anzahl:</b><br><i>number:</i>  | 1<br><i>1</i>   |
| <b>Länge x Breite x Dicke:</b><br><i>length x width x thickness:</i>                      | 1455 mm x 960 mm x 3.2 mm<br><i>1455 mm x 960 mm x 3.2 mm</i> |
| <b>Transmissionsgrad:</b><br><i>transmittance:</i>  | 0.915<br><i>0.915</i>   |
| <b>Abmessungen Apertur [L x B]:</b><br><i>aperture dimension [L x W]:</i>                 | 1439 mm x 943 mm<br><i>1439 mm x 943 mm</i>                   |
| <b>Oberflächenstruktur innen/außen:</b><br><i>surface characteristics inside/outside:</i> | matt / matt<br><i>matt / matt</i>                             |

## Wärmedämmung

### *Thermal insulation:*

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | Rückseite<br><i>back side</i>                      | seitlich<br><i>at the side</i>                     |
| <b>Material:</b><br><i>material:</i>                       | Glaswolle<br><i>Glass wool</i>                     | Glaswolle<br><i>Glass wool</i>                     |
| <b>Hersteller:</b><br><i>manufacturer:</i>                 | IZOCAM<br><i>IZOCAM</i>                            | IZOCAM<br><i>IZOCAM</i>                            |
| <b>Produktbezeichnung:</b><br><i>product name:</i>         | keine Angabe<br><i>not specified</i>               | keine Angabe<br><i>not specified</i>               |
| <b>Wärmeleitfähigkeit:</b><br><i>thermal conductivity:</i> | 0.035 W/(mK)<br><i>0.035 W/(mK)</i>                | 0.031 W/(mK)<br><i>0.031 W/(mK)</i>                |
| <b>Dichte:</b><br><i>density:</i>                          | 25 kg/m <sup>3</sup><br><i>25 kg/m<sup>3</sup></i> | 60 kg/m <sup>3</sup><br><i>60 kg/m<sup>3</sup></i> |
| <b>Dicke:</b><br><i>thickness:</i>                         | 30 mm<br><i>30 mm</i>                              | 15 mm<br><i>15 mm</i>                              |

## Grenzdaten

### *Limitations:*

|   |  |
|---|--|
| <b>Stillstandstemperatur:</b><br><i>stagnation temperature:</i>                 | 230 °C (von Prüflabor bestimmt)<br><i>230 °C (determined by test laboratory)</i> |
| <b>maximale Betriebstemperatur:</b><br><i>maximum operation temperature:</i>    | keine Angabe<br><i>not specified</i>   |
| <b>max. zulässiger Betriebsdruck:</b><br><i>maximum operation pressure:</i>     | 10 bar<br><i>10 bar</i>  |
| <b>Zulässiger Wärmeträger:</b><br><i>allowed heat transfer fluid:</i>           | Wasser-Frostschutz-Gemisch<br><i>antifreeze/water mixture</i>                    |
| <b>Nenndurchfluss pro Kollektor:</b><br><i>nominal flow rate per collector:</i> | keine Angabe<br><i>not specified</i>   |

## Gültigkeit

### *Validity:*

Der Prüfbericht ist gültig für den oben beschriebenen Kollektortyp ECOFER SMARTEVO 15 sowie für die baugleichen Kollektoren ECOFER SMARTEVO 27, ECOFER SMARTEVO 25, ECOFER SMARTEVO 23, ECOFER SMARTEVO 20, ECOFER SMARTEVO 19 und ECOFER SMARTEVO 17.

*The test report is valid for collector type ECOFER SMARTEVO 15 as specified above as well as for the collectors ECOFER SMARTEVO 27, ECOFER SMARTEVO 25, ECOFER SMARTEVO 23, ECOFER SMARTEVO 20, ECOFER SMARTEVO 19 and ECOFER SMARTEVO 17 as specified above.*

## 2 Prüfergebnisse Wärmeleistung

### *Test Results Thermal Performance*

#### Spezifische Nutzenergie des Kollektors:

*Specific useful energy extracted from the collector:*

$$\dot{Q} = A_G \left[ \eta_{0,b} K_b(\theta_L, \theta_T) G_b + \eta_{0,b} K_d G_d - a_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - a_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - a_3 u'(\vartheta_m - \vartheta_a) \right. \\ \left. + a_4(E_L - \sigma T_a^4) - a_5 \left( \frac{d\vartheta_m}{dt} \right) - a_6 u' G - a_7 u'(E_L - \sigma T_a^4) - a_8(\vartheta_m - \vartheta_a)^4 \right]$$

mit/*with*

$$K_b(\theta_L, \theta_T) = K_b(\theta_L, 0) \cdot K_b(0, \theta_T)$$

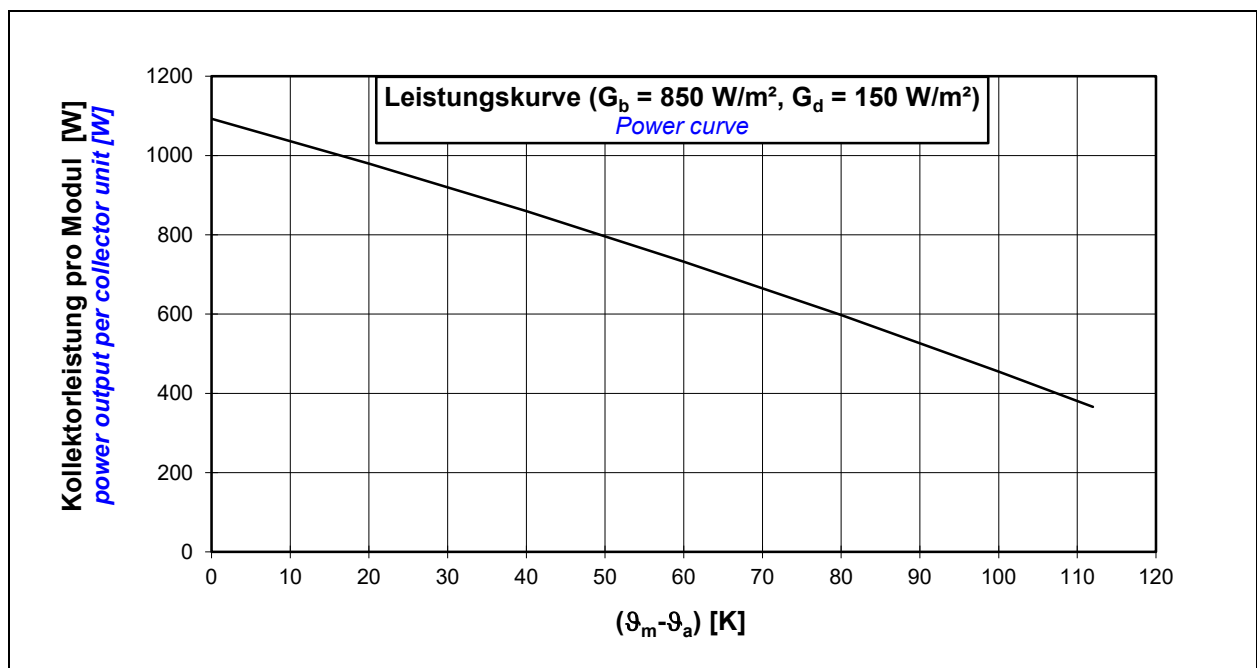
|   | Einheit<br><i>unit</i>                     | Wert<br><i>value</i> | $\sigma^*$ |
|---|--|----------------------|------------|
| <b>Konversionsfaktor basierend auf der direkten Bestrahlungsstärke</b><br><i>peak collector efficiency based on beam irradiance</i>   | $\eta_{0,b}$ [-]                           | 0.725                | 0.003      |
| <b>Einfallswinkel-Korrekturfaktor für diffuse Strahlung</b><br><i>incidence angle modifier for diffuse radiation</i>  | $K_d$ [-]                                  | 0.989                | 0.015      |
| <b>Wärmedurchgangskoeffizient</b><br><i>heat loss coefficient</i>   | $a_1$ [W/(m <sup>2</sup> K)]               | 3.623                | 0.135      |
| <b>temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient</b><br><i>temperature dependent heat loss coefficient</i>  | $a_2$ [W/(m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )] | 0.006                | 0.002      |
| <b>windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient</b><br><i>wind speed dependent heat loss coefficient</i>   | $a_3$ [J/(m <sup>3</sup> K)]               | 0                    | -          |
| <b>Faktor zur Berechnung der von der Himmelstemperatur abhängigen Strahlungswärmeverluste</b><br><i>factor for calculation of sky temperature dependent radiative heat losses</i> | $a_4$ [-]                                  | 0                    | -          |
| <b>effektive spezifische Wärmekapazität</b><br><i>effective specific thermal capacity</i>   | $a_5$ [J/(m <sup>2</sup> K)]               | 13660                | 440        |
| <b>Koeffizient zur Berechnung der Windabhängigkeit des Konversionsfaktors</b><br><i>coefficient for calculation of wind dependence of zero loss efficiency</i>                    | $a_6$ [s/(m)]                              | 0                    | -          |
| <b>Windabhängiger Strahlungsaustauschkoeffizient</b><br><i>wind speed dependence or IR radiation exchange</i>   | $a_7$ [s/m]                                | 0                    | -          |
| <b>Koeffizient zur Berechnung der Strahlungswärmeverluste</b><br><i>coefficient for radiation losses</i>  | $a_8$ [W/m <sup>2</sup> K <sup>4</sup> ]   | 0                    | -          |

\*  $\sigma$ : Standardabweichung / *standard deviation*

**Einfallswinkel-Korrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke**  
*Incidence angle modifier of the beam solar irradiance*

| <b>Einfallswinkel <math>\theta</math></b><br><i>incident angle <math>\theta</math></i> | 0    | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b><math>K_b(\theta_L, 0)</math>:</b>  | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.96 | 0.87 | 0.63 | 0.32 | 0.00 |
| <b><math>\sigma^*</math></b>   | -    | -    | 0.01 | -    | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | -    | -    |
| <b><math>K_b(0, \theta_T)</math>:</b>  | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.96 | 0.87 | 0.63 | 0.32 | 0.00 |
| <b><math>\sigma^*</math></b>   | -    | -    | 0.01 | -    | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | -    | -    |

|  |        |
|--|--------|
| <b>Maximale Temperaturdifferenz während der Prüfung</b><br><i>(<math>\vartheta_m - \vartheta_a</math>)<sub>max</sub>:</i>  | 82 K   |
| <i>maximum temperature difference during test (<math>\vartheta_m - \vartheta_a</math>)<sub>max</sub>:</i>  | 82 K   |
| <b>Peakleistung pro Kollektormodul <math>\dot{Q}_{peak}</math></b><br><b>(<math>G_b = 850 \text{ W/m}^2</math>, <math>G_d = 150 \text{ W/m}^2</math>, (<math>\vartheta_m - \vartheta_a</math>) = 0):</b> | 1093 W |
| <i>peak power per collector unit <math>\dot{Q}_{peak}</math></i><br><i>(<math>G_b = 850 \text{ W/m}^2</math>, <math>G_d = 150 \text{ W/m}^2</math>, (<math>\vartheta_m - \vartheta_a</math>) = 0):</i>   | 1093 W |





**Kollektorleistung pro Modul [W]**  
*Power output per collector unit [W]*

| $\vartheta_m - \vartheta_a$<br>[K] | Bestrahlungsstärke / <i>Irradiance</i>               |  |  |
|------------------------------------|--|--|--|
|                                    | $G_b = 0 \text{ W/m}^2$<br>$G_d = 400 \text{ W/m}^2$ | $G_b = 440 \text{ W/m}^2$<br>$G_d = 260 \text{ W/m}^2$ | $G_b = 850 \text{ W/m}^2$<br>$G_d = 150 \text{ W/m}^2$ |
| 0                                  | 433  | 763  | 1093   |
| 20                                 | 320  | 650  | 980  |
| 40                                 | 200  | 530  | 860  |
| 60                                 | 72   | 402  | 732  |
| 80                                 | 0 *)   | 268  | 597  |
| 100                                | 0 *)   | 126  | 455  |
| 112                                | 0 *)   | 37   | 367  |

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung  
*Note: the reported values are for normal incidence*

\*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

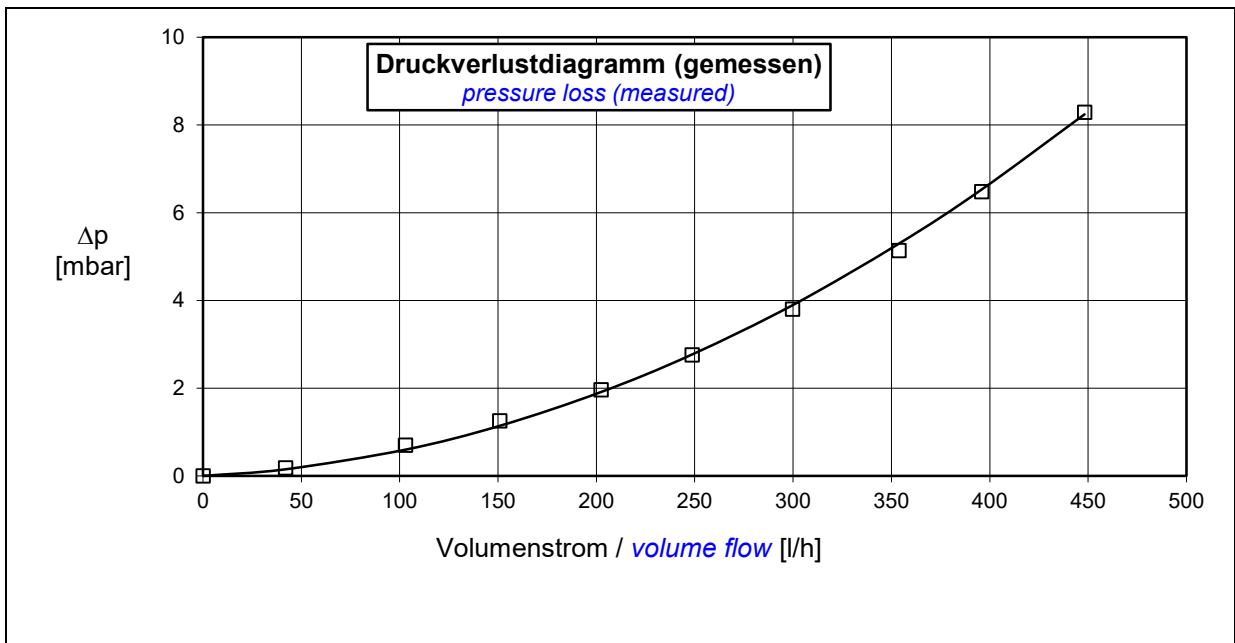
\*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

### 3 Prüfergebnisse Druckverlust

*Test Results Pressure Loss*

|   |  |
|---|--|
| <b>Bestimmung des Druckverlusts:</b><br><i>Determination of the pressure loss</i> | $\Delta p = a \cdot \dot{V}^2 + b \cdot \dot{V}$   |
| <b>a [(mbar h<sup>2</sup>)/l<sup>2</sup>]</b>                                     | <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">3.6395 E-05</div> |
| <b>b [(mbar h)/l]</b>   | <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">0.00208</div>     |

(Wassertemperatur / *water temperature*  $\vartheta = 20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ )



#### Tabelle der aufgenommenen Messwerte

*Table of measuring data*

|  |     |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Volumenstrom<br>[l/h]<br><i>volume flow</i>    | 0.0 | 41.8 | 102.9 | 150.8 | 202.3 | 248.7 | 299.7 | 353.7 | 395.9 | 448.1 | 487.8 |
| Druckverlust<br>[mbar]<br><i>pressure loss</i> | 0.0 | 0.2  | 0.7   | 1.3   | 2.0   | 2.8   | 3.8   | 5.1   | 6.5   | 8.3   | 9.8   |

## 4 Prüfvorkommnisse und Betriebsverhalten des Kollektors

### *Test Occurrences and Operating Behaviour*

Keine Auffälligkeiten

*Nothing particular*

## 5 Prüfverfahren

### *Test Methods*

Die Prüfung der Wärmeleistung erfolgte im Außentest nach EN ISO 9806:2017 "Solarenergie - Thermische Sonnenkollektoren - Prüfverfahren" und ICC 901/SRCC 100-2020 unter Verwendung des Prüfverfahrens unter quasi-dynamischen Bedingungen mit einer Kollektorneigung von 44 °. Als Wärmeträger wurde Wasser mit einem spezifischen Massenstrom von 72 kg/(m<sup>2</sup>h) verwendet.

*The thermal performance test was carried out outdoors according to EN ISO 9806:2017 „Solar energy – Solar thermal collectors – Test methods“ and ICC 901/SRCC 100-2020 under quasi-dynamic conditions and a collector tilt angle of 44 °.*

*Water was used as heat transfer fluid with a specific mass flow rate of 72 kg/(m<sup>2</sup>h).*

Dieser Prüfbericht darf ohne die schriftliche Zustimmung des IGTE nicht **auszugsweise** vervielfältigt werden.

*It is not allowed to copy **extracts** of this test report without a written agreement from IGTE.*

**Eingang Prüfling:**

26.08.2021

*Arrival of test sample:*

**Interne Kennzeichnung des Prüflings:**

C1632

*Internal identification of test sample:*

C1632

**Prüfzeitraum:**

08.09.2021 – 25.10.2021

*Test period:*

**Prüfer:**

F. Sansonnens, Dipl.-Ing. (FH) C. Twerdy

*Test engineer:*

Stuttgart, den 19.02.2024

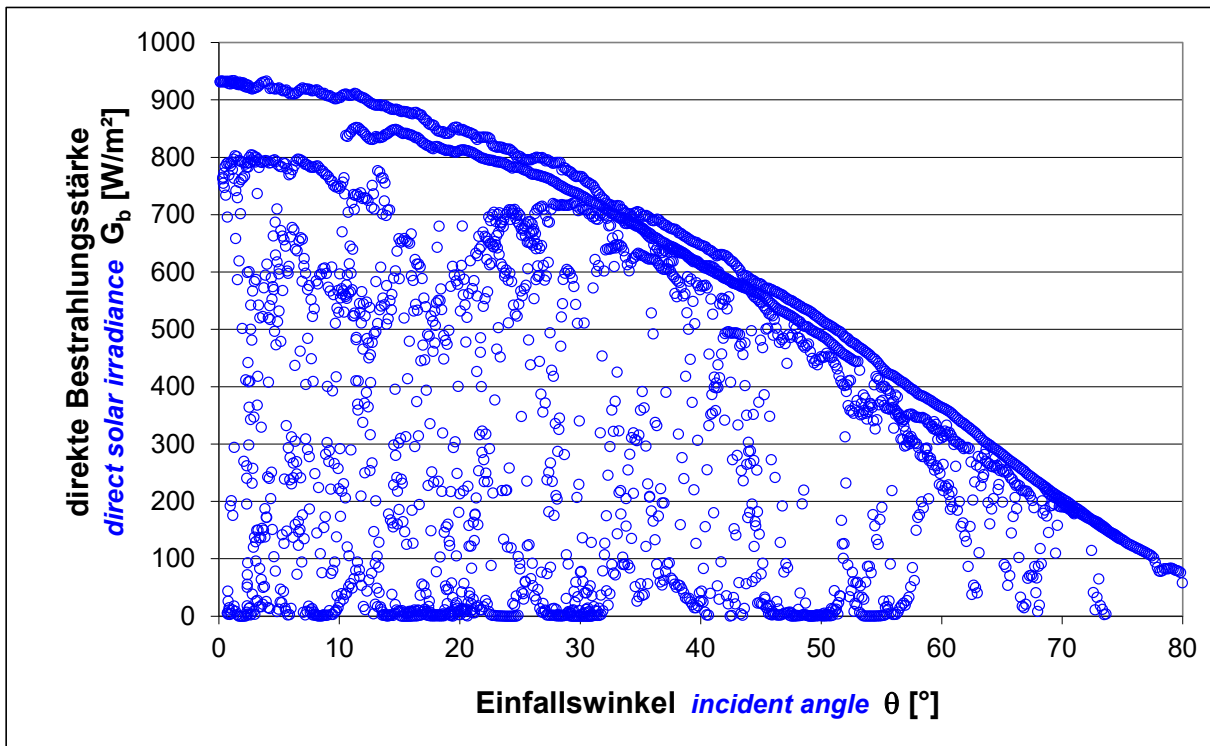
Dr.-Ing. Harald Drück

Leiter Prüfbereich Solar

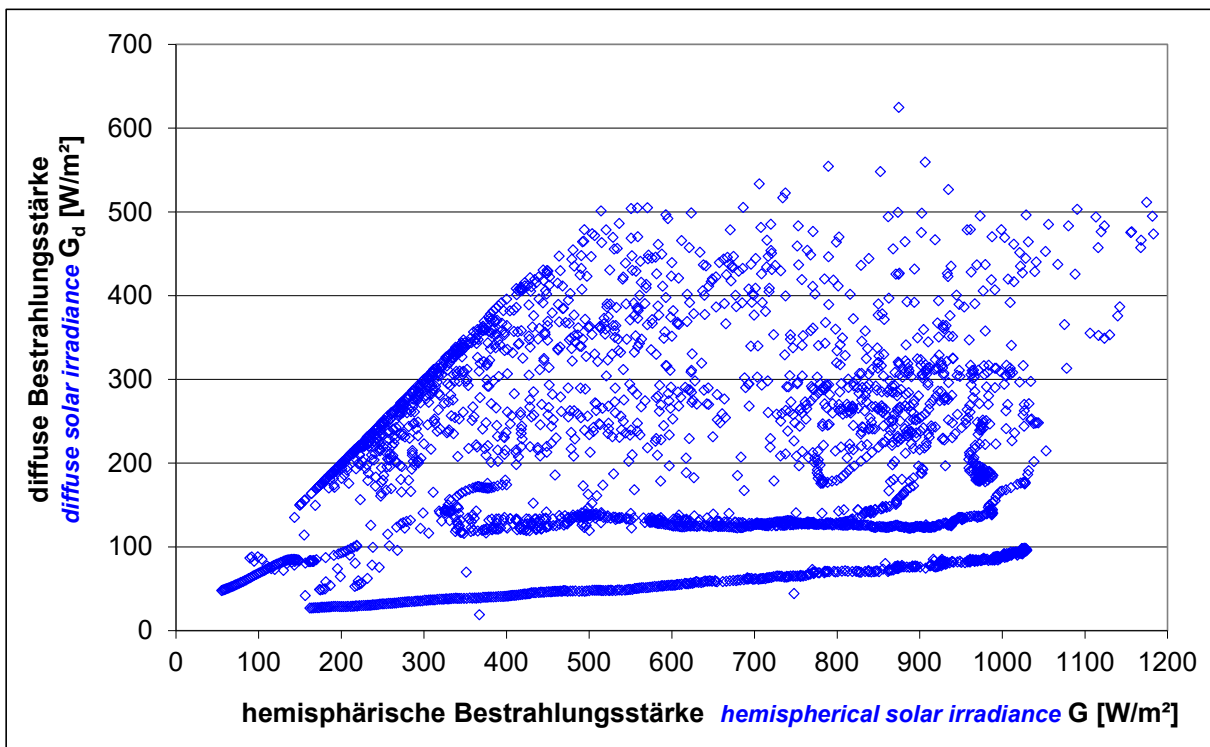
*Head of test section solar*

## Anhang A: Messwerte der Außenprüfung unter quasi-dynamischen Bedingungen

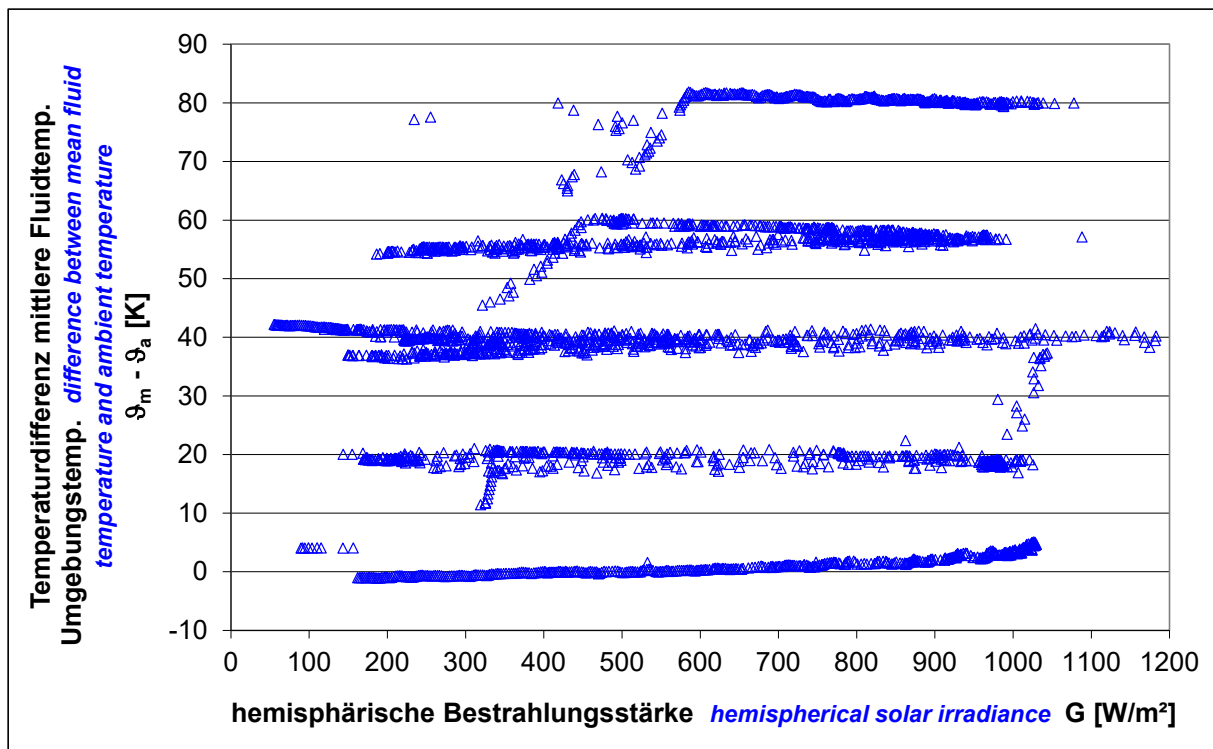
*Annex A: Measured Data of Outdoor Test under Quasi-Dynamic Conditions*



**Abbildung A.1:** Direkte Bestrahlungsstärke für unterschiedliche Einfallswinkel  
*Figure A.1: Direct solar irradiance for different incident angles*



**Abbildung A.2:** Zusammenhang zwischen diffuser Bestrahlungsstärke und hemisphärischer Bestrahlungsstärke  
*Figure A.2: Relation between diffuse solar irradiance and hemispherical solar irradiance*



**Abbildung A.3:** Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Fluidtemperatur und Umgebungstemperatur für unterschiedliche hemisphärische Bestrahlungsstärken

*Figure A.3: Difference between mean fluid temperature and ambient temperature for different hemispherical solar irradiance values*

## Anhang B: Bezug auf Aperturfläche

### *Annex B: Reference to aperture area*

Seit März 2014 hat die internationale Norm EN ISO 9806 die bislang gültige europäische Norm EN 12975-2:2006 abgelöst. Die EN ISO 9806 verwendet als Bezugsfläche für die Kollektorkennwerte die Brutto-Kollektorfläche. Um die Vergleichbarkeit mit Kollektorkennwerten herzustellen, die auf die Aperturfläche bezogen sind, werden in diesem Anhang die Kollektorkennwerte bezogen auf die Brutto-Kollektorfläche und Aperturfläche dargestellt.

**Die thermische Leistungsfähigkeit des Kollektors ist unabhängig von der gewählten Bezugsfläche und ändert sich daher durch die hier beschriebene Umrechnung nicht!**

*Since March 2014 the international standard EN ISO 9806 has replaced the European standard EN 12975-2:2006 which was valid so far. The standard EN ISO 9806 uses for the collector parameters the gross area as reference area. For the comparison of collector parameters, which were determined using the aperture area as reference area, this annex presents the collector parameters based on gross collector area and aperture area.*

***The thermal performance of the collector is independent from the used reference area and hence is not changed by the conversion procedure described here!***

Die Umrechnung von der Brutto-Kollektorfläche ( $A_G$ ) als Bezugsfläche auf die Aperturfläche ( $A_{Ap}$ ) als Bezugsfläche erfolgt durch das Flächenverhältnis  $A_G/A_{Ap}$  für die Kollektorkennwerte:  $\eta_{0,b}$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_5$ ,  $a_7$  und  $a_8$ .

Die Kollektorkennwerte  $K_d$ ,  $a_4$  sind flächenunabhängig und bedürfen keiner Umrechnung.

*The conversion from the gross collector area ( $A_G$ ) as reference area to the aperture area ( $A_{Ap}$ ) as reference area is calculated by multiplication with the area ratio  $A_G/A_{Ap}$  for the collector parameters  $\eta_{0,b}$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_5$ ,  $a_7$  and  $a_8$ .*

*The collector parameters  $K_d$ ,  $a_4$  and independent from the reference area and need no conversion.*

$$\eta_{0,b}(A_{Ap}) = \eta_{0,b}(A_G) \frac{A_G}{A_{Ap}}$$

$$a_1(A_{Ap}) = a_1(A_G) \frac{A_G}{A_{Ap}}$$

$$a_2(A_{Ap}) = a_2(A_G) \frac{A_G}{A_{Ap}}$$

$$a_5(A_{Ap}) = a_5(A_G) \frac{A_G}{A_{Ap}}$$

$$a_7(A_{Ap}) = a_7(A_G) \frac{A_G}{A_{Ap}}$$

$$a_8(A_{Ap}) = a_8(A_G) \frac{A_G}{A_{Ap}}$$

( $A_{Ap}$ ) steht hierbei für den auf die Aperturfläche bezogenen Kollektorkennwert und ( $A_G$ ) für den auf die Brutto-Kollektorfläche bezogenen Kollektorkennwert.

*( $A_{Ap}$ ) represents the collector parameter based on aperture area and ( $A_G$ ) represents the collector parameter based on gross area.*

### Spezifische Nutzenergie des Kollektors:

*Specific useful energy extracted from the collector:*

$$\dot{Q} = A_G \left[ \eta_{0,b} K_b(\theta_L, \theta_T) G_b + \eta_{0,b} K_d G_d - a_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - a_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - a_3 u'(\vartheta_m - \vartheta_a) \right. \\ \left. + a_4(E_L - \sigma T_a^4) - a_5 \left( \frac{d\vartheta_m}{dt} \right) - a_6 u' G - a_7 u'(E_L - \sigma T_a^4) - a_8(\vartheta_m - \vartheta_a)^4 \right]$$

mit/*with*

$$K_b(\theta_L, \theta_T) = K_b(\theta_L, 0) \cdot K_b(0, \theta_T)$$

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| <b>Bezugsfläche, Brutto-Kollektorfläche, Aperturfläche</b><br><i>Reference area, gross area, aperture area</i>  | $A, A_G, A_{Ap}$<br>[m <sup>2</sup> ]         | <b>A<sub>G</sub> = 1.51</b>                                   | <b>A<sub>Ap</sub> = 1.36</b>                                    |
|   |   | <b>Bezug<br/>A<sub>G</sub><br/>Based on<br/>A<sub>G</sub></b> | <b>Bezug<br/>A<sub>Ap</sub><br/>Based on<br/>A<sub>Ap</sub></b> |
| <b>Konversionsfaktor basierend auf der direkten Bestrahlungsstärke</b><br><i>peak collector efficiency based on beam irradiance</i>   | $\eta_{0,b}$ [-]                              | <b>0.725</b>  | 0.805   |
| <b>Einfallswinkel-Korrekturfaktor für diffuse Strahlung</b><br><i>incidence angle modifier for diffuse radiation</i>  | $K_d$ [-]                                     | <b>0.989</b>  | 0.989   |
| <b>Wärmedurchgangskoeffizient</b><br><i>heat loss coefficient</i>   | $a_1$<br>[W/(m <sup>2</sup> K)]               | <b>3.623</b>  | 4.023   |
| <b>temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient</b><br><i>temperature dependent heat loss coefficient</i>  | $a_2$<br>[W/(m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )] | <b>0.006</b>  | 0.007   |
| <b>windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient</b><br><i>wind speed dependent heat loss coefficient</i>   | $a_3$<br>[J/(m <sup>3</sup> K)]               | 0   | -   |
| <b>Faktor zur Berechnung der von der Himmelstemperatur abhängigen Strahlungswärmeverluste</b><br><i>factor for calculation of sky temperature dependent radiative heat losses</i> | $a_4$ [-]                                     | 0   | -   |
| <b>effektive spezifische Wärmekapazität</b><br><i>effective specific thermal capacity</i>   | $a_5$<br>[J/(m <sup>2</sup> K)]               | <b>13660</b>  | 15167   |
| <b>Koeffizient zur Berechnung der Windabhängigkeit des Konversionsfaktors</b><br><i>coefficient for calculation of wind dependence of zero loss efficiency</i>                    | $a_6$ [s/(m)]                                 | 0   | -   |
| <b>Windabhängiger Strahlungsaustauschkoeffizient</b><br><i>wind speed dependence or IR radiation exchange</i>   | $a_7$ [s/m]                                   | -   | -   |
| <b>Koeffizient zur Berechnung der Strahlungswärmeverluste</b><br><i>coefficient for radiation losses</i>  | $a_8$<br>[W/m <sup>2</sup> K <sup>4</sup> ]   | -   | -   |

### Einfallswinkel-Korrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE) • Forschungs- und Testzentrum für Solaranlagen (TZS) Pfaffenwaldring 6 • 70550 Stuttgart

Tel. +49(0)711/685-63536 • Fax +49(0)711/685-63503 • e-mail: tzs@itw.uni-stuttgart.de

*Incidence angle modifier of the beam solar irradiance*

| <b>Einfallswinkel <math>\theta</math></b><br><i>incident angle <math>\theta</math></i> | 0    | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b><math>K_b(\theta_L, 0)</math>:</b>  | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.96 | 0.87 | 0.63 | 0.32 | 0.00 |
| <b><math>K_b(0, \theta_T)</math>:</b>  | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.96 | 0.87 | 0.63 | 0.32 | 0.00 |



## Anhang C.1: Leistungskurve für ECOFER SMARTEVO 17

### *Annex C.1: Power curve for ECOFER SMARTEVO 17*

#### Spezifische Nutzenergie des Kollektors:

*Specific useful energy extracted from the collector:*

$$\dot{Q} = A_G \left[ \eta_{0,b} K_b(\theta_L, \theta_T) G_b + \eta_{0,b} K_d G_d - a_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - a_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - a_3 u'(\vartheta_m - \vartheta_a) \right. \\ \left. + a_4(E_L - \sigma T_a^4) - a_5 \left( \frac{d\vartheta_m}{dt} \right) - a_6 u' G - a_7 u'(E_L - \sigma T_a^4) - a_8(\vartheta_m - \vartheta_a)^4 \right]$$

mit/*with*

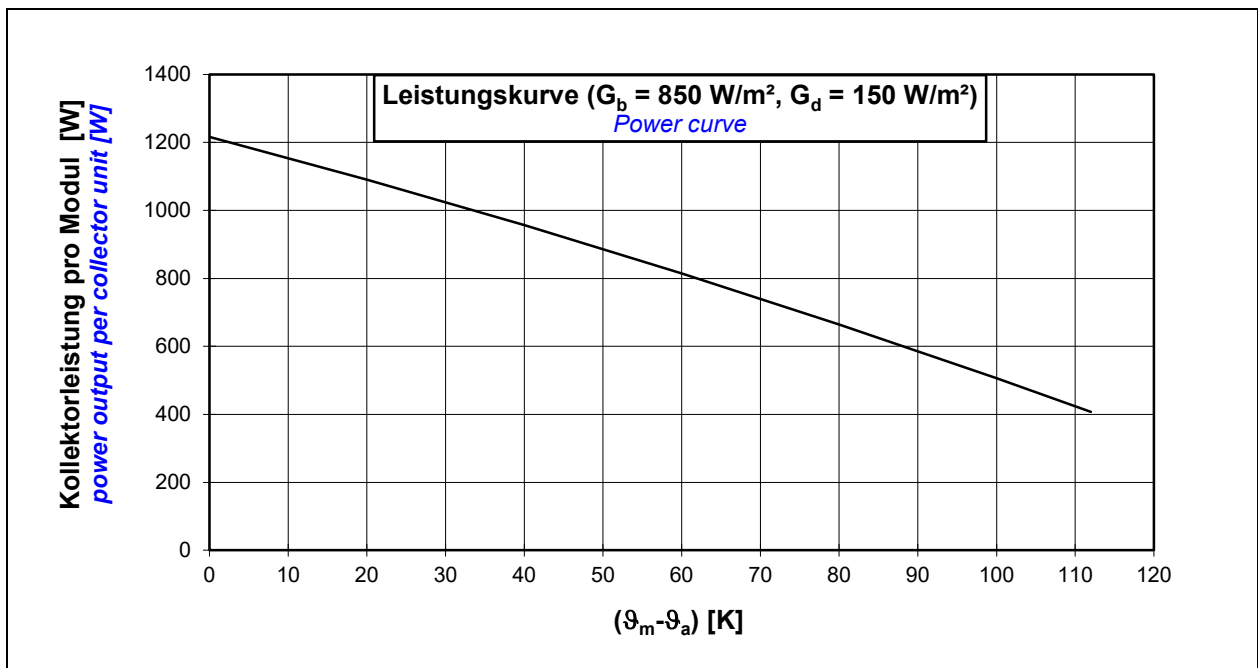
$$K_b(\theta_L, \theta_T) = K_b(\theta_L, 0) \cdot K_b(0, \theta_T)$$

|   | Einheit<br><i>unit</i>                                | Wert<br><i>value</i> |
|---|---|----------------------|
| <b>Brutto-Kollektorfläche</b><br><i>gross area of collector</i>   | <b>A<sub>G</sub> [m<sup>2</sup>]</b>                  | <b>1.68</b>          |
| <b>Konversionsfaktor basierend auf der direkten Bestrahlungsstärke</b><br><i>peak collector efficiency based on beam irradiance</i>   | <b>η<sub>0,b</sub> [-]</b>                            | <b>0.725</b>         |
| <b>Einfallswinkel-Korrekturfaktor für diffuse Strahlung</b><br><i>incidence angle modifier for diffuse radiation</i>  | <b>K<sub>d</sub> [-]</b>                              | <b>0.989</b>         |
| <b>Wärmedurchgangskoeffizient</b><br><i>heat loss coefficient</i>   | <b>a<sub>1</sub> [W/(m<sup>2</sup>K)]</b>             | <b>3.623</b>         |
| <b>temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient</b><br><i>temperature dependent heat loss coefficient</i>  | <b>a<sub>2</sub> [W/(m<sup>2</sup>K<sup>2</sup>)]</b> | <b>0.006</b>         |
| <b>windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient</b><br><i>wind speed dependent heat loss coefficient</i>   | <b>a<sub>3</sub> [J/(m<sup>3</sup>K)]</b>             | <b>0</b>             |
| <b>Faktor zur Berechnung der von der Himmelstemperatur abhängigen Strahlungswärmeverluste</b><br><i>factor for calculation of sky temperature dependent radiative heat losses</i> | <b>a<sub>4</sub> [-]</b>                              | <b>0</b>             |
| <b>effektive spezifische Wärmekapazität</b><br><i>effective specific thermal capacity</i>   | <b>a<sub>5</sub> [J/(m<sup>2</sup>K)]</b>             | <b>13660</b>         |
| <b>Koeffizient zur Berechnung der Windabhängigkeit des Konversionsfaktors</b><br><i>coefficient for calculation of wind dependence of zero loss efficiency</i>                    | <b>a<sub>6</sub> [s/(m)]</b>                          | <b>0</b>             |
| <b>Windabhängiger Strahlungsaustauschkoeffizient</b><br><i>wind speed dependence or IR radiation exchange</i>   | <b>a<sub>7</sub> [s/m]</b>                            | <b>0</b>             |
| <b>Koeffizient zur Berechnung der Strahlungswärmeverluste</b><br><i>coefficient for radiation losses</i>  | <b>a<sub>8</sub> [W/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>]</b>   | <b>0</b>             |

**Einfallswinkel-Korrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke**  
*Incidence angle modifier of the beam solar irradiance*

| Einfallswinkel $\theta$<br><i>incident angle <math>\theta</math></i> | 0    | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $K_b(\theta_L, 0)$ :   | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.96 | 0.87 | 0.63 | 0.32 | 0.00 |
| $K_b(0, \theta_T)$ :   | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.96 | 0.87 | 0.63 | 0.32 | 0.00 |

|  |
|--|
| Peakleistung pro Kollektormodul $\dot{Q}_{peak}$ 1216 W<br>( $G_b = 850 \text{ W/m}^2, G_d = 150 \text{ W/m}^2, (\vartheta_m - \vartheta_a) = 0$ ):<br><i>peak power per collector unit <math>\dot{Q}_{peak}</math> 1216 W</i><br>( $G_b = 850 \text{ W/m}^2, G_d = 150 \text{ W/m}^2, (\vartheta_m - \vartheta_a) = 0$ ): |
|--|



**Kollektorleistung pro Modul [W]**  
*Power output per collector unit [W]*

| $\vartheta_m - \vartheta_a$<br>[K] | Bestrahlungsstärke / <i>Irradiance</i>               |  |  |
|------------------------------------|--|--|--|
|                                    | $G_b = 0 \text{ W/m}^2$<br>$G_d = 400 \text{ W/m}^2$ | $G_b = 440 \text{ W/m}^2$<br>$G_d = 260 \text{ W/m}^2$ | $G_b = 850 \text{ W/m}^2$<br>$G_d = 150 \text{ W/m}^2$ |
| 0                                  | 482  | 849  | 1216   |
| 20                                 | 356  | 723  | 1090   |
| 40                                 | 222  | 590  | 956  |
| 60                                 | 80   | 448  | 815  |
| 80                                 | 0 *)   | 298  | 665  |
| 100                                | 0 *)   | 140  | 507  |
| 112                                | 0 *)   | 41   | 408  |

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung  
*Note: the reported values are for normal incidence*

\*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

\*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

## Anhang C.2: Leistungskurve für ECOFER SMARTEVO 19

### *Annex C.2: Power curve for ECOFER SMARTEVO 19*

#### Spezifische Nutzenergie des Kollektors:

*Specific useful energy extracted from the collector:*

$$\dot{Q} = A_G \left[ \eta_{0,b} K_b(\theta_L, \theta_T) G_b + \eta_{0,b} K_d G_d - a_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - a_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - a_3 u'(\vartheta_m - \vartheta_a) \right. \\ \left. + a_4(E_L - \sigma T_a^4) - a_5 \left( \frac{d\vartheta_m}{dt} \right) - a_6 u' G - a_7 u'(E_L - \sigma T_a^4) - a_8(\vartheta_m - \vartheta_a)^4 \right]$$

mit/*with*

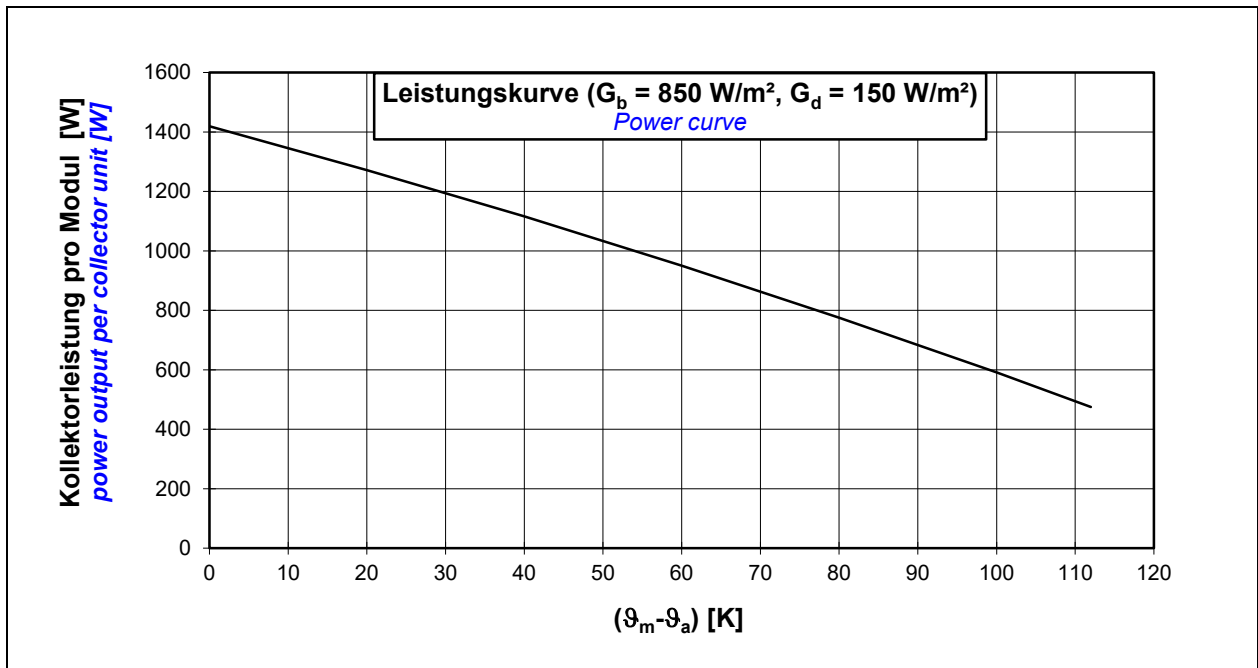
$$K_b(\theta_L, \theta_T) = K_b(\theta_L, 0) \cdot K_b(0, \theta_T)$$

|   | Einheit<br><i>unit</i>                                | Wert<br><i>value</i> |
|---|---|----------------------|
| <b>Brutto-Kollektorfläche</b><br><i>gross area of collector</i>   | <b>A<sub>G</sub> [m<sup>2</sup>]</b>                  | <b>1.96</b>          |
| <b>Konversionsfaktor basierend auf der direkten Bestrahlungsstärke</b><br><i>peak collector efficiency based on beam irradiance</i>   | <b>η<sub>0,b</sub> [-]</b>                            | <b>0.725</b>         |
| <b>Einfallswinkel-Korrekturfaktor für diffuse Strahlung</b><br><i>incidence angle modifier for diffuse radiation</i>  | <b>K<sub>d</sub> [-]</b>                              | <b>0.989</b>         |
| <b>Wärmedurchgangskoeffizient</b><br><i>heat loss coefficient</i>   | <b>a<sub>1</sub> [W/(m<sup>2</sup>K)]</b>             | <b>3.623</b>         |
| <b>temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient</b><br><i>temperature dependent heat loss coefficient</i>  | <b>a<sub>2</sub> [W/(m<sup>2</sup>K<sup>2</sup>)]</b> | <b>0.006</b>         |
| <b>windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient</b><br><i>wind speed dependent heat loss coefficient</i>   | <b>a<sub>3</sub> [J/(m<sup>3</sup>K)]</b>             | <b>0</b>             |
| <b>Faktor zur Berechnung der von der Himmelstemperatur abhängigen Strahlungswärmeverluste</b><br><i>factor for calculation of sky temperature dependent radiative heat losses</i> | <b>a<sub>4</sub> [-]</b>                              | <b>0</b>             |
| <b>effektive spezifische Wärmekapazität</b><br><i>effective specific thermal capacity</i>   | <b>a<sub>5</sub> [J/(m<sup>2</sup>K)]</b>             | <b>13660</b>         |
| <b>Koeffizient zur Berechnung der Windabhängigkeit des Konversionsfaktors</b><br><i>coefficient for calculation of wind dependence of zero loss efficiency</i>                    | <b>a<sub>6</sub> [s/(m)]</b>                          | <b>0</b>             |
| <b>Windabhängiger Strahlungsaustauschkoeffizient</b><br><i>wind speed dependence or IR radiation exchange</i>   | <b>a<sub>7</sub> [s/m]</b>                            | <b>0</b>             |
| <b>Koeffizient zur Berechnung der Strahlungswärmeverluste</b><br><i>coefficient for radiation losses</i>  | <b>a<sub>8</sub> [W/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>]</b>   | <b>0</b>             |

**Einfallswinkel-Korrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke**  
*Incidence angle modifier of the beam solar irradiance*

| Einfallswinkel $\theta$<br><i>incident angle <math>\theta</math></i> | 0    | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $K_b(\theta_L, 0)$ :   | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.96 | 0.87 | 0.63 | 0.32 | 0.00 |
| $K_b(0, \theta_T)$ :   | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.96 | 0.87 | 0.63 | 0.32 | 0.00 |

|  |
|--|
| <b>Peakleistung pro Kollektormodul <math>\dot{Q}_{peak}</math></b> 1419 W<br><b>(<math>G_b = 850 \text{ W/m}^2</math>, <math>G_d = 150 \text{ W/m}^2</math>, <math>(\vartheta_m - \vartheta_a) = 0</math>):</b><br><i>peak power per collector unit <math>\dot{Q}_{peak}</math></i> 1419 W<br><b>(<math>G_b = 850 \text{ W/m}^2</math>, <math>G_d = 150 \text{ W/m}^2</math>, <math>(\vartheta_m - \vartheta_a) = 0</math>):</b> |
|--|



**Kollektorleistung pro Modul [W]**  
*Power output per collector unit [W]*

| $\vartheta_m - \vartheta_a$<br>[K] | Bestrahlungsstärke / <i>Irradiance</i>               |  |  |
|------------------------------------|--|--|--|
|                                    | $G_b = 0 \text{ W/m}^2$<br>$G_d = 400 \text{ W/m}^2$ | $G_b = 440 \text{ W/m}^2$<br>$G_d = 260 \text{ W/m}^2$ | $G_b = 850 \text{ W/m}^2$<br>$G_d = 150 \text{ W/m}^2$ |
| 0                                  | 562  | 991  | 1419   |
| 20                                 | 415  | 844  | 1272   |
| 40                                 | 259  | 688  | 1116   |
| 60                                 | 94   | 522  | 950  |
| 80                                 | 0 *)   | 347  | 775  |
| 100                                | 0 *)   | 163  | 591  |
| 112                                | 0 *)   | 48   | 476  |

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung  
*Note: the reported values are for normal incidence*

\*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

\*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

## Anhang C.3: Leistungskurve für ECOFER SMARTEVO 20

### *Annex C.3: Power curve for ECOFER SMARTEVO 20*

#### Spezifische Nutzenergie des Kollektors:

*Specific useful energy extracted from the collector:*

$$\dot{Q} = A_G \left[ \eta_{0,b} K_b(\theta_L, \theta_T) G_b + \eta_{0,b} K_d G_d - a_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - a_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - a_3 u'(\vartheta_m - \vartheta_a) \right. \\ \left. + a_4(E_L - \sigma T_a^4) - a_5 \left( \frac{d\vartheta_m}{dt} \right) - a_6 u' G - a_7 u'(E_L - \sigma T_a^4) - a_8(\vartheta_m - \vartheta_a)^4 \right]$$

mit/*with*

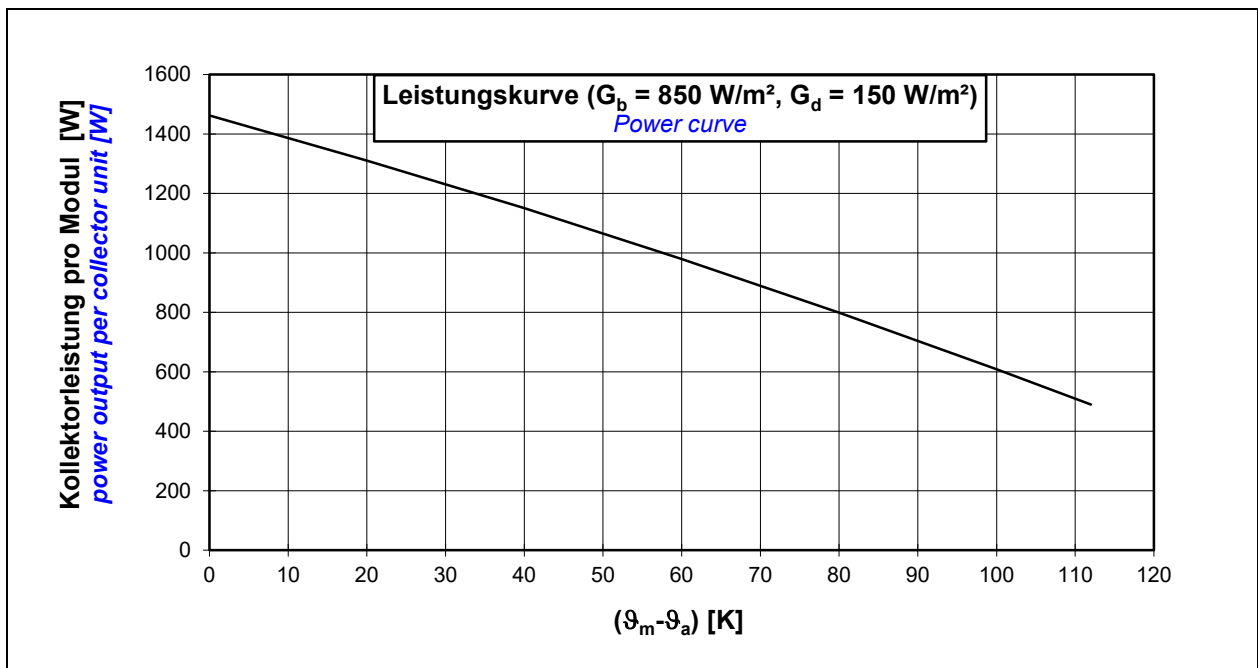
$$K_b(\theta_L, \theta_T) = K_b(\theta_L, 0) \cdot K_b(0, \theta_T)$$

|   | Einheit<br><i>unit</i>                                | Wert<br><i>value</i> |
|---|---|----------------------|
| <b>Brutto-Kollektorfläche</b><br><i>gross area of collector</i>   | <b>A<sub>G</sub> [m<sup>2</sup>]</b>                  | <b>2.02</b>          |
| <b>Konversionsfaktor basierend auf der direkten Bestrahlungsstärke</b><br><i>peak collector efficiency based on beam irradiance</i>   | <b>η<sub>0,b</sub> [-]</b>                            | <b>0.725</b>         |
| <b>Einfallswinkel-Korrekturfaktor für diffuse Strahlung</b><br><i>incidence angle modifier for diffuse radiation</i>  | <b>K<sub>d</sub> [-]</b>                              | <b>0.989</b>         |
| <b>Wärmedurchgangskoeffizient</b><br><i>heat loss coefficient</i>   | <b>a<sub>1</sub> [W/(m<sup>2</sup>K)]</b>             | <b>3.623</b>         |
| <b>temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient</b><br><i>temperature dependent heat loss coefficient</i>  | <b>a<sub>2</sub> [W/(m<sup>2</sup>K<sup>2</sup>)]</b> | <b>0.006</b>         |
| <b>windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient</b><br><i>wind speed dependent heat loss coefficient</i>   | <b>a<sub>3</sub> [J/(m<sup>3</sup>K)]</b>             | <b>0</b>             |
| <b>Faktor zur Berechnung der von der Himmelstemperatur abhängigen Strahlungswärmeverluste</b><br><i>factor for calculation of sky temperature dependent radiative heat losses</i> | <b>a<sub>4</sub> [-]</b>                              | <b>0</b>             |
| <b>effektive spezifische Wärmekapazität</b><br><i>effective specific thermal capacity</i>   | <b>a<sub>5</sub> [J/(m<sup>2</sup>K)]</b>             | <b>13660</b>         |
| <b>Koeffizient zur Berechnung der Windabhängigkeit des Konversionsfaktors</b><br><i>coefficient for calculation of wind dependence of zero loss efficiency</i>                    | <b>a<sub>6</sub> [s/(m)]</b>                          | <b>0</b>             |
| <b>Windabhängiger Strahlungsaustauschkoeffizient</b><br><i>wind speed dependence or IR radiation exchange</i>   | <b>a<sub>7</sub> [s/m]</b>                            | <b>0</b>             |
| <b>Koeffizient zur Berechnung der Strahlungswärmeverluste</b><br><i>coefficient for radiation losses</i>  | <b>a<sub>8</sub> [W/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>]</b>   | <b>0</b>             |

**Einfallswinkel-Korrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke**  
*Incidence angle modifier of the beam solar irradiance*

| Einfallswinkel $\theta$<br><i>incident angle <math>\theta</math></i> | 0    | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $K_b(\theta_L, 0)$ :   | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.96 | 0.87 | 0.63 | 0.32 | 0.00 |
| $K_b(0, \theta_T)$ :   | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.96 | 0.87 | 0.63 | 0.32 | 0.00 |

|  |                      |
|--|----------------------|
| <b>Peakleistung pro Kollektormodul <math>\dot{Q}_{peak}</math></b><br>$(G_b = 850 \text{ W/m}^2, G_d = 150 \text{ W/m}^2, (\vartheta_m - \vartheta_a) = 0)$ :<br><i>peak power per collector unit <math>\dot{Q}_{peak}</math></i><br>$(G_b = 850 \text{ W/m}^2, G_d = 150 \text{ W/m}^2, (\vartheta_m - \vartheta_a) = 0)$ : | 1462 W<br><br>1462 W |
|--|----------------------|



**Kollektorleistung pro Modul [W]**  
*Power output per collector unit [W]*

| $\vartheta_m - \vartheta_a$<br>[K] | Bestrahlungsstärke / <i>Irradiance</i>               |  |  |
|------------------------------------|--|--|--|
|                                    | $G_b = 0 \text{ W/m}^2$<br>$G_d = 400 \text{ W/m}^2$ | $G_b = 440 \text{ W/m}^2$<br>$G_d = 260 \text{ W/m}^2$ | $G_b = 850 \text{ W/m}^2$<br>$G_d = 150 \text{ W/m}^2$ |
| 0                                  | 579  | 1021   | 1462   |
| 20                                 | 428  | 870  | 1311   |
| 40                                 | 267  | 709  | 1150   |
| 60                                 | 97   | 538  | 979  |
| 80                                 | 0 *)   | 358  | 799  |
| 100                                | 0 *)   | 168  | 609  |
| 112                                | 0 *)   | 49   | 490  |

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung  
*Note: the reported values are for normal incidence*

\*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

\*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

## Anhang C.4: Leistungskurve für ECOFER SMARTEVO 23

### *Annex C.4: Power curve for ECOFER SMARTEVO 23*

#### Spezifische Nutzenergie des Kollektors:

*Specific useful energy extracted from the collector:*

$$\dot{Q} = A_G \left[ \eta_{0,b} K_b(\theta_L, \theta_T) G_b + \eta_{0,b} K_d G_d - a_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - a_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - a_3 u'(\vartheta_m - \vartheta_a) \right. \\ \left. + a_4(E_L - \sigma T_a^4) - a_5 \left( \frac{d\vartheta_m}{dt} \right) - a_6 u'G - a_7 u'(E_L - \sigma T_a^4) - a_8(\vartheta_m - \vartheta_a)^4 \right]$$

mit/*with*

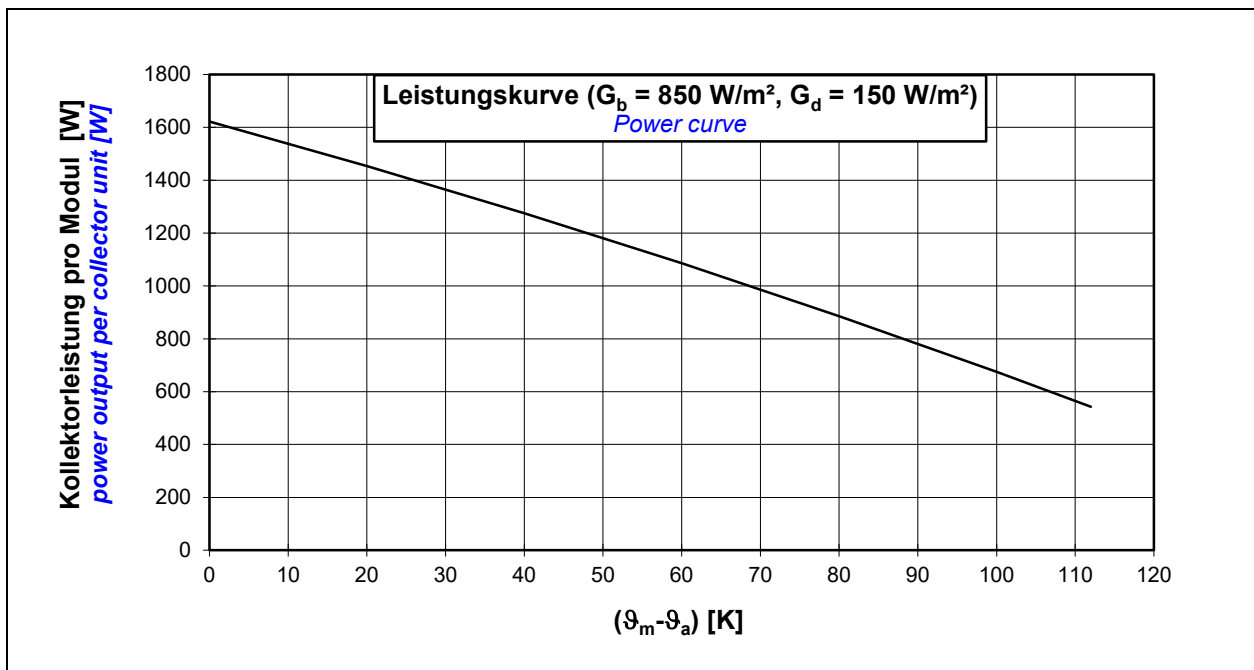
$$K_b(\theta_L, \theta_T) = K_b(\theta_L, 0) \cdot K_b(0, \theta_T)$$

|   | Einheit<br><i>unit</i>                                | Wert<br><i>value</i> |
|---|---|----------------------|
| <b>Brutto-Kollektorfläche</b><br><i>gross area of collector</i>   | <b>A<sub>G</sub> [m<sup>2</sup>]</b>                  | <b>2.24</b>          |
| <b>Konversionsfaktor basierend auf der direkten Bestrahlungsstärke</b><br><i>peak collector efficiency based on beam irradiance</i>   | <b>η<sub>0,b</sub> [-]</b>                            | <b>0.725</b>         |
| <b>Einfallswinkel-Korrekturfaktor für diffuse Strahlung</b><br><i>incidence angle modifier for diffuse radiation</i>  | <b>K<sub>d</sub> [-]</b>                              | <b>0.989</b>         |
| <b>Wärmedurchgangskoeffizient</b><br><i>heat loss coefficient</i>   | <b>a<sub>1</sub> [W/(m<sup>2</sup>K)]</b>             | <b>3.623</b>         |
| <b>temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient</b><br><i>temperature dependent heat loss coefficient</i>  | <b>a<sub>2</sub> [W/(m<sup>2</sup>K<sup>2</sup>)]</b> | <b>0.006</b>         |
| <b>windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient</b><br><i>wind speed dependent heat loss coefficient</i>   | <b>a<sub>3</sub> [J/(m<sup>3</sup>K)]</b>             | <b>0</b>             |
| <b>Faktor zur Berechnung der von der Himmelstemperatur abhängigen Strahlungswärmeverluste</b><br><i>factor for calculation of sky temperature dependent radiative heat losses</i> | <b>a<sub>4</sub> [-]</b>                              | <b>0</b>             |
| <b>effektive spezifische Wärmekapazität</b><br><i>effective specific thermal capacity</i>   | <b>a<sub>5</sub> [J/(m<sup>2</sup>K)]</b>             | <b>13660</b>         |
| <b>Koeffizient zur Berechnung der Windabhängigkeit des Konversionsfaktors</b><br><i>coefficient for calculation of wind dependence of zero loss efficiency</i>                    | <b>a<sub>6</sub> [s/(m)]</b>                          | <b>0</b>             |
| <b>Windabhängiger Strahlungsaustauschkoeffizient</b><br><i>wind speed dependence or IR radiation exchange</i>   | <b>a<sub>7</sub> [s/m]</b>                            | <b>0</b>             |
| <b>Koeffizient zur Berechnung der Strahlungswärmeverluste</b><br><i>coefficient for radiation losses</i>  | <b>a<sub>8</sub> [W/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>]</b>   | <b>0</b>             |

**Einfallswinkel-Korrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke**  
*Incidence angle modifier of the beam solar irradiance*

| Einfallswinkel $\theta$<br><i>incident angle <math>\theta</math></i> | 0    | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $K_b(\theta_L, 0)$ :   | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.96 | 0.87 | 0.63 | 0.32 | 0.00 |
| $K_b(0, \theta_T)$ :   | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.96 | 0.87 | 0.63 | 0.32 | 0.00 |

|  |
|--|
| Peakleistung pro Kollektormodul $\dot{Q}_{peak}$ 1621 W<br>( $G_b = 850 \text{ W/m}^2, G_d = 150 \text{ W/m}^2, (\vartheta_m - \vartheta_a) = 0$ ):<br><i>peak power per collector unit <math>\dot{Q}_{peak}</math> 1621 W</i><br>( $G_b = 850 \text{ W/m}^2, G_d = 150 \text{ W/m}^2, (\vartheta_m - \vartheta_a) = 0$ ): |
|--|



**Kollektorleistung pro Modul [W]**  
*Power output per collector unit [W]*

| $\vartheta_m - \vartheta_a$<br>[K] | Bestrahlungsstärke / <i>Irradiance</i>               |  |  |
|------------------------------------|--|--|--|
|                                    | $G_b = 0 \text{ W/m}^2$<br>$G_d = 400 \text{ W/m}^2$ | $G_b = 440 \text{ W/m}^2$<br>$G_d = 260 \text{ W/m}^2$ | $G_b = 850 \text{ W/m}^2$<br>$G_d = 150 \text{ W/m}^2$ |
| 0                                  | 642  | 1132   | 1621   |
| 20                                 | 475  | 964  | 1454   |
| 40                                 | 296  | 786  | 1275   |
| 60                                 | 107  | 597  | 1086   |
| 80                                 | 0 *)   | 397  | 886  |
| 100                                | 0 *)   | 186  | 675  |
| 112                                | 0 *)   | 55   | 544  |

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung  
*Note: the reported values are for normal incidence*

\*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

\*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*



## Anhang C.5: Leistungskurve für ECOFER SMARTEVO 25

### *Annex C.5: Power curve for ECOFER SMARTEVO 25*

#### Spezifische Nutzenergie des Kollektors:

*Specific useful energy extracted from the collector:*

$$\dot{Q} = A_G \left[ \eta_{0,b} K_b(\theta_L, \theta_T) G_b + \eta_{0,b} K_d G_d - a_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - a_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - a_3 u'(\vartheta_m - \vartheta_a) \right. \\ \left. + a_4(E_L - \sigma T_a^4) - a_5 \left( \frac{d\vartheta_m}{dt} \right) - a_6 u' G - a_7 u'(E_L - \sigma T_a^4) - a_8(\vartheta_m - \vartheta_a)^4 \right]$$

mit/*with*

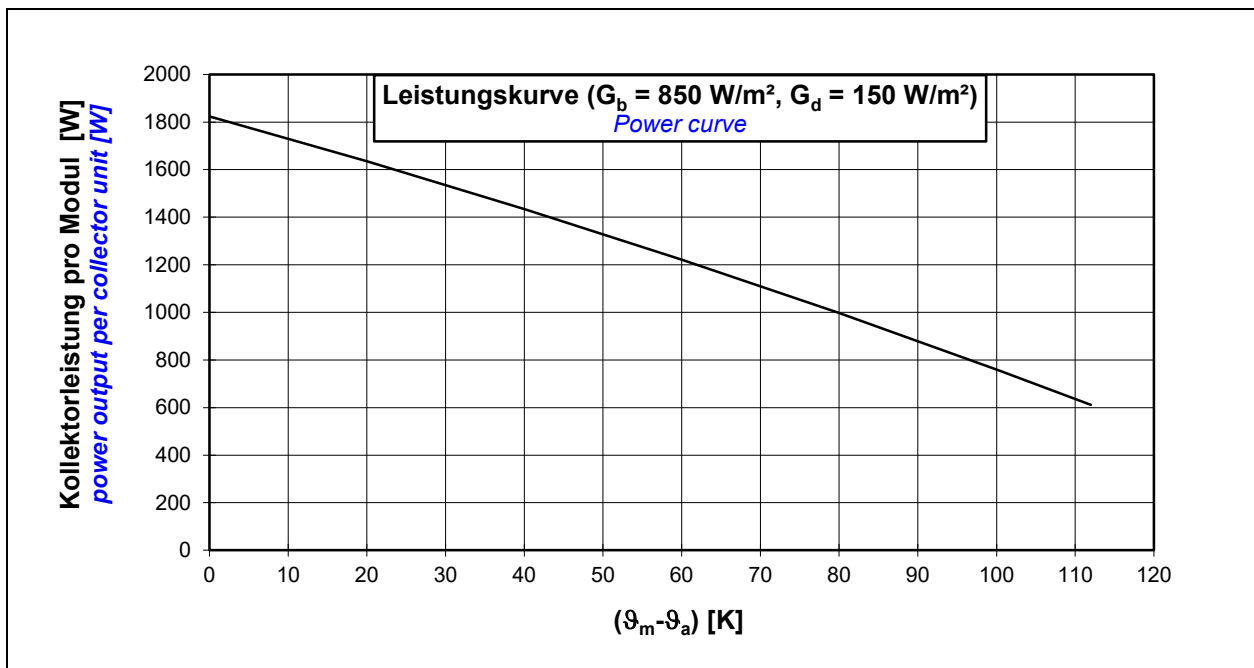
$$K_b(\theta_L, \theta_T) = K_b(\theta_L, 0) \cdot K_b(0, \theta_T)$$

|   | Einheit<br><i>unit</i>                                | Wert<br><i>value</i> |
|---|---|----------------------|
| <b>Brutto-Kollektorfläche</b><br><i>gross area of collector</i>   | <b>A<sub>G</sub> [m<sup>2</sup>]</b>                  | <b>2.52</b>          |
| <b>Konversionsfaktor basierend auf der direkten Bestrahlungsstärke</b><br><i>peak collector efficiency based on beam irradiance</i>   | <b>η<sub>0,b</sub> [-]</b>                            | <b>0.725</b>         |
| <b>Einfallswinkel-Korrekturfaktor für diffuse Strahlung</b><br><i>incidence angle modifier for diffuse radiation</i>  | <b>K<sub>d</sub> [-]</b>                              | <b>0.989</b>         |
| <b>Wärmedurchgangskoeffizient</b><br><i>heat loss coefficient</i>   | <b>a<sub>1</sub> [W/(m<sup>2</sup>K)]</b>             | <b>3.623</b>         |
| <b>temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient</b><br><i>temperature dependent heat loss coefficient</i>  | <b>a<sub>2</sub> [W/(m<sup>2</sup>K<sup>2</sup>)]</b> | <b>0.006</b>         |
| <b>windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient</b><br><i>wind speed dependent heat loss coefficient</i>   | <b>a<sub>3</sub> [J/(m<sup>3</sup>K)]</b>             | <b>0</b>             |
| <b>Faktor zur Berechnung der von der Himmelstemperatur abhängigen Strahlungswärmeverluste</b><br><i>factor for calculation of sky temperature dependent radiative heat losses</i> | <b>a<sub>4</sub> [-]</b>                              | <b>0</b>             |
| <b>effektive spezifische Wärmekapazität</b><br><i>effective specific thermal capacity</i>   | <b>a<sub>5</sub> [J/(m<sup>2</sup>K)]</b>             | <b>13660</b>         |
| <b>Koeffizient zur Berechnung der Windabhängigkeit des Konversionsfaktors</b><br><i>coefficient for calculation of wind dependence of zero loss efficiency</i>                    | <b>a<sub>6</sub> [s/(m)]</b>                          | <b>0</b>             |
| <b>Windabhängiger Strahlungsaustauschkoeffizient</b><br><i>wind speed dependence or IR radiation exchange</i>   | <b>a<sub>7</sub> [s/m]</b>                            | <b>0</b>             |
| <b>Koeffizient zur Berechnung der Strahlungswärmeverluste</b><br><i>coefficient for radiation losses</i>  | <b>a<sub>8</sub> [W/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>]</b>   | <b>0</b>             |

**Einfallswinkel-Korrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke**  
*Incidence angle modifier of the beam solar irradiance*

| Einfallswinkel $\theta$<br><i>incident angle <math>\theta</math></i> | 0    | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $K_b(\theta_L, 0)$ :   | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.96 | 0.87 | 0.63 | 0.32 | 0.00 |
| $K_b(0, \theta_T)$ :   | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.96 | 0.87 | 0.63 | 0.32 | 0.00 |

|  |
|--|
| <b>Peakleistung pro Kollektormodul <math>\dot{Q}_{peak}</math></b> 1824 W<br><b>(<math>G_b = 850 \text{ W/m}^2</math>, <math>G_d = 150 \text{ W/m}^2</math>, <math>(\vartheta_m - \vartheta_a) = 0</math>):</b><br><i>peak power per collector unit <math>\dot{Q}_{peak}</math></i> 1824 W<br><b>(<math>G_b = 850 \text{ W/m}^2</math>, <math>G_d = 150 \text{ W/m}^2</math>, <math>(\vartheta_m - \vartheta_a) = 0</math>):</b> |
|--|



**Kollektorleistung pro Modul [W]**  
*Power output per collector unit [W]*

| $\vartheta_m - \vartheta_a$<br>[K] | Bestrahlungsstärke / <i>Irradiance</i>               |  |  |
|------------------------------------|--|--|--|
|                                    | $G_b = 0 \text{ W/m}^2$<br>$G_d = 400 \text{ W/m}^2$ | $G_b = 440 \text{ W/m}^2$<br>$G_d = 260 \text{ W/m}^2$ | $G_b = 850 \text{ W/m}^2$<br>$G_d = 150 \text{ W/m}^2$ |
| 0                                  | 723  | 1274   | 1824   |
| 20                                 | 534  | 1085   | 1635   |
| 40                                 | 333  | 884  | 1435   |
| 60                                 | 121  | 671  | 1222   |
| 80                                 | 0 *)   | 447  | 997  |
| 100                                | 0 *)   | 209  | 760  |
| 112                                | 0 *)   | 61   | 612  |

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung  
*Note: the reported values are for normal incidence*

\*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

\*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*

## Anhang C.6: Leistungskurve für ECOFER SMARTEVO 27

### *Annex C.6: Power curve for ECOFER SMARTEVO 27*

#### Spezifische Nutzenergie des Kollektors:

*Specific useful energy extracted from the collector:*

$$\dot{Q} = A_G \left[ \eta_{0,b} K_b(\theta_L, \theta_T) G_b + \eta_{0,b} K_d G_d - a_1(\vartheta_m - \vartheta_a) - a_2(\vartheta_m - \vartheta_a)^2 - a_3 u'(\vartheta_m - \vartheta_a) \right. \\ \left. + a_4(E_L - \sigma T_a^4) - a_5 \left( \frac{d\vartheta_m}{dt} \right) - a_6 u'G - a_7 u'(E_L - \sigma T_a^4) - a_8(\vartheta_m - \vartheta_a)^4 \right]$$

mit/*with*

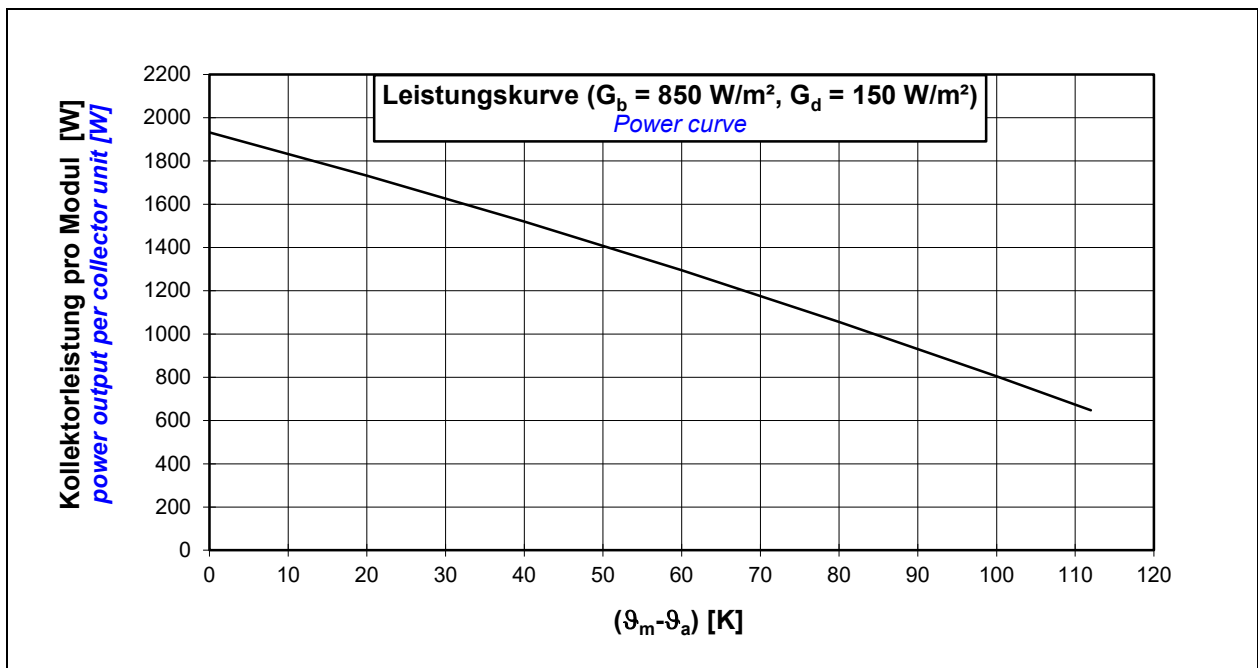
$$K_b(\theta_L, \theta_T) = K_b(\theta_L, 0) \cdot K_b(0, \theta_T)$$

|   | Einheit<br><i>unit</i>                                | Wert<br><i>value</i> |
|---|---|----------------------|
| <b>Brutto-Kollektorfläche</b><br><i>gross area of collector</i>   | <b>A<sub>G</sub> [m<sup>2</sup>]</b>                  | <b>2.67</b>          |
| <b>Konversionsfaktor basierend auf der direkten Bestrahlungsstärke</b><br><i>peak collector efficiency based on beam irradiance</i>   | <b>η<sub>0,b</sub> [-]</b>                            | <b>0.725</b>         |
| <b>Einfallswinkel-Korrekturfaktor für diffuse Strahlung</b><br><i>incidence angle modifier for diffuse radiation</i>  | <b>K<sub>d</sub> [-]</b>                              | <b>0.989</b>         |
| <b>Wärmedurchgangskoeffizient</b><br><i>heat loss coefficient</i>   | <b>a<sub>1</sub> [W/(m<sup>2</sup>K)]</b>             | <b>3.623</b>         |
| <b>temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient</b><br><i>temperature dependent heat loss coefficient</i>  | <b>a<sub>2</sub> [W/(m<sup>2</sup>K<sup>2</sup>)]</b> | <b>0.006</b>         |
| <b>windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient</b><br><i>wind speed dependent heat loss coefficient</i>   | <b>a<sub>3</sub> [J/(m<sup>3</sup>K)]</b>             | <b>0</b>             |
| <b>Faktor zur Berechnung der von der Himmelstemperatur abhängigen Strahlungswärmeverluste</b><br><i>factor for calculation of sky temperature dependent radiative heat losses</i> | <b>a<sub>4</sub> [-]</b>                              | <b>0</b>             |
| <b>effektive spezifische Wärmekapazität</b><br><i>effective specific thermal capacity</i>   | <b>a<sub>5</sub> [J/(m<sup>2</sup>K)]</b>             | <b>13660</b>         |
| <b>Koeffizient zur Berechnung der Windabhängigkeit des Konversionsfaktors</b><br><i>coefficient for calculation of wind dependence of zero loss efficiency</i>                    | <b>a<sub>6</sub> [s/(m)]</b>                          | <b>0</b>             |
| <b>Windabhängiger Strahlungsaustauschkoeffizient</b><br><i>wind speed dependence or IR radiation exchange</i>   | <b>a<sub>7</sub> [s/m]</b>                            | <b>0</b>             |
| <b>Koeffizient zur Berechnung der Strahlungswärmeverluste</b><br><i>coefficient for radiation losses</i>  | <b>a<sub>8</sub> [W/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>]</b>   | <b>0</b>             |

**Einfallswinkel-Korrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke**  
*Incidence angle modifier of the beam solar irradiance*

| Einfallswinkel $\theta$<br><i>incident angle <math>\theta</math></i> | 0    | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $K_b(\theta_L, 0)$ :   | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.96 | 0.87 | 0.63 | 0.32 | 0.00 |
| $K_b(0, \theta_T)$ :   | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.96 | 0.87 | 0.63 | 0.32 | 0.00 |

|  |
|--|
| Peakleistung pro Kollektormodul $\dot{Q}_{peak}$ 1933 W<br>( $G_b = 850 \text{ W/m}^2, G_d = 150 \text{ W/m}^2, (\vartheta_m - \vartheta_a) = 0$ ):<br><i>peak power per collector unit <math>\dot{Q}_{peak}</math> 1933 W</i><br>( $G_b = 850 \text{ W/m}^2, G_d = 150 \text{ W/m}^2, (\vartheta_m - \vartheta_a) = 0$ ): |
|--|



**Kollektorleistung pro Modul [W]**  
*Power output per collector unit [W]*

| $\vartheta_m - \vartheta_a$<br>[K] | Bestrahlungsstärke / <i>Irradiance</i>               |  |  |
|------------------------------------|--|--|--|
|                                    | $G_b = 0 \text{ W/m}^2$<br>$G_d = 400 \text{ W/m}^2$ | $G_b = 440 \text{ W/m}^2$<br>$G_d = 260 \text{ W/m}^2$ | $G_b = 850 \text{ W/m}^2$<br>$G_d = 150 \text{ W/m}^2$ |
| 0                                  | 766  | 1349   | 1933   |
| 20                                 | 566  | 1150   | 1733   |
| 40                                 | 353  | 937  | 1520   |
| 60                                 | 128  | 711  | 1294   |
| 80                                 | 0 *)   | 473  | 1056   |
| 100                                | 0 *)   | 222  | 805  |
| 112                                | 0 *)   | 65   | 648  |

Anmerkung: Die angegebenen Werte beziehen sich auf senkrechte Einstrahlung  
*Note: the reported values are for normal incidence*

\*) Die Kollektorleistung ist mit Null angegeben, da sich rechnerisch bei diesen Betriebsbedingungen eine negative Kollektorleistung ergibt.

\*) *Calculating the power output per collector unit under these operation conditions result in negative values. Therefore the calculated power output is indicated with zero.*


## Anhang D: Nomenklatur

### *Annex D: Symbols and Units*

|   |  |  |
|---|--|--|
| <b>A<sub>G</sub></b>                              | [m <sup>2</sup> ]                        | Brutto-Kollektorfläche / <i>gross area of collector</i>  |
| <b>A<sub>Ap</sub></b>                             | [m <sup>2</sup> ]                        | Aperturfläche / <i>aperture area of collector</i>  |
| <b>a</b>  | [(mbar h <sup>2</sup> )/l <sup>2</sup> ] | Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts<br><i>coefficient for calculation of pressure loss</i>  |
| <b>b</b>  | [(mbar h)/l]                             | Koeffizient zur Berechnung des Druckverlusts<br><i>coefficient for calculation of pressure loss</i>  |
| <b>a<sub>1</sub></b>                              | [W/(m <sup>2</sup> K)]                   | Wärmedurchgangskoeffizient bei (ϑ <sub>m</sub> - ϑ <sub>a</sub> ) = 0<br><i>heat loss coefficient at (ϑ<sub>m</sub> - ϑ<sub>a</sub>) = 0</i>                               |
| <b>a<sub>2</sub></b>                              | [W/(m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )]     | temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient<br><i>temperature dependent heat loss coefficient</i>  |
| <b>a<sub>3</sub></b>                              | J/(m <sup>3</sup> K)                     | windabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient<br><i>wind speed dependent heat loss coefficient</i>   |
| <b>a<sub>4</sub></b>                              | -  | Faktor zur Berechnung der von der Himmelstemperatur abhängigen Strahlungswärmeverluste<br><i>factor for calculation of sky temperature dependent radiative heat losses</i> |
| <b>a<sub>5</sub></b>                              | [kJ/(m <sup>2</sup> K)]                  | effektive spezifische Wärmekapazität des Kollektors<br><i>effective specific heat capacity of the collector</i>  |
| <b>a<sub>6</sub></b>                              | s/m                                      | Koeffizient zur Berechnung der Windabhängigkeit des Konversionsfaktors<br><i>coefficient for calculation of wind dependence in zero loss efficiency</i>                    |
| <b>a<sub>7</sub></b>                              | s/m                                      | Windabhängiger Strahlungsaustauschkoeffizient<br><i>wind speed dependence or IR radiation exchange</i>   |
| <b>a<sub>8</sub></b>                              | W/m <sup>2</sup> K <sup>4</sup>          | Koeffizient zur Berechnung der Strahlungswärmeverluste<br><i>coefficient for radiation losses</i>  |
| <b>E<sub>L</sub></b>                              | [W/m <sup>2</sup> ]                      | langwellige Strahlung (λ > 3 μm) / <i>long wave irradiance (λ &gt; 3 μm)</i>   |
| <b>η<sub>0,b</sub></b>                            | [-]                                      | Konversionsfaktor basierend auf der direkten Bestrahlungsstärke G <sub>b</sub><br><i>peak collector efficiency based on beam irradiance G<sub>b</sub></i>                  |
| <b>η<sub>0,hem</sub></b>                          | [-]                                      | Konversionsfaktor der hemisphärischen Bestrahlungsstärke G<br><i>conversion factor based on hemispherical irradiance G</i>   |
| <b>G</b>  | [W/m <sup>2</sup> ]                      | hemisphärische Bestrahlungsstärke / <i>hemispherical solar irradiance</i>  |
| <b>G<sub>b</sub></b>                              | [W/m <sup>2</sup> ]                      | direkte Bestrahlungsstärke / <i>beam solar irradiance</i>  |
| <b>G<sub>d</sub></b>                              | [W/m <sup>2</sup> ]                      | diffuse Bestrahlungsstärke / <i>diffuse solar irradiance</i>   |
| <b>K<sub>b</sub>(θ<sub>L</sub>,θ<sub>T</sub>)</b> | [-]                                      | Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke<br><i>incident angle modifier of beam solar irradiance</i>   |
| <b>K<sub>b</sub>(θ<sub>L</sub>,0)</b>             | [-]                                      | Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke (longitudinal)<br><i>incident angle modifier of beam solar irradiance (longitudinal)</i>                     |
| <b>K<sub>b</sub>(0,θ<sub>T</sub>)</b>             | [-]                                      | Einfallswinkelkorrekturfaktor der direkten Bestrahlungsstärke (transversal)<br><i>incident angle modifier of beam solar irradiance (transversal)</i>                       |
| <b>K<sub>d</sub></b>                              | [-]                                      | Einfallswinkelkorrekturfaktor der diffusen Bestrahlungsstärke<br><i>incident angle modifier of diffuse solar irradiance</i>  |
| <b><math>\dot{m}</math></b>                       | [kg/h]                                   | Massenstrom / <i>mass flow rate</i>  |
| <b><math>\dot{Q}</math></b>                       | [W]                                      | Kollektorleistung pro Modul / <i>power per collector unit</i>  |
| <b>Δp</b>   | [mbar]                                   | Druckverlust / <i>pressure loss</i>  |
| <b>t</b>  | [s]                                      | Zeit / <i>time</i>   |
| <b>T<sub>a</sub></b>                              | [K]                                      | Umgebungstemperatur / <i>ambient air temperature</i>   |
| <b>u</b>  | [m/s]                                    | Windgeschwindigkeit / <i>surrounding air speed</i>   |
| <b>u'</b>   | [m/s]                                    | Reduzierte Windgeschwindigkeit / <i>reduced surrounding air speed</i>  |
| <b><math>\dot{V}</math></b>                       | [l/h]                                    | Volumenstrom / <i>volume flow</i>  |
| <b>ϑ</b>  | [°C]                                     | Temperatur / <i>temperature</i>  |
| <b>ϑ<sub>a</sub></b>                              | [°C]                                     | Umgebungstemperatur / <i>ambient air temperature</i>   |
| <b>ϑ<sub>e</sub></b>                              | [°C]                                     | Kollektoraustrittstemperatur / <i>collector outlet temperature</i>   |

---

|                  |                                    |   |
|------------------|------------------------------------|---|
| $\vartheta_{in}$ | [°C]                               | Kollektoreintrittstemperatur / <i>collector inlet temperature</i>   |
| $\vartheta_m$    | [°C]                               | mittlere Fluidtemperatur / <i>mean fluid temperature</i>  |
| $\theta$         | [°]                                | Einfallswinkel der direkten Bestrahlungsstärke<br><i>incidence angle of beam solar irradiance</i>   |
| $\sigma$         | W/(m <sup>2</sup> K <sup>4</sup> ) | Stefan-Boltzmann-Konstante $\sigma = 5.67 \times 10^{-8}$ W/(m <sup>2</sup> K <sup>4</sup> )<br><i>Stefan-Boltzmann-constant <math>\sigma = 5.67 \times 10^{-8}</math> W/(m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>)</i> |

|  |  |   |                      |                                    |   |            |   |                       |  |                                    |       |       |       |     |
|--|--|---|----------------------|------------------------------------|---|------------|---|-----------------------|--|------------------------------------|-------|-------|-------|-----|
| <b>Annex to Solar Keymark Certificate</b>  |  |   |                      |                                    | <b>Licence Number</b>   |            | <b>011-7S2927 F</b>                     |                       |  |                                    |       |       |       |     |
|  |  |   |                      |                                    | <b>Date issued</b>  |            | <b>2024-02-28</b>                       |                       |  |                                    |       |       |       |     |
|  |  |   |                      |                                    | <b>Issued by</b>  |            | <b>DINCERTCO</b>                        |                       |  |                                    |       |       |       |     |
| <b>Licence holder</b>  |  | <b>ECOFER OIKONOMOU Z. KOSTAS</b>   |                      |                                    | <b>Country</b>  |            | <b>GREECE</b>                           |                       |  |                                    |       |       |       |     |
| <b>Brand (optional)</b>  |  | <b>ECOFER</b>   |                      |                                    | <b>Web</b>  |            | <b>www.ecofer.com.gr</b>                |                       |  |                                    |       |       |       |     |
| <b>Street, Number</b>  |  | <b>XANTHIPPOU 150</b>   |                      |                                    | <b>E-mail</b>   |            | <b>zachos@ecofer.com.gr</b>             |                       |  |                                    |       |       |       |     |
| <b>Postcode, City</b>  |  | <b>GR-15669 PAPAGOOU ATHENS</b>   |                      |                                    | <b>Tel</b>  |            | <b>+30 2106715510</b>                   |                       |  |                                    |       |       |       |     |
| <b>Collector Type</b>  |  |   |                      |                                    | <b>Flat plate collector</b>   |            |   |                       |  |                                    |       |       |       |     |
| <b>Collector name</b>  |  |   |                      |                                    | <b>Power output per collector</b>   |            |   |                       |  |                                    |       |       |       |     |
|  |  |   |                      |                                    | $G_b = 850 \text{ W/m}^2, G_d = 150 \text{ W/m}^2 \text{ \& } u = 1.3 \text{ m/s}$<br>$\vartheta_m - \vartheta_a$   |            |   |                       |  |                                    |       |       |       |     |
|  |  |   |                      |                                    | 0 K   | 10 K       | 30 K                                    | 50 K                  | 70 K                                   | 112 K                              |       |       |       |     |
|  |  |   |                      |                                    | m <sup>2</sup>  | mm         | mm                                      | mm                    | mm                                     | mm                                 | mm    |       |       |     |
|  |  |   |                      |                                    | W   | W          | W                                       | W                     | W                                      | W                                  |       |       |       |     |
| <b>ECOFER SMARTEVO 15</b>  |  |   |                      |                                    | 1.51  | 1 503      | 1 007                                   | 85                    | 1 093                                  | 1 037                              | 921   | 797   | 666   | 367 |
| <b>ECOFER SMARTEVO 17</b>  |  |   |                      |                                    | 1.68  | 1 420      | 1 183                                   | 85                    | 1 216                                  | 1 154                              | 1 024 | 886   | 741   | 408 |
| <b>ECOFER SMARTEVO 19</b>  |  |   |                      |                                    | 1.96  | 1 503      | 1 305                                   | 85                    | 1 419                                  | 1 346                              | 1 195 | 1 034 | 864   | 476 |
| <b>ECOFER SMARTEVO 20</b>  |  |   |                      |                                    | 2.02  | 2 006      | 1 007                                   | 85                    | 1 462                                  | 1 388                              | 1 232 | 1 066 | 890   | 490 |
| <b>ECOFER SMARTEVO 23</b>  |  |   |                      |                                    | 2.24  | 1 893      | 1 183                                   | 85                    | 1 621                                  | 1 539                              | 1 366 | 1 182 | 987   | 544 |
| <b>ECOFER SMARTEVO 25</b>  |  |   |                      |                                    | 2.52  | 2 006      | 1 257                                   | 85                    | 1 824                                  | 1 731                              | 1 536 | 1 330 | 1 111 | 612 |
| <b>ECOFER SMARTEVO 27</b>  |  |   |                      |                                    | 2.67  | 2 261      | 1 183                                   | 85                    | 1 933                                  | 1 834                              | 1 628 | 1 409 | 1 177 | 648 |
| <b>ECOFER SMARTEVO 29</b>  |  |   |                      |                                    | 2.92  | 2 006      | 1 457                                   | 85                    | 2 114                                  | 2 006                              | 1 780 | 1 541 | 1 287 | 709 |
|  |  |   |                      |                                    |   |            |   |                       |  |                                    |       |       |       |     |
|  |  |   |                      |                                    |   |            |   |                       |  |                                    |       |       |       |     |
|  |  |   |                      |                                    |   |            |   |                       |  |                                    |       |       |       |     |
|  |  |   |                      |                                    |   |            |   |                       |  |                                    |       |       |       |     |
|  |  |   |                      |                                    |   |            |   |                       |  |                                    |       |       |       |     |
|  |  |   |                      |                                    |   |            |   |                       |  |                                    |       |       |       |     |
|  |  |   |                      |                                    |   |            |   |                       |  |                                    |       |       |       |     |
| <b>Power output per m<sup>2</sup> gross area</b>   |  |   |                      |                                    | <b>724</b>  | <b>687</b> | <b>610</b>                              | <b>528</b>            | <b>441</b>                             | <b>243</b>                         |       |       |       |     |
| <b>Performance parameters test method</b>  |  | <b>Quasi dynamic</b>  |                      |                                    |   |            |   |                       |  |                                    |       |       |       |     |
| <b>Performance parameters (related to A<sub>G</sub>)</b>   |  | $\eta_0, b$   | a1                   | a2                                 | a3  | a4         | a5                                      | a6                    | a7                                     | a8                                 | Kd    |       |       |     |
| <b>Units</b>   |  | -   | W/(m <sup>2</sup> K) | W/(m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> ) | J/(m <sup>3</sup> K)  | -          | J/(m <sup>2</sup> K)                    | s/m                   | W/(m <sup>2</sup> K <sup>4</sup> )     | W/(m <sup>2</sup> K <sup>4</sup> ) | -     |       |       |     |
| <b>Test results</b>  |  | 0.725   | 3.62                 | 0.006                              | 0.000   | 0.00       | 13 660                                  | 0.000                 | 0.00                                   | 0.0                                | 0.99  |       |       |     |
| <b>Incidence angle modifier test method</b>  |  | <b>Quasi dynamic - outdoor</b>  |                      |                                    |   |            |   |                       |  |                                    |       |       |       |     |
| <b>Incidence angle modifier</b>  |  | Angle   | 10°                  | 20°                                | 30°   | 40°        | 50°                                     | 60°                   | 70°                                    | 80°                                | 90°   |       |       |     |
| <b>Transversal</b>   |  | K <sub>θT, coll</sub>   | 1.00                 | 1.00                               | 1.00  | 0.99       | 0.96                                    | 0.87                  | 0.63                                   | 0.32                               | 0.00  |       |       |     |
| <b>Longitudinal</b>  |  | K <sub>θL, coll</sub>   | 1.00                 | 1.00                               | 1.00  | 0.99       | 0.96                                    | 0.87                  | 0.63                                   | 0.32                               | 0.00  |       |       |     |
| <b>Heat transfer medium for testing</b>  |  |   |                      |                                    | <b>Water</b>  |            |   |                       |  |                                    |       |       |       |     |
| <b>Flow rate for testing (per gross area, A<sub>G</sub>)</b>   |  |   |                      |                                    | dm/dt   |            | 0.020                                   | kg/(sm <sup>2</sup> ) |  |                                    |       |       |       |     |
| <b>Maximum temperature difference during thermal performance test</b>  |  |   |                      |                                    | $(\vartheta_m - \vartheta_a)_{max}$   |            | 82                                      | K                     |  |                                    |       |       |       |     |
| <b>Standard stagnation temperature (G = 1000 W/m<sup>2</sup>; <math>\vartheta_a = 30 \text{ }^\circ\text{C}</math>)</b>  |  |   |                      |                                    | $\vartheta_{stg}$   |            | 230                                     | °C                    |  |                                    |       |       |       |     |
| <b>Maximum operating temperature</b>   |  |   |                      |                                    | $\vartheta_{max, op}$   |            | -                                       | °C                    |  |                                    |       |       |       |     |
| <b>Maximum operating pressure</b>  |  |   |                      |                                    | p <sub>max, op</sub>  |            | 1000                                    | kPa                   |  |                                    |       |       |       |     |
| <b>Testing laboratory</b>  |  | <b>Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)</b> |                      |                                    |   |            | <b>http://www.igte.uni-stuttgart.de</b> |                       |  |                                    |       |       |       |     |
| <b>Test report(s)</b>  |  | 21COL1631OEM24<br>21COL1631QOEM25<br>21COL1632OEM28                               |                      |                                    |   |            | <b>Dated</b>                            |                       | 19.02.2024<br>19.02.2024<br>19.02.2024 |                                    |       |       |       |     |
| <b>Comments of testing laboratory</b>  |  |   |                      |                                    | Ver. 6.2 (13.01.2022)   |            |   |                       |  |                                    |       |       |       |     |
| <b>Documented performance parameters are taken from 21COL1632OEM28 (ECOFER SMARTEVO 15)</b>  |  |   |                      |                                    |  <b>Forschungs- und Testzentrum für Solaranlagen</b><br>Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik<br>Universität Stuttgart<br>Pfaffenwaldring 6, 70550 Stuttgart (Vaihingen) |            |   |                       |  |                                    |       |       |       |     |
| <b>DIN CERTCO • Alboinstraße 56 • 12103 Berlin, Germany</b><br><b>Tel: +49 30 7562-1131 • Fax: +49 30 7562-1141 • E-Mail: info@dincertco.de • www.dincertco.de</b> |  |   |                      |                                    |   |            |   |                       |  |                                    |       |       |       |     |

| Annex to Solar Keymark Certificate   |               | Licence Number  |       |                      |                                 |                                    |  |   |       |      |                         |       |      |
|--|---------------|---|-------|----------------------|---------------------------------|------------------------------------|--|---|-------|------|-------------------------|-------|------|
| Supplementary Information  |               | 011-7S2927 F  |       |                      |                                 |                                    |  |   |       |      |                         |       |      |
|  |               | Issued  |       |                      |                                 |                                    |  |   |       |      |                         |       |      |
|  |               | 2024-02-28  |       |                      |                                 |                                    |  |   |       |      |                         |       |      |
| <b>Gross Thermal Yield in kWh/collector at mean fluid temperature <math>\vartheta_m</math></b>   |               |   |       |                      |                                 |                                    |  |   |       |      |                         |       |      |
| Standard Locations   |               | Athens  |       |                      | Davos                           |                                    |  | Stockholm                                       |       |      | Würzburg                |       |      |
| Collector name   | $\vartheta_m$ | 25°C  | 50°C  | 75°C                 | 25°C                            | 50°C                               | 75°C   | 25°C  | 50°C  | 75°C | 25°C                    | 50°C  | 75°C |
| ECOFER SMARTEVO 15   |               | 1 793   | 1 286 | 869                  | 1 361                           | 958                                | 635  | 997   | 662   | 419  | 1 091                   | 719   | 449  |
| ECOFER SMARTEVO 17   |               | 1 994   | 1 431 | 967                  | 1 514                           | 1 066                              | 707  | 1 109   | 736   | 466  | 1 214                   | 800   | 500  |
| ECOFER SMARTEVO 19   |               | 2 327   | 1 669 | 1 128                | 1 767                           | 1 244                              | 825  | 1 294   | 859   | 544  | 1 416                   | 934   | 583  |
| ECOFER SMARTEVO 20   |               | 2 398   | 1 720 | 1 163                | 1 821                           | 1 282                              | 850  | 1 334   | 885   | 560  | 1 460                   | 962   | 601  |
| ECOFER SMARTEVO 23   |               | 2 659   | 1 907 | 1 289                | 2 019                           | 1 421                              | 942  | 1 479   | 981   | 621  | 1 618                   | 1 067 | 666  |
| ECOFER SMARTEVO 25   |               | 2 992   | 2 146 | 1 451                | 2 272                           | 1 599                              | 1 060  | 1 664   | 1 104 | 699  | 1 821                   | 1 200 | 750  |
| ECOFER SMARTEVO 27   |               | 3 170   | 2 273 | 1 537                | 2 407                           | 1 694                              | 1 123  | 1 763   | 1 170 | 741  | 1 929                   | 1 272 | 794  |
| ECOFER SMARTEVO 29   |               | 3 466   | 2 486 | 1 681                | 2 632                           | 1 853                              | 1 228  | 1 928   | 1 279 | 810  | 2 110                   | 1 391 | 869  |
|  |               |   |       |                      |                                 |                                    |  |   |       |      |                         |       |      |
|  |               |   |       |                      |                                 |                                    |  |   |       |      |                         |       |      |
|  |               |   |       |                      |                                 |                                    |  |   |       |      |                         |       |      |
|  |               |   |       |                      |                                 |                                    |  |   |       |      |                         |       |      |
|  |               |   |       |                      |                                 |                                    |  |   |       |      |                         |       |      |
|  |               |   |       |                      |                                 |                                    |  |   |       |      |                         |       |      |
|  |               |   |       |                      |                                 |                                    |  |   |       |      |                         |       |      |
| Gross Thermal Yield per m <sup>2</sup> gross area  |               | 1 187   | 851   | 576                  | 901                             | 635                                | 421  | 660   | 438   | 277  | 723                     | 476   | 298  |
| Annual efficiency, $\eta_a$  |               | 67%   | 48%   | 33%                  | 55%                             | 39%                                | 26%  | 57%   | 38%   | 24%  | 58%                     | 38%   | 24%  |
| Fixed or tracking collector  |               | Fixed (slope = latitude - 15°; rounded to nearest 5°)   |       |                      |                                 |                                    |  |   |       |      |                         |       |      |
| Annual irradiation on collector plane  |               | 1765 kWh/m <sup>2</sup>   |       |                      | 1630 kWh/m <sup>2</sup>         |                                    |  | 1166 kWh/m <sup>2</sup>                         |       |      | 1244 kWh/m <sup>2</sup> |       |      |
| Mean annual ambient air temperature  |               | 18.5°C  |       |                      | 3.2°C                           |                                    |  | 7.5°C   |       |      | 9.0°C                   |       |      |
| Collector orientation or tracking mode   |               | South, 25°  |       |                      | South, 30°                      |                                    |  | South, 45°                                      |       |      | South, 35°              |       |      |
| The collector is operated at constant temperature $\vartheta_m$ (mean of in- and outlet temperatures). The calculation of the annual collector performance is performed with the official Solar Keymark spreadsheet tool Scenocalc Ver. 6.2 (13.01.2022). A detailed description of the calculations is available at <a href="http://www.estif.org/solarkeymarknew/">http://www.estif.org/solarkeymarknew/</a>   |               |   |       |                      |                                 |                                    |  |   |       |      |                         |       |      |
| <b>Additional Information</b>  |               |   |       |                      |                                 |                                    |  |   |       |      |                         |       |      |
| Collector heat transfer medium   |               |   |       |                      |                                 |                                    |  |   |       |      | Water-Glycole           |       |      |
| The collector is deemed to be suitable for roof integration  |               |   |       |                      |                                 |                                    |  |   |       |      | No                      |       |      |
| The collector was tested successfully under the following conditions:  |               |   |       |                      |                                 |                                    |  |   |       |      |                         |       |      |
| Climate class (A+, A, B or C)  |               |   |       |                      |                                 |                                    |  |   |       |      | A                       |       | --   |
| G (W/m <sup>2</sup> ) >  |               | 1000  |       | $\vartheta_a$ (°C) > |                                 | 20                                 |  | H <sub>x</sub> (MJ/m <sup>2</sup> ) >           |       | 600  |                         |       |      |
| Maximum tested positive load   |               |   |       |                      |                                 |                                    |  |   |       |      | 2750                    |       | Pa   |
| Maximum tested negative load   |               |   |       |                      |                                 |                                    |  |   |       |      | 2400                    |       | Pa   |
| Hail resistance using steel ball (maximum drop height)   |               |   |       |                      |                                 |                                    |  |   |       |      | 2                       |       | m    |
| <b>Additional collector attribute(s)</b>   |               |   |       |                      |                                 |                                    |  |   |       |      |                         |       |      |
| Using external power source(s) for normal operation  |               |   |       |                      | No                              |                                    | Active or passive measure(s) for self-protection                         |   |       |      |                         | No    |      |
| Co-generating thermal and electrical power   |               |   |       |                      | No                              |                                    | Façade collector(s)  |   |       |      |                         | No    |      |
| <b>Energy Labelling Information</b>  |               |   |       |                      |                                 |                                    | <b>Additional Informative Technical Data</b>                             |   |       |      |                         |       |      |
|  |               | Reference Area, A <sub>sol</sub> (m <sup>2</sup> )  |       |                      | Hydraulic Designation Code      |                                    |  | Aperture Area, A <sub>a</sub> (m <sup>2</sup> ) |       |      |                         |       |      |
| ECOFER SMARTEVO 15   |               | 1.51  |       |                      | 8-V-1234S-7.2,1383-20.6,1060-D  |                                    |  | 1.36  |       |      |                         |       |      |
| ECOFER SMARTEVO 17   |               | 1.68  |       |                      | 10-V-1234S-7.2,1303-20.6,1240-D |                                    |  | 1.52  |       |      |                         |       |      |
| ECOFER SMARTEVO 19   |               | 1.96  |       |                      | 11-V-1234S-7.2,1383-20.6,1370-D |                                    |  | 1.79  |       |      |                         |       |      |
| ECOFER SMARTEVO 20   |               | 2.02  |       |                      | 8-V-1234S-7.2,1888-20.6,1060-D  |                                    |  | 1.83  |       |      |                         |       |      |
| ECOFER SMARTEVO 23   |               | 2.24  |       |                      | 10-V-1234S-7.2,1773-20.6,1240-D |                                    |  | 2.05  |       |      |                         |       |      |
| ECOFER SMARTEVO 25   |               | 2.52  |       |                      | 11-V-1234S-7.2,1888-20.6,1310-D |                                    |  | 2.32  |       |      |                         |       |      |
| ECOFER SMARTEVO 27   |               | 2.67  |       |                      | 10-V-1234S-7.2,2143-20.6,1240-D |                                    |  | 2.46  |       |      |                         |       |      |
| ECOFER SMARTEVO 29   |               | 2.92  |       |                      | 12-V-1234S-7.2,1888-20.6,1510-D |                                    |  | 2.71  |       |      |                         |       |      |
| Data required for CDR (EU) No 811/2013 - Reference Area A <sub>sol</sub>   |               |   |       |                      |                                 |                                    | Data required for CDR (EU) No 812/2013 - Reference Area A <sub>sol</sub> |   |       |      |                         |       |      |
| Collector efficiency ( $\eta_{col}$ )  |               | 57%   |       |                      |                                 |                                    | Zero-loss efficiency ( $\eta_0$ )  |   | 0.72  |      | --                      |       |      |
| Remark: Collector efficiency ( $\eta_{col}$ ) is defined in CDR (EU) No 811/2013 as collector efficiency of the solar collector at a temperature difference between the solar collector and the surrounding air of 40 K and a global solar irradiance of 1000 W/m <sup>2</sup> , expressed in % and rounded to the nearest integer. Deviating from the regulation $\eta_{col}$ is based on reference area (A <sub>sol</sub> ) which is aperture area for values according to EN 12975-2 or gross area for ISO 9806:2017. |               | First-order coefficient (a <sub>1</sub> )   |       | 3.62                 |                                 | W/(m <sup>2</sup> K)               |  |   |       |      |                         |       |      |
|  |               | Second-order coefficient (a <sub>2</sub> )  |       | 0.006                |                                 | W/(m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> ) |  |   |       |      |                         |       |      |
|  |               | Incidence angle modifier IAM (50°)  |       | 0.98                 |                                 | --                                 |  |   |       |      |                         |       |      |
|  |               | Remark: The data given in this section are related to collector reference area (A <sub>sol</sub> ) which is aperture area for values according to EN 12975-2 or gross area for ISO 9806. Consistent data sets for either aperture or gross area can be used in calculations like in the regulation 811 and 812 and simulation programs. |       |                      |                                 |                                    |  |   |       |      |                         |       |      |
| DIN CERTCO • Alboinstraße 56 • 12103 Berlin, Germany   |               |   |       |                      |                                 |                                    |  |   |       |      |                         |       |      |
| Tel: +49 30 7562-1131 • Fax: +49 30 7562-1141 • E-Mail: info@dincertco.de • www.dincertco.de   |               |   |       |                      |                                 |                                    |  |   |       |      |                         |       |      |