

# Vorschlag zur praktikablen Ermittlung des solaren Deckungsgrades $\kappa$ von Solaranlagen bzw. des EE-Anteils in Anlehnung an die DIN V 18599 ( $\kappa$ – easy)

Bearbeiter: [REDACTED] /Solar Experience GmbH im Auftrag des BSW

Stand: 16.05.2023

## Hinweis:

*Dieser Vorschlag ist eine Weiterentwicklung und Vereinfachung einer Methode zur Bestimmung einer Solaranlageneffizienz und der kombinierten Effizienz für Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung, die von der Initiative Sonnenheizung im Februar 2018 in die Diskussion der ErP Revision eingebracht wurde. Seit 2018 erarbeitete der Autor gemeinsam mit dem europäischen Solarverband Solar Heat Europe (SHE) eine ähnliche Methode (TSM) aus, die in die aktuellen Entwürfe der EU-Verordnungen 811 und 812 (ErP) übernommen wurde, die jedoch aufgrund der EU-Vorgaben eine getrennte Betrachtung der Warmwasser und Raumheizungseffizienz vornimmt. Die Erkenntnisse und Erfahrungen aus dieser erfolgreichen Arbeit sind eingeflossen, um eine stark vereinfachte aber dennoch realitätsnahe Bestimmung des solaren Deckungsanteils von Kombi-Anlagen zu ermöglichen.*

## **Vorwort**

Die Solarthermie als einzige praktisch CO<sub>2</sub>-freie Technologie zur Wärmeerzeugung steht seit einigen Jahren im Schatten der Stromwende und der damit verbundenen Fokussierung auf Wärmepumpen und PV. Zunehmend wird jedoch erkannt, dass die im Vergleich zur PV 2-4 fache energetische Flächeneffizienz von Sonnenkollektoren sehr wertvoll für die Wärmewende vor Ort ist und auch im Sinne eines technologieoffenen Wettbewerbs den Weg zum klimaneutralen Heizen beschleunigen kann. Eine schnelle Umsetzung der Ziele bedeutet auch, dass Hemmnisse abgebaut werden. Der folgende Vorschlag soll in praktikabler Form in Anlehnung an die DIN V18599 die Ermittlung des solaren Deckungsgrades  $\kappa$  - gleichbedeutend dem EE-Anteil - ermöglichen, damit Einzelmaßnahmen besonders im Altbau hin zu deutlich höheren EE-Anteilen nicht an aufwändigen Simulationen scheitern, sondern dass beispielsweise ein Installateur mit einem einfachen Berechnungstool oder besser noch mit einer einfachen Tabelle ohne Rechnung in der Lage ist, den Nachweis zu führen. Die Validierung mit der Berechnungsmethode der neuen DIN V 18599 gibt dabei die Garantie, dass die Ergebnisse der vereinfachten Methode nur geringfügig von deren Berechnungen abweichen. Außerdem liegt dem Verfahren als einziger Bewertungsparameter des Kollektors der anerkannte Bruttowärmeertrag (GTY=Gross Thermal Yield) bei 50 °C am Standort Würzburg zu Grunde. Dieser Wert wird durch Standardsimulation für die Solar Keymark Zertifizierung ermittelt und diente bereits als Grundlage für die ertragsabhängige Förderung.

## **1. Technische Grundlage**

### Einstufung:

Die Solaranlage wird aufgrund ihrer CO<sub>2</sub>-freien Wärme als bevorzugter Wärmeerzeuger eingestuft. D.h. sie ist in der Lage, einen bestimmten Teil des Gesamtwärmebedarfs für Warmwasser und Heizung, in der DIN V 18599 als Erzeugernutzwärmeabgabe  $Q_{outg}$  bezeichnet, zu decken. Dieser Deckungsanteil wird zukünftig im GEG als Bemessungsgrundlage herangezogen. Damit ist der solare Deckungsanteil nur eine Funktion der Erzeugernutzwärmeabgabe des Referenzsystems und unabhängig vom eingesetzten Wärmeerzeuger.

### Bezugsgrößen:

Als Bezugsgröße für den solaren Ertrag wird der spezifische Kollektor-Bruttowärmeertrag  $GTY_{spec}$  (früher ACO =Annual Collector Output) pro m<sup>2</sup> Bruttofläche bei 50°C am Standort Würzburg aus dem Solar Keymark Datenblatt verwendet. Dieser wird bei neueren

Datenblättern bereits als solcher angegeben oder kann bei älteren Datenblättern durch Division mit der Bruttofläche aus dem Modulertrag gemäß Gleichung (1) bestimmt werden.

$$GTY_{spec}(50\text{ °C}) = \frac{GTY_{module}(50\text{ °C})}{A_G} \quad (1)$$

Als Bezugsgröße für den zu deckenden Bedarf kommt die Erzeugernutzwärmeabgabe  $Q_{outg}$  zum Einsatz. Sie beinhaltet den Wärmebedarf für Warmwasserbereitung und Heizung.

Referenzdaten:

Gebäudewohnfläche:	140 m <sup>2</sup>
Gebäudenutzfläche (EnEV):	168 m <sup>2</sup>
Nettogrundfläche (DIN V 18599)	154 m <sup>2</sup>
Warmwasserbedarf:	2800 kWh (≈20% Anteil)
Raumheizung:	11200 kWh (≈80% Anteil).
Gesamtwärmebedarf ( $Q_{outg}$ )	14000 kWh

Die folgenden Ergebnisse gelten für eine solare Kombianlage ohne explizite Aufteilung nach WW und Heizung. Dies entspricht auch dem Rechenweg der DIN V 18599, die die solare Nutzenergie zunächst als einen gemeinsamen Wert bestimmt und erst im Nachgang eine Aufteilung nach Warmwasser und Heizung vornimmt, weil dies von der Norm so vorgegeben ist. Für Nachweise nach zukünftigem GEG ist eine solche Aufschlüsselung ebenfalls nicht erforderlich und wird auch bei anderen Wärmeerzeugern nicht gefordert.

Berechnungsgrundlage und Modellbildung

Es wurden Berechnungen mit Hilfe der in der DIN V 18599 verankerten Berechnungsmethode für 10 konkrete ausgewählte Kollektoren aus der Solar Keymark Datenbank durchgeführt, die das gesamte Spektrum der verschiedenen Typen (sehr einfach bis hochwertig) für Warmwasser und Raumheizung abdecken.

Hinweis:

Die Kollektoren wurden aus Datenschutzgründen in den Diagrammen entsprechend den Kollektorkategorien des freiwilligen Kollektorertragslabels SOLERGY anonymisiert, die auch z.T. auch aus der Tabelle 20 der DIN V 18599 bekannt sind.

**Tabelle 20 — Standardwerte für Kollektoren bei Verwendung von Bruttoflächen nach DIN EN ISO 9806**

Variable	Bezeichnung	Einheit	Flachkollektor					Röhrenkollektor	
			A	A+	A++	A+++	AA	A+++	AAA
-	Typische Konstruktion	-	Einfacher selektiver Flachkollektor	+ besseres Glas	+ bessere Absorberschicht	+ bessere Dämmung	+ zweite Abdeckung und Anti-reflexglas	Röhrenkollektor ohne Reflektor	Röhrenkollektor mit CPC-Reflektor
$\eta_0$	Konversionsfaktor	-	0,693	0,711	0,729	0,729	0,729	0,513	0,600
$k_1$	Wärmeverlustkoeffizient	W/(m <sup>2</sup> × K)	3,600	3,600	3,600	3,150	2,250	1,158	0,535
$k_2$	Wärmeverlustkoeffizient	W/(m <sup>2</sup> × K <sup>2</sup> )	0,014	0,014	0,014	0,014	0,005	0,005	0,003
$k_{hem(50^\circ)}$	Einstrahlwinkelkorrekturfaktor bei 50°	-	0,88	0,92	0,92	0,92	0,92	1,03	0,96

Tabelle 1: Typische Kollektor-Standardwerte (Quelle: DIN V 18599)

Aus den Kollektorkennwerten lassen sich mit Hilfe des Programms ScenoCalc die Bruttowärmeerträge gemäß der EN 12975 auch für die o.a. Standardkollektoren ermitteln. Damit wird klar, welche Bandbreite verschiedener Kollektoren am deutschen verfügbar ist, und dass eine einfache faire Bewertung anhand der Kollektorfläche nicht möglich ist, sondern der potenzielle Nutzen in Form des  $f_{GT_Y}$  (50 °C) als Berechnungsbasis gewählt werden sollte. Der Jahreswirkungsgrad (annual efficiency) zeigt, wieviel Energie der Kollektor potenziell von der verfügbaren Einstrahlungssumme gewinnen kann.

Kollektortyp	Flachkollektor					Röhrenkollektor		
Ertragsklasse	A (F)	A+ (F)	A++ (F)	A+++ (F)	AA (F)	A++ (R)	AA (R)	AAA (R)
$f_{GT_Y}$ (50°C) Würzburg	380 kWh/m <sup>2</sup>	416 kWh/m <sup>2</sup>	433 kWh/m <sup>2</sup>	464 kWh/m <sup>2</sup>	561 kWh/m <sup>2</sup>	478 kWh/m <sup>2</sup>	591 kWh/m <sup>2</sup>	641 kWh/m <sup>2</sup>
Annual efficiency	31%	33%	35%	37%	45%	38%	48%	52%

Tabelle 2: Beispielhafte Ertragswerte für Standardkollektoren (Berechnungen mit ScenoCalc)

Im Ergebnis wurden die nutzbare solare Wärme und der Deckungsanteil bestimmt. Die Berechnungen umfassen die solare Deckung von ca. 20 - 50 % des Wärmebedarfs für Warmwasser und Heizung. Höhere Deckungen sind in der Praxis möglich und auch vielfach realisiert aber aufgrund der Modellbildung und der eingezogenen Grenzen für die Kollektorfeldgröße in der DIN V 18599 ausgeschlossen.

Auf Basis der Bruttowärmeerträge konnte eine einfache Korrelation 2. Ordnung in Abhängigkeit des solaren Deckungsgrades gefunden werden.

$$f_{GT_Y} = \frac{GT_{Y_{Feld}}(50\text{ °C})}{Q_{outg}} = a \cdot \kappa^2 \cdot b \cdot \kappa \quad (2)$$

Die ermittelten Parameter für den verallgemeinerten Fall sind:

Parameter	a	b
allgemein	2,5	0,65

Tabelle 3: Polynomparameter

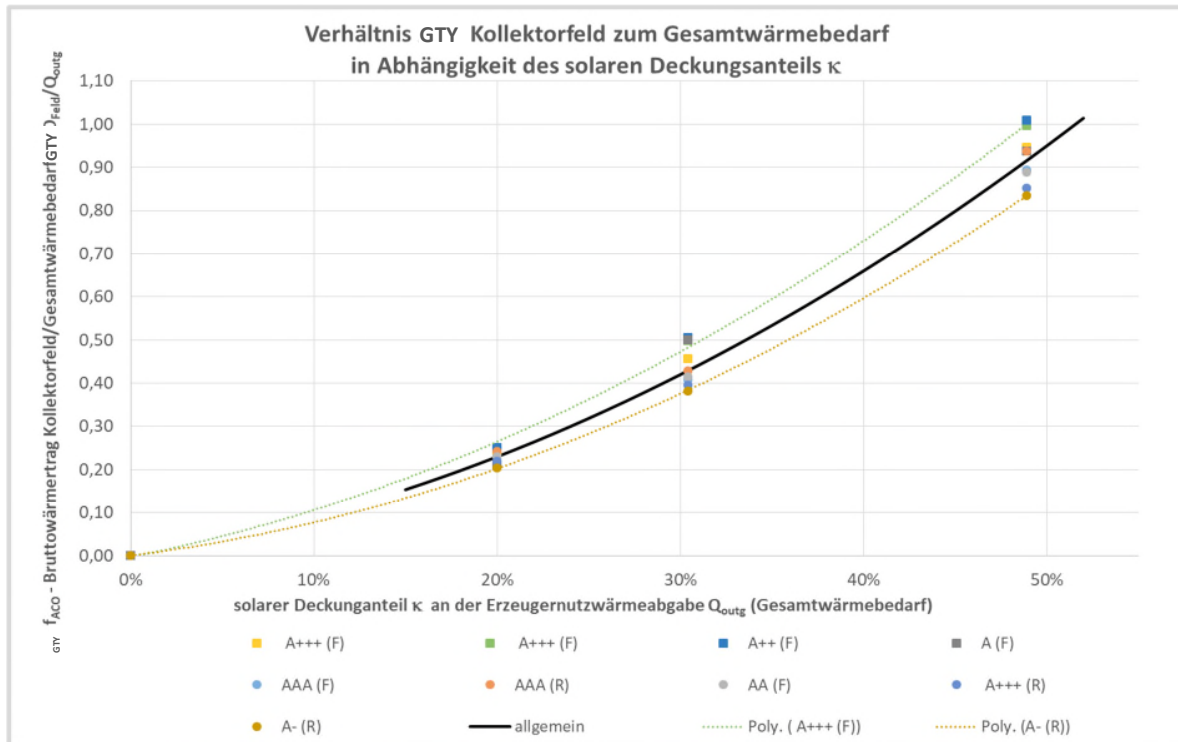


Diagramm 1: Korrelation  $f_{GT_Y}$  in Abhängigkeit des solaren Deckungsanteils (EE-Anteils)

Der Gültigkeitsbereich umfasst in jedem Fall die untersuchte validierte Bandbreite kann aber mit der Praxiserfahrung von Solarhäusern in guter Näherung extrapoliert werden und beträgt:

$$10 \% \leq \kappa \leq 85 \%$$

Die Korrelation ist auf typische Ein- Zwei und kleine Mehrfamilienhäuser bis zu einem Gesamtwärmebedarf von ca. 60.000 kWh pro Jahr anwendbar. Sie besagt, dass für einen bestimmten solaren Deckungsanteil  $\kappa$  ein bestimmter Bruttowärmeertrag des Kollektorfeldes im Verhältnis zum Wärmebedarf erforderlich  $f_{GTy}$  ist. Soll beispielsweise ein Deckungsanteil von 25% erzielt werden so ist ein Bruttowärmeertragsanteil vom 0,32 fachen des Wärmebedarfs erforderlich. Für 50% Deckungsanteil hingegen muss bereits ein theoretischer Bruttowärmeertrag in Höhe des 0,95-fachen des gesamten Wärmebedarfs aus dem Kollektorfeld verfügbar sein. Es handelt sich also **nicht** um einen linearen Zusammenhang, sondern je höher der Deckungsanteil ist, umso höher wird der Aufwand, denn der nutzbare Solaranteil sinkt.

Die Funktion liefert also die dimensionslose Kennzahl Bruttowärmeertragsanteil  $f_{GTy}$  aus der universell durch Multiplikation mit dem Wärmebedarf der erforderliche Bruttowärmeertrag des Kollektorfeldes für einen bestimmten solaren Deckungsanteil  $\kappa$  ermittelt werden kann.

Für die direkte Bestimmung des EE-Anteils wird die quadratische Gleichung (2) explizit allgemein gelöst. Damit kann sehr einfach auch der Deckungsanteil bei gegebenem Bruttowärmeertrag und Wärmebedarf berechnet werden:

$$\kappa = \frac{-b + \sqrt{b^2 + 4 \cdot a \cdot \frac{GTy_{Feld}(50^\circ C)}{Q_{outg}}}}{2a} \quad (3)$$

Mit den konkreten o.a. Parametern gilt in guter Näherung für alle Kollektortypen:

$$\kappa = \frac{-0,65 + \sqrt{0,65^2 + 10 \cdot \frac{GTy_{Feld}(50^\circ C)}{Q_{outg}}}}{5} \quad (3a)$$

Hier der Verlauf der Kurve für den Deckungsanteil mit einem konkreten Beispiel

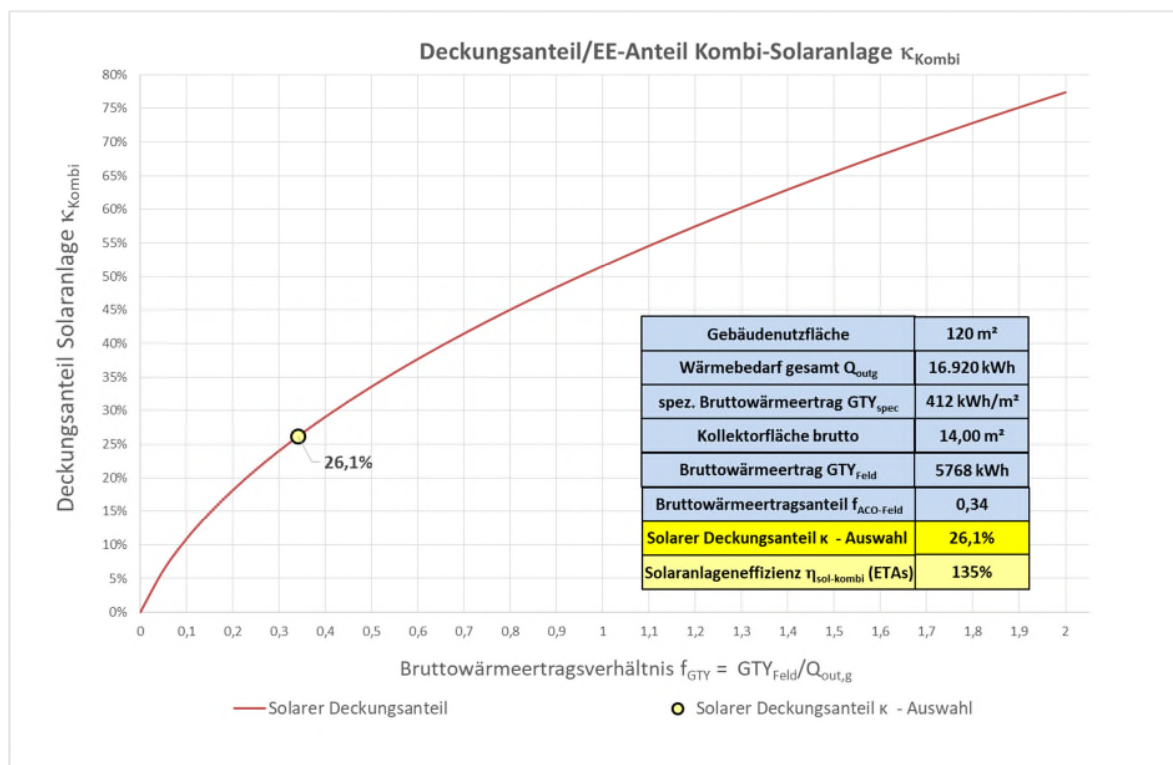


Diagramm 2: Solarer Deckungsanteil (EE-Anteil) in Abhängigkeit des Ertragsanteils  $f_{GTY}$

## 2. Umsetzung als Nachschlagtabelle (look-up table)

Während der Arbeiten an der ErP Revision hatte sich herausgestellt, dass für die Anwendung durch Installateure die beste und einfachste Möglichkeit ist, eine Tabelle (look-up table) zu haben, mit der man sofort den Überblick bekommt und das erzielte Ergebnis ablesen kann. In der heutigen Zeit lassen sich solche Dinge natürlich auch komfortabel über eine App lösen. Beides ist möglich und sinnvoll auch parallel einsetzbar, zumal es lediglich darum geht, konkrete Berechnungsergebnisse des EE-Anteils mit Hilfe der Gleichung (3a) darzustellen. Hier soll der Einfachheit halber zunächst nur die Tabellenversion vorgestellt werden, das Verfahren wurde aber bereits als kleines Excel Programm implementiert.

Die einfachste Form der Tabelle ist die folgende Darstellung. Durch die in Anlehnung an ErP gegebenen Umrechnungen des Wärmebedarfs stehen zwei weitere Parameter gleichberechtigt zur Auswahl.

### 1. Heizlast ( $P_{design}$ ):

Damit können die bewährten Methoden zur Heizlastermittlung eingesetzt werden:

$$P_{design} = \frac{Q_{out,g}}{H_{eh}} \quad \text{mit } H_{eh} = 2066 \text{ Vollaststunden} \quad (6)$$

Die Heizlast als Parameter ist auch besonders geeignet, wenn die Solaranlage mit einer monovalenten Wärmepumpe kombiniert wird. Die Tabelle zeigt dann an, wieviel Strom anteilig durch den Einsatz einer thermischen Solaranlage eingespart werden kann

2. Kessel-Nennleistung ( $P_{\text{rated}}$ ):  
Damit kann anhand der Kesselleistung ebenfalls der EE-Anteil bestimmt werden.

$$P_{\text{rated}} = \frac{Q_{\text{outg}}}{800 \text{ h}} \quad \text{mit 800 Kessel-Betriebsstunden} \quad (7)$$

Letztlich gibt es noch die 3. Möglichkeit, den Wärmebedarf aus einem über Jahre gemittelten Verbrauch zu bestimmen und mit einem typischen Wirkungsgrad des Kessels gemäß Labelklasse (z.B. auch aus Altanlagenlabel) zu multiplizieren.

Hier ein Beispiel einer allgemeinen Tabelle zur Bestimmung des EE-Anteils, zum besseren Verständnis mit grober Auflösung. In Anlage 2 findet sich eine Tabelle mit höherer Auflösung, wie sie z. B. in einen Gesetzestext integriert werden könnte.

Nachschlagetabelle EE-Anteil: Bezugsgröße Wärmebedarf								
Wärmebedarf →	5.000 kWh/a	10.000 kWh/a	15.000 kWh/a	20.000 kWh/a	30.000 kWh/a	40.000 kWh/a	50.000 kWh/a	60.000 kWh/a
Heizlast →	< 2,5 kW	< 4,9 kW	< 7,3 kW	< 9,7 kW	< 14,6 kW	< 19,4 kW	< 24,3 kW	< 29,1 kW
GTy ↓/Nennleistung →	< 6,3 kW	< 12,5 kW	< 18,8 kW	< 25,0 kW	< 37,5 kW	< 50,0 kW	< 62,5 kW	< 75,0 kW
1000 kWh	18%	11%	-	-	-	-	-	-
2000 kWh	29%	18%	14%	11%	-	-	-	-
3000 kWh	38%	24%	18%	15%	11%	-	-	-
4000 kWh	45%	29%	22%	18%	14%	11%	-	-
5000 kWh	52%	34%	26%	21%	16%	13%	11%	-
6000 kWh	57%	38%	29%	24%	18%	15%	12%	11%
7000 kWh	63%	41%	32%	27%	20%	16%	14%	12%
8000 kWh	68%	45%	35%	29%	22%	18%	15%	14%
9000 kWh	73%	48%	38%	31%	24%	20%	17%	15%
10000 kWh	77%	52%	40%	34%	26%	21%	18%	16%
11000 kWh	82%	55%	43%	36%	27%	23%	19%	17%
12000 kWh	-	57%	45%	38%	29%	24%	21%	18%
13000 kWh	-	60%	47%	40%	31%	25%	22%	19%
14000 kWh	-	63%	49%	41%	32%	27%	23%	20%
15000 kWh	-	66%	52%	43%	34%	28%	24%	21%
16000 kWh	-	68%	54%	45%	35%	29%	25%	22%
17000 kWh	-	70%	56%	47%	36%	30%	26%	23%
18000 kWh	-	73%	57%	48%	38%	31%	27%	24%
19000 kWh	-	75%	59%	50%	39%	32%	28%	25%
20000 kWh	-	77%	61%	52%	40%	34%	29%	26%

Tabelle 3: Bestimmung EE-Anteil – allgemein (geringe Auflösung)

Hersteller können eine eigene Tabelle herausgeben, in der ihre konkreten Solaranlagenauslegungen (Anzahl und Typ der Module) aufgelistet sind. Damit kann der Installateur dann direkt z.B. mit der Heizlast oder der Kesselnennleistung den EE-Anteil ablesen. Die Detaillierung bzgl. des Wärmebedarfes kann natürlich erhöht werden, um eine höhere Auflösung der Tabelle zu erzielen.

Beispiel einer Herstellertabelle mit 2 Kollektortypen:

Kollektortyp	Typ 1	Typ 2
Kollektorfläche	Solar 1	Solar 2
Bruttofläche	2,00 m <sup>2</sup>	2,50 m <sup>2</sup>
GTy <sub>spec</sub>	400 kWh/m <sup>2</sup>	400 kWh/m <sup>2</sup>
GTy <sub>Kollektor</sub>	800 kWh	1000 kWh

			Nachschlagetabelle EE-Anteil: Bezugsgröße Wärmebedarf						
			Wärmebedarf →	5.000 kWh/a	10.000 kWh/a	15.000 kWh/a	20.000 kWh/a	30.000 kWh/a	40.000 kWh/a
Anzahl	Anzahl	Fläche	Heizlast→	< 2,5 kW	< 4,9 kW	< 7,3 kW	< 9,7 kW	< 14,6 kW	< 19,4 kW
Typ 1	Typ 2	gesamt	GTY ↓/Nennleistung→	< 6,3 kW	< 12,5 kW	< 18,8 kW	< 25,0 kW	< 37,5 kW	< 50,0 kW
2	0	4,00 m <sup>2</sup>	1600 kWh	25%	15%	11%	-	-	-
0	2	5,00 m <sup>2</sup>	2000 kWh	29%	18%	14%	11%	-	-
3	0	6,00 m <sup>2</sup>	2400 kWh	33%	21%	15%	12%	-	-
0	3	7,50 m <sup>2</sup>	3000 kWh	38%	24%	18%	15%	11%	-
4	0	8,00 m <sup>2</sup>	3200 kWh	39%	25%	19%	15%	11%	-
5	0	10,00 m <sup>2</sup>	4000 kWh	45%	29%	22%	18%	14%	11%
0	4	10,00 m <sup>2</sup>	4000 kWh	45%	29%	22%	18%	14%	11%
6	0	12,00 m <sup>2</sup>	4800 kWh	50%	33%	25%	21%	15%	12%
0	5	12,50 m <sup>2</sup>	5000 kWh	52%	34%	26%	21%	16%	13%
7	0	14,00 m <sup>2</sup>	5600 kWh	55%	36%	28%	23%	17%	14%
0	6	15,00 m <sup>2</sup>	6000 kWh	57%	38%	29%	24%	18%	15%
8	0	16,00 m <sup>2</sup>	6400 kWh	60%	39%	30%	25%	19%	15%
0	7	17,50 m <sup>2</sup>	7000 kWh	63%	41%	32%	27%	20%	16%
9	0	18,00 m <sup>2</sup>	7200 kWh	64%	42%	33%	27%	21%	17%
10	0	20,00 m <sup>2</sup>	8000 kWh	68%	45%	35%	29%	22%	18%
0	8	20,00 m <sup>2</sup>	8000 kWh	68%	45%	35%	29%	22%	18%
0	10	25,00 m <sup>2</sup>	10000 kWh	77%	52%	40%	34%	26%	21%
0	12	30,00 m <sup>2</sup>	12000 kWh	-	57%	45%	38%	29%	24%
0	16	40,00 m <sup>2</sup>	16000 kWh	-	68%	54%	45%	35%	29%
0	20	50,00 m <sup>2</sup>	20000 kWh	-	77%	61%	52%	40%	34%

Tabelle 4: Bestimmung EE-Anteil – herstellerepezifisch (Beispiel mit geringer Auflösung)

### 3. Fazit

Die vorgeschlagene Methode zur Bestimmung des EE-Anteils von Solaranlagen liefert praxisnahe Ergebnisse ähnlich der DIN V 18599, indem sie zuverlässige und anerkannte Simulationsergebnisse in Form des GTY als Berechnungsgrundlage ansetzt und über eine validierte Korrelation schließlich zu einer einfachen Berechnungsformel führt. In Form einer Nachschlagetabelle können praktisch alle relevanten Ergebnisse in einer Tabelle dargestellt werden, dabei kann der Anwender neben der eigentlichen Bezugsgröße Wärmebedarf gleichwertig auch die Heizlast oder ggf. auch die Kesselleistung, sofern diese nicht stark überdimensioniert ist, als Auswahlgrößen verwendet werden. Unabhängig davon lässt sich die Berechnung auch in eine App integrieren, sodass eine Auslegung oder Beratung digital und ohne Simulationsaufwand in wenigen Sekunden möglich ist. Die Methode hat das Potenzial, die Einsparmöglichkeiten nicht nur in der Kombination mit Heizkesseln, sondern gerade auch mit Wärmepumpen konkret darzustellen. Effiziente thermische Solaranlagen liefern Wärme auch an besonders kalten, sonnigen Tagen im Winter und entlasten damit das überregionale und lokale Stromnetz, das durch Luftwärmepumpen in Zukunft immer stärker belastet werden wird. Pauschale Vorgaben nach Kollektorfläche, die das Kriterium des Ertrages und damit letztendlich der Qualität des Kollektors keine Relevanz zugestehen und somit keinerlei Anreiz bieten, Produkte und Systeme effizienter zu machen, können damit ad acta gelegt werden. Die Solarthermie sollte wie alle anderen EE-Technologien gleichwertig entsprechend seiner Leistungsfähigkeit behandelt werden.

## Anlage 1 – Formel Herleitung nach EU-Verordnung 811/812

Gemäß der ErP Festlegungen lässt sich mit dem solaren Deckungsanteil auch eine Solaranlageeffizienz  $\eta_{sol-Kombi}$  ermitteln, die unabhängig vom eingesetzten Zusatzwärmeerzeuger ist. Es gilt zunächst grundsätzlich für die Effizienz eines Hybridsystems:

$$\eta_{hyb} = \frac{Q_{out,g}}{Q_{PE,tot}} = \frac{Q_{nonsol} + Q_{sol}}{Q_{PE,boiler}} = \eta_{boiler} + \frac{Q_{sol}}{Q_{PE,boiler}} = \eta_{boiler} + \frac{\eta_{boiler} \cdot Q_{sol}}{Q_{nonsol}} = \eta_{boiler} \left(1 + \frac{Q_{sol}}{Q_{nonsol}}\right)$$

$\eta_{sol-Kombi}$

mit

$$Q_{out,g} = Q_{nonsol} + Q_{sol}$$

$$Q_{PE,tot} = Q_{PE,boiler} + Q_{PE,solar} = Q_{PE,boiler}, \text{ da in guter Näherung } Q_{PE,solar} = 0$$

$$Q_{nonsol} = \eta_{boiler} \cdot Q_{PE,boiler} \rightarrow Q_{PE,boiler} = \frac{Q_{nonsol}}{\eta_{boiler}}$$

Damit wird die Solaranlageeffizienz festgelegt als:

$$\eta_{sol-Kombi} = 1 + \frac{Q_{sol}}{Q_{nonsol}} = \frac{Q_{out,g}}{Q_{nonsol}}$$

Daraus ergibt sich dann:

$$\eta_{hyb} = \eta_{boiler} \cdot \eta_{sol-Kombi}$$

Die Solaranlageeffizienz lässt sich auch in Abhängigkeit des solaren Deckungsanteils darstellen und direkt daraus ermitteln:

$$\eta_{sol-Kombi} = \frac{Q_{out,g}}{Q_{nonsol}} = \frac{Q_{out,g}}{Q_{out,g} - Q_{sol}} = \frac{Q_{out,g}}{Q_{out,g} - Q_{out,g} \cdot \kappa} = \frac{1}{1 - \kappa}$$

mit

$$\kappa = \frac{Q_{sol}}{Q_{out,g}} \rightarrow Q_{sol} = Q_{out,g} \cdot \kappa$$

### Parameter-Übersicht:

ErP Effizienz Hybridsystem – kombiniert WW+HZ  
 Effizienz Solare Kombianlage  
 Solarer Deckungsanteil gemäß DIN V 18599 (=EE-Anteil)  
 Erzeugernutzwärmeabgabe Referenzsystem ohne Solar  
 Nutzwärmeabgabe Solaranlage  
 Nutzwärmeabgabe Zusatzwärmeerzeuger  
 Primärenergieverbrauch gesamt  
 Primärenergieverbrauch Solaranlage (=0 gesetzt)  
 Primärenergieverbrauch Zusatzwärmeerzeuger

$\eta_{hyb}$   
 $\eta_{sol-Kombi}$   
 $\kappa$   
 $Q_{out,g}$   
 $Q_{sol}$   
 $Q_{nonsol}$   
 $Q_{PE,tot}$   
 $Q_{PE,solar}$   
 $Q_{PE,boiler}$



## Anlage 2 – Beispiel einer hochaufgelösten Tabelle

Nachschlagetabelle EE-Anteil: Bezugsgröße Wärmebedarf																						
Wärmebedarf →	5.000 kWh/a	6.000 kWh/a	7.000 kWh/a	8.000 kWh/a	9.000 kWh/a	10.000 kWh/a	11.000 kWh/a	12.000 kWh/a	13.000 kWh/a	14.000 kWh/a	15.000 kWh/a	17.500 kWh/a	20.000 kWh/a	22.500 kWh/a	25.000 kWh/a	30.000 kWh/a	35.000 kWh/a	40.000 kWh/a	45.000 kWh/a	50.000 kWh/a	60.000 kWh/a	
Heizlast →	< 2,5 kW	< 3,0 kW	< 3,4 kW	< 3,9 kW	< 4,4 kW	< 4,9 kW	< 5,4 kW	< 5,9 kW	< 6,3 kW	< 6,8 kW	< 7,3 kW	< 8,5 kW	< 9,7 kW	< 10,9 kW	< 12,2 kW	< 14,6 kW	< 17,0 kW	< 19,4 kW	< 21,8 kW	< 24,3 kW	< 29,1 kW	
GT <sub>y</sub> ↓/Nennleistung →	< 6,3 kW	< 7,5 kW	< 8,8 kW	< 10,0 kW	< 11,3 kW	< 12,5 kW	< 13,8 kW	< 15,0 kW	< 16,3 kW	< 17,5 kW	< 18,8 kW	< 21,9 kW	< 25,0 kW	< 28,2 kW	< 31,3 kW	< 37,5 kW	< 43,8 kW	< 50,0 kW	< 56,3 kW	< 62,5 kW	< 75,0 kW	
500 kWh	11%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1000 kWh	18%	16%	14%	13%	12%	11%	10%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1500 kWh	24%	21%	19%	17%	16%	15%	14%	13%	12%	11%	11%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000 kWh	29%	26%	23%	21%	20%	18%	17%	16%	15%	14%	14%	12%	11%	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2500 kWh	34%	30%	27%	25%	23%	21%	20%	19%	18%	17%	16%	14%	13%	12%	11%	-	-	-	-	-	-	-
3000 kWh	38%	34%	30%	28%	26%	24%	22%	21%	20%	19%	18%	16%	15%	14%	12%	11%	-	-	-	-	-	-
3500 kWh	41%	37%	34%	31%	29%	27%	25%	24%	22%	21%	20%	18%	16%	15%	14%	12%	11%	-	-	-	-	-
4000 kWh	45%	40%	37%	34%	31%	29%	27%	26%	24%	23%	22%	20%	18%	17%	15%	14%	12%	11%	-	-	-	-
4500 kWh	48%	43%	39%	36%	34%	31%	29%	28%	26%	25%	24%	22%	20%	18%	17%	15%	13%	12%	11%	10%	-	-
5000 kWh	52%	46%	42%	39%	36%	34%	32%	30%	28%	27%	26%	23%	21%	20%	18%	16%	14%	13%	12%	11%	-	-
5500 kWh	55%	49%	45%	41%	38%	36%	34%	32%	30%	29%	27%	25%	23%	21%	19%	17%	15%	14%	13%	12%	10%	10%
6000 kWh	57%	52%	47%	43%	40%	38%	35%	34%	32%	30%	29%	26%	24%	22%	21%	18%	16%	15%	14%	12%	11%	11%
6500 kWh	60%	54%	49%	45%	42%	40%	37%	35%	34%	32%	31%	28%	25%	23%	22%	19%	17%	16%	14%	13%	12%	12%
7000 kWh	63%	57%	52%	48%	44%	41%	39%	37%	35%	34%	32%	29%	27%	25%	23%	20%	18%	16%	15%	14%	12%	12%
7500 kWh	66%	59%	54%	50%	46%	43%	41%	39%	37%	35%	34%	30%	28%	26%	24%	21%	19%	17%	16%	15%	13%	13%
8000 kWh	68%	61%	56%	52%	48%	45%	42%	40%	38%	37%	35%	32%	29%	27%	25%	22%	20%	18%	17%	15%	14%	14%
8500 kWh	70%	63%	58%	53%	50%	47%	44%	42%	40%	38%	36%	33%	30%	28%	26%	23%	21%	19%	17%	16%	14%	14%
9000 kWh	73%	66%	60%	55%	52%	48%	46%	43%	41%	39%	38%	34%	31%	29%	27%	24%	22%	20%	18%	17%	15%	15%
9500 kWh	75%	68%	62%	57%	53%	50%	47%	45%	43%	41%	39%	35%	32%	30%	28%	25%	22%	20%	19%	17%	15%	15%
10000 kWh	77%	70%	64%	59%	55%	52%	49%	46%	44%	42%	40%	37%	34%	31%	29%	26%	23%	21%	20%	18%	16%	16%
10500 kWh	80%	72%	66%	61%	57%	53%	50%	48%	45%	43%	41%	38%	35%	32%	30%	27%	24%	22%	20%	19%	16%	16%
11000 kWh	82%	74%	67%	62%	58%	55%	52%	49%	47%	45%	43%	39%	36%	33%	31%	27%	25%	23%	21%	19%	17%	17%
11500 kWh	84%	76%	69%	64%	60%	56%	53%	50%	48%	46%	44%	40%	37%	34%	32%	28%	26%	23%	22%	20%	18%	18%
12000 kWh	-	77%	71%	66%	61%	57%	54%	52%	49%	47%	45%	41%	38%	35%	33%	29%	26%	24%	22%	21%	18%	18%
12500 kWh	-	79%	73%	67%	63%	59%	56%	53%	50%	48%	46%	42%	39%	36%	34%	30%	27%	25%	23%	21%	19%	19%
13000 kWh	-	81%	74%	69%	64%	60%	57%	54%	52%	49%	47%	43%	40%	37%	34%	31%	28%	25%	23%	22%	19%	19%
13500 kWh	-	83%	76%	70%	66%	62%	58%	55%	53%	50%	48%	44%	41%	38%	35%	31%	28%	26%	24%	22%	20%	20%
14000 kWh	-	84%	77%	72%	67%	63%	60%	57%	54%	52%	49%	45%	41%	39%	36%	32%	29%	27%	25%	23%	20%	20%
14500 kWh	-	-	79%	73%	68%	64%	61%	58%	55%	53%	51%	46%	42%	39%	37%	33%	30%	27%	25%	23%	21%	21%
15000 kWh	-	-	80%	75%	70%	66%	62%	59%	56%	54%	52%	47%	43%	40%	38%	34%	30%	28%	26%	24%	21%	21%
15500 kWh	-	-	82%	76%	71%	67%	63%	60%	57%	55%	53%	48%	44%	41%	38%	34%	31%	28%	26%	25%	22%	22%
16000 kWh	-	-	83%	77%	72%	68%	64%	61%	58%	56%	54%	49%	45%	42%	39%	35%	32%	29%	27%	25%	22%	22%
16500 kWh	-	-	85%	79%	74%	69%	66%	62%	59%	57%	55%	50%	46%	43%	40%	36%	32%	30%	27%	26%	23%	23%
17000 kWh	-	-	-	80%	75%	70%	67%	63%	60%	58%	56%	51%	47%	43%	41%	36%	33%	30%	28%	26%	23%	23%
17500 kWh	-	-	-	81%	76%	72%	68%	64%	62%	59%	57%	52%	48%	44%	41%	37%	34%	31%	29%	27%	24%	24%
18000 kWh	-	-	-	83%	77%	73%	69%	66%	63%	60%	57%	52%	48%	45%	42%	38%	34%	31%	29%	27%	24%	24%
18500 kWh	-	-	-	84%	79%	74%	70%	67%	64%	61%	58%	53%	49%	46%	43%	38%	35%	32%	30%	28%	24%	24%
19000 kWh	-	-	-	-	80%	75%	71%	68%	65%	62%	59%	54%	50%	47%	44%	39%	35%	32%	30%	28%	25%	25%
19500 kWh	-	-	-	-	81%	76%	72%	69%	66%	63%	60%	55%	51%	47%	44%	40%	36%	33%	31%	29%	25%	25%
20000 kWh	-	-	-	-	82%	77%	73%	70%	67%	64%	61%	56%	52%	48%	45%	40%	37%	34%	31%	29%	26%	26%
20500 kWh	-	-	-	-	83%	78%	74%	71%	67%	65%	62%	57%	52%	49%	46%	41%	37%	34%	32%	30%	26%	26%
21000 kWh	-	-	-	-	84%	80%	75%	72%	68%	66%	63%	57%	53%	49%	46%	41%	38%	35%	32%	30%	27%	27%
21500 kWh	-	-	-	-	-	81%	76%	73%	69%	66%	64%	58%	54%	50%	47%	42%	38%	35%	33%	30%	27%	27%
22000 kWh	-	-	-	-	-	82%	77%	74%	70%	67%	65%	59%	55%	51%	48%	43%	39%	36%	33%	31%	27%	27%
22500 kWh	-	-	-	-	-	83%	78%	75%	71%	68%	66%	60%	55%	52%	48%	43%	39%	36%	34%	31%	28%	28%
23000 kWh	-	-	-	-	-	84%	79%	76%	72%	69%	66%	61%	56%	52%	49%	44%	40%	37%	34%	32%	28%	28%
23500 kWh	-	-	-	-	-	85%	80%	76%	73%	70%	67%	61%	57%	53%	50%	44%	40%	37%	35%	32%	29%	29%
24000 kWh	-	-	-	-	-	-	81%	77%	74%	71%	68%	62%	57%	54%	50%	45%	41%	38%	35%	33%	29%	29%
24500 kWh	-	-	-	-	-	-	82%	78%	75%	72%	69%	63%	58%	54%	51%	46%	41%	38%	35%	33%	29%	29%
25000 kWh	-	-	-	-	-	-	83%	79%	76%	73%	70%	64%	59%	55%	52%	46%	42%	39%	36%	34%	30%	30%