

Zertifizierung von Solarglas-ST Solarthermische Kollektoren

Version 2.5, Juni 2012

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|----|
| 1 | Allgemeine Grundlagen | 2 |
| 1.1 | Einleitung | 2 |
| 1.2 | Geltungsbereich | 2 |
| 2 | Technische Grundlagen..... | 3 |
| 2.1 | Leistungsfähigkeit von Solarglas | 3 |
| 2.2 | Definition des Glaswirkungsgrades..... | 4 |
| 3 | Zertifizierung..... | 4 |
| 3.1 | Allgemeines..... | 4 |
| 3.2 | Klasseneinteilung und Kennzeichnung | 4 |
| 3.3 | Zertifikatbezeichnung | 5 |
| 3.4 | Gültigkeit..... | 5 |
| Annex A: | Der Transmissionsfaktor $F_{\tau,ST}$ | 6 |
| Annex B: | Der Winkelgewichtungsfaktor $F_{IAM,ST}$ | 9 |
| Annex C: | Der Fotodegradationsfaktor $F_{UV,ST}$ | 12 |
| Annex D: | Glaszertifikate als Grundlage für Qualitätssicherung | 13 |
| Annex E: | Weiterführende Dokumente und Informationen..... | 13 |

1 Allgemeine Grundlagen

1.1 Einleitung

Die Leistungsfähigkeit eines thermischen Solarkollektors ist direkt von den optischen Eigenschaften der Abdeckung abhängig. Dieser Einfluss des Glases auf den effektiven Ertrag des Kollektors kann mit aufwändigen optischen Messungen abgeschätzt und bewertet werden. Da in den letzten Jahren der Kostendruck auf die Kollektorhersteller massiv zugenommen hat, ist diese Leistungsbewertung besonders wichtig um den energetischen Nutzen eines Glases mit dessen Kosten in die richtige Relation zu setzen.

Für die optische Bewertung von Solarglas bestehen keine geeigneten Normen. Aus diesem Grund hat das SPF eigene Zertifizierungsschemata etabliert. Dabei werden die Gläser aufgrund von optischen Messungen in Leistungsklassen eingeteilt. Diese Einteilung ermöglicht die Einschätzung der effektiven Leistungsfähigkeit und damit den korrekten Vergleich verschiedener Gläser. Die SPF Glaszertifikate sind damit auch eine gute Grundlage für technische Spezifikationen zur Beschaffung und Qualitätssicherung von Solarglas für die Fertigung thermischer Kollektoren.

Die SPF Solarglaszertifizierung berücksichtigt ausschliesslich die optischen Eigenschaften. Sicherheitsaspekte, mechanische Eigenschaften sowie Einflüsse durch Verschmutzung sind explizit nicht Teil dieser Zertifizierung. Es wird auch ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die einschlägigen Normen und Vorschriften unabhängig von dieser Zertifizierung berücksichtigt werden sollen. Insbesondere empfiehlt das SPF ausschliesslich gehärtetes Glas einzusetzen das mindestens den Anforderungen der Norm EN12150 genügt.

Aus physikalischen Gründen sind die Anforderungen an Solarglas für solarthermische Kollektoren und für photovoltaische Module verschieden. Es gibt deshalb zwei unterschiedliche Bewertungen und Zertifikate für Solarglas:

- Solarglas-PV, geeignet für **PhotoV**oltaische Module.
- Solarglas-ST, geeignet für **SolarT**hermische Kollektoren.

1.2 Geltungsbereich

Das vorliegende Klassifizierungsverfahren bewertet Flachglas für den Einsatz in einfach abgedeckten Flachkollektoren konventioneller Bauweise. Für andere Kollektorbauarten (z.B. doppelt verglaste Kollektoren) können die Auswirkungen auf den Jahresertrag abweichen. In aller Regel kann man aber davon ausgehen, dass die Abweichungen klein sind.

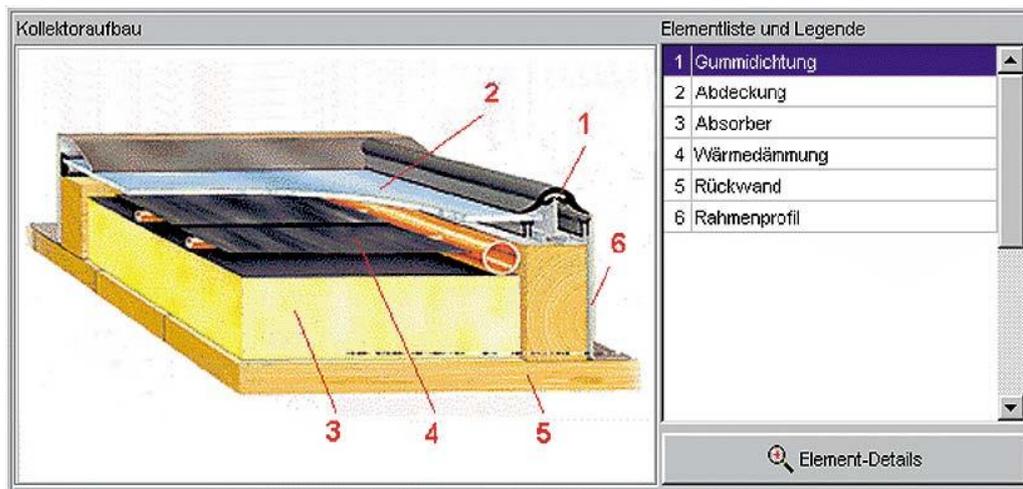


Abbildung 1: Typischer Aufbau eines solarthermischen Kollektors

2 Technische Grundlagen

2.1 Leistungsfähigkeit von Solarglas

Die optische Leistungsfähigkeit von Solarglas für den Einsatz in thermischen Sonnenkollektoren wird im Wesentlichen durch folgende drei Parameter bestimmt:

Solarer Transmission für senkrechte Einstrahlung: Die solare Transmission bezeichnet den Anteil der einfallenden solaren Strahlung, die das Glas transmittiert und zur Wärmeenergie genutzt werden kann. Dieser Faktor wird im Wesentlichen durch den Brechungsindex und die chemische Zusammensetzung des Glases bestimmt. Verunreinigungen bei der Glasherstellung, wie zum Beispiel ein zu hoher Anteil an Eisenoxid, können die Transmission deutlich reduzieren. Bei normalen Gläsern, wie zum Beispiel für Fensterglas, ist dieser Effekt sogar erwünscht. Für den Einsatz in thermischen Solarkollektoren soll aber möglichst der gesamte spektrale Anteil der Sonnenstrahlung genutzt werden. Verunreinigungen sind in aller Regel von Auge nicht einfach festzustellen. Die solare Transmission wird mit spezialisierten Spektrometern in der Geometrie „direkt-hemisphärisch“ über den gesamten Wellenlängenbereich, der für den Wirkungsgrad des Kollektors von Bedeutung ist, bestimmt (ca. 0,3 - 2,5 µm).

Winkelfaktor: Der Einfluss des Winkelfaktors auf den Jahresertrag wird oft unterschätzt. In aller Regel haben unstrukturierte oder nur leicht strukturierte Gläser einen guten Winkelfaktor und werden auch von vielen Kollektorkäufern bevorzugt. Der Nachteil unstrukturierter Gläser ist, dass Verunreinigungen, zum Beispiel durch Schmutz, schnell sichtbar werden. Ebenso können allfällige technische Mängel im Kollektor (z.B. Ausgasungen durch mangelhafte Dämmung, Ansammlung von Feuchtigkeit, Verarbeitungsmängel) weniger gut verdeckt werden. Eine Strukturierung des Glases wird auch häufig als visuell ansprechender empfunden. Wird nur der Ertrag des Kollektors betrachtet, so sind schwach strukturierte und nicht strukturierte Gläser gegenüber stark prismierten Gläsern im Vorteil.

Alterung durch Fotodegradation: Fotodegradation oder auch Solarisation entsteht durch lange UV-Bestrahlung von Glas, welche zu einer Änderung des Oxidationszustandes einzelner Glasbestandteile führen kann, was wiederum zu einer Verfärbung des Glases und damit zu einer Reduktion der solaren Transmission führen kann. Nicht berücksichtigt werden Einflüsse durch Verschmutzung und durch andere witterungsbedingte Degradationsfaktoren.

2.2 Definition des Glaswirkungsgrades

Zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Solargläsern wird der Glaswirkungsgrad $\eta_{GL,ST}$ eingeführt. Der Glaswirkungsgrad beschreibt den Einfluss der Kollektorabdeckung auf den Kollektorfeldertrag einer Referenzsolaranlage zur Wassererwärmung mit Standort Rapperswil (typisches Mitteleuropäisches Klima, -8.82° Länge, 47.23° Breite), bei nach Süden ausgerichteter Kollektorfläche mit 40° Anstellwinkel.

Der Glaswirkungsgrad ist das Produkt einzelner Faktoren, welche die oben aufgeführten unterschiedlichen Glaseigenschaften beschreiben. Alle einzelnen Faktoren, und damit auch der gesamte Glaswirkungsgrad $\eta_{GL,ST}$, sind derart definiert, dass diese proportional zum simulierten Kollektorfeldertrag sind:

$$\eta_{GL,ST} = F_{\tau,ST} \cdot F_{IAM,ST} \cdot F_{UV,ST} \quad (2.1)$$

Die technischen Erklärungen und genauen Definition der drei Faktoren sind in den Annexes A - C zu finden. Diese Faktoren sind so bestimmt, dass sie bei der oben beschriebenen Referenzanlage alle denselben Einfluss auf den Kollektorfeldertrag haben. Ein Glaswirkungsgrad von 1 entspräche somit einem Kollektor mit einer fiktiven Abdeckung mit einem solaren Transmissionsgrad von 100%, einem Verlauf des Winkelfaktors von nicht strukturiertem eisenarmen Glas welches im Laufe der Zeit keine Fotodegradation aufweist.

3 Zertifizierung

3.1 Allgemeines

Die Rechte und Pflichten im Rahmen der Zertifizierung sowie die Gültigkeit des Zertifikates sind vertraglich zwischen dem Institut für Solartechnik SPF und dem Hersteller festgeschrieben. Als Hersteller können auch Vertreiber oder OEM Hersteller auftreten, die Verpflichtungen bezüglich der Einhaltung der Regeln der Zertifizierung gelten dabei uneingeschränkt.

Die zertifizierten Solargläser werden im Internet unter www.solarenergy.ch publiziert. Eine Zertifizierung ohne Publikation ist ausgeschlossen. Neben Namensnennung und Bezugsquelle werden auch die wichtigsten optischen Kennzahlen sowie die Leistungsklasse, der das Glas zugeordnet wird, dargestellt.

3.2 Klasseneinteilung und Kennzeichnung

Für die Zertifizierung wird das Glas einem der drei folgenden Glastypen zugeordnet:

U: Unbehandeltes Solarglas

X: Beidseitig behandeltes AR-Solarglas

Y: Einseitig behandeltes AR-Solarglas

Innerhalb dieser Glastypen werden dann gemäss den unten folgenden Tabellen je vier Leistungsklassen unterschieden. Aufgrund des ermittelten Wirkungsgrades wird das Glas dann entsprechend klassifiziert:

| U unbehandelte Gläser | | |
|-----------------------|-------|-----------------------------|
| Klasse U1 | | $\eta_{GL,ST} \geq 0.900$ |
| Klasse U2 | 0.900 | $> \eta_{GL,ST} \geq 0.885$ |
| Klasse U3 | 0.885 | $> \eta_{GL,ST} \geq 0.870$ |
| Klasse U4 | 0.870 | $> \eta_{GL,ST} \geq 0.850$ |
| Kein Solarglas | 0.850 | $> \eta_{GL,ST}$ |

Tabelle 1: Klasseneinteilung unbehandeltes Glas

| Y Einseitig AR-behandelte Gläser | | |
|----------------------------------|-------|-----------------------------|
| Klasse Y1 | | $\eta_{GL,ST} \geq 0.925$ |
| Klasse Y2 | 0.925 | $> \eta_{GL,ST} \geq 0.910$ |
| Klasse Y3 | 0.910 | $> \eta_{GL,ST} \geq 0.895$ |
| Klasse Y4 | 0.895 | $> \eta_{GL,ST} \geq 0.870$ |
| Kein Solarglas | 0.870 | $> \eta_{GL,ST}$ |

Tabelle 2: Klasseneinteilung AR-behandeltes Solarglas

| X Beidseitig AR-behandelte Gläser | | |
|-----------------------------------|-------|-----------------------------|
| Klasse X1 | | $\eta_{GL,ST} \geq 0.950$ |
| Klasse X2 | 0.950 | $> \eta_{GL,ST} \geq 0.935$ |
| Klasse X3 | 0.935 | $> \eta_{GL,ST} \geq 0.920$ |
| Klasse X4 | 0.920 | $> \eta_{GL,ST} \geq 0.890$ |
| Kein Solarglas | 0.890 | $> \eta_{GL,ST}$ |

Das Glaszertifikat weist einen Wert aus, der sich aus dem Glastype und der erreichten Leistungsklasse zusammensetzt (z.B. **U3** entspricht einem unbehandelten Glas der Klasse 3). Unter einem gewissen Schwellenwert werden die Gläser nicht mehr als Solarglas bezeichnet.

3.3 Zertifikatbezeichnung

Für jedes zertifizierte Glas wird eine eindeutige Zertifikatbezeichnung erstellt die alle relevanten Eigenschaften in Kurzform beinhalten. Die entsprechenden Angaben und Abkürzungen lauten:

Zertifikatkennung : SPF
 Zertifikatnummer : Jahr (2 Stellen) • Laufnummer (3 Stellen)
 Klasse : gemäss Tabellen 1, 2 oder 3

Beispiel einer kompletten Kennzeichnung:

SPF10•999-X3: Glas mit Testnummer 999, geprüft im Jahr 2010, beidseitig Anti-Reflex behandeltes Glas der Leistungsklasse 3

3.4 Gültigkeit

Die erteilten Glaszertifikate sind grundsätzlich während 3 Jahren gültig. Der Zertifikatinhaber verpflichtet sich dafür Sorge zu tragen, dass unter dem erteilten Zertifikat nur die entsprechenden Gläser vertrieben werden. Bei unstatthafter Verwendung, insbesondere dann wenn die Gewissheit besteht, dass nicht zertifizierte Gläser mit einem SPF Zertifikat vertrieben werden, können Zertifikate jederzeit und ohne Vorwarnung für ungültig erklärt und gelöscht werden. Der Zertifikatinhaber wird darüber informiert, es besteht aber kein Anspruch auf Rückerstattung der Zertifizierungskosten.

Annex A: Der Transmissionsfaktor $F_{\tau,ST}$

Der Transmissionsfaktor $F_{\tau,ST}$ quantifiziert den Einfluss des solaren Transmissionsgrades auf den Kollektorfeldertrag einer thermischen Solaranlage. Er wird wie folgt bestimmt:

$$F_{\tau,ST} = \tau_{sol} \quad (A.1)$$

Dabei bezeichnet τ_{sol} den „direkt – hemisphärischen solaren Transmissionsgrad bei nahezu senkrechtem Einfall“. Als solares Bezugsspektrum wird dasjenige der Luftmasse 1.5 (AM1.5) entsprechend ISO 9845-1 verwendet.

Der in Gleichung (A.1) dargelegte Zusammenhang soll anhand einer Parameterstudie bestätigt werden. Dazu wird der solare Transmissionsgrad τ_{sol} einer Solaranlage zur Brauchwarmwasserbereitung als Parameter variiert. Die Eckdaten der betrachteten Anlage sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

| | | | | |
|---|---------------------------------|------------------|----------------------|--------------------------------------|
| Kollektordaten | Fläche | 4 m ² | c₀ | 0.80 |
| | Neigung | 40° | c₁ | 4.0 W/m ² K |
| | Orientierung | 0° (Süd) | c₂ | 0.01 W/m ² K ² |
| | | | K (IAM) | 0.968 |
| Anlagendaten | Speichergrösse | 400 l | | |
| | Standort | Rapperswil (CH) | | |
| | Kollektorfeldertrag | 2443 kWh | | |
| | solarer Deckungsgrad SFi | ca. 52% | | |
| | tägl. Energiebedarf | 10 kWh | | |
| c ₀ , c ₁ , c ₂ : Koeffizienten der Kollektorwirkungsgradkennlinie K(IAM): Winkelfaktor des Kollektors bei 50° Einfallswinkel | | | | |

Tabelle 3: Daten der für die Parameterstudie betrachteten Referenz Solaranlage

Zur Berechnung des Kollektorfeldertrages wurde die Simulationssoftware *Polysun 3.3* verwendet. Die Variation des Transmissionsgrades ist indirekt über den Koeffizienten c_0 der Kollektorwirkungsgradkennlinie realisiert, in welchen der Transmissionsgrad linear eingeht.

Die in Tabelle 3 angegebenen Werte gelten für einen Flachkollektor der mit einer Abdeckung mit 90% solarem Transmissionsgrad ausgestattet ist. Der Winkelgewichtungsfaktor und die beiden Degradationsfaktoren sind 1. Mit dieser Anlage wird ein Kollektorfeldertrag von 2443 kWh erzielt. Nach Gleichung (A.1) und (2.1) ist der Glaswirkungsgrad $\eta_{GL,ST} = 0.90$ und damit entsprechen die mit der Anlage erzielten 2443 kWh einem relativen Kollektorfeldertrag von 0.900 (also 90%).

Davon ausgehend wird nun die solare Transmission der Abdeckung im Bereich von 0.80 bis 1.00 verändert. Dies entspricht einer Variation von c_0 zwischen 0.711 und 0.889.

Die Ergebnisse der Simulation sind in Diagramm 1 zusammengefasst. Die berechneten Änderungen des Kollektorfeldertrages als Funktion des solaren Transmissionsvermögens sind als kleine Kreise eingezeichnet. Im Vergleich dazu ist der in Gleichung (A1) angenommene lineare Zusammenhang durch eine blaue Linie dargestellt. Der Fehler der durch die vereinfachte Betrachtung entsteht ist rot eingezeichnet.

Da von der Annahme ausgegangen wird, dass der relative Kollektorfeldertrag bei $\tau_{sol} = 0.90$ genau 0.900 entspricht (s.o.), also auch bei $\tau_{sol} = 0.90$ der Transmissionsfaktor $F_{\tau,ST} = 0.90$ sein soll, wird der Fehler zwischen der angenommenen linearen Abhängigkeit und dem tatsächlichen Kollektorfeldertrag im Bereich realistischer Transmissionsvermögen (um 90%) minimal.

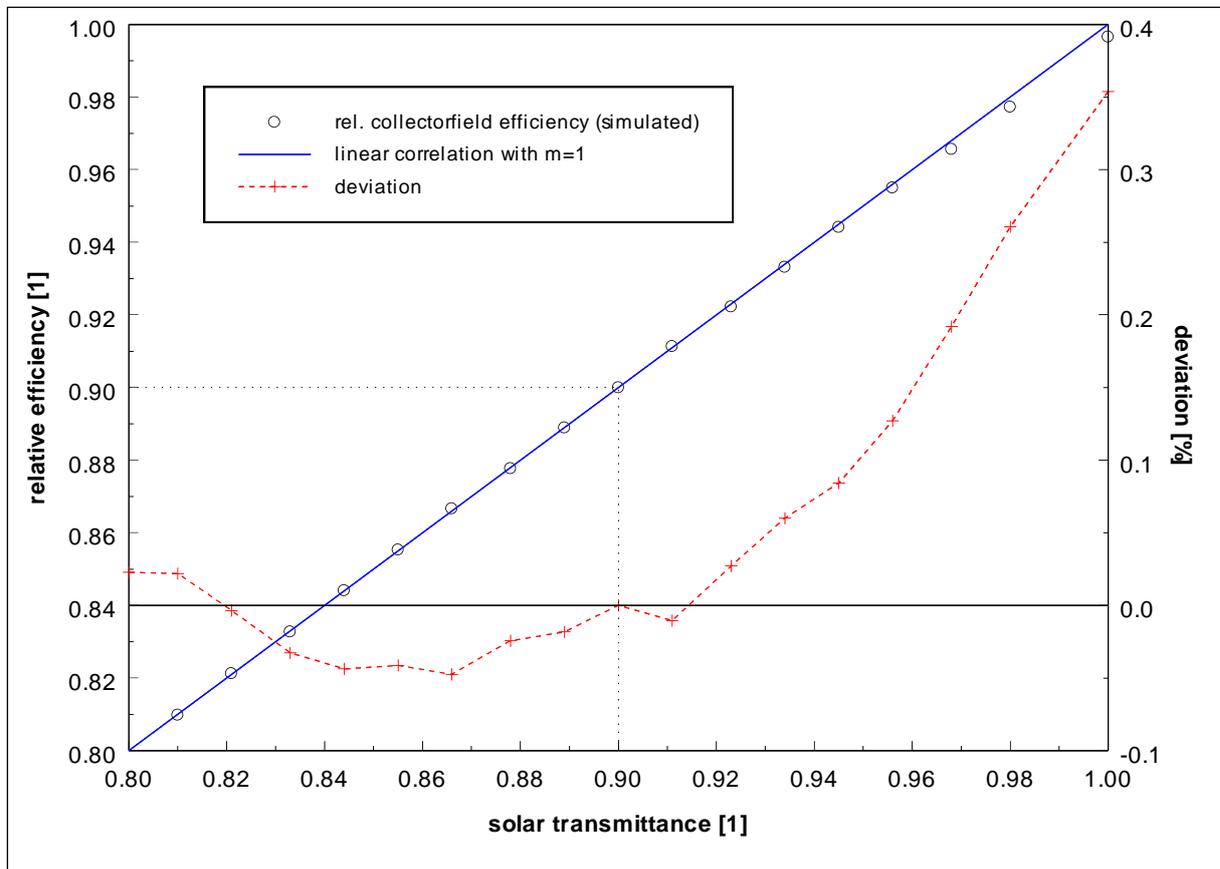


Diagramm 1: Relativer Kollektorfeldertrag in Abhängigkeit des solaren Transmissionsgrades

Offensichtlich bleibt die Abweichung zwischen Linearisierung und Simulation über den gesamten betrachteten Bereich deutlich besser als +0.4% und -0.05%. Unterhalb einer solaren Transmission von 92%, also dem Bereich der nicht entspiegelten Gläser, ist die Übereinstimmung sogar besser als $\pm 0.05\%$.

Die durchweg positive Abweichung oberhalb 92% solarer Transmission führt zu einer leichten systematischen Überbewertung entspiegelter Gläser gegenüber nicht entspiegelten.

Die bisherigen Ausführungen gelten für eine bestimmte Ausrichtung des Kollektorfeldes (siehe Tabelle 3). Davon abweichende Orientierungen sollen anhand eines zusätzlichen Fallbeispiels untersucht werden. Dazu wird der Kollektorfeldertrag für einen Kollektor mit einer entspiegelten Abdeckung ($\tau_{sol} = 0.956$) mit dem Ertrag des Referenz Kollektors ($\tau_{sol} = 0.900$ und damit einem relativen Kollektorfeldertrag = 0.900) verglichen. Die Ausrichtung des Kollektorfeldes variiert zwischen -60° (Ost) über 0° (Süd) bis 60° (West) und der Anstellwinkel reicht von 20° bis 90° .

Für den bereits betrachteten Fall der Süd – Orientierung bei 40° Anstellwinkel ergibt sich aufgrund der Simulation ein relativer Kollektorfeldertrag von 0.955. Ausserhalb dieser Ausrichtung bewegt sich der relative Kollektorfeldertrag zwischen 0.954 und 0.959. Dies bedeutet, dass die in Gleichung (A.1) gemachte Annahme von der Orientierung des Kollektorfeldes nur sehr wenig abhängig ist.

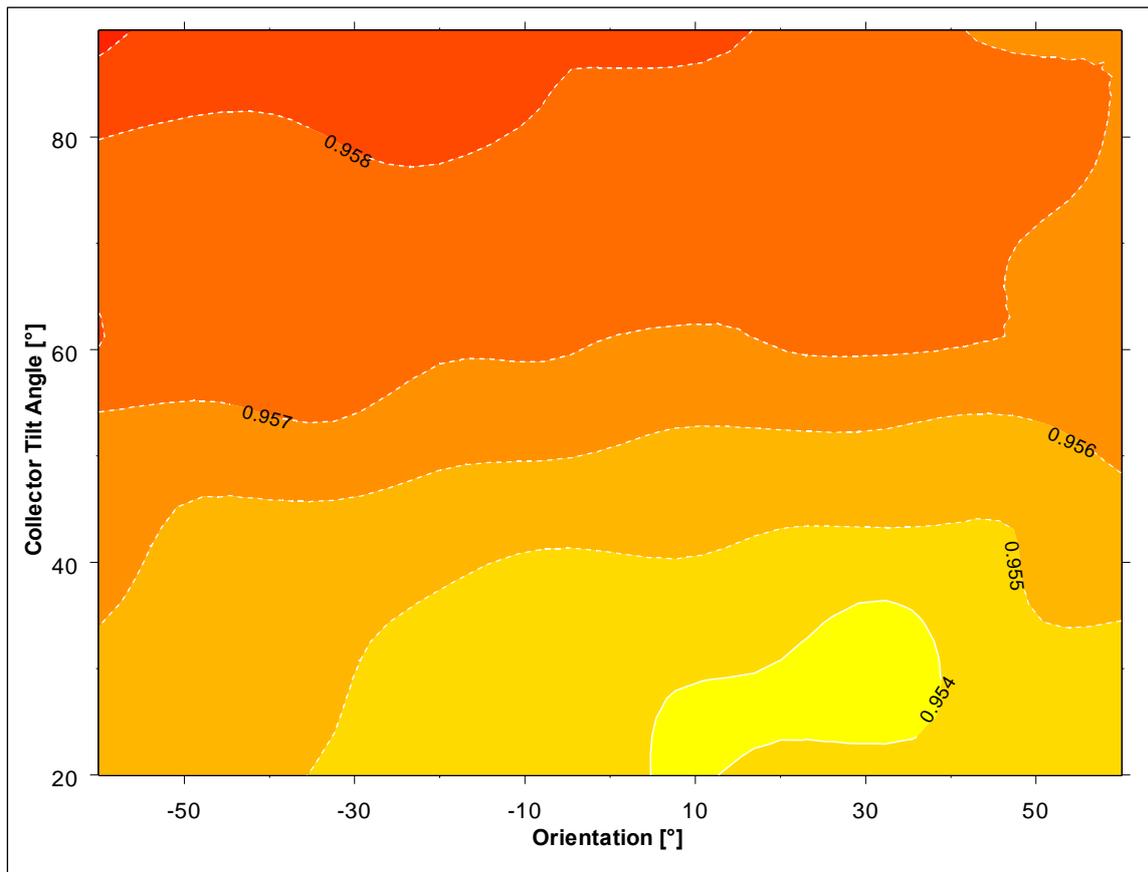


Diagramm 2: Relativer Kollektorfeldertrag für einen Kollektor mit entspiegeltem Glas im Vergleich zum Referenzkollektor in Abhängigkeit von der Orientierung des Kollektorfeldes.

Annex B: Der Winkelgewichtungsfaktor $F_{IAM,ST}$

Der Winkelgewichtungsfaktor F_{IAM} quantifiziert den Einfluss des winkelabhängigen solaren Transmissionsgrades auf den Kollektorfeldertrag einer thermischen Solaranlage. Er wird wie folgt bestimmt:

$$F_{IAM,ST} = \min([F_V^T \cdot F_H^L]_{S,in}, [F_V^L \cdot F_H^T]_{S,in}, [F_V^T \cdot F_H^L]_{S,out}, [F_V^L \cdot F_H^T]_{S,out}) \quad (B.1)$$

mit

$$F_{Geo}^{Axis} = \sum_n IAM_n^{Axis} \cdot S_n^{Geo} \quad (B.2)$$

und

| | |
|--------------------|---|
| IAM_n^{Axis} | gemessener Winkelfaktor an der Winkelposition n |
| S_n^{Geo} | Koeffizient für die Winkelposition n |
| $n = 0, \dots, 5$ | Index der Winkelposition |
| $Axis \in (T, L)$ | Achse des Glases auf die sich der gemessene IAM bezieht (Transversal, Longitudinal) |
| $Geo \in (V, H)$ | Orientierung der entsprechenden Glasachse (vertikal, horizontal): horizontale Achse liegt parallel zur Erdoberfläche, vertikale Achse und Erdoberfläche bestimmen Anstellwinkel |
| $(S, in / S, out)$ | Lage der strukturierten Seite des Glases auf dem Kollektor |

F_{Geo}^{Axis} ist also die Summe der Produkte n gemessener Werte des Winkelfaktors IAM_n^{Axis} mit den dazugehörigen Koeffizienten S_n^{Geo} . Die Winkel an denen der IAM gemessen wird, sind zusammen mit den zugehörigen Koeffizienten in Tabelle 4 zusammengefasst.

| n | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Winkel [°] | 0 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 |
| S_n^V | 0.6986 | 0.1715 | 0.0454 | 0.0389 | 0.0326 | 0.0231 |
| S_n^H | 0.5530 | 0.2113 | 0.0742 | 0.0756 | 0.0697 | 0.0334 |
| IAM Werte des Referenzglases nach Fresnel | 1 | 0.9965 | 0.9886 | 0.9678 | 0.9148 | 0.7846 |

Tabelle 4: Winkel an denen der IAM gemessen wird und zugehörige Koeffizienten

Dieser empirische Zusammenhang zwischen IAM und Kollektorfeldertrag wird durch eine Sensitivitätsanalyse bestimmt. Dazu wird der Winkelfaktor eines Glases in schmalen Winkelintervallen variiert und die Änderung des Kollektorfeldertrages beobachtet. Für jedes dieser Winkelintervalle kann somit ein Gewichtungsfaktor S bestimmt werden. Der Gesamteinfluss auf den Kollektorfeldertrag ergibt sich aus der Summe der gewichteten Einflüsse aus den einzelnen Winkelintervallen.

Die zur Simulation betrachtete Anlage entspricht wieder der Referenzsolaranlage aus Annex A. Die aus der Analyse ermittelten Koeffizienten sind so skaliert, dass $F_{IAM,ST}$ für das Referenzglas den Wert 1 annimmt. Als Referenzglas wurde ein glattes, nicht strukturiertes Glas der Dicke $d = 4 \text{ mm}$ gewählt, mit einem Brechungsindex $n = 1.53$ und einem Extinktionskoeffizienten $K = 4 \text{ m}^{-1}$. Für diesen Fall kann der Winkelfaktor einfach mit Hilfe der Fresnel'schen Formeln berechnet werden. Die für das Referenzglas berechneten IAM - Werte sind ebenfalls in Tabelle 4 eingetragen.

Die praktische Bedeutung von Gleichung (B.1) ist folgende: Eine Glasscheibe kann prinzipiell auf vier verschiedene Weisen in einen Kollektor eingebaut sein (Struktur innen / aussen, Glaslängsachse entspricht Kollektorlängsachse bzw. Querachse). Jede dieser Orientierungen kann den Kollektorfeldertrag unterschiedlich beeinflussen. Mit Hilfe von Gleichung (B.2), den Koeffizienten aus Tabelle 4 und dem gemessenen Winkelfaktor eines Glases kann berechnet werden, wie gross der Einfluss jeweils auf den Kollektorfeldertrag ist. Die Orientierung welche zum schlechtesten Ergebnis führt, wird als *Winkelgewichtsfaktor* $F_{IAM,ST}$ ausgewählt.

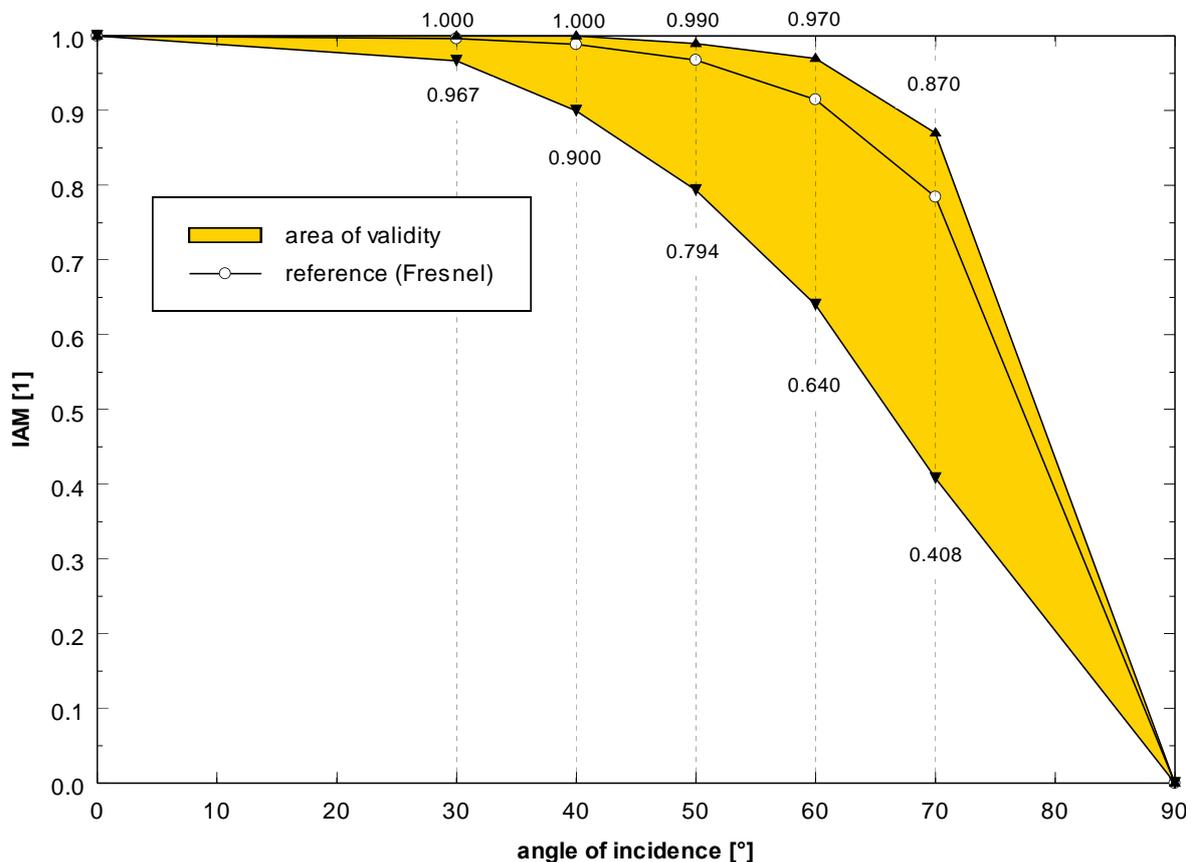


Diagramm 3: Gültigkeitsbereich für die Berechnung des Faktors $F_{IAM,ST}$. Innerhalb der markierten Fläche ist der Winkelfaktor des Referenzglases eingezeichnet.

Der Gültigkeitsbereich zur Bestimmung dieses Faktors aus den IAM - Werten ist in Diagramm 3 abgebildet.

Es ist naheliegend, dass die Abhängigkeit des Kollektorfeldertrages von der Orientierung der Kollektorfläche sehr eng mit dem Winkelfaktor der Kollektorabdeckung verknüpft ist. Diese Abhängigkeit ist in Diagramm 3 dargestellt. Hier ist als Beispiel ein Glas berechnet, dessen IAM einen sehr grossen Einfluss auf den Kollektorfeldertrag hat. Der Winkelgewichtsfaktor dieses

Glases beträgt $F_{IAM,ST} = 0.955$. Dies bedeutet, dass bei reiner Südorientierung und einem Anstellwinkel von 40° diese Anlage nur noch 95.5% des Ertrages erreicht, der mit dem Referenz Glas (mit $F_{IAM,ST} = 1.0$) erreicht wird. Wie in Diagramm 4 zu erkennen ist, sind abweichend von dieser Orientierung die Einbussen noch grösser.

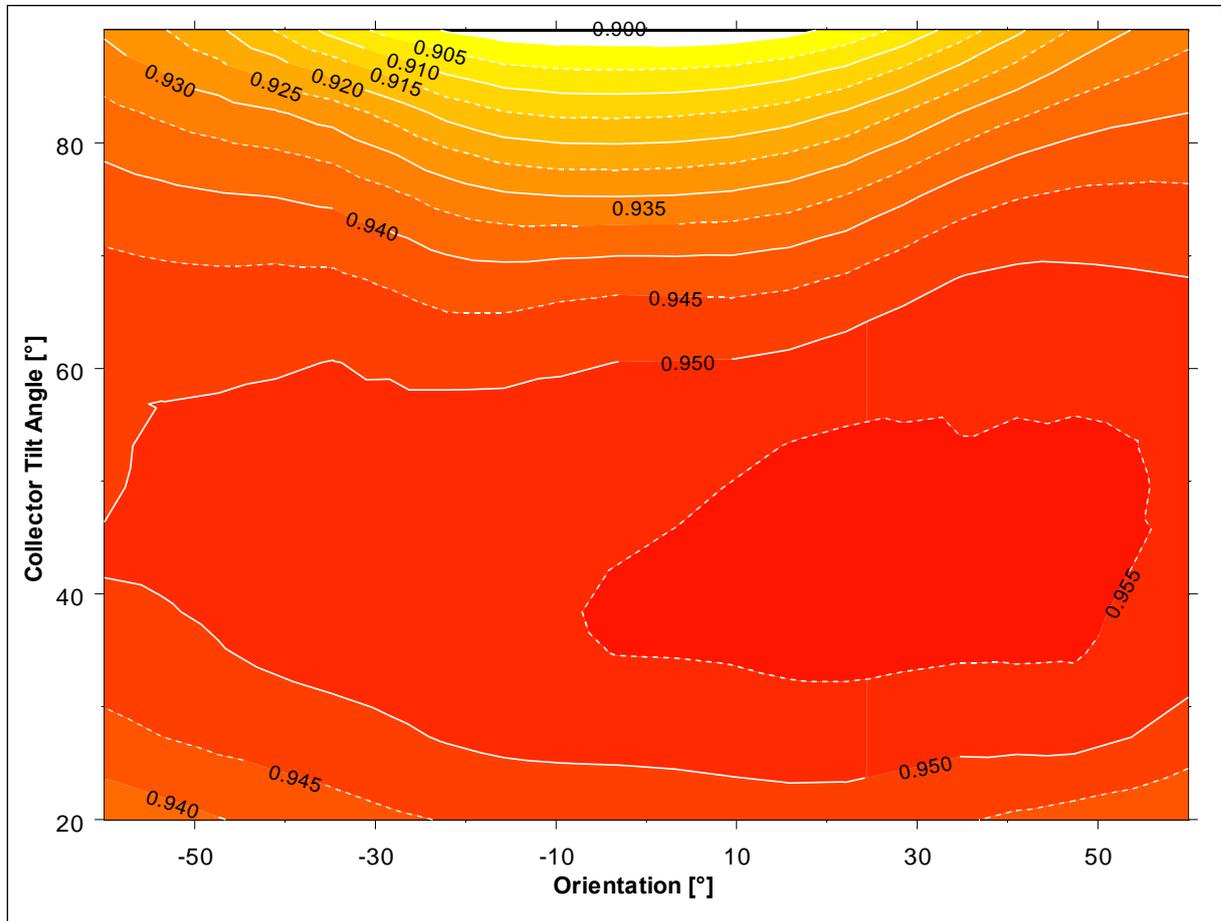


Diagramm 4: Winkelgewichtungsfaktor $F_{IAM,ST}$ für ein Glas mit schlechtem Winkelfaktor in Abhängigkeit von der Orientierung des Kollektorfeldes.

Annex C: Der Fotodegradationsfaktor $F_{UV,ST}$

Der Fotodegradationsfaktor F_{UV} beschreibt die Änderung des solaren Transmissionsgrades durch UV Strahlung ausgelöste Fotodegradation (Solarisation). Damit quantifiziert er den Einfluss den die Fotodegradation auf den Kollektorfeldertrag einer thermischen Solaranlage hat. Er wird wie folgt bestimmt:

$$F_{UV,ST} = \frac{\tau_{sol}^{UV}}{\tau_{sol}^{ref}} \quad (C.1)$$

Dabei bezeichnet τ_{sol}^{ref} den solaren Transmissionsgrad des unbelasteten Glases, wie er bereits im Annex A eingeführt wurde. τ_{sol}^{UV} ist die solare Transmission, nachdem das Glas mit Ultraviolet Strahlung belastet wurde. Die Strahlungsdosis muss mindestens 80 kWh/m² für UVA und 3 kWh/m² für UVB betragen. Diese Energie entspricht in etwa der UV Belastung während eines Zeitraumes von 1 Jahr in Zentraleuropa.

Annex D: Glaszertifikate als Grundlage für Qualitätssicherung

Die SPF Glaszertifikate werden mittlerweile von vielen Herstellern von Flachkollektoren als Grundlage für die Qualitätssicherung (zum Beispiel im Rahmen der Solar Keymark Zertifizierung) verwendet. Damit diese Qualitätssicherung funktioniert, empfiehlt das SPF die folgenden Punkte zu beachten:

Die technischen Spezifikationen sollten explizit die Bezeichnung eines Glaszertifikates enthalten, so wie in Abschnitt 3.3 beschrieben. Es empfiehlt sich darauf hinzuweisen, dass sowohl Material als auch Oberflächenstruktur dem zertifizierten Glas entsprechen müssen. In den vertraglichen Abmachungen (wie z.B. Lieferspezifikationen, Qualitätssicherungsvereinbarungen, Bestellungen, etc.) sollte auf die Pflicht zur Lieferung des zertifizierten Glases mit der entsprechenden Zertifikatsnummer verankert werden. Zur Absicherung oder im Rahmen der Wareneingangskontrolle wird dem Kollektorhersteller empfohlen auch stichprobenartig Glasproben am SPF überprüfen zu lassen. Es wird empfohlen nur Messungen des SPF als Referenzmessungen anzuerkennen. Damit kann eine sehr hohe Qualitätssicherheit erzielt werden.

Diese Empfehlungen betreffen nur die optischen Eigenschaften des Glases. Weitere Aspekte wie zum Beispiel Massgenauigkeit oder Anforderungen betreffend Glashärtung sind zusätzlich zu beachten.

Annex E: Weiterführende Dokumente und Informationen

Glas im Bauwesen, Thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheibensicherheitsglas, Europäische Norm EN12150, Teil 1: Definition und Beschreibung

Glas im Bauwesen, Basiserzeugnisse aus Kalk-Natronglas, Teil 5: Ornamentglas, Europäische Norm EN 572-5, November 1974

www.spf.ch

www.solarkeymark.org