

Arbeitsblatt zur Ermittlung von Windlasten an Solarthermischen Anlagen

Stand 11. Februar 2015

Normen/Grundlagen:

DIN EN 1991-1-4:2010-12	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1–4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten; Deutsche Fassung EN 1991-1-4:2005 + A1:2010 + AC:2010
DIN EN 1991-1-4/NA:2010/12	Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1–4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten
DIN EN 1990:2010-12	Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsche Fassung EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010
DIN EN 1990/NA:2010-12	Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung
NEN 7250:2013 – Zonne-energiesystemen – Integratie in daken en gevels – bouwkundige aspecten	(niederländische Norm für die Windlastermittlung von Sonnenkollektoren)

1 Einleitung

Die DIN EN 1991-1-4 (inkl. Nationaler Anhang) definiert die Einwirkungen, die aus dem Lastfall Wind resultieren und für die Bemessung von Hoch- und Ingenieurbauten zu berücksichtigen sind. In der DIN EN1990 (inkl. Nationaler Anhang) ist festgelegt, wie unterschiedliche Einwirkungen zu kombinieren sind und welche Teilsicherheitsbeiwerte und Kombinationsbeiwerte anzusetzen sind.

Der Winddruck w setzt sich aus dem Produkt von Böengeschwindigkeitsdruck q_p und den aerodynamischen Beiwerten c_{pe} , c_{pi} , c_f , etc. (nachf. vereinfacht $c_{p,net}$) zusammen.

Der Böengeschwindigkeitsdruck q_p (abhängig von Standort und Bauwerkshöhe) kann nach den in den o.g. Normen angegebenen Berechnungsverfahren bestimmt werden.

Die Bestimmung aerodynamischer Beiwerte nach derzeit verfügbaren Normen ist lediglich für das System „Dachintegration“ möglich.

Bei den Systemen „Aufständigung auf Flachdächer“, „Aufdachmontage“ und „Aufständigung auf flachgeneigte Dächer“ ist eine Zuordnung nicht möglich. Diese Anwendungsfälle werden von den Normen nicht abgedeckt.

Daher hat ein Gremium aus Vertretern der folgenden Firmen unter dem Namen „Branchentreffen – Lastannahmen für thermische Solaranlagen“ ein Arbeitsblatt zur Bestimmung der bisher nicht vorhandenen Beiwerte erstellt:

Mounting Systems GmbH	General Solar Systems GmbH
Viessmann Werke GmbH & Co. KG	Wagner Solar GmbH
Ritter Energie- und Umwelttechnik GmbH & Co. KG	Citrin Solar GmbH Energie- und Umwelttechnik
Bosch Solarthermie GmbH	Wolf GmbH
Vaillant Group	Max Weishaupt GmbH
August Brötje GmbH	KBB Kollektorbau GmbH



Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie e. V.
Frankfurter Straße 720–726
51145 Köln
Tel.: (0 22 03) 9 35 93-0
Fax: (0 22 03) 9 35 93-22
E-Mail: info@bdh-koeln.de
Internet: www.bdh-koeln.de

BSW-Bundesverband Solarwirtschaft e. V.
Quatier 207
Französische Straße 23
10117 Berlin
Tel.: (0 30) 2 97 77 88-0
Fax: (0 30) 2 97 77 88-99
E-Mail: info@bsw-solar.de
Internet: www.solarwirtschaft.de

Ein weiterer Punkt, bei dem es bislang keine aussagekräftigen Werte gab, ist die Druckverteilung Glasscheibe/Rückwand, die bei der Kollektorbemessung zu berücksichtigen ist.

Ziel des Arbeitsblattes ist es, einheitliche, von allen Herstellern anzuwendende Beiwerte zu definieren, die bei der Bemessung solarthermischer Anlagen zu berücksichtigen sind.

Bei der Ausarbeitung wurde das Gremium von folgenden Experten für Windkanaluntersuchungen unterstützt:

Prof. dr. ir. C.P.W. Geurts – TNO Delft

Prof. Dr.-Ing. Hans Ruscheweyh – Ruscheweyh Consult Aachen

Beide Experten führten umfangreiche Windkanaluntersuchungen durch und waren beratend tätig.

Das Arbeitsblatt bezieht sich auf die Bundesrepublik Deutschland, eine Anwendung im europäischen Raum ist dort möglich, wo die Windlastermittlung gemäß den oben genannten Normen erfolgt.

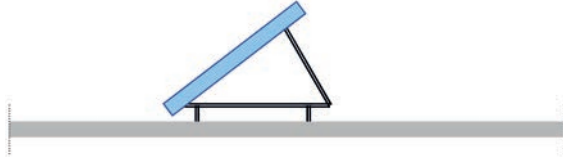
Das Arbeitsblatt ist ab sofort gültig.

1.1 Bezeichnungen

l	Kollektorlänge (m)
b	Kollektorbreite (m)
α	Dachneigung (°)
β	Kollektoranstellwinkel (°)
d_1	Gebäudebreite (m)
d_2	Gebäuelänge (m)
h	Gebäudehöhe (m)
l_1	Breite Dachaufbau (m)
l_2	Länge Dachaufbau (m)
h_A	Höhe Dachaufbau (m)
F_S	Dachzone „Eckbereich“
G_S	Dachzone „Randbereich/Dachaufbau“
Z_1/Z_2	Kollektorfeldzone
$a/b/c$	Maße für Zonenbreite (m)
θ	Winkel „Hauptachse Kollektorfeld“
$c_{p,net}$	aerodynamischer Beiwert
h_K	projizierte Kollektorhöhe (m)

2 Bestimmung der aerodynamischen Beiwerte für unterschiedliche Montagearten

2.1 $c_{p,net}$ -Werte für das System „Aufständering auf Flachdächer“



2.1.1 Allgemein

Die $c_{p,net}$ -Werte für das System „Aufständering auf Flachdächer“ können gemäß den Tabellen 2.1, 2.2 oder 2.3 unter Berücksichtigung der Kollektorposition auf dem Dach (siehe Pkt 2.1.4) und der Position innerhalb einer Kollektorreihe (siehe Bild 2.1.5) bestimmt werden. Bei einer Überlagerung von Dachzone (F, G) und der Zonen für eine Kollektorreihe (Z_1, Z_2) ist der ungünstigere $c_{p,net}$ -Wert maßgebend.

Abschattungseffekte für in zweiter oder dritter Reihe angeordnete Kollektoren sind bei den gängigen Abständen solothermischer Anlagen nicht relevant.

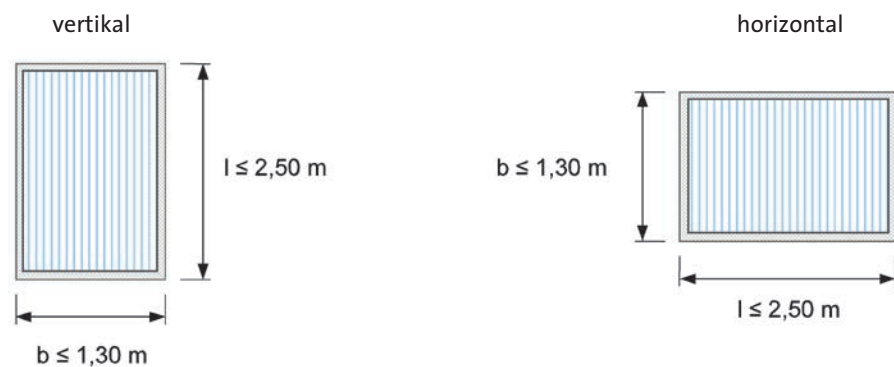
Die Aufstellung von Kollektoren im Bereich einer Attika kann zu einer Reduzierung der $c_{p,net}$ -Werte führen. Dieser Effekt stellt sich allerdings erst dann ein, wenn die projizierte Kollektorhöhe kleiner oder gleich der Attikahöhe ist. Da dies bei den gebräuchlichen Ausführungen nicht der Fall ist, wurden hierzu keine weiteren Untersuchungen durchgeführt.

Der ausmittige Lastangriff bei Beanspruchung des geneigten Kollektors durch eine Flächenlast wurde bei der Bestimmung der $c_{p,net}$ -Werte berücksichtigt, sodass ein konstanter Lastverlauf anzusetzen ist.

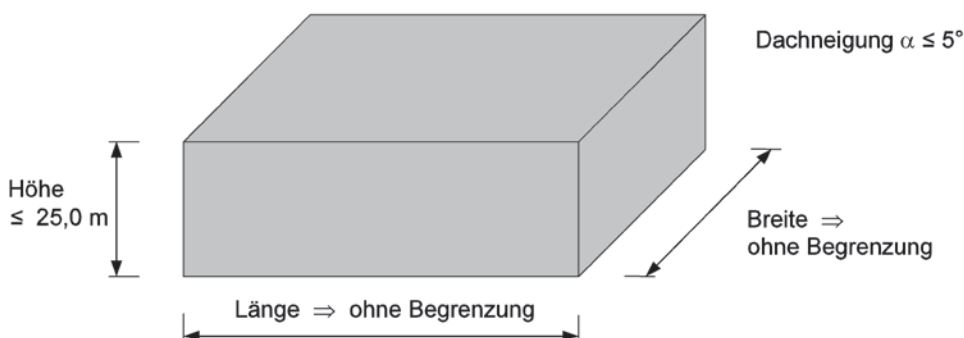
2.1.2 Anwendungsbereich

Die nachfolgend angegebenen $c_{p,net}$ -Werte sind nur unter Einhaltung folgender Parameter gültig:

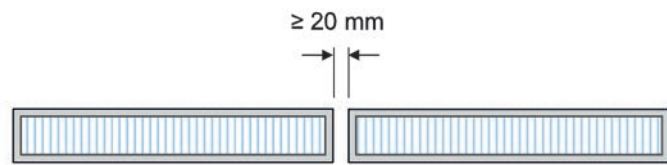
- Kollektorgöße und Ausrichtung



- Gebäudeabmessungen

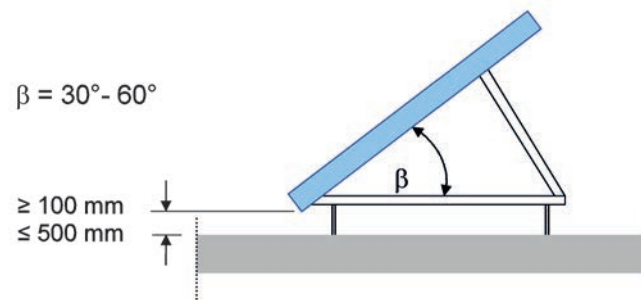


- Kollektorabstand

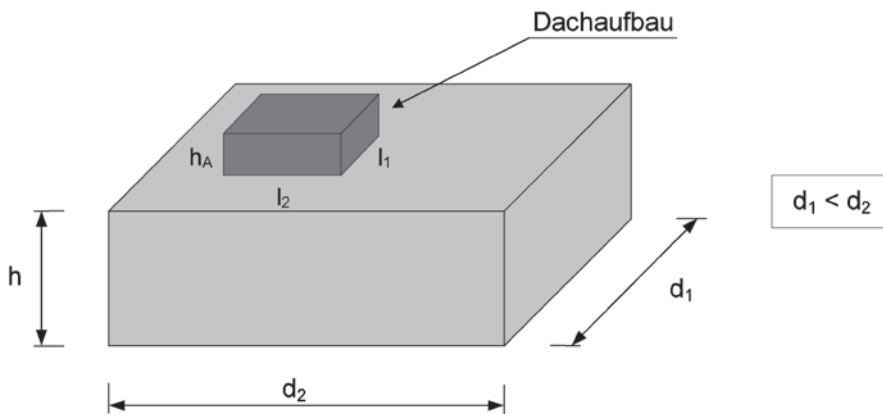


Anmerkung: Bei einem kleineren Abstand sind die Tabellenwerte (s. Seite 7, Tab. 2.1–2.3) um 18 % (Sog) bzw. 12 % (Druck) zu erhöhen.

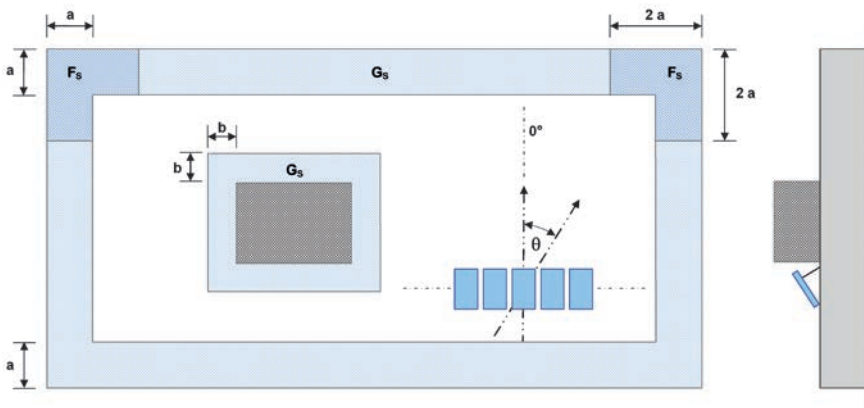
- Abstand zur Dachhaut und Anstellwinkel



2.1.3 Definition der Gebäudeabmessungen



2.1.4 Definition der Dachzonen F und G und auf die Dachfläche bezogene Ausrichtung des Kollektors



$d_1 \leq 3 \cdot h$	$d_1 > 3 \cdot h$
$a = 0,15 \cdot d_1$	$a = 0,45 \cdot h$
$a \geq 1,0 \text{ m}$	$a \geq 0,04 \cdot d_1$
	$a \geq 1,0 \text{ m}$

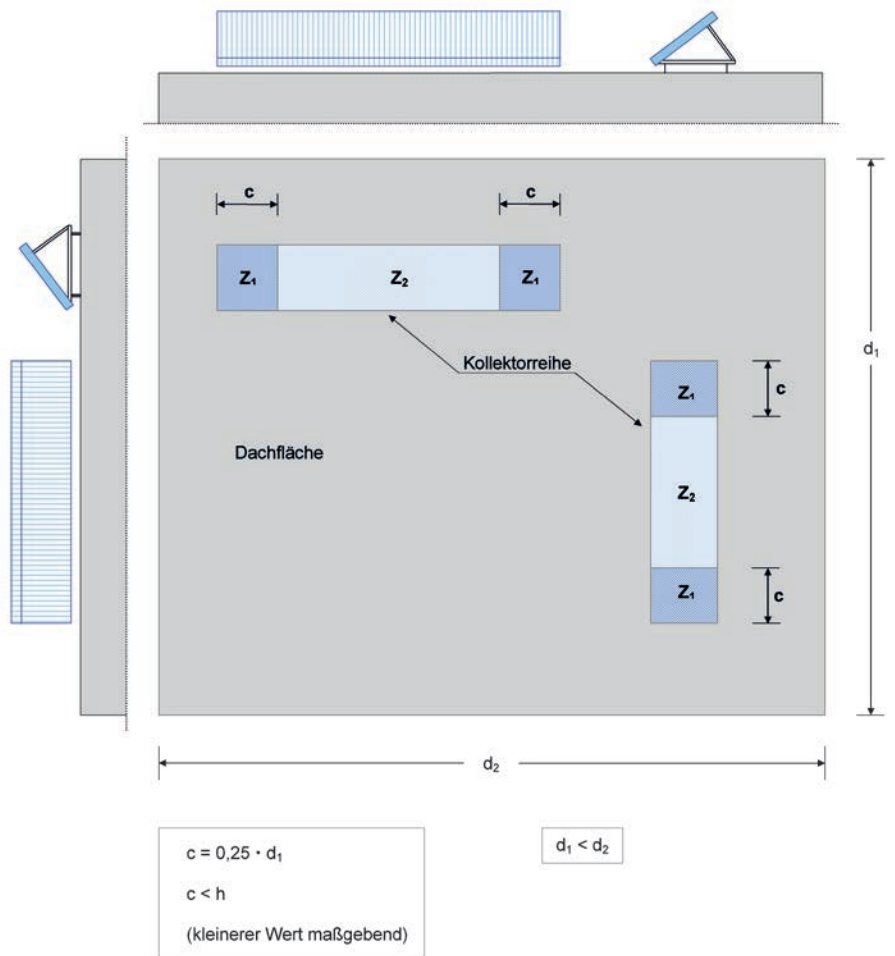
$-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$
$b = 0,5 \cdot \sqrt{(l_1^2 + l_2^2)}$
$b = h_A$
(kleinerer Wert maßgebend)

Hinweis:

Die Dachzonen F_s liegen auf der kollektorabgewandten Seite.



2.1.5 Definition der Zonen Z_1 und Z_2 für eine Kollektorreihe



2.1.6 Aerodynamische Beiwerte $c_{p,net}$

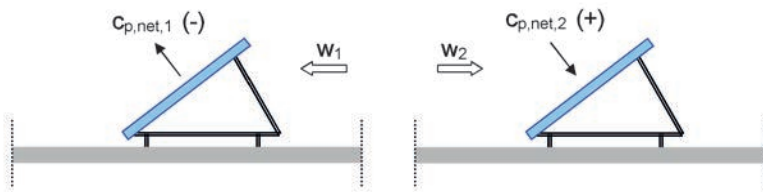


Tabelle 2.1 – Anstellwinkel 30°

Zone	horizontale Ausrichtung		vertikale Ausrichtung	
	$c_{p,net,1}$	$c_{p,net,2}$	$c_{p,net,1}$	$c_{p,net,2}$
F _S	-2,0	0,6	-1,8	0,9/0,8*
G _S	-1,8	0,6	-1,8/-1,4*	0,9/0,8*
Z ₁	-1,5	0,6	-1,5	0,6
Z ₂	-1,4	0,6	-1,4	0,6

Tabelle 2.2 – Anstellwinkel 45°

Zone	horizontale Ausrichtung		vertikale Ausrichtung	
	$c_{p,net,1}$	$c_{p,net,2}$	$c_{p,net,1}$	$c_{p,net,2}$
F _S	-2,2	1,5	-2,2/-2,0*	0,8
G _S	-1,8	1,5	-1,8/-1,4*	0,8
Z ₁	-1,5	0,8	-1,4	0,8
Z ₂	-1,4	0,6	-1,4	0,8

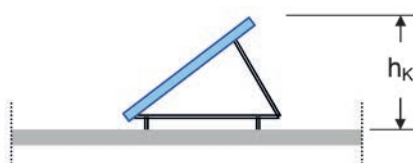
Tabelle 2.3 – Anstellwinkel 60°

Zone	horizontale Ausrichtung		vertikale Ausrichtung	
	$c_{p,net,1}$	$c_{p,net,2}$	$c_{p,net,1}$	$c_{p,net,2}$
F _S	-2,2	0,8	-2,2/-2,0*	0,8
G _S	-1,8	0,9	-1,8	0,9
Z ₁	-1,7/-1,5**	0,6	-1,7/-1,5**	0,6
Z ₂	-1,4	0,6	-1,4	0,6

Hinweise:

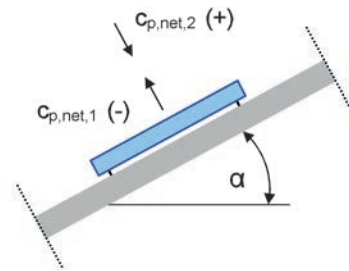
(*) Diese Werte können bis zu einer Gebäudehöhe von $\leq 12,00$ m berücksichtigt werden.

(**) Diese Werte können berücksichtigt werden, wenn der lichte Abstand der Kollektorreihe zum Dachrand $\geq 2 \cdot h_K$ beträgt.



Für Anstellwinkel zwischen 30° und 45° bzw. zwischen 45° und 60° kann linear interpoliert werden.

2.2 $c_{p,net}$ -Werte für das System „Aufdachmontage“



2.2.1 Allgemein

Die $c_{p,net}$ -Werte für das System „Aufdachmontage“ können gemäß der Tabelle 2.4 unter Berücksichtigung der Kollektorposition auf dem Dach und dem Abstand zur Dachhaut bestimmt werden.

Die Tabellenwerte wurden der NEN 7250:2013 entnommen.

2.2.2 Anwendungsbereich

Die nachfolgend angegebenen $c_{p,net}$ -Werte sind nur unter Einhaltung folgender Parameter gültig:

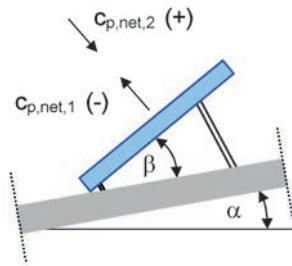
- Die Dachneigung beträgt: $5^\circ \leq \alpha \leq 75^\circ$
- Die Kollektoren werden parallel zur Dachhaut verlegt.

2.2.3 Aerodynamische Beiwerte $c_{p,net}$

Tabelle 2.4 – $c_{p,net}$ -Werte

Dachzone nach DIN EN1991-1-4	Abstand Kollektor \Leftrightarrow Dachhaut ≤ 300 mm		Abstand Kollektor \Leftrightarrow Dachhaut > 300 mm	
	$c_{p,net,1}$	$c_{p,net,2}$	$c_{p,net,1}$	$c_{p,net,2}$
F, G, J	-2,0	1,0	-2,0	1,0
H, I	-0,5	0,7	-1,3	1,0

2.3 $c_{p,net}$ -Werte für das System „Aufständering auf flachgeneigte Dächer“



2.3.1 Allgemein

Die $c_{p,net}$ -Werte für das System „Aufständering auf flachgeneigte Dächer“ können gemäß der Tabelle 2.5 unter Berücksichtigung der Kollektorposition auf dem Dach bestimmt werden.

Die Tabellenwerte wurden der NEN 7250:2013 entnommen.

2.3.2 Anwendungsbereich

Die nachfolgend angegebenen $c_{p,net}$ -Werte sind nur unter Einhaltung folgender Parameter gültig:

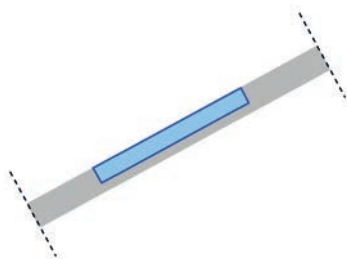
- Die Dachneigung beträgt: $5^\circ \leq \alpha < 30^\circ$
- Der Winkel zwischen Kollektor und Dachhaut beträgt: $\beta > 10^\circ$
- Die Kollektorreihe verläuft parallel zur Traufe.

2.3.4 Aerodynamische Beiwerte $c_{p,net}$

Tabelle 2.5 – $c_{p,net}$ -Werte

Dachzone nach DIN EN1991-1-4	$c_{p,net,1}$	$c_{p,net,2}$
F, G, J	-2,0	1,5
H, I	-1,3	1,5

2.4 $c_{p,net}$ -Werte für das System „Dachintegration“



- Zur Bestimmung der $c_{p,net}$ -Werte können folgende Tabellen der DIN EN 1991-1-4 verwendet werden:
 - Tabelle 7.3 – Empfohlene Werte für Außendruckbeiwerte für Pultdächer
 - Tabelle 7.4 – Empfohlene Werte für Außendruckbeiwerte für Sattel- und Trogdächer
 - Tabelle 7.5 – Empfohlene Werte für Außendruckbeiwerte für Walmdächer

3 Druckunterschiede auf den Kollektoroberflächen (Glasscheibe/Rückwand)

Bei den Windkanaluntersuchungen, die Hr. Prof. Geurts zur Bestimmung der aerodynamischen Beiwerte durchführte, wurden auch die auf der Kollektorober- und unterseite auftretenden Drücke gemessen.

Im **TNO Report/TNO 2013 R11881 – 12.02.2014** fasst Prof. Geurts die Ergebnisse zusammen.

Da eine einheitliche Verteilung nicht erkennbar war, sollten laut finaler Aussage von Prof. Geurts folgende Werte verwendet werden:

Kollektoroberseite (Glasscheibe): 100 % der Gesamtlast

Kollektorunterseite (Rückwand): 70 % der Gesamtlast

Um genauere Werte zu erhalten, sind ggfls. weitergehende Untersuchungen an realen Kollektoren erforderlich.

Berichte der Windkanaluntersuchungen

– **TNO report 060-DTM-2011-03923 – 20.12.2011**

Wind loads on roof-mounted solar collectors

TNO Delft, Prof. Dr. ir. C.P.W. Geurts

– **TNO report / TNO 2013 R11881 – 12.02.2014**

Wind included pressure on the surface of roof-Mounted solar thermal collectors

TNO Delft, Prof. Dr. ir. C.P.W. Geurts

– **TNO report / TNO 2014 R10334-A – 23.04.2014**

Updated proposal for a guideline to determine the wind loads on a solar thermal collector wind loads on roof-mounted solar collectors

TNO Delft, Prof. Dr. ir. C.P.W. Geurts

– **Bericht RC 1187/0312 - 20.03.2012**

Windkanalversuch zur Windlast an Solarkollektoren unterschiedlicher Konfiguration

Ruscheweyh Consult GmbH Aachen

BDH-Informationen dienen der unverbindlichen technischen Unterrichtung. Eine Fehlerfreiheit der enthaltenen Informationen kann trotz sorgfältiger Prüfung nicht garantiert werden.

Weitere Informationen unter:
www.bdh-koeln.de

Herausgeber:
Interessengemeinschaft
Energie Umwelt Feuerungen GmbH
Infoblatt 61 April/2015

Wir behalten uns sämtliche Rechte für dieses Dokument vor. Jegliche Aussagen, Angaben und Empfehlungen beruhen auf dem Kenntnisstand bei Veröffentlichung ohne Gewähr und Haftungsübernahme.