

Fachliche Stellungnahme hinsichtlich der Windlasten bei unterströmten Solarmodulen mit verschiedenen Neigungen

Bei der statischen Berechnung von geneigten Solaraufständerungen auf Dächern und im freien Feld müssen die äußeren Einflüsse aus Wind, Schnee und wechselnden Temperaturbedingungen berücksichtigt werden. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage nach der erforderlichen Sicherheit der betrachteten Konstruktion. Nach einer Analyse der Marktsituation in der PV-Branche kann festgestellt werden, dass hier eine unterschiedliche Handhabungspraxis vorliegt. Während einzelne Anbieter konsequent nach den Verordnungen der Behörden und den technischen Regelwerken des Bauwesens vorgehen, arbeiten andere eher mit pragmatischen Schätzungen.

Dazu ist festzuhalten, dass in der Musterbauordnung und den Bauordnungen der Länder Solaranlagen unmissverständlich als Teil eines Bauwerks oder als Bauwerk an sich definiert sind, und damit auf Grundlage der technischen Regelwerke des Bauwesens auszulegen sind. Hinsichtlich der anzusetzenden Belastungen gilt für die Wind- und Schneelasten DIN 1055 in der neuen Fassung (2005-2006), die zum ersten Januar 2007 verbindlich anzuwenden ist. Hinsichtlich der Schneelasten enthält DIN 1055 eindeutige Regelungen, die dem Anwender keinen Interpretationsspielraum lassen. Anders verhält es sich bei den Windlasten DIN 1055 Teil 4. In der Ausgabe März 2005 sind die Windgeschwindigkeit und Berechnung der Böengeschwindigkeitsdrücke in Abhängigkeit vom Standort, der Geländekategorie und der Gebäudehöhe eindeutig festgelegt. Mit der Eingangsgröße der Böengeschwindigkeitsdrücke sind die Windlasten durch Multiplikation mit Druckbeiwerten c_p bzw. Kraftbeiwerten c_f zu ermitteln. Die Druck- bzw. Kraftbeiwerte sind für verschiedene Bauwerksgrundformen in der Norm dargestellt. Für eine aufgeständerte, unterströmte Solaranlage ist in DIN 1055 keine Bauwerksgrundform enthalten. In der Praxis verwenden viele Statiker daher die Regelungen für frei stehende Dächer. In Bild 1 sind die Voraussetzungen und die Druckbeiwerte für diese Grundform dargestellt. Per Definition gelten die Druckbeiwerte für geneigte Dächer (z.B. Bahnsteigdächer) mit einer Dachneigung von maximal 10° .

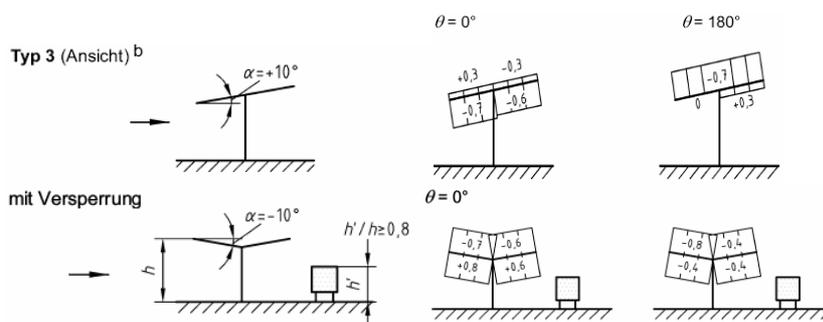


Bild 1 Druckbeiwerte für freistehende Dächer (DIN 1055-4 Tabelle 8)

In Ermangelung spezifischer Regelungen haben einzelne Tragwerksplaner die Druckbeiwerte für geneigte freistehende Dächer auch auf Neigungswinkel $\alpha > 10^\circ$ extrapoliert, was dem üblichen Anwendungsspektrum von Solaraufstellungen entspricht. Diese Vorgehensweise ist unzulässig, so dass derartig ausgelegte Konstruktionen nicht den anerkannten Regeln der Technik entsprechen. Die typische Vorgehensweise zur Erlangung zuverlässiger Druckbeiwerte ergibt sich mit der angegebenen Reihenfolge:

- Auswertung anderer technischer Regelwerke oder der Fachliteratur
- strömungsdynamische Berechnungen
- Versuch

Bei der vorliegenden Problemstellung liefert bereits die Auswertung der Fachliteratur umfassende Hinweise. In [1] wird für geneigte Solarmodule ein Ansatz der Belastungen auf Grundlage der Druckbeiwerte und Kraftbeiwerte nach Eurocode 1 vorgestellt. Diese Vorgehensweise basiert auf Forschungsergebnissen der Universität Chemnitz. Im Rahmen eines Forschungsvorhabens wurde die Problemstellung sowohl rechnerisch als auch durch Langzeitversuche untersucht, so dass hiermit anerkannte Regeln der Technik verfügbar sind. Im Eurocode 1 werden die Windlasten bei freistehenden Dächern bei Winkel zwischen $0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ als Einzellasten in den Viertelpunkten der Dachlänge angesetzt (Bild 2). In Bild 3 ist exemplarisch die rechnerische Druckverteilung aus einer Strömungsberechnung dargestellt. Die Lage der Maximaldrücke, die in roter Signatur dargestellt sind, verdeutlicht die Richtigkeit dieses Berechnungsansatzes.

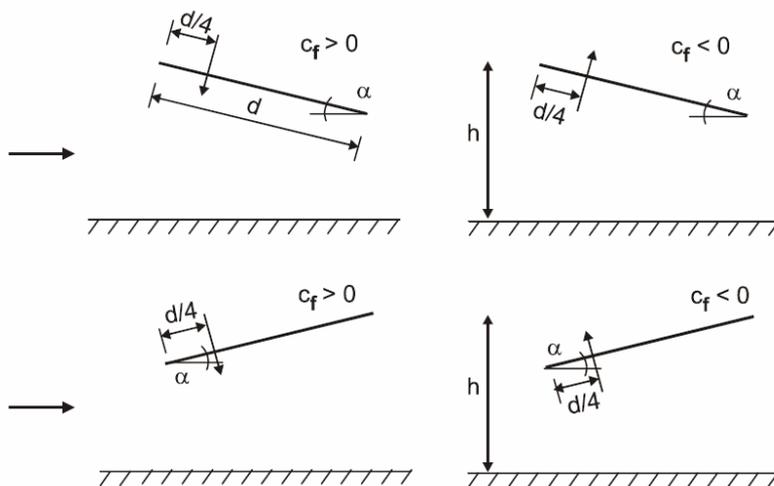


Bild 2 Lastangriffspunkte für die Windkräfte (Eurocode 1)

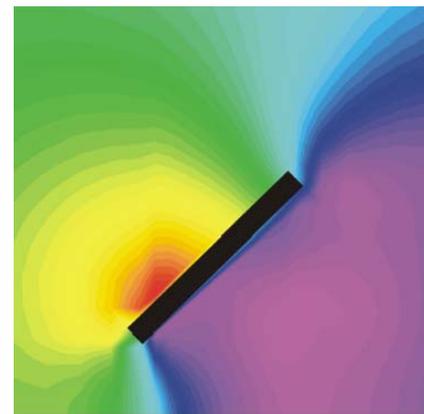


Bild 3 Druckverteilung [1]

Im Anhang sind die Druck- und Kraftbeiwerte für geneigte Dächer $0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ nach Eurocode 1 tabellarisch dargestellt. Die Druckbeiwerte gelten für das Modul und die Modulträger, während die Kraftbeiwerte für die Modellauslegung und die Nachweise der Befestigung am Dach oder im Boden anzusetzen sind. Der Vergleich der ausgewiesenen Werte für 10° zeigt, dass die Größenordnung annähernd den Regelungen in DIN 1055 entspricht. Mit zunehmender Neigung nehmen die Absolutwerte der Druck- und Kraftbeiwerte signifikant zu. Bei einer Aufständigung mit 30° sind in guter Näherung doppelt so große Windlasten anzusetzen.

Dieser Vergleich zeigt, dass ein Nachweis mit den Druckbeiwerten nach DIN 1055 bei größeren Aufstellwinkeln signifikant auf der unsicheren Seite liegt.

C. Zapfe

Dr.-Ing. C. Zapfe

[1] Erfuth/Bahner: Tragkonstruktionen für Solaranlagen, Planungshandbuch zur Aufständigung von Solarkollektoren, Solarpraxis Supernova AG, 2001. ISBN 3-934595-11-1

Anlage: Druck- und Kraftbeiwerte für geneigte Dächer $0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$

| | | | Net Pressure coefficients $c_{p,net}$ Key plan | | |
|--|-----------------------|----------------------------------|---|--------|--------|
| | | | | | |
| Roof angle α | Blockage φ | Overall Force Coefficients c_f | Zone A | Zone B | Zone C |
| 0° | Maximum all φ | + 0,2 | + 0,5 | + 1,8 | + 1,1 |
| | Minimum $\varphi = 0$ | - 0,5 | - 0,6 | - 1,3 | - 1,4 |
| | Minimum $\varphi = 1$ | - 1,3 | - 1,5 | - 1,8 | - 2,2 |
| 5° | Maximum all φ | + 0,4 | + 0,8 | + 2,1 | + 1,3 |
| | Minimum $\varphi = 0$ | - 0,7 | - 1,1 | - 1,7 | - 1,8 |
| | Minimum $\varphi = 1$ | - 1,4 | - 1,6 | - 2,2 | - 2,5 |
| 10° | Maximum all φ | + 0,5 | + 1,2 | + 2,4 | + 1,6 |
| | Minimum $\varphi = 0$ | - 0,9 | - 1,5 | - 2,0 | - 2,1 |
| | Minimum $\varphi = 1$ | - 1,4 | - 2,1 | - 2,6 | - 2,7 |
| 15° | Maximum all φ | + 0,7 | + 1,4 | + 2,7 | + 1,8 |
| | Minimum $\varphi = 0$ | - 1,1 | - 1,8 | - 2,4 | - 2,5 |
| | Minimum $\varphi = 1$ | - 1,4 | - 1,6 | - 2,9 | - 3,0 |
| 20° | Maximum all φ | + 0,8 | + 1,7 | + 2,9 | + 2,1 |
| | Minimum $\varphi = 0$ | - 1,3 | - 2,2 | - 2,8 | - 2,9 |
| | Minimum $\varphi = 1$ | - 1,4 | - 1,6 | - 2,9 | - 3,0 |
| 25° | Maximum all φ | + 1,0 | + 2,0 | + 3,1 | + 2,3 |
| | Minimum $\varphi = 0$ | - 1,6 | - 2,6 | - 3,2 | - 3,2 |
| | Minimum $\varphi = 1$ | - 1,4 | - 1,5 | - 2,5 | - 2,8 |
| 30° | Maximum all φ | + 1,2 | + 2,2 | + 3,2 | + 2,4 |
| | Minimum $\varphi = 0$ | - 1,8 | - 3,0 | - 3,8 | - 3,6 |
| | Minimum $\varphi = 1$ | - 1,4 | - 1,5 | - 2,2 | - 2,7 |
| NOTE + values indicate a net downward acting wind action - values represent a net upward acting wind action | | | | | |