



Hochschule Aachen

I.F.I. Institut  
für Industrieraerodynamik GmbH  
Institut an der  
Fachhochschule Aachen

Welkenrather Straße 120  
D – 52074 Aachen

Telefon: 0241/879708-0  
Telefax: 0241/879708-10  
E-Mail: info@ifi-aachen.de

Notifizierte Prüf-, Überwachungs- und  
Zertifizierungsstelle Nr. 1368  
nach dem Bauproduktengesetz

Auftraggeber: Ilzhöfer GmbH Lasertechnik, Sand am Main  
Projekt Nr. IHS02  
Bericht Nr.: IHS02-4-2 - Kurzfassung

## Windlasten an dem PV-Flachdachsystem *ilzoeasy* mit 11° und 15° Modulneigung in Nord-Süd-Aufstellung der Ilzhöfer GmbH Lasertechnik

### Bestimmung der abhebenden und verschiebenden Lastkennwerte

Aachen, den 31.07.2012, erweitert den 07.09.2012

Dr.-Ing. Th. Kray

Dipl.-Ing. (FH) F. Hunke

Geschäftsführung:  
Dipl.-Ing. B. Konrath, Dipl.-Ing. R.-D. Lieb  
Wissenschaftlicher Beirat:  
Prof. Dr.-Ing. H.J. Gerhardt, Prof. Dr.-Ing. R. Grundmann  
Prof. Dr.-Ing. H. Funke, Prof. Dr.-Ing. Th. Heynen

Sparkasse Aachen  
Kto.-Nr. 47 440 003  
BLZ 390 500 00

Commerzbank AG Aachen  
Kto.-Nr. 3 006 848  
BLZ 390 400 13

Amtsgericht Aachen  
HRB 4518

Hiermit wird bestätigt, dass für das PV-Flachdachsystem **ilzoeasy** der **Ilzhöfer GmbH Lasertechnik** Windkanalversuche nach Kapitel 1.5 der DIN EN 1991-1-4:2010-12, bzw. nach der im nationalen Anhang geforderten WtG-Richtlinie am Institut für Industrieaerodynamik GmbH, Institut an der Fachhochschule Aachen durchgeführt wurden. Die Messungen wurden für Anstellwinkel der Module von  $11^\circ$  und  $15^\circ$  mit und ohne Belegung der Dachrandbereiche durchgeführt. Die Module sind auf Trägern fixiert, welche auf den reihenverbindenden Schienen befestigt werden. Rückseitig sowie an den Reihenden ist das Aufstellsystem mit Blechen verkleidet, siehe Bild 1.1. In Bild 1.2 ist ein Windkanalmodell dargestellt.

Bild 1.3 zeigt das System **ilzoeasy** im Vergleich zu dem System **ilzosave** bei  $15^\circ$  Modulanstellung. Beide PV-Systeme verfügen bei Modulanstellwinkeln von  $11^\circ$ - $18^\circ$  über exakt gleiche Geometrien, Rück- und Seitenbleche sowie Lüftungsöffnungen. Da lediglich die Modulträger, welche die Aerodynamik nicht beeinflussen, sich zwischen beiden Systemen unterscheiden, können die in dem Gutachten IHS02-3-2 ermittelten Ergebnisse auch zur Auslegung der Unterkonstruktion und der Ballastberechnung für das **ilzosave**-System angewandt werden.

Die Ergebnisse können mit den, nach EN 1991-1-4 und dem nationalen Anhang bestimmten, Bemessungsstaudrücken  $q_p$  in Abhängigkeit von Windzone, Geländekategorie und Gebäudehöhe multipliziert werden, um die charakteristischen Windlasten auf die PV-Anlage nach Abheben und Verschieben auf beliebigen Flachdächern (bis zu einer Neigung von  $20^\circ$ ) zu bestimmen. Daraus kann mit den, z.B. nach EN 1990 bestimmten, Teilsicherheitsbeiwerten die erforderliche Ballastierung zur Sicherung gegen Abheben bzw. gegen Verschieben unter gleichzeitiger Wirkung abhebender Kräfte bestimmt werden.

Für die vorgenannten Zusammenhänge haben wir der Ilzhöfer GmbH Lasertechnik ein exemplarisches Rechentool in Excel erstellt, das Grundlage für weitergehende Programmierungen sein kann oder auch eigenständig zum Nachweis der Ballastierung in jedem Projekt genutzt werden kann. Dort sind die Rechenwerte aus den Versuchen auf der sicheren Seite über alle Windrichtungen und in Auflastbereichen für die Dachzonen F, G und H zusammengefasst. Zusätzlich sind Korrekturformeln für die Wirkung einer Attika auf die Windlasten im Rand- und Eckbereich sowie für Hangabtrieb auf geneigten Dächern enthalten.

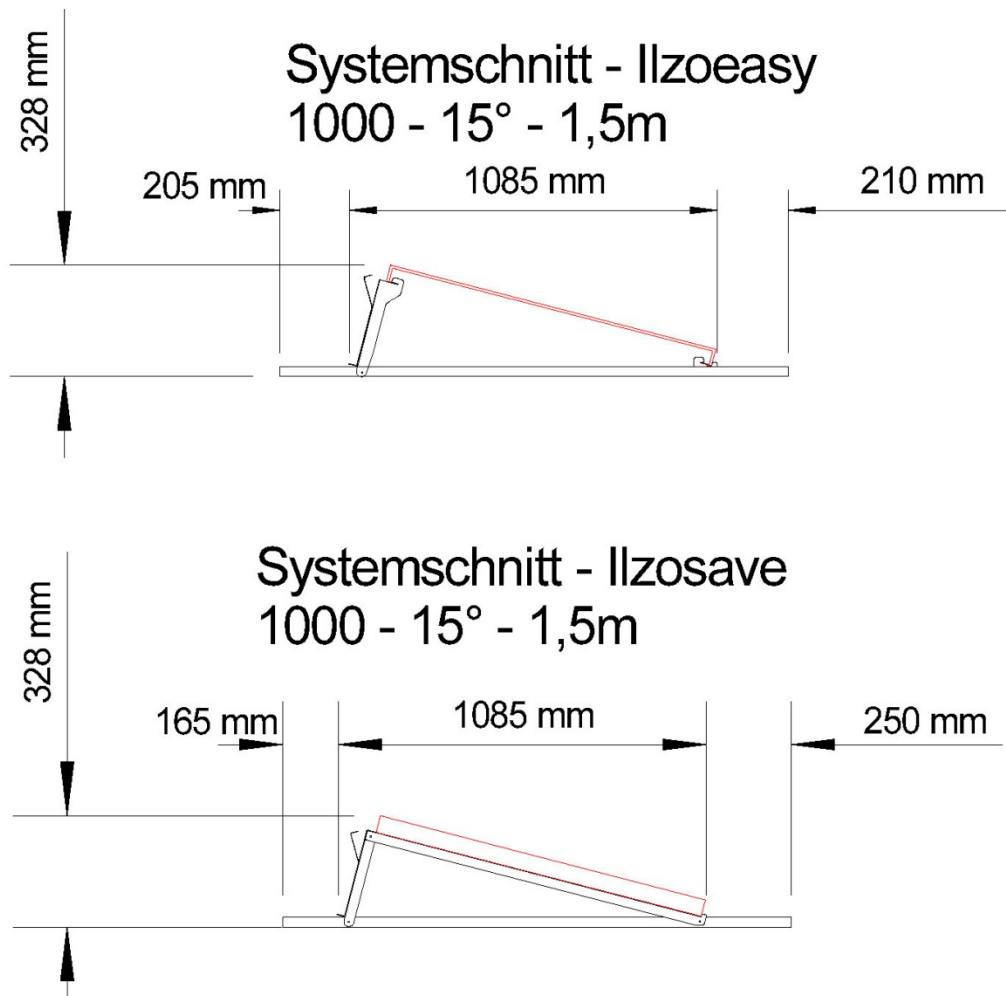
Die Ergebnisse sind als quasistatische Ersatzkennwerte angegeben. Analog der Ansätze der EN 1991-1-4:2005-07 für Paneele von 1 m<sup>2</sup> und 10 m<sup>2</sup> Fläche gelten die Kraftbeiwerte jedoch nicht für einzeln aufgestellte Module sondern nur für Anordnungen in statisch verbundenen Reihen und Feldern aus mindestens 4 Modulen in einer Reihe und 2 Reihen in einem Feld. Kleinere Anordnungen bedürfen ggf. zusätzlicher Ballastierungen je nach Lage auf dem Dach.



**Bild 1.1** Exemplarische Feldanordnung des PV-Flachdachsystems „ilzoeasy“ der Ilzhöfer GmbH Lasertechnik



**Bild 1.2** Windkanalmodell des Aufstellsystems „ilzoeasy“ mit einer vollständigen Dachbelegung



**Bild 1.3:** System ilzoeasy im Vergleich zu dem System ilzosave bei 15° Modulanstellung

Falls ein Dach unterschiedliche Höhen aufweist, ist im Zweifel auf der sicheren Seite die größte Dachhöhe des BV für die Windlastbemessung maßgebend. Die Ergebnisse gelten für frei stehende Gebäude oder solche in gleich hoher oder niedrigerer Bebauung ohne Einschränkungen. Falls ein Gebäude mehr als doppelt so hoch ist wie die mittlere Höhe der benachbarten Gebäude, muss die Bemessung dieser benachbarten Gebäude nach dem Anhang A.4 der EN 1991-1-4 erfolgen.

Die Ergebnisse wurden für eine Ausrichtung der Reihen in Längsrichtung von Osten nach Westen bestimmt, sind jedoch auf beliebige Ausrichtungen zu den Himmelsrichtungen übertragbar.

Im Zuge der durchgeführten Untersuchungen konnten Beiwerte für die Auslegung im Windkanal ermittelt werden, die auch nach EN 1991-1-4 in Verbindung mit den je-

weils gültigen nationalen Anhängen anwendbar sind. Diese zeigen, dass es sich um ein in der Feldmitte ballastarmes System handelt. Die horizontalen und abhebenden Lasten auf die Module sind durch die Reihenanordnung in der Feldmitte gering. Lediglich am Reihenrand und besonders an exponierten Feldecken sind höhere Lasten festgestellt worden, die jeweils zu berücksichtigen bleiben. Dies kann auf Basis der durchgeführten Messungen sowohl unmittelbar in den Rand- oder Ekelementen durch lokale Ballastierung als auch im Verbund mit Reihen und zwischen Reihen durch Lastausgleich mit geringer belasteten Flächen und deren Eigengewicht erfolgen. Im letzteren Fall werden allerdings höhere statische Anforderungen an die Lastübertragung durch die in sich verbundene Unterkonstruktion der Fertigteile gestellt, da theoretisch ein schwebendes Eckmodul durch die benachbarten Modulbereiche gehalten werden muss.

Die Auswertung der maximalen auftretenden Lasten in den verschiedenen Dachbereichen für den Modulanstellwinkel von  $11^\circ$  ergab maximale Auftriebsbeiwerte in der inneren Dachfläche von  $c_{fz} = 0,08$  [-] und in den Feldeckbereichen von maximal  $c_{fz} = 0,38$  [-], bezogen jeweils auf die Fläche eines PV-Moduls. Gleichzeitig treten verschiebende Kräfte auf, deren Beiwerte  $c_{fx,y} = 0,03$  [-] in der Feldmitte sowie in den Feldecken von maximal  $c_{fx,y} = 0,24$  [-] erreichen.

Für die Variante mit einem Modulanstellwinkel von  $15^\circ$  sind maximale Auftriebsbeiwerte in der inneren Dachfläche von  $c_{fz} = 0,07$  [-] und in den Feldeckbereichen von maximal  $c_{fz} = 0,32$  [-], bezogen jeweils auf die Fläche eines PV-Moduls, ermittelt worden. Die Beiwerte der gleichzeitig auftretenden verschiebende Kräfte ergeben in der Feldmitte  $c_{fx,y} = 0,05$  [-] sowie in den Feldecken maximal  $c_{fx,y} = 0,30$  [-].

Die ausführlichen Zusammenhänge und Versuchsangaben sind der Langfassung des Berichts IHS02-3-2 zu entnehmen.