

**Betreff:** ballastfreie Aufdachsysteme  
**Hier:** fachliche Stellungnahme

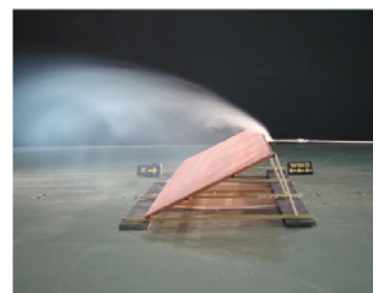
14. Juli 2009

## fachtechnische Stellungnahme zu ballastierten Aufdachsystemen

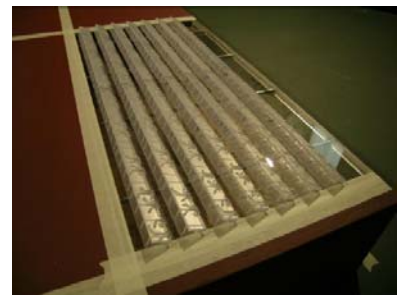
Aufgeständerte Installationen auf Flachdächern stellen ein umfangreiches Spektrum der möglichen Anwendungen für Photovoltaikanlagen dar. Gerade im Bereich der großflächigen Hallen sind hier im Regelfall Industriefoliendächer anzutreffen. Die Frage nach einem geeigneten Montagesystem führt im Wesentlichen auf die Ergebnisse der Bestandsprüfungen und der ermittelten Tragreserven der verschiedenen Tragkomponenten zurück. Aus Gründen der Gewährleistung einer dauerhaften Dachdichtigkeit wird von der Mehrzahl der Bauherren ein Montagesystem bevorzugt, das keine Durchdringungen der Dachhaut benötigt. Unter dieser Forderung kommen eigentlich nur ballastierte Montagesysteme oder Lösungen, bei denen das Montagesystem durch Klebung an der Folie befestigt ist, in Betracht. Im Mittelpunkt der nachfolgenden Erläuterung stehen ballastierte Montagesysteme.

Ballastierte Montagesysteme sind technisch nur dann realisierbar, wenn sowohl die Dacheindeckung als auch das Hallentragwerk über hinreichende Tragreserven verfügen. Da es im Bestand eine Vielzahl von Gebäuden mit Tragreserven im Bereich zwischen 8 und 25 kg/m<sup>2</sup> gibt, hat der Markt eine Vielzahl von Produkten hervorgebracht, die eine quasi ballastfreie Aufständigung versprechen. Unter dem Gesichtspunkt der Sicherheit nicht nur für das eingesetzte Material, sondern auch von Personen, die sich im Bereich der Gebäude aufhalten, gilt es zu hinterfragen, in welchem Umfang ballastfreie Systeme unter Verwendung von „Spoilereffekten“ den normativen Sicherheitsanforderungen gerecht werden können. Die folgende Bewertung basiert auf Windkanalversuchen, die im Zeitraum von November 2008 bis Juni 2009 beim Institut Cermak, Peterka Petersen (CPP) in den Vereinigten Staaten von Amerika durchgeführt wurden.

Bei den Versuchen wurden in erster Instanz die aerodynamischen Eigenschaften mit und ohne Rückwandverblechung im Spektrum von Aufständigungen zwischen 10 und 30° bei Anströmungen von allen Seiten detailliert untersucht. Dabei wurden gleichzeitig die Auswirkungen von Luftspalten am Rückwandblech betrachtet um zu prüfen, ob dadurch ein nennenswerter Anpressdruck hervorgerufen werden kann.



Auf Grundlage dieser großmaßstäblichen Versuche wurden entsprechend nebenstehender Bilder kleinmaßstäbliche Versuche an vollständigen Modulfeldern mit unterschiedlichen Positionen auf dem Dach durchgeführt. Durch diese umfangreichen Parameterstudien konnte ein umfassendes Bild über den Einfluss von Randabständen von den Dachaußenkanten und den Windlast reduzierenden Effekt bei den innen liegenden Tischreihen gewonnen werden. Erwartungsgemäß bedingt die Lage im Windschatten der äußeren Reihen eine signifikante Abminderung der erforderlichen Ballastierungen.



Im Rahmen dieser Studie wurde gleichzeitig eine Einordnung in den Kontext europäischer und amerikanischer Lastnormen vorgenommen, um die Eignung der normativen Druckbeiwerte für Satteldächer bei der Auslegung von aufgeständerten PV-Anlagen zu bewerten. Gleichzeitig konnte auch die Anwendung der Sheddach-Regelungen zur Abminderung der Windbelastungen auf die innen liegenden Reihen bewertet werden.



Die Ergebnisse dieser Studie können wie folgt zusammengefasst werden:

Eine Bemessung der Ballastierung auf Grundlage der Druckbeiwerte nach DIN 1055 kann im Randbereich als knapp, aber hinreichend sicher betrachtet werden. Im Dachinnenbereich liefert die Abminderung der Windkräfte auf 60 % ab der dritten Reihe ein geringfügig konservatives Ergebnis, auf Grundlage der Windtunneltest wäre hier eine Einsparung von ca. 10-20 % möglich.

Im gegenwärtigen Marktangebot sind Werbebroschüren zu finden, die auf Grundlage von Windtunneltests eine völlig ballastfreie Aufständering anbieten. Im direkten Vergleich mit den zuvor geschilderten Windtunneltests ist Vorsicht angebracht. Hier sollte man die technischen Hintergründe genau hinterfragen und sich gegebenenfalls den Bericht über die Windtunneltest aushändigen lassen, da es eine entscheidende Rolle spielt, ob alle Anströmungsrichtungen getestet wurden. Die Anströmung von Norden (bei idealer Südausrichtung) stellt nicht zwangsläufig die ungünstigste Situation dar. Die häufig zitierten Spoilereffekte dürften eher als Marketing aufgefasst werden. Generell bietet die Aerodynamik das Handwerkszeug, um im Sinne des Fahrzeugs oder Flugzeugbaus Luftströme gezielt zu steuern. Bei einem Flugzeug wird durch die gezielte Krümmung des Flügels bei hohen Geschwindigkeiten (laminarer Strom) ein Auftrieb erzeugt. Bei einer typischen Solaraufständering fehlen hier zwei wesentliche Attribute: Der Luftstrom ist böig und im Regelfall turbulent, d.h. ein negativer Auftrieb durch laminaren Windstrom kann nur schwer realisiert werden. Die Geometrie des Moduls ist als Ebene vorgegeben. Auch der Aufständeringwinkel und das ebene Rückwandblech sind keine typischen Strömungskörper. Die Aktivierung eines Anpressdrucks durch Erzeugung eines Unterdrucks konnte bei den zitierten Windkanalversuchen nur in einer Größenordnung von maximal 2-3 % beobachtet werden.

Abschließend bleibt festzuhalten, dass neben den Nachweisen gegen Abheben und Umkippen auch ein Gleitnachweis zu führen ist. Bei einer spezifischen Versuchsreihe konnte unter feuchten Bedingungen auf Folie mit Bautenschutzmatte ein Gleitbeiwert  $\mu \approx 0,4$  ermittelt werden. Eine Einleitung der horizontalen Kraftkomponenten über Reibung erfordert ein gewisses Grundgewicht. Die Reihenkopplung wirkt hier nur bedingt, da im Regelfall auch die weiteren Montagegestelle einer Windlast ausgesetzt sind.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass aus Sicht des Verfassers eine ballastfreie Aufständering bei typischen Windgeschwindigkeiten und Gebäudeformen unter Einhaltung der Anforderung an die Sicherheit unmöglich erscheint. Zur Verifikation dieser Einschätzung werden

gegenwärtig erweiterte Untersuchungen in Zusammenarbeit mit einem anerkannten Institut geführt.

Ein weiterer Aspekt, der nicht vernachlässigt werden sollte, ist die Einleitung der drückenden Lasten in die Dachhaut. Die verschiedenen marktüblichen Produkte weisen definierte zulässige Pressungen aus, um Beschädigung oder Einschränkungen der Dauerhaftigkeit zu vermeiden.



Bei Montagegestellen für aufgeständerte Solaranlagen werden neben dem Eigengewicht und den Ballastierungslasten auch drückende Windlasten und die Schneelasten, die ohne PV-Anlage als Flächenlasten vorliegen, durch das Modulfeld gesammelt und dann konzentriert wieder in die Dachhaut eingeleitet. Um die zulässigen Pressungen der Dämmung einzuhalten bedarf es biegesteifer flächiger Elemente, die die Lasten wieder gleichmäßig ausleiten. Einfache Umkantungen von Flachblechen bieten die erforderliche Steifigkeit im Regelfall nicht. Durch die Nachgiebigkeit entziehen sich die umgekanteten Laschen systematisch dem Lastabtrag. Im Umkehrschluss können Ballastierungselemente oder spezifisch geformte Aufnahmen für den Ballast gezielt für eine schonende Eintragung der drückenden Lasten verwendet werden.

Im Sinne einer dauerhaften Lösung und zur Vermeidung von Gewährleistungsansprüchen ist auch unter dieser Fragestellung eine sorgfältige Nachweisführung geboten.

Haag, den 14.07.2009

