Stellungnahme des Bundesverbandes Solarwirtschaft e.V. zu den Veröffentlichungen

„Konfliktträchtig? RWA und Photovoltaikanlagen auf dem Dach“ und „Photovoltaik auf großflächigen Dächern – Einfluss auf RWA?“ des I.F.I. Instituts für Industrieaerodynamik sowie zu der darin referenzierten Masterarbeit „Einfluss von Photovoltaikanlagen auf Natürliche Rauch- und Wärmeabzugsanlagen“

Aktualisierte Fassung vom 27.05.2026

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 2

2 Fachgutachten zu der Masterarbeit und den veröffentlichten Artikeln 3

2.1 Ergebnisse des Fachgutachtens 3

2.1.1 Die Versuchsmethodik 3

2.1.2 Der Versuchsaufbau 4

2.1.3 Anzahl der Modulreihen 4

2.1.4 Der Modellmaßstab 5

2.1.5 Das Windprofil 5

3 Weitere Kritikpunkte 6

4 Anmerkungen zu stark vereinfachten Bemessungskonzepten 8

5 Zusammenfassung 9

6 Literatur 11

1 Einleitung

In den Veröffentlichungen der I.F.I. Institut für Industrieaerodynamik GmbH [1, 2] sowie in einer darin zitierten Masterarbeit [3] wurde der Einfluss der Abstände von Photovoltaikanlagen (PV) auf die aerodynamische wirksame Öffnungsfläche von natürlichen Rauch- und Wärmeabzugsgeräten (NRWG) auf Flachdächern untersucht. Die Untersuchungen erfolgten experimentell an dem am I.F.I. Aachen vorhandenen Prüfstand. Das Ziel war der Nachweis über die Entrauchungswirksamkeit der nach DIN EN 121010-2 [4] zertifizierten NRWG, wenn gleichzeitig Photovoltaikanlagen (PV) auf dem Dach um die NRWG herum installiert werden. Es sollte ein Beitrag zur Frage des Mindestabstandes einer PV-Anlage zu einem NRWG erarbeitet werden, damit dessen zertifizierte Entrauchungswirksamkeit ohne jegliche Einschränkung weiterhin gegeben sei.

Das wesentliche Ergebnis der Veröffentlichungen [1, 2] und der darin zitierten Masterarbeit [3], welche die Ergebnisse der vorgenommenen Einzelfalluntersuchungen bestätigt habe, ist die Empfehlung, dass eine Neubewertung der bisher empfohlenen Abstände zwischen PV-Anlagen und natürlichen Rauchwärmeabzugsgeräten (NRWG) erforderlich sei. In diesem Bauvorhaben habe der Mindestabstand zwischen einer PV-Anlage und dem NRWG in allen Richtungen abhängig von den geometrischen Eigenschaften des eingesetzten PV-Montagesystems 5 bis 7 Meter betragen müssen, um die Wirksamkeit der Entrauchung bei Windeinfluss nicht zu behindern. Somit könne ein großer Teil der Dachfläche nicht mehr mit PV-Anlagen belegt werden.

Diese Aussagen haben zu einer großen Marktverunsicherung geführt, ohne dass die Vorgehensweise der Untersuchungen hinterfragt wurde. Der BSW-Solar hat sich dieser Thematik intensiv gewidmet und ein Gutachten in Auftrag gegeben, um zu prüfen, ob die dargestellten Ergebnisse belastbar sind.

2 Fachgutachten zu der Masterarbeit und den veröffentlichten Artikeln

Die o. g. Veröffentlichungen [1, 2] geben nur wenige Details der am I.F.I. Aachen durchgeführten Untersuchungen preis, sodass deren Ergebnisse nicht durch Dritte reproduziert werden können. Die zitierte Masterarbeit [3], aus der in [1, 2] Versuchsanordnungen sowie zentrale Ergebnisse in Form von Diagrammen des Durchflussbeiwerts als Funktion der Windrichtung wiedergegeben sind, wurde von Prof. Dr.-Ing. habil. Hans Ruscheweyh (Ruscheweyh Consult GmbH, Aachen) einer kritischen Bewertung unterzogen [5]. Die Ergebnisse dieser kritischen Bewertung sowie weitere Erkenntnisse aus Veröffentlichungen unabhängiger Fachexperten [6, 7, 13, 14] sind Gegenstand der vorliegenden Stellungnahme des Bundesverbandes Solarwirtschaft e.V. (BSW-Solar).

Zusammengefasst stellt der Gutachter fest, dass die ermittelten Mindestabstände von 5 bis 7 Meter der PV-Anlage zu dem NRWG an jeder Seite, bei denen die Wirksamkeit der Entrauchung bei Windeinfluss nicht behindert wird, aus der Masterarbeit nicht abgeleitet werden können und so nicht weitergetragen werden sollen. Der entscheidende Kritikpunkt ist der ungenügende Versuchsaufbau mit nur einer bis zwei Modulreihen. Es müssen aber mehr PV-Modulreihen sowohl in der Anströmung als auch in der Abströmung um die NRWG aufgebaut werden, um realistische Aussagen über den Einfluss auf die NRWG ermitteln zu können. Auf Basis des „Merkblatt M1 - Windkanalversuche in der Bauwerksaerodynamik" wären mindestens 6 Modulreihen zu diskutieren.

2.1 Ergebnisse des Fachgutachtens

2.1.1 Die Versuchsmethodik

Der Auftrag an den Gutachter bestand in der Prüfung, ob die in [3] dargestellten Ergebnisse und daraus abgeleiteten Abstandsforderungen von Photovoltaikanlagen zu NRA belastbar sind.

Das Gutachten stellt an der Masterarbeit [3] eine Reihe von Kritikpunkten fest, die aber nicht alle für das wesentliche Ergebnis signifikant sind. Daneben gibt es weitere, die Wirksamkeit der Entrauchung beeinflussende Windeffekte. Diese sind in [1, 2, 3] aber an keiner Stelle Gegenstand der Betrachtungen, sind jedoch aus der Praxis des Windingenieurwesens bekannt und in Publikationen renommierter Fachexperten [6, 7, 13, 14] näher beleuchtet. Diese weiteren Kritikpunkte sowie die aus der Windingenieurspraxis bekannten, sich größtenteils günstig auf die Entrauchung auswirkenden Windeffekte werden in den Folgekapiteln weiter vertieft. Wesentlich für die in [1, 2, 3] gezogenen Schlussfolgerungen sind der Versuchsaufbau für die Modellversuche und die Versuchsdurchführung.

2.1.2 Der Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau wird in allen Fällen [1, 2, 3] unvollständig beschrieben. Es fehlen Fotos der Anordnung der PV-Elemente zu dem NRWG. Lediglich erkennt man im Bild 26 [3], dass nur 1½ PV-Reihen auf der Anströmseite vorhanden sind. In Bild 27 [3] sind sogar nur zwei PV-Module vorhanden. Ein ähnliches Bild ist in der Veröffentlichung von Bernd Konrath zu sehen [1], welches sich offensichtlich auf die Versuche aus der Masterarbeit [3] bezieht, und in welchem nur eine PV-Reihe in der Anströmung zu sehen ist. In [2] wird die Masterarbeit [3] zitiert und Bild 4 [2] zeigt einen ähnlichen Versuchsaufbau wie in Bild 26 [3]. Allen Fotos der Versuchsanordnungen ist gemeinsam, dass nur so viele Reihen und Module pro Reihe installiert wurden, wie Platz auf dem Windkanaldrehteller vorhanden war.

2.1.3 Anzahl der Modulreihen

Die beschriebenen Versuchsanordnungen sind unzureichend, um die Windströmung auf einem großen Flachdach zu simulieren. Die Anströmung der NRWG wird bei Anströmung über nur eine Modulreihe so verändert, dass eine abwärts gerichtete Strömung an dem NRWG erzeugt wird, die die Entrauchungsströmung vermindert. Diese Strömungssituation ist sogar in dem Bild 37 der Masterarbeit [3] richtig skizziert, aber es ist nicht die entsprechende Schlussfolgerung gezogen worden, dass dieser Fall nicht repräsentativ für die Installationen in der Praxis ist.

Auf einem großen Industriedach sind in der Regel mehrere Modulreihen vor, neben und hinter dem NRWG angeordnet. Diese bewirken eine nahezu dachparallele Windströmung oberhalb der Module, so dass sich eine vergleichbare Situation ergibt, wie sie bei der Messung ohne PV-Elemente vorliegt. Es ist somit zu erwarten, dass sich die Durchflussbeiwerte C_{vw} erheblich günstiger gegenüber den Werten der Masterarbeit [3] einstellen, wenn mehr PV-Modulreihen vor und hinter dem NRWG angeordnet werden. Diese Tendenz wird deutlich, wenn man die Ergebnisse mit Ost-West-Modulen mit nach Süden ausgerichteten PV-Modulen vergleicht.

Bei den Ost-West-Modulen wird die Windströmung weniger nach oben abgelenkt, nähert sich also mehr einer dachparallelen Strömung an, und die Durchflussbeiwerte C_{vw} sind entsprechend günstiger. Aus dem „Merkblatt M1 - Windkanalversuche in der Bauwerksaerodynamik" der Windtechnologischen Gesellschaft e.V. [8], Abschnitt A.7 ist beispielsweise bekannt, dass mindestens sechs Modulreihen benötigt werden, um die Windeffekte auch für Reihen im Feldinneren realistisch zu erfassen. Internationale Normen [9, 10] fordern sogar mindestens acht

Modulreihen, um die Überströmung von PV-Feldern auf großflächigen Dächern in Windkanaluntersuchungen korrekt zu simulieren.

Hieraus folgt, dass die Anströmung auf NRWG ebenfalls nur dann realistisch ist, wenn sich stromauf 6-8 Modulreihen befinden. Selbst stromab muss dieselbe Anzahl Modulreihen vorhanden sein, da andernfalls ein früheres Wiederanlegen der Strömung an das Dach erfolgen würde, welches nicht der typischen Situation auf industriell genutzten Flachdächern entspräche. Flachdächer werden – wann immer möglich – vollflächig mit PV bebaut, um den Eigenbedarf abzudecken und überschüssigen Strom in das Netz einzuspeisen.

Auch nach Vorgaben der Muster-Industriebau-Richtlinie (MIndBauRL) [11], der Musterverordnung über den Bau und Betrieb von Verkaufsstätten (Muster-Verkaufsstättenverordnung – MVKVO) [17] und der Musterverordnung über den Bau und Betrieb von Versammlungsstätten (Muster-Versammlungsstättenverordnung – MVStättVO) [19], die beinhalten, dass für Gebäude mit mehr als 1600 m^2 Grundfläche pro 400 m^2 Dachfläche 1,5 m^2 aerodynamisch wirksame Öffnungsfläche vorzusehen sind, ist es plausibel, dass sich in einem Raster von 20 m ein NRWG befindet, während die Fläche zwischen zwei NRWG für PV-Modulreihen genutzt wird.

2.1.4 Der Modellmaßstab

Der in [3] gewählte Modellmaßstab von 1:7,5 ist offenbar auf Grund der Reynoldszahl-Ähnlichkeit gewählt worden. Das führte zu sehr großen Modellen, die es nicht erlaubten, mehrere Modulreihen im Windkanal anzuordnen. Folglich ist der I.F.I.-Prüfstand für die hier geforderte Untersuchung zu klein oder er hätte umgebaut werden müssen [5].

Es ist jedoch nicht zwingend erforderlich, einen so großen Modellmaßstab zu verwenden. Man könnte auch einen Modellmaßstab 1:20 oder 1:40 wählen. Man muss dann nur die Modelle präziser herstellen, z.B. aus Metall oder Plexiglas, damit die Strömungsabrisskanten scharfkantig ausgebildet werden können. Holzmodelle, wie in [1, 2, 3] verwendet, eignen sich dafür nicht [5]. In der Modelltechnik gibt es bewährte Maßnahmen, um den Einfluss der Reynoldszahl zu minimieren. Es muss nur dafür gesorgt werden, dass die Anströmung die notwendige Turbulenz ausweist, damit keine laminare Strömung auftreten kann.

Die DIN EN 12101-2, Anhang B2.3 [4] fordert allerdings zur Einhaltung der Reynoldszahl-Ähnlichkeit, dass der Modellmaßstab minimal 1:10 betragen darf. Die in [1, 2, 3] beschriebenen Untersuchungen liegen jedoch ohnehin außerhalb des Anwendungsbereichs der DIN EN 12101-2, Anhang B2.3, da im Rahmen der Zertifizierung der NRWG nur eine freie Anströmsituation zu betrachten ist.

2.1.5 Das Windprofil

Über die Verteilungen der Geschwindigkeit und der Turbulenzintensität in der Anströmung des simulierten Windes wird in der Masterarbeit [3] keine Aussage gemacht. In dem Bild 16 ist ein Übersichtsfoto des Prüfstandes zu sehen. Offensichtlich ist die Windkanaldüse im unteren Bereich durch den Prüftisch versperrt. Wie der Strömungsübergang auf die Restfläche ausgeführt wurde, ist nicht beschrieben. Bedingt durch die Versperrung der Windkanaldüse könnte

es an der Prüftischkante zu einer Strömungsablösung gekommen sein, die zu einem Wiederanlegen der Strömung und möglicherweise Überdruck im Bereich des NRWG geführt haben könnte.

Es stellt sich folglich die Frage, ob ein gleichmäßiges Windprofil vorlag oder nicht. Denkbar wäre es auch, dass eine Überhöhung der Windgeschwindigkeit in Bodennähe vorlag. Da die Windgeschwindigkeit mit nur einem Flügelradanemometer an nur einer Stelle im oberen Viertel der Windkanaldüse gemessen wurde, könnte es sein, dass das Windprofil ungleichmäßig war und nicht kontrollierten Versuchsbedingungen entsprach, sodass die C_{vw}-Werte zu gering ermittelt wurden.

3 Weitere Kritikpunkte

Weitere Kritikpunkte, die die Belastbarkeit der Ergebnisse aus [1, 2, 3] infrage stellen, werden in dem vorliegenden Abschnitt thematisiert. Sie sind größtenteils [5] entnommen, basieren jedoch auch auf anderen Quellen und auf weitergehenden Betrachtungen.

- Die Modelle wurden auf der Platte festgeklebt und am Boden verschlossen. Damit konnte keine Hinterlüftung der PV-Module stattfinden, was die Abströmung hinter diesen erheblich beeinflusste.
- In einigen Versuchsanordnungen wurden PV-Modelle bis weit in die Düse des Windkanals eingebaut, so dass das Geschwindigkeitsprofil der Anströmung verfälscht wurde.
- Es ist nicht mehr üblich, große Modulanstellwinkel von 30° und 35° zu verwenden. Man wird sie schon gar nicht auf ein Flachdach montieren. Daher können solche Versuchsvarianten entfallen.
- PV-Module mit geschlossenen Seiten entsprechen nicht der üblichen Bauweise und repräsentieren somit nicht die typische Überströmung der PV-Module.
- Das Doppelklappenmodell konnte nur bei der Windrichtung 90° gemessen werden. Hier spielte der Modellmaßstab eine Rolle. Das Modell war zu groß oder der Windkanal zu klein bzw. der Abstand zur Düse zu kurz.
- Warum wurde nur C_{vo} als Referenz verwendet und nicht C_{vw}? Der Wert C_{vw} wäre der plausible Wert gewesen, da er die Windsituation ohne PV-Module darstellt und somit eine Vergleichbarkeit zu den C_{vw}-Werten mit umgebenden PV-Elementen erlaubt. Die Wirkung der Windleitwände hätte in diesem Zusammenhang besser in den Ergebnisbildern herausgearbeitet werden müssen.
- Der Durchflussbeiwert ohne Seitenwind, C_{vo}, wurde jeweils für Einzelklappen und Doppelklappen nur ein einziges Mal in der einfachsten Konfiguration ohne Windleitwand oder Aufsetzkranz gemessen. Es erfolgte keinerlei Überprüfung, ob sich aufgrund des Anbaus von Windleitwänden oder Aufsetzkränzen ein veränderter Wert ergibt [7, 12].
- Das Ergebnis in [3], Bild 36 (blaue Linie) erscheint unlogisch. Hier liegt vielleicht ein Messfehler vor. Alle Messdaten sollten auf Messfehler hin überprüft werden.
- Es fehlt eine Fehlerbetrachtung. Systematische Fehler in relevanter Größenordnung sind allein durch die Ungleichförmigkeit des Anströmgeschwindigkeitsprofils bzw. die punktförmige Messung der Anströmgeschwindigkeit zu erwarten.

- Aus einigen Ergebnisbildern geht hervor, dass das Wiederanlegen der Strömung an das Dach nach mehr als der 20-fachen Höhe der PV-Elemente noch nicht abgeschlossen ist, da der C_{vw}-Wert mit PV-Elementen immer noch deutlich unter dem C_{vw}-Wert ohne PV-Elemente bzw. unter C_{v0} liegt. Dies ist aus aerodynamischer Sicht nicht plausibel. Die Diskrepanzen zwischen Messwerten der Durchflussbeiwerte mit und ohne das NRWG umgebende PV-Elemente bei großen PV-NRWG-Abständen lassen somit den Schluss zu, dass weitere systematische und zufällige Fehler vorliegen.
- Es fehlt eine Betrachtung zusätzlicher Sicherheiten, die sich günstig auf die aerodynamische Wirksamkeit auswirken. Beispielsweise ist die Wahrscheinlichkeit gering, dass der Wind im Brandfall aus derjenigen Richtung bläst, die gleichzeitig den geringsten C_{vw}-Wert hervorruft.
- Die DIN EN 12101-2 [4] schreibt in Anhang B vor, dass die Prüfung bei einer Seitenwindgeschwindigkeit von 10 m/s für den Fall freier Anströmung auf das NRWG durchgeführt werden soll. Bei den in [1, 2, 3] gegenständlichen Untersuchungen handelt es sich dagegen um nicht normativ geforderte Prüfungen, die bereits Forschungsgegenstand anderer Veröffentlichungen waren [6, 13]. Insofern wäre es zweckmäßig gewesen, systematische Versuche auch mit kleineren Seitenwindgeschwindigkeiten durchzuführen, um die Abhängigkeit des C_{vw}-Wertes von der Seitenwindgeschwindigkeit offenzulegen.
- Es existiert keinerlei Definition, wie die Seitenwindgeschwindigkeit hinsichtlich Mittelungszeit und statistischer Auswertung für einen konkreten Standort zu bestimmen ist.
- Wie die Analyse von Daten der Jahresmittelwerte der Windgeschwindigkeiten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) aufzeigt, ist es an vielen Standorten ebenso wenig wahrscheinlich, dass der Wind auf dem Dach mit der in DIN EN 12101-2:2003-09 definierten Seitenwindgeschwindigkeit von 10 m/s bläst, so dass sich der reale C_{vw}-Wert zwischen C_{v0} und C_{vw} mit PV-Umbauung des NRWG einstellen wird. Je geringer hierbei der sich aus der realen Seitenwindgeschwindigkeit ergebende Staudruck p_d ist, desto mehr wird sich in den meisten Fällen der reale C_{vw}-Wert C_{v0} annähern.
- Die in [1, 2, 3] beschriebenen Untersuchungen liegen außerhalb des Anwendungsbereichs der DIN EN 12101-2 [4], Anhang B2.3, da im Rahmen der Zertifizierung der NRWG nur eine freie Anströmsituation betrachtet wird. Der Standpunkt, dass die CE-Kennzeichnung der NRWG nicht durch die Nähe von Dachaufbauten beeinflusst wird, sodass keine zusätzlichen Zertifizierungskosten für NRWG-Hersteller anfallen, wenn aerodynamische Elemente wie PV-Module gezielt dazu genutzt werden, um die aerodynamisch wirksame Fläche zu erhöhen, wird auch in [13] vertreten.
- Die Muster-Industriebau-Richtlinie (MIndBauRL), Abschnitt 5.7.1.1 [11] fordert, dass je höchstens 400 m^2 Dachfläche 1,5 m^2 aerodynamisch wirksame Öffnungsfläche verbaut werden, wobei je höchstens 1600 m^2 Grundfläche mindestens eine Auslösegruppe für die Rauchabzugsgeräte gebildet werden muss. Aus wirtschaftlichen Gründen werden deshalb bis zu vier NRWG im Brandfall gleichzeitig ausgelöst. Gleichzeitig ist es so, dass jedes NRWG anders von PV umbaut ist und die Windrichtung aufgrund der Strömungsablösung an den Dachkanten auch auf dem Dach lokal variiert, sodass es unwahrscheinlich ist, dass die NRWG einer Auslösegruppe alle gleichzeitig den aerodynamischen Worst-Case erfahren. Es ist vielmehr davon auszugehen, dass auf ein und demselben Dach die Durchflussbeiwerte C_{vw} von NRWG zu NRWG stark variieren [14].

- Auch nach DIN EN 18232-2, Abschnitt 7.2.4 [15] werden „in der Regel alle NRWG eines Rauchabschnittes gleichzeitig geöffnet“, sodass unterschiedliche Anströmrichtungen und damit unterschiedliche C_{vw}-Werte für die NRWG einer Auslösegruppe vorliegen.
- Die Strömungsablösung an den Dachkanten, Windeffekte anderer Dachaufbauten sowie insbesondere durch Nachbargebäude verursachte Strömungsumlenkungen können je nach Situation ebenfalls einen großen Einfluss, sowohl günstig als auch ungünstig, auf den Durchflussbeiwert C_{vw} haben, wie zahlreichen internationalen Publikationen [6, 7] zu entnehmen ist.
- In diesem Zusammenhang ist es auch erstaunlich, dass DIN EN 18232-2, Abschnitt 7.2.2 [15] fordert, dass NRWG mindestens 4 m, aber nicht mehr als 20 m, auseinanderstehen dürfen. Es ist davon auszugehen, dass aufgrund der im Brandfall geöffneten Einzel- oder Doppelklappen und damit verbundenen großen Bauhöhen NRWG sich auch untereinander aerodynamisch beeinflussen [6]. Bei ungünstig gewähltem Abstand wird somit eine Reduktion der aerodynamisch wirksamen Öffnungsfläche eintreten.

4 Anmerkungen zu stark vereinfachten Bemessungskonzepten

Der Durchflussbeiwert C_v eines NRWG und der Massenstrom hängen in der Praxis von dem Druckunterschied zwischen dem Innen- und Außenbereich des realen Gebäudes ab. Hierbei bestimmen die lokale Windrichtung und die lokale Seitenwindgeschwindigkeit den Außendruck. Der Innendruck wird wiederum durch Öffnungen in der Gebäudehülle und durch die relevanten Parameter des Brandes bestimmt [7].

In DIN EN 12101-2 [4] wird dagegen dieser Ansatz umgekehrt, indem eine willkürlich definierte konstante Seitenwindgeschwindigkeit von 10m/s und ein konstanter Druckunterschied (zwischen 3 und 12 Pa) unter freier Anströmung in einem Windkanal zur Bestimmung des Durchflussbeiwerts C_v und des Massenstroms durch das NRWG herangezogen werden. Dieser Ansatz ist lediglich dazu geeignet, NRWG unterschiedlicher Hersteller unter identischen Versuchsbedingungen zu vergleichen [7, 13].

In der Praxis werden die unter willkürlich gewählten Versuchsbedingungen nach DIN EN 12101-2 [4] ermittelten Werte zu A_vC_v für Auslegungen nach Richtlinien und Verordnungen wie MIndBauRL [11], MVKVO [17] und MVStättVO [19], welche auf den in DIN 18232-2 [15] definierten Brandszenarien basieren, herangezogen.

In DIN 18232-2 [15] werden für Rauchabschnitte zwischen 200 m^2 und 1600 m^2 unabhängig von der tatsächlichen Rauchabschnittsgröße tabellarische Werte für die notwendige aerodynamisch wirksame Rauchabzugsfläche A_w, welche identisch mit der aerodynamisch wirksamen Öffnungsfläche A_vC_v ist, in Abhängigkeit von der Raumhöhe, Höhe der Rauchschicht und einer Bemessungsgruppe (Brandfläche) angegeben. Die Gleichungen zur Berechnung des Rauchgasmassenstroms basierend auf stark vereinfachten Zonenmodellen werden in DIN 18232-2 [15] offengelegt. Es liegt in der Natur des stark vereinfachten Bemessungskonzeptes, dass Sicherheiten inhärent sind.

Bei Vorgaben wie z.B. nach der Muster-Industriebau-Richtlinie-MIndBauRL [11], der Musterverordnung über den Bau und Betrieb von Verkaufsstätten (Muster-

Verkaufsstättenverordnung – MVKVO) [17] und der Musterverordnung über den Bau und Betrieb von Versammlungsstätten (Muster-Versammlungsstättenverordnung – MVStättVO) [19], welche beinhalten, dass für Gebäude ab 1000 m^2 Dachfläche [17, 19] bzw. pro 400 m^2 Dachfläche 1,5 m^2 aerodynamisch wirksame Öffnungsfläche A_vC_v [11, 17, 19] zu verbauen sind, handelt es sich um Pauschalwerte. Laut den zugehörigen Erläuterungen [16] bzw. den Begründungen der Änderungen [18, 20] wäre für das zugrunde gelegte Bemessungsszenario mit einer Brandleistung von 2 MW, einer Zuluftfläche von 12 m^2, einer Raumhöhe von 3 m und einer Höhe der rauchfreien Schicht von 2,5 m eine aerodynamisch wirksame Öffnungsfläche A_vC_v von 4 bis 5 m^2 in Zuordnung zu der Grundfläche von 1600 m^2 nach DIN 18232-2 ausreichend. Der zusätzliche Erhöhungsfaktor für die Bemessung des Brandszenarios (Rauchgasmassenstroms) liegt somit zwischen 1,2 und 1,5.

Für größere Raumhöhen und ein ansonsten identisches Brandszenario (1600 m^2 Dachfläche, Brandleistung 2 MW, Zuluftfläche 12 m^2, 2,5 m Höhe der rauchfreien Schicht), werden nach [11], [17] und [19] weiterhin 6 m^2 aerodynamisch wirksame Öffnungsfläche gefordert, während nach den Rechenmethoden der DIN 18232-2 der tatsächlich erforderliche Wert mit steigender Raumhöhe immer geringer ausfällt. So kommt man für das vorgenannte Brandszenario bei 6 m Raumhöhe bereits rechnerisch nur noch auf weniger als 2 m^2 aerodynamisch wirksame Öffnungsfläche, die erforderlich ist. Der zusätzliche Erhöhungsfaktor für die Bemessung des Brandszenarios (Rauchgasmassenstroms) liegt somit zwischen 3,0 und 4,0. Bei 12 m Raumhöhe ergibt sich rechnerisch nur noch ein erforderlicher Wert von wenig oberhalb von 1 m^2 aerodynamisch wirksamer Öffnungsfläche. Die aerodynamisch wirksame Öffnungsfläche ist somit um einen Faktor zwischen 5,0 und 6,0 überbemessen.

Liegt die Grundfläche nach MVKVO [17] und MVStättVO [19] zwischen 200 m^2 und 1000m^2, ist die Rauchableitung im Dachbereich mit 1 v. H. der Grundfläche, d.h. als geometrische Öffnungsfläche, zu bemessen. Hierbei handelt es sich um Pauschalwerte, welche keiner näheren Betrachtung bedürfen, da der Nachweis der aerodynamisch wirksamen Öffnungsfläche nicht gefordert wird.

5 Zusammenfassung

Die in der jüngeren Vergangenheit in Deutschland geführte Diskussion fokussiert sich in den Veröffentlichungen [1, 2] sowie in der Masterarbeit [3] einzig und allein auf die Strömungsinteraktion zwischen Photovoltaikanlagen und NRWG. Windeinflüsse anderer Bauwerke, anderer Dachaufbauten oder der Dachkanten werden nicht thematisiert, obwohl sie mindestens genauso wichtig sind. Eine genauere Untersuchung des Einflusses der Seitenwindgeschwindigkeit erfolgt ebenfalls nicht. Dass für viele nicht-exponierte Standorte deutlich geringere Werte als 10 m/s auftreten, und dass für die aerodynamische Wirksamkeit des NRWG kritische Windrichtungen nur statistisch selten auftreten, wird ebenfalls nicht betrachtet.

Aus Veröffentlichungen anderer Autoren ist zudem bekannt, dass in NRA jedes NRWG anders angeströmt wird und dadurch die NRWG einer Auslösegruppe niemals alle gleichzeitig den aerodynamischen Worst-Case erfahren. Es ist vielmehr davon auszugehen, dass auf ein und demselben Dach die Durchflussbeiwerte C_{vw} von NRWG zu NRWG stark variieren [14], sodass

die mittlere aerodynamisch wirksame Öffnungsfläche maßgebend ist. Diese Betrachtungsweise wird durch die Muster-Industriebau-Richtlinie-MIndBauRL, Abschnitt 5.7.1.1 [11] und durch DIN 18232-2, Abschnitt 7.2.4 [15] ausdrücklich dadurch bestätigt, dass mehrere NRWG, z. B. typischerweise vier NRWG nach [11], zu einer Auslösegruppe pro Rauchabschnitt (Brandbekämpfungsabschnitt) zusammengefasst werden.

Die Masterarbeit [3] enthält zahlreiche Modellversuche von NRWG-PV-Kombinationen auf einem Flachdach.

Maßgeblicher Kritikpunkt ist die Tatsache, dass die Modellgröße es nicht erlaubte, eine genügend große Anzahl von PV-Modulreihen um die NRWG aufzubauen, so dass die Windanströmung der NRWG verfälscht wurde. Das führte zu unrealistischen Ergebnissen in [1, 2, 3] und der daraus abgeleiteten Empfehlung, die Abstände der PV-Anlage zu dem NRWG auf 5 m bis 7 m, je nach Geometrie des PV-Montagesystems, an jeder Seite zu vergrößern. Diese Empfehlung darf nicht weitergetragen werden [5].

Es müssen neue Versuche, möglichst an zwei unabhängigen Laboren mit praxisgerechtem Modellaufbau, d.h. mit mindestens sechs PV-Reihen und mit repräsentativer Geometrie des PV-Montagesystems in der Windan- und -abströmung eines NRWG und mit mehreren NRWG pro Auslösegruppe (NRA), durchgeführt werden. Um den Aufwand in Grenzen zu halten, könnte man sich vorerst auf einige relevante Varianten beschränken.

Es ist zudem bekannt, dass NRWG aufgrund der im Brandfall geöffneten Einzel- oder Doppelklappen und den damit einhergehenden großen Bauhöhen sich bei typischen Abständen aerodynamisch untereinander beeinflussen [6]. Bei ungünstig gewähltem Abstand, welcher nach DIN 18232-2 [15] zwischen 4 m und 20 m liegen muss, ist somit zu erwarten, dass eine Reduktion der aerodynamischen wirksamen Fläche eintreten wird. Hierzu sind ebenfalls Versuche notwendig.

Aus Richtlinien und Verordnungen wie MIndBauRL [11], MVKVO [17] und MVStättVO [19] sowie aus den den zugehörigen Erläuterungen [16] bzw. den Begründungen der Änderungen [18, 20] geht zudem hervor, dass die aerodynamisch wirksame Öffnungsfläche A_vC_v mit 4 bis 5 m^2 in Zuordnung zu der Grundfläche von 1600 m^2 nach den in DIN 18232-2 [15] definierten stark vereinfachten Brandszenarien ausreichend bemessen wäre, stattdessen aber mit 6 m^2 vorgegeben wird. Es liegt somit basierend auf dem definierten Brandszenario (Brandleistung von 2 MW, Zuluftfläche von 12 m^2, Höhe der rauchfreien Schicht von 2,5 m) ein Faktor von 1,2 bis 1,5 bei der Überbemessung der aerodynamisch wirksamen Öffnungsfläche vor, der auf eine Raumhöhe von 3 m in guter Näherung zutrifft. Rechnerisch fällt dieser Faktor der Überbemessung jedoch umso größer aus, je größer die Raumhöhe ist. Bei 6 m Raumhöhe liegt er bereits zwischen 3,0 und 4,0, bei 12 m Raumhöhe ist die aerodynamisch wirksame Öffnungsfläche um einen Faktor zwischen 5,0 und 6,0 überbemessen.

Die vorangegangenen Betrachtungen zur strömungstechnischen Wechselwirkung zwischen Dachaufbauten wie PV-Anlagen und NRA zeigen demnach, dass implizite und explizite Sicherheiten bei der Bemessung der aerodynamisch wirksamen Öffnungsfläche in ausreichendem Maße vorhanden sind, um das baurechtlich geforderte Ziel der Rauchableitung bzw. Entrauchung sicherzustellen. Aufgrund der bestehenden Verunsicherung begrüßt der

Bundesverband Solarwirtschaft (BSW-Solar) das Prinzip: „Versuch macht klug“. Die Grundlage dafür muss allerdings ein zielführender Versuchsaufbau sein, der die oben beschriebenen Kritikpunkte berücksichtigt. Weitere Einzelfalluntersuchungen, welche die in [1, 2, 3] verwendete Versuchsmethodik reproduzieren, sind jedoch nach den Erkenntnissen aus [5] und der vorliegenden Stellungnahme als unzureichend abzulehnen, da sie die gleichen Fehler wiederholen.

6 Literatur

[1] B. Konrath: Konfliktträchtig? RWA und Photovoltaikanlagen auf dem Dach, Feuer Trutz Dossier, RM Rudolf Müller Medien GmbH & Co. KG, Köln, 2023

[2] B. Konrath: Photovoltaik auf großflächigen Dächern – Einfluss auf RWA?, Moderne Gebäudetechnik – vorbeugender Brandschutz 01.2024, Seite 14-19, HUSS-MEDIEN GmbH, 2024

[3] C. Metz: Einfluss von Photovoltaikanlagen auf Natürliche Rauch- und Wärmeabzugsanlagen, Masterarbeit, Technische Akademie Südwest e.V. an der Hochschule Kaiserslautern, 2023

[4] DIN EN 12101-2:2003-09: Rauch- und Wärmefreihaltung – Teil 2: Festlegungen für natürliche Rauch- und Wärmeabzugsgeräte, Deutsche Fassung EN 12101-2:2003, DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2003

[5] H. Ruscheweyh: Gutachterliche Stellungnahme zur Masterarbeit von Christian Metz: Einfluss von Photovoltaikanlagen auf Natürliche Rauch- und Wärmeabzugsanlagen, Bericht RC 3345/0425-1, Ruscheweyh Consult GmbH, Aachen, 30.04.2025

[6] W. Węgrzyński, G. Krajewski, P. Suchy, T. Lipecki: The influence of roof obstacles on the performance of natural smoke ventilators in wind conditions, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics,189, 266-275, Elsevier Science Publishers, 2019

[7] W. Wegrzynski und G. Krajewski: Influence of wind on natural smoke and heat exhaust system performance in fire conditions, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 164, 44-53, Elsevier Science Publishers, 2017

[8] WTG-Merkblatt M1: Windkanalversuche in der Bauwerksaerodynamik, Windtechnologische Gesellschaft (WTG) e.V., Merkblatt des Komitees 1 – Bauwerksaerodynamik, September 2025

[9] ASCE/ SEI 7-16: Minimum design loads and associated criteria for buildings and other structures, American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia, 2017

[10] ASCE/ SEI 49-21: Wind tunnel testing for buildings and other structures, American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia, 2022

[11] Muster-Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau (Muster-Industriebau-Richtlinie – MIndBauRL), Amtliche Mitteilungen Nr. 2/13.11.2019, Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Fachkommission Bauaufsicht der Bauministerkonferenz, Stand Mai 2019

[12] C. Kramer und H.J. Gerhardt: Aerodynamic efficiency of smoke ventilators – comparison of measurements on full scale and model ventilators, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 45, 313-323, Elsevier Science Publishers, 1993
[13] W. Węgrzyński, G. Krajewski, G. Kimbar: A concept of external aerodynamic elements in improving the performance of natural smoke ventilation in wind conditions, AIP Conference Proceedings, 1922 (1), 110006, American Institute of Physics, 2018
[14] W. Węgrzyński, G. Krajewski, G. Kimbar, T. Lipecki: Fire smoke dispersion inside and outside of a warehouse building in moderate and strong wind conditions, Fire Safety Journal,136, 103760, 29 pp., Elsevier Science Publishers, 2023
[15] DIN 18232-2:2007-11: Rauch- und Wärmefreihaltung – Teil 2: Natürliche Rauchabzugsanlagen (NRA); Bemessung, Anforderungen und Einbau, DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2007
[16] Muster-Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau (Muster-Industriebau-Richtlinie – MIndBauRL) – Erläuterungen, Fachkommission Bauaufsicht der Bauministerkonferenz, Stand Juli 2014
[17] Musterverordnung über den Bau und Betrieb von Verkaufsstätten (Muster-Verkaufsstättenverordnung – MVKVO), Fachkommission Bauaufsicht der Bauministerkonferenz, Stand Juli 2014
[18] Musterverordnung über den Bau und Betrieb von Verkaufsstätten (Muster-Verkaufsstättenverordnung – MVKVO) – Begründung der Änderungen, Fachkommission Bauaufsicht der Bauministerkonferenz, Stand Juli 2014
[19] Musterverordnung über den Bau und Betrieb von Versammlungsstätten (Muster-Versammlungsstättenverordnung – MVStättVO), Fachkommission Bauaufsicht der Bauministerkonferenz, Stand Juli 2014
[20] Musterverordnung über den Bau und Betrieb von Versammlungsstätten (Muster-Versammlungsstättenverordnung – MVStättVO) – Begründung der Änderungen, Fachkommission Bauaufsicht der Bauministerkonferenz, Stand Juli 2014

Kontakt:

Dipl.-Ing. Maria Roos, Referentin Solartechnik,
Bundesverband Solarwirtschaft e. V., roos@bsw-solar.de