



Abb. 1: Die IVPU-Themenbroschüre 22 | 01
»Photovoltaik auf Flachdächern« dokumentiert vergleichende Brandversuche an Dachaufbauten

Edith Antonatus und Tobias Schellenberger

Brandrisiko durch Photovoltaikanlagen

Sind nichtbrennbare Dämmstoffe in Flachdächern tatsächlich sicherer?

Dächer mit Photovoltaikanlagen erfordern eine komplexe Bewertung des Brandschutzes, denn die Anlagen können zu einer Zündquelle werden oder sich durch externe Zündquellen entzünden. Durch die zusätzliche Brandlast der PV-Elemente selbst und die Rückstrahlung durch PV-Elemente auf die darunterliegende Bedachung kann diese einer hohen Brandbelastung ausgesetzt sein. Um das Brandrisiko auf solchen Dächern und Brandausbreitung in das Innere von Gebäuden zu minimieren, wird häufig empfohlen, unter PV-Anlagen ausschließlich nichtbrennbare Dämmung zu verwenden. Vergleichsversuche haben gezeigt, dass durch die Verwendung einer nichtbrennbaren Dämmung bei diesem Brandszenario nicht grundsätzlich ein höheres Sicherheitsniveau erreicht wird.

Die solare Nutzung von Dächern rückt unter dem Aspekt des Klimaschutzes und der Energieversorgung zunehmend in den Fokus. Das Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) strebt 215 GW installierte Photovoltaik-Leistung bis 2030 an. Um dieses ehrgeizige Ziel zu erreichen, muss die jährliche Ausbaurate von gut 7 GW (Stand 2022) auf 22 GW ansteigen.

KERNAUSSAGEN

- Dächer mit PV-Anlagen erfordern eine komplexe Bewertung des Brandschutzes.
- Um das Risiko einer Brandausbreitung auf solchen Dächern und in das Innere von Gebäuden zu minimieren, wird häufig vorgeschlagen, unter PV-Anlagen ausschließlich nichtbrennbare Dämmung zu verwenden.
- Vergleichsversuche haben gezeigt, dass durch nichtbrennbare Dämmung kein grundsätzlich höheres Sicherheitsniveau erreicht wird.

Zentrale, terrestrische Solaranlagen auf Freiflächen bilden in Deutschland eher die Ausnahme. Drei Viertel aller Anlagen sind dezentral auf Dächern von Wohnhäusern und gewerblichen Gebäuden installiert. In einigen Bundesländern muss bei Neubauten schon heute 60 Prozent der Dachfläche mit Photovoltaikanlagen belegt werden. Um schneller mit dem Ausbau voranzukommen, soll die Solardachpflicht künftig bundesweit eingeführt und auf bestehende Dächer ausgeweitet werden. Neben Wohnhäusern bieten sich insbesondere große Flachdächer von Industrie- und Lagergebäuden für die solare Stromerzeugung an.

Brandrisiken von PV-Anlagen

Da Solaranlagen auf einer immer größeren Zahl von Dächern installiert sind, gibt es auch Brandereignisse mit diesen Dächern. Allerdings gibt es weder belastbare Erkenntnisse über die Zahl der Brände, noch über deren Ursachen. Insbesondere ist nicht bekannt, in welchen Fällen der Brand durch die Solaranlage selbst oder durch externe Zündquellen



Abb. 2: Einfamilienhaus in Wittmund mit gebäudeintegrierten PV-Modulen (BIPV – Building Integrated PV)



Abb. 3: Solarpaneele, die auf Dächern aufgestellt werden (BAPV – Building Attached PV), werden nicht als Bauprodukte betrachtet, sondern unterliegen der Niederspannungsrichtlinie

verursacht wurde. Dies gilt auch für die Frage, ob sich der Brand bei den betrachteten Brandereignissen über die PV-Module selbst, durch die Bedachung darunter oder durch die Kombination aus beiden ausgebreitet hat.

Eine der wenigen veröffentlichten Studien zu diesem Themenfeld wurde in den Niederlanden von Efectis durchgeführt [1]. Darin werden acht in den Jahren 2016 bis 2021 bekannt gewordene Brandfälle auf großen Industrieleichtdächern mit PV-Anlagen beschrieben. Die Analyse dieser Brände zeigt, dass sich bei Solarmodulen in Reihen, die weniger als einen halben Meter voneinander entfernt sind, der Brand über und unter den Modulen weiterentwickelt, unabhängig von der Art der Dacheindeckung oder des Dämmmaterials. Eine Rolle spielt dabei auch die Tragkonstruktion der PV-Module.

Dächer mit Photovoltaikanlagen

Brandursachen und Brandrisiken

Grundsätzlich gilt, dass PV-Module und die dazugehörigen elektrischen Bauteile, wie Kabel, Gleichrichter und Batteriesysteme, so installiert und betrieben werden sollen, dass sie keine Brände verursachen können.

Erfahrungsgemäß sind in vielen Fällen die mit den PV-Anlagen verbundenen Komponenten die Brandursache. Oft werden auch fehlerhafte oder beschädigte Anschlüsse zur Zündquelle. Um dies auszuschließen, ist nicht nur die Qualität der verwendeten Komponenten, sondern auch die fachgerechte Installation und regelmäßige Wartung der Solaranlagen erforderlich. PV-Module können sich auch selbst durch Hotspots entzünden. Diese entstehen, wenn innerhalb von Solarmodulen einzelne Solarzellen aufgrund von Teilverschattungen keinen Strom mehr liefern, sich aber aufgrund des Stroms der anderen, in Reihe geschalteten Zellen, stark erhitzen. Auch externe Zündquellen, z. B. Flugfeuer aus Kaminen, ein Brand in der Umgebung oder auch Reparaturarbeiten am Dach, können einen Brand verursachen.

Unabhängig von der Zündquelle ist es für die Sicherheit der Bewohner und auch für den Sachschutz wichtig, dass die Brandausbreitung begrenzt bleibt und der Brand nicht in das Gebäude eindringt. Um diese Ziele zu erreichen, muss der gesamte Dachaufbau im Zusammenwirken mit

den darüber installierten PV-Anlagen betrachtet werden. Auch die Sicherheit für Einsatzkräfte im Brandfall ist ein zu beachtender Aspekt. Nur ein gesamtheitliches Brandschutzkonzept kann sicherstellen, dass die von den Bauaufsichten geforderten Schutzziele für Gebäude erreicht werden und der Sachschutz im Sinne der Versicherer weiterhin ausreicht.

Baurechtliche Anforderungen

Sollen Solaranlagen in Neubauten oder auf vorhandenen Dächern installiert werden, stellt sich die Frage, welche brandschutztechnischen Regeln zu beachten sind.

Photovoltaikanlagen sind nur dann Gegenstand des Baurechts, wenn sie einen Teil der Gebäudehülle bilden (BIPV – Building Integrated PV). PV-Module, die in Dachdeckungen integriert sind, müssen wie alle anderen Deckungen die Anforderungen an »harte Bedachungen« erfüllen. Die harte Bedachung beschreibt in diesem Fall keine physikalische Eigenschaft, sondern den Widerstand gegen Brandeinwirkung von außen, der nach CEN/TS 1187 geprüft wird. Dazu werden die Elemente in der Einbauposition geprüft und von oben der Beanspruchung durch einen brennenden Holzwoollkorb ausgesetzt. Beurteilt werden die Brandausbreitung, brennendes Abtropfen und das Durchbrennen nach unten.

Diese bauaufsichtlichen Anforderungen gelten nicht für den Fall, dass PV-Module außen am Gebäude angebracht werden (BAPV – Building Attached PV). Solarpaneele, die auf Dächern aufgestellt werden, werden nicht als Bauprodukte betrachtet, sondern unterliegen der Niederspannungsrichtlinie [2]. Diese Richtlinie ist die Grundlage für die CE-Kennzeichnung des Herstellers und verfolgt im wesentlichen zwei Ziele:

- Regelung des freien Warenverkehrs für elektrische Betriebsmittel auf dem europäischen Binnenmarkt,
- Gewährleistung eines hohen Schutzniveaus im Hinblick auf die Gesundheit und Sicherheit von Menschen, Haus- und Nutztieren sowie bei Gütern.

Beurteilt wird nur die elektrische Sicherheit der Anlage, nicht aber das Brandverhalten.

Das Brandverhalten von PV-Modulen hängt von deren Bauweise ab. Module mit Glas auf beiden Seiten sind in der

Regel im Brandfall weniger kritisch als Module mit einer Folienrückseite. Für den Beitrag von PV-Modulen zu einem Brand gibt es bereits Prüfverfahren, die in den USA von Versicherern und in den Bauordnungen angewandt werden. Diese sind jedoch in Europa bisher nicht baurechtlich eingeführt und auch in der internationalen Norm für die Sicherheitsqualifikation von PV-Modulen (EN IEC 61730-2) nur als informativer Anhang behandelt. Eine Einstufung des Brandverhaltens der PV-Module nach dieser Norm wird daher in Deutschland nur auf freiwilliger Basis vorgenommen und ist nicht gesetzlich geregelt.

Bauaufsichtlich gefordert wird für BAPV der Nachweis der Normalentflammbarkeit (Klasse E nach EN 13501-1). Dies bedeutet, dass die Module beim Beflammen mit einem kleinen Brenner (Streichholzflamme) nicht entzündet werden und weiterbrennen können. Weitere Anforderungen an das Brandverhalten dieser Anlagen sind im deutschen Baurecht nicht vorgesehen. In den Bauordnungen sind lediglich Abstandsregelungen festgelegt, um zu verhindern, dass ein Brand auf andere Gebäudeteile oder Nachbargrundstücke oder z. B. über Lüftungsöffnungen in das Gebäude übertragen werden kann.

Auf Dächern von Wohnhäusern sind in der Regel nur begrenzte Flächen mit PV-Modulen belegt und darunter werden häufig brandsichere Bedachungen verwendet, wie z. B. Ziegel, Dachsteine oder Bleche. Bei großen Flachdächern, die sich besonders gut für eine effektive Energiegewinnung mit großflächig aufgebauten PV-Modulen eignen, ist üblicherweise das Dach mit brennbaren Dampfsperren, Dämmstoffen und Dachbahnen gedämmt und abgedichtet. Diese Dächer müssen in Deutschland die Anforderungen an harte Bedachung erfüllen. Es muss der Nachweis erbracht werden, dass durch den Einfluss von Flugfeuer und / oder Wärmestrahlung kein Brand entsteht, der sich auf dem Dach ausbreitet oder zu einem Durchbrand nach unten führt. Zusätzlich müssen großflächige Industrieleichtdächer (in der Regel Bedachungen, die eine Tragkonstruktion aus Trapezprofilblechen und darüber Dämm- und Abdichtungsschichten haben) einem intensiven Brand von innen standhalten. Dieser darf nicht nach außen durchbrennen und eine Brandausbreitung auf der Dachfläche verursachen (Anforderungen nach DIN 18234-1) [3].

Bei gewerblich genutzten Gebäuden sind neben den baurechtlichen Anforderungen auch die Vorgaben der Sachversicherer relevant.

Anforderungen der Versicherer

Angesichts steigender Installationszahlen suchen Sachversicherer Wege, um Brandrisiken durch Solaranlagen zu begrenzen. Da bisher für einen Brand weder für die Solaranlagen selbst, noch für die Kombination aus Dächern und Solaranlagen anerkannte Prüfverfahren und Bewertungskriterien in Europa vorliegen¹, empfehlen einige Versicherer prophylaktisch »nichtbrennbare« Dachkonstruktionen oder zumindest nichtbrennbare Dämmstoffe unter PV-Anlagen. Dieser vereinfachende Ansatz scheint auf den ersten Blick plausibel, führt aber in die Irre, da er ungeeignet ist, die Brandsicherheit eines komplexen Systems zu beurteilen und in der Baupraxis nicht umgesetzt werden kann. Flachdächer enthalten immer brennbare Bestandteile, wie beispielsweise Abdichtungsbahnen, Dampfsperren oder Unterkonstruktionen aus Holz. Zudem passen »nicht brennbare« Dächer nicht zum Ziel, zunehmend nachwachsende Rohstoffe im Bau zu verwenden, um den Verbrauch an nicht erneuerbaren Ressourcen zu reduzieren. Zusätzliche Abschottungen zwischen Bedachung und PV-Modulen (z. B. Bekiesung) sind bei Leichtdächern aus statischen Gründen in der Regel nicht möglich.

Vergleichende Brandversuche an Dachaufbauten

Während zur elektrischen Sicherheit von PV-Anlagen in den letzten Jahren bereits umfangreiche Normen und Vorschriften entwickelt wurden, wird der bauliche Brandschutz erst jetzt in europäischen und nationalen Normungsgremien, bei Regelsetzern, sowie Sachversicherern in größerem Umfang behandelt. Einige europäische Länder führen bereits bauaufsichtliche Anforderungen für Dächer in Kombination mit PV-Modulen ein. In der europäischen Normung wird ebenfalls ein Weg gesucht, Bewertungsmethoden für den Brandschutz von Dächern mit PV-Anlagen zu entwickeln. Um die Wechselwirkung zwischen brennenden Solar-

¹ In einigen europäischen Ländern, wie z. B. in den Niederlanden und Italien, wird an der Entwicklung solcher Verfahren bereits gearbeitet.



Abb. 4 Versuchsaufbau mit PV-Modulen



Abb. 5 Versuchsbeginn – Brenner unter den PV-Modulen entzündet

paneelen und der Bedachung zu untersuchen, werden derzeit Forschungsarbeiten durchgeführt.

Als Beispiel seien die Brandversuche an Dachaufbauten mit PV-Anlagen genannt, die das niederländische Prüfinstitut Kiwa BDA Testing B. V. im Auftrag von PU Europe, der Vereinigung der europäischen Polyurethan-Hartschaum-Verbände, mit Unterstützung des IVPU durchgeführt hat [4]. Dabei wurde die Brandausbreitung auf der Dachfläche und nach unten ins Gebäude an zwei Dachaufbauten untersucht, die bis auf die Dämmstoffe identisch waren. Getestet wurde zum einen ein Dachaufbau mit brennbarer PU-Hartschaum-Dämmung, zum anderen ein Aufbau mit nichtbrennbarer Mineralwolledämmung.

Mit den Versuchen sollte geklärt werden

- ob ein Dach, das für sich allein die Anforderungen an harte Bedachungen erfüllt, im Brandfall weiterhin sicher ist, wenn darüber PV Elemente installiert sind und
 - ob ein mit PU gedämmtes Dach im Falle eines Brandes gefährlicher ist als ein Dach mit nichtbrennbarer Dämmung, wenn PV Elemente auf dem Dach installiert sind.
- Betrachtet werden insbesondere die Aspekte der Brandausbreitung auf dem Dach und des Durchbrands nach unten.

Versuchsaufbau

Geprüft wurden zwei Bedachungen in einer Größe von 6 x 6 m auf einer Tragkonstruktion aus Stahl. Beide Dachaufbauten entsprechen sowohl den Anforderungen von Factory Mutual (FM) und der DIN 18234-2 »Brandschutz großflächiger Dächer«. Bei beiden Dächern wurde eine Polyethylen-Dampfsperre, darüber eine Wärmedämmschicht und eine PVC-Abdichtungsbahn verwendet. Die Dämmschicht bestand bei einem Dachaufbau aus Mineralwolle (Baustoffklasse A1) bei dem anderen Dachaufbau aus Polyurethan-Hartschaum (Baustoffklasse E). Die Dicke der Dämmschichten wurde so gewählt, dass ein gleicher Wärmedurchlasswiderstand (R-Wert) erreicht wurde. (MW, zweilagig verlegt, Dicke 260 mm; PU-Hartschaum, einlagig verlegt, Dicke 142 mm).

Die vier PV-Paneele mit einer Gesamtgröße von 3,2 m x 1,84 m waren in Ost-West-Konfiguration auf dem Dach montiert (siehe Abb. 4). Der Winkel zum Dach betrug 13°. Die PV-Module mit Folienrückseite waren gemäß dem Anhang zur Norm für die Sicherheitsqualifikation von PV-Modulen [5] in die Brandklasse C eingestuft (d.h. schlechteste Brandklasse nach dieser Norm, jedoch auf dem europäischen Markt häufig verwendet).

PROBEKÖRPER AM TAG NACH DER PRÜFUNG

— POLYURETHAN — MIT PV-SYSTEM — MINERALWOLLE —



© PU Europe

Abb. 6: PU-Dach mit PV-System (links) und MW-Dach mit PV-System (rechts) nach dem Brandversuch

— POLYURETHAN — NACH ENTFERNUNG DES PV-SYSTEMS — MINERALWOLLE —



© PU Europe

Abb. 7: PU-Dach (links) und MW-Dach (rechts) – verbrannte Fläche nach Entfernen der PV-Elemente

Die Versuche fanden im Freien statt. Der Wind kam bei beiden Versuchen aus unterschiedlichen Richtungen. Dadurch wurde die Richtung der Brandausbreitung beeinflusst.

Versuchsdurchführung

Als Zündquelle wurde ein genormter Gasbrenner verwendet (entsprechend CENELEC CLC/TR 50670:2016). Die Brenndauer betrug 15 Minuten. Es wurde nachgewiesen, dass die Brandbeanspruchung des unter einem PV-Modul liegenden Dachaufbaus mit diesem Brenner zu Ergebnissen führt, die mit denen des in mit Holzwolle gefüllten Drahtkorbs vergleichbar sind, der für den Nachweis der harten Bedachung als Zündquelle dient (CEN/TS 1187 (t1) [6]) (siehe Abb. 5).

Auf der gesamten Fläche des Prüfkörpers wurden in der Mitte der Dämmschicht und unter der Dämmschicht Thermoelemente angebracht.

Versuchsverlauf

Beide Versuche zeigten einen intensiven Abbrand der PV-Module, der in Verbindung mit dem Brenner zu einer hohen Brandbeanspruchung des Dachaufbaus führte. Die Beanspruchung resultierte aus

- der Umlenkung der Flammen, durch die über dem Dachaufbau installierten PV-Module,
- der Rückstrahlung,
- der Brandlast der Module selbst.

Die Hauptrichtung der Brandausbreitung auf der Dachfläche über die PV-Anlage hinaus war bei den beiden Versuchen infolge der Windrichtung unterschiedlich, aber Ausmaß und Ausbreitungsgeschwindigkeit waren vergleichbar. Die PV-Systeme, die Dachdämmung und die Abdichtung erloschen von selbst, ohne dass ein Löschen erforderlich war. Der Dachaufbau mit PU-Hartschaum-Dämmung erlosch nach ca. 32 Minuten, der Dachaufbau mit Mineralwollendämmung nach ca. 28 Minuten. Die Brandausbreitung blieb lokal begrenzt.

Die Abbildungen 6 und 7 zeigen, dass die beschädigte Dachfläche bei beiden Versuchen begrenzt und sehr ähnlich war. Die Grafiken (Abb. 8 und 9) zeigen den maximal gemessenen Temperaturanstieg jeweils in der Dämmschichtmitte und unter der Dämmschicht.

Die Messungen am Dachaufbau mit PU-Hartschaum-Dämmung wurden nach 100 Minuten beendet, da das Dach abkühlte und an keiner Stelle mehr ein Temperaturanstieg

TEMPERATURANSTIEG

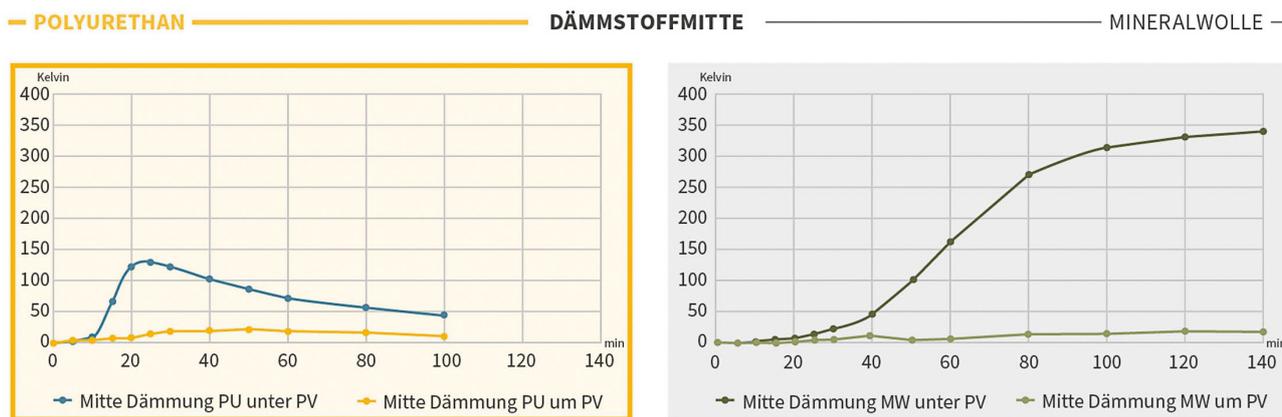


Abb. 8: Maximal gemessener Temperaturanstieg Dämmstoffmitte PU-Hartschaum (links) und Mineralwolle (rechts) in den Bereichen unter den PV-Modulen und um die PV-Module herum

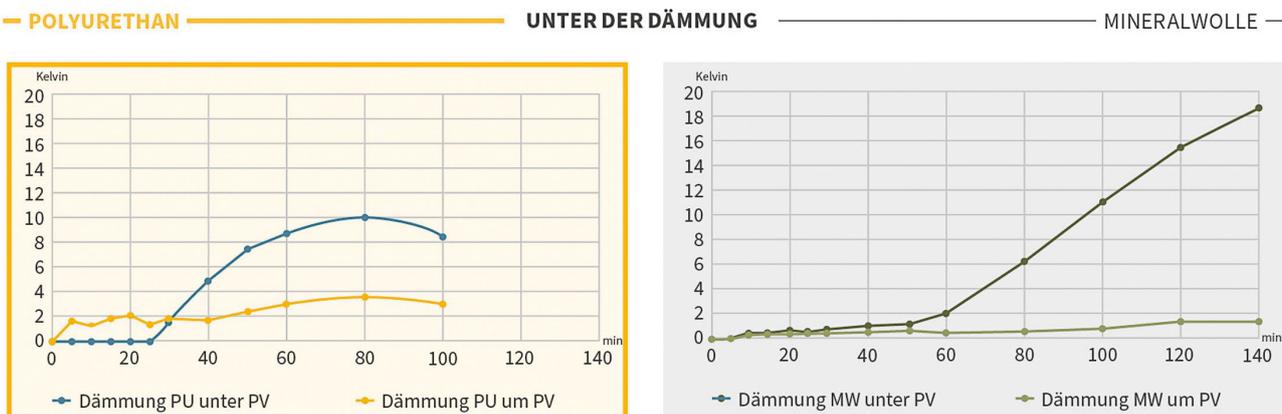


Abb. 9: Maximal gemessener Temperaturanstieg unter der Dämmung PU-Hartschaum (links) und Mineralwolle (rechts) unter den PV-Modulen und um die PV-Module herum

festzustellen war. Weitere Messungen über Nacht und am nächsten Morgen bestätigten, dass das Dach mit PU-Hartschaum-Dämmung vollständig auf Umgebungstemperatur abkühlte, während das Dach mit Mineralwolledämmung weiterhin an verschiedenen Stellen eine Zunahme der Temperaturen zeigte.

Brandausbreitung nach unten

Das Ausmaß der Schädigung der Abdichtungsbahn und der Oberfläche der Dämmschicht war bei beiden Versuchen ähnlich (siehe Abb. 10). Unterschiede zeigten sich über den Querschnitt der jeweiligen Dämmschicht. Während die PU-Dämmschicht nur an der Oberseite bis zu maximal 25 Prozent der Gesamtdicke verkohlt war, blieben der darunterliegende Teil der Dämmung und die Dampfsperre unbeschädigt. Die Mineralwolledämmung hingegen war bei der Demontage am Tag nach den Versuchen teilweise über den gesamten Querschnitt bis zur Unterseite geschädigt. Auch die Dampfsperre war in einigen Bereichen geschmolzen (siehe Abb. 11).

Zusammenfassung und Ausblick

Auch wenn es bereits brandschutztechnische Sicherheitsregeln und -verfahren für Solaranlagen gibt, kann die Entstehung eines Brandes durch die Anlage selbst oder durch externe Zündquellen nicht völlig ausgeschlossen werden. Für die Bewertung des Brandverhaltens der PV-Module wurden in den USA und in internationalen Normen bereits Prüfverfahren und brandschutztechnische Anforderungen festgelegt. Diese werden jedoch in Deutschland bisher nur selten berücksichtigt.

Die Beurteilung der Wechselwirkung von Dachaufbauten mit PV-Modulen im Brandfall ist jedoch mit diesen Methoden allein nicht möglich, sondern erfordert eine ganzheitliche Bewertung durch realitätsnahe Versuche.

Nur ein realitätsnaher Versuchsaufbau, wie er im vorangehenden Abschnitt beschrieben wird, erlaubt die Bewertung der Kombinationen verschiedener Dachaufbauten und PV-Module. Die beschriebenen Versuche haben gezeigt, dass sich das geprüfte, mit PU-Hartschaum gedämmte Flachdach hinsichtlich der Brandausbreitung auf dem Dach und dem

DURCHBRAND/BRANDAUSBREITUNG NACH UNTEN

— POLYURETHAN — NACH ENTFERNUNG DER ABDICHTUNGSBAHN — MINERALWOLLE —



© PU Europe

Abb. 10: PU-Dach (links) und MW-Dach (rechts) nach dem Entfernen der Abdichtungsbahn

— POLYURETHAN — DAMPFSPERRE — MINERALWOLLE —



© PU Europe

Abb. 11: PU-Dach, Dampfsperre unbeschädigt (links) und MW-Dach, Dampfsperre teilweise geschmolzen (rechts).

Durchbrand nach unten mindestens genauso gut wie das gleichartige, mit nichtbrennbarer Mineralwolle gedämmte Dach verhält. Die getesteten Aufbauten entsprachen den aktuellen baurechtlichen Anforderungen in Deutschland und der DIN 18234-2 »Brandschutz großflächiger Dächer« [7].

Aufgrund der Vielzahl möglicher Dachkonstruktionen kann nicht jeder Aufbau geprüft werden. Stattdessen könnten jedoch allgemeine Regeln festgelegt werden, wie eine gefährliche Brandausbreitung auf dem Dach oder durch das Dach in das Gebäude zu verhindern ist.

Einen beispielhaften Weg für eine solche Vorgehensweise zeigt die DIN 18234 »Brandschutz großflächiger Dächer« auf [3]. Im Teil 2 der Norm ist ein Katalog mit Dachkonstruktionen enthalten, die ohne weiteren Nachweis im Hinblick auf die Schutzziele als geeignet gelten. Dieser Bauteilkatalog stellt das Resümee der Ergebnisse vieler Brandversuche an verschiedenen Dachaufbauten dar. Die gelisteten Dachaufbauten erfüllen nicht nur die Anforderungen an harte Bedachungen, sondern brennen auch bei einer hohen Brandbelastung nicht von unten durch und verursachen keine Brandweiterleitung auf dem Dach. Die Vermutung liegt nahe, dass die Dachkonstruktionen der DIN 18234-2 auch in Verbindung mit Solaranlagen ein hinreichend gutes Sicherheitsniveau aufweisen.

Einen ähnlichen Ansatz verfolgt z. B. das Merkblatt zu den brandschutztechnischen Anforderungen für PV-Anlagen auf Hallendächern, das von der BVS – Brandverhütungsstelle für Oberösterreich herausgegeben wurde [8].

Weitere Informationen

Brandschutzeigenschaften von PU-Hartschaum Dämmstoffen: <https://daemmt-besser.de/bauen-und-sanieren/brandschutz> [Abruf: 17.05.2023]

PU-Europe-Video »Comparative fire tests of insulated flat roofs with photovoltaic installations«. URL: https://www.youtube.com/watch?v=__PC2MG0v78 [Abruf 17.05.2023]

Literatur

- [1] Efectis Nederland: Branden op industriële platte daken met zonnepanelen: Dit leren we ervan. URL: <https://efectis.com/nl/project/branden-op-industriële-platte-daken-met-zonnepanelen-dit-leren-we-ervan/> [Abruf: 01.06.2023]
- [2] Richtlinie 2014/35/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Bereitstellung elektrischer Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen auf dem Markt
- [3] DIN 18234:2022-12, Teile 1-4: Baulicher Brandschutz großflächiger Dächer – Brandbeanspruchung von unten
- [4] PU Europe: Factsheet No. 24E: Fire performance of thermal insulation products in end-use conditions. June 2022. URL: https://www.pu-europe.eu/fileadmin/documents/Factsheets_public/Factsheet_24E_Fire_performance_of_thermal_insulation_products_in_end-use_conditions_Comparative_fire_tests_PIR___MW_under_PV_systems.pdf [Abruf: 17.05.2023]
- [5] DIN EN IEC 61730-2:2018-10 Photovoltaik (PV)-Module – Sicherheitsqualifikation – Teil 2: Anforderungen an die Prüfung
- [6] Niederwieser, Bela Constantin: Entwicklung einer Prüfmethode zur Beurteilung des Brandverhaltens von dachadditiven und dachintegrierten Photovoltaikanlagen. Thesis, Hochschule Bonn-Rhein-Sieg, 2013

- [7] IVPU Industrieverband Polyurethan-Hartschaum (Hrsg.): Photovoltaik auf Flachdächern – Vergleichende Brandversuche an Dachaufbauten. Themenbroschüre 22 | 01. URL: www.daemmt-besser.de [Abruf: 17.05.2023]
- [8] BVS – Brandverhütungsstelle für Oberösterreich (Hrsg.): Merkblatt PV-Anlagen - Brandschutztechnische Anforderungen bei Anbringung von PV-Anlagen auf Hallendächern mit Flächen größer 1.800 m² oder bei Objekten mit automatischen Löschanlagen oder mit Sauerstoffreduktionsanlagen. URL: https://www.bvs-ooe.at/wp-content/uploads/2022/07/MVB-036_2022_PV-Anlagen.pdf [Abruf: 17.05.2023]

DIE AUTOREN



Dipl. Phys. Edith Antonatus

Seit vielen Jahren ist Edith Antonatus in den Bereichen Prüfung und Zulassung des Brandverhaltens von Produkten für das Bauwesen, den Schienenverkehr und die Luftfahrt tätig. Sie ist Mitglied in relevanten nationalen und europäischen Normungsgremien und berät nationale und europäische Verbände der Polyurethan-Industrie.
edith.antonatus@gmail.com

Dipl.-Ing. (FH) Tobias Schellenberger



Der Diplomingenieur für Holztechnik ist nach seinen Tätigkeiten in der Bauelementeindustrie und im Landesverband Holz + Kunststoff Baden-Württemberg seit 2001 Geschäftsführer des IVPU, Verband der Hersteller und Rohstofflieferanten des Dämmstoffes PU-Hartschaum. Er arbeitet in technischen Normungsausschüssen in Deutschland und auf europäischer Ebene mit.
schellenberger@ivpu.de

IVPU-Industrieverband Polyurethan-Hartschaum e.V.
Heilbronner Str. 154
70191 Stuttgart
ivpu@ivpu.de