

PHOTOVOLTAIK AUF FLACHDÄCHERN

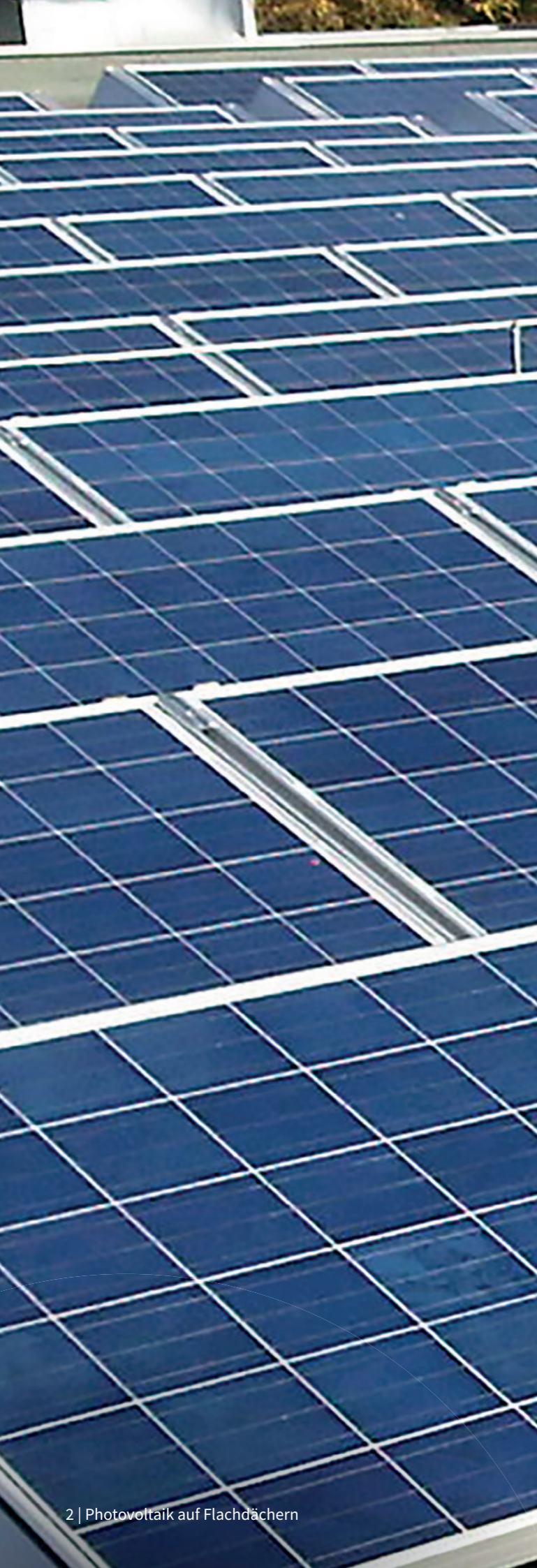
Vergleichende Brandversuche an Dachaufbauten

Anforderungen an den Brandschutz

für Dächer mit PV-Anlagen

Vergleichende Brandversuche

mit PU-Hartschaum- und
Mineralwolle-Dämmung



PHOTOVOLTAIK AUF FLACHDÄCHERN

Die solare Nutzung von Dächern rückt unter dem Aspekt des Klimaschutzes und der Energieversorgung zunehmend in den Fokus. In einigen Bundesländern müssen bei Neubauten schon heute 60% der Dachfläche mit Photovoltaik-Anlagen belegt werden. Künftig soll die „Solardachpflicht“ auch auf bestehende Dächer ausgeweitet werden.

Die Dämmung auf einem solargenutzten Dach wird durch das Eigengewicht der Solaranlage, die Windkräfte und das regelmäßige Begehen im Zuge von Wartungsarbeiten stark belastet. Daher muss die Dämmschicht dauerhaft und widerstandsfähig gegen statische und dynamische Lasten sein. PU-Hartschaum-Dämmstoffe sind für Dächer mit Solaranlagen aufgrund ihrer hohen Druckfestigkeit, Dauerhaftigkeit und Dämmleistung bestens geeignet.

Bei PV-Anlagen auf Flachdächern ist neben bautechnischen Gesichtspunkten vor allem der Brandschutz zu beachten. PV-Anlagen können im Falle einer Entzündung zur Brandausbreitung beitragen und für das darunterliegende Dach eine hohe Brandbeanspruchung darstellen. Für Planung, Ausführung und Versicherung sind deshalb Informationen wichtig, wie Dachaufbauten unter PV-Anlagen beschaffen sein müssen, damit die brandschutztechnischen Schutzziele erreicht werden.

Dachaufbauten mit PU-Hartschaum-Dämmung erfüllen in Deutschland die Anforderungen an „harte Bedachung“ bezüglich einer Brandbeanspruchung von außen. Mit PU gedämmte Dachaufbauten für große Industrieleichtdächer, die nach DIN 18234 zugelassen sind, erfüllen zusätzlich auch die besonders hohen Anforderungen an die Brandsicherheit im Falle eines Brandes im Inneren des Gebäudes.

BRANDSICHERHEIT VON PHOTOVOLTAIK-ANLAGEN

Dächer mit PV-Anlagen erfordern eine komplexe Bewertung des Brandschutzes. Derzeit gibt es bereits eine Reihe von Vorschriften und Normen, die sicherstellen sollen, dass PV-Anlagen und zugehörige elektrische Einrichtungen nicht zu einer Zündquelle werden. Bedingt durch mögliche fehlerhafte Installation, Witterungsschäden und/oder mangelhafte Wartung bleibt jedoch ein Restrisiko, dass ein Brand entstehen könnte.

Auch das Brandverhalten von PV-Anlagen selbst und damit ihr Beitrag zur Brandausbreitung muss in diesem Zusammenhang betrachtet werden.

Sind PV-Anlagen Teil der Gebäudehülle (BIPV – Building Integrated PV), gelten dieselben baurechtlichen Anforderungen wie für alle anderen Fassaden oder Dächer.

PV-Anlagen, die nicht Teil der Gebäudehülle sind (BAPV – Building Attached PV), gelten jedoch nicht als Bauprodukte.

Deshalb ist derzeit keine Brandschutz- oder CE-Kennzeichnungspflicht für PV-Anlagen im Bauwesen gemäß europäischer Bauproduktenverordnung (BauPVO) verfügbar. In Deutschland wird lediglich gefordert, dass die Brandklasse E nach DIN EN 13501-1 (normalentflammbar) erreicht wird.

Für ein umfassendes Sicherheitskonzept sind die elektrische Sicherheit und das Brandverhalten der PV-Module selbst wichtige Parameter. Diese werden aber in dieser Broschüre nicht weiter behandelt.

Photovoltaik-Anlagen können im Falle einer Entzündung zur Brandausbreitung beitragen und für das Dach darunter eine hohe Brandbeanspruchung darstellen. Für Bedachungen unter PV-Anlagen muss daher sichergestellt werden, dass die bestehenden Anforderungen an deren Brandverhalten ausreichen.



ANFORDERUNGEN AN DEN BRANDSCHUTZ FÜR DÄCHER IN KOMBINATION MIT PHOTOVOLTAIK-ANLAGEN

Bauprodukte mit CE-Kennzeichnung, die im Europäischen Wirtschaftsraum (EWR) vermarktet und angewendet werden, müssen hinsichtlich ihres Brandverhaltens geprüft und klassifiziert werden. Für Dachsysteme gelten besondere Anforderungen, um das Brandverhalten im Falle einer externen Brandexposition zu klassifizieren. Wenn PV-Anlagen auf Dächern installiert werden, müssen ggf. zusätzliche Anforderungen berücksichtigt werden.

In Deutschland wird für alle Dachaufbauten das Verhalten im Falle eines Brandes von außen nach **CEN TS 1187 (t1)** und der zugehörigen **Klassifizierungsnorm EN 13501-5** bewertet („harte Bedachung“). Zusätzlich müssen große Industrieleichtdächer die Anforderungen nach **DIN 18234** erfüllen (Brand von innen).

ANLASS UND KONZEPTION DER BRANDVERSUCHE

Von einigen Sachversicherern wird die Frage gestellt, ob das bisher akzeptierte Sicherheitsniveau für Dächer bei einer Kombination mit PV-Anlagen erreicht wird oder ob es erforderlich ist, hier ausschließlich nichtbrennbare Baustoffe einzusetzen.

PV-Anlagen können eine mögliche Zündquelle und eine zusätzliche Brandlast auf dem Dach darstellen. Darüber hinaus gibt es Bedenken, dass Solarpaneele Dachbrände aufgrund von Rückstrahlung verstärken könnten. Daher empfehlen einige Versicherer, dass Dachaufbauten unter PV-Anlagen aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen sollten.

Dies ist jedoch bautechnisch nicht umzusetzen, da Abdichtungen von Flachdächern grundsätzlich brennbar sind. Als Option zur Risikominderung wird daher vorgeschlagen, nichtbrennbare Dämmstoffe unter PV-Anlagen zu verwenden, um im Falle eines Brandes an oder unter der PV-Anlage das Risiko einer Brandausbreitung auf dem Dach über den Bereich der brennenden PV-Anlage hinaus sowie die Gefahr eines Durchbrandes nach unten zu verringern.

Um zu prüfen, ob dieser Ansatz zu einem höheren Sicherheitsniveau führt, hat PU Europe, der Zusammenschluss der europäischen Polyurethan-Hartschaum-Verbände, zwei vergleichende Brandversuche in Auftrag gegeben. Die für die Versuche ausgewählten Bedachungen waren abgesehen von der Dämmung identisch. Ein Dachaufbau wurde mit PU-Hartschaum, Brandklasse E nach DIN EN 13501-1, der zweite Dachaufbau mit Mineralwolle, Brandklasse A1 nach EN 13501-1, gedämmt.

Die geprüften Flachdachaufbauten erfüllen die Anforderungen an harte Bedachung nach CEN TS 1187 (t1) und entsprechen den besonderen Anforderungen an den Brandschutz für großflächige Industrieleichtdächer nach DIN 18234-2.

Auf diesen Dachaufbauten wurden PV-Module in einer häufig verwendeten Ost-West-Konfiguration montiert. Ein Gasbrenner wurde als externe Zündquelle verwendet.

Die Brandausbreitung auf der Dachfläche, die Temperaturen im und unter dem Dämmstoff und die Schädigung des Dachaufbaus in der Fläche und nach unten wurden dokumentiert und verglichen.

Dächer mit PV-Anlagen erfordern eine komplexe Bewertung des Brandschutzes. Fehlerhafte Installation, Witterungsschäden oder mangelhafte Wartung bergen das Risiko, dass ein Brand entstehen kann.





ZUSAMMENFASSUNG DER VERSUCHSERGEBNISSE

Bei beiden Dachaufbauten war die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Brandes am Probekörper unter den PV-Modulen und auf den angrenzenden Dachbereichen ähnlich, obgleich die Dämmung in einem Aufbau als brennbar, im zweiten Aufbau als nichtbrennbar klassifiziert war.

Die PU-Hartschaum-Dämmung war nach dem Versuch auf etwas mehr als 25 % ihrer Dicke von oben her verkohlt. Der gesamte

Dachaufbau kühlte ab 80 Minuten nach Versuchsbeginn auf dem Dach und an den PV-Modulen kontinuierlich ab.

Bei dem Dachaufbau mit einer Dämmung aus Mineralwolle war noch mehrere Stunden nach dem Verlöschen der sichtbaren Flammen ein signifikanter Temperaturanstieg zu beobachten, der zu einer partiellen Schädigung der unter der Dämmung liegenden Dampfsperre führte.

Schlussfolgerungen aus diesen Prüfungen:



Dächer unter brennenden PV-Anlagen können starker Hitze und Strahlung ausgesetzt sein.



Trotz der hohen Brandbelastung durch den Gasbrenner in Kombination mit dem Abbrennen der PV-Module war das Brandverhalten der beiden geprüften Dachaufbauten mit PU-Hartschaum-Dämmung bzw. Mineralwolle-Dämmung vergleichbar. Die horizontale Brandausbreitung war bei beiden Dächern ähnlich, die vertikale Schädigung war bei der PU-Dämmung begrenzt.



Die Vergleichsversuche zeigen, dass durch Verwenden einer nichtbrennbaren Dämmung bei diesem Brandszenario nicht grundsätzlich ein höheres Sicherheitsniveau erreicht wird.

VERGLEICHENDE BRANDVERSUCHE

Brandszenario und Versuchsaufbau

Die Versuche simulierten einen Brand, der unter einem PV-Modul auf einem Flachdach entsteht. Als Zündquelle wurde ein Gasbrenner verwendet, der dem Technischen Report CENELEC CLC/TR 50670:2016 entsprach. Die Brenndauer betrug 10 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 CEN/TS 1187 (t1)

verwendeten, mit Holzwolle gefüllten Drahtkorbs vergleichbar sind.¹

Zur Temperaturmessung dienten über das Dach verteilte Thermolemente, die direkt auf dem Stahltrapezprofil und in der Mitte der Dämmschicht installiert wurden. Beide Brandversuche wurden mit Videoaufnahmen dokumentiert.



Bild 1 | Versuchsaufbau mit PV-Modulen



Bild 2 | Versuchsbeginn – Brenner unter den PV-Modulen entzündet

Umgebungsbedingungen

Die zwei Brandversuche wurden am selben Tag im Freien durchgeführt. Die Versuchsbeobachtung zeigt deutlich, dass bei beiden Versuchen die Windrichtung unterschiedlich war und einen starken Einfluss auf die Richtung der Flammenausbreitung hatte.

Ein weiterer Unterschied zwischen den beiden Versuchen zeigte sich in der Temperatur und Luftfeuchte. Die Prüfung des Dach-

aufbaus mit Mineralwolle-Dämmung wurde morgens bei einer Umgebungstemperatur von 20,2 °C und einer relativen Luftfeuchte von 58 % begonnen, die Prüfung des Dachaufbaus mit PU-Hartschaum-Dämmung nachmittags bei einer Temperatur von 25 °C und einer relativen Luftfeuchte von 46,2 %.

Dachaufbau und PV-Systeme

Dachaufbau

Die beiden geprüften Dachaufbauten waren mit Ausnahme der Dämmprodukte identisch.

- Grundfläche: 6 m × 6 m
- Aufbau: Abdichtungsbahn (PVC), Wärmedämmschicht und Dampfsperre (PE-Folie) auf einer tragenden Stahltrapezprofil-Dachschale

R-Wert und Dämmung

Die Dicken der beiden Dämmstoffe waren so gewählt, dass sie den Wärmedurchlasswiderstand (R-Wert) von 6,45 (m²·K)/W erreichen.

- Polyurethan-Hartschaum (PU) nach DIN EN 13165, Baustoffklasse E, Dicke 142 mm, einlagig verlegt
- Mineralwolle (MW) nach DIN EN 13162, Baustoffklasse A1, Gesamtdicke 260 mm, zweilagig mit versetzten Fugen verlegt

PV-System

Es wurden PV-Module mit Folienrückseite verwendet.

- Vier Paneele mit Gesamtgröße: 3,2 m × 1,84 m
- Winkel zum Dach: 13°
- Montage in Ost-West-Konfiguration
- Einstufung in die Brandklasse C gemäß IEC 61730-2²

Aufgezeichnete Daten und Beobachtungen

BRANDAUSBREITUNG

Beide Versuche zeigten einen intensiven Abbrand der PV-Module. Dies führte in Verbindung mit der Beanspruchung durch den Brenner zur Entzündung des Dachaufbaus und zu einer Brandausbreitung über den Bereich unter den PV-Modulen hinaus.

Die gewählte Konfiguration der PV-Module führte zu einer hohen Brandbeanspruchung des Dachaufbaus durch

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

Während der Versuche wurde die Brandausbreitung auf den Dächern beobachtet und mit Fotos und Videoaufnahmen

dokumentiert. Die Hauptrichtung der Brandausbreitung auf der Dachfläche über die PV-Anlage hinaus fiel bei den beiden Versuchen infolge der Windrichtung unterschiedlich aus, aber Ausmaß und Ausbreitungsgeschwindigkeit waren vergleichbar.

Die PV-Systeme, die Dachdämmung und die Abdichtung erloschen von selbst, ohne dass ein Löschen erforderlich war:

- Dachaufbau mit PU-Hartschaum-Dämmung nach ca. 32 Minuten,
- Dachaufbau mit Mineralwolle-Dämmung nach ca. 28 Minuten.

Die Brandausbreitung erfasste nicht den gesamten Dachaufbau.

Die folgenden Abbildungen zeigen, dass die beschädigte Dachfläche bei beiden Versuchen begrenzt und sehr ähnlich war.

TEMPERATUREN

Unter der PV-Anlage stiegen die Temperaturen im Dachaufbau mit PU-Hartschaum-Dämmung in der Mitte der Dämmschicht innerhalb von 25 Minuten um 128 Kelvin. Danach begannen die Temperaturen in diesem Bereich wieder zu sinken. Auf der Stahl-Tragschale, unter der Dämmschicht, konnte im Bereich unterhalb der PV-Anlage nur ein geringfügiger Anstieg der Temperaturen (um 10 Kelvin) beobachtet werden. Das komplette Dach einschließlich der Stahltragschale begann ca. 80 Minuten nach Beginn der Prüfung abzukühlen.

Beim Dachaufbau mit Mineralwolle-Dämmung war 30 Minuten nach Beginn der Prüfung die Temperatur unterhalb der PV-Anlage in der Mitte der Dämmschicht um 20 Kelvin gestiegen. Obwohl etwa 30 Minuten nach Entzündung des Brenners keine sichtbaren Flammen mehr beobachtet werden konnten, hatte

sich die Temperatur 80 Minuten nach Beginn der Prüfung um 270 Kelvin erhöht und stieg weiter. Innerhalb von vier Stunden nach Beginn der Prüfung wurde ein maximaler Temperaturanstieg von mehr als 400 Kelvin gemessen. Weitere Messungen über Nacht auf dem Stahldeck (unter der Dämmschicht) zeigten einen maximalen Temperaturanstieg von mehr als 170 Kelvin.

Hinweis: Die Messungen am Dachaufbau mit PU-Hartschaum-Dämmung wurden nach 100 Minuten beendet, da das Dach abkühlte und an keiner Stelle mehr ein Temperaturanstieg 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 Mineralwolle-Dämmung weiterhin an verschiedenen Stellen eine Zunahme der Temperaturen zeigte.

PROBEKÖRPER AM TAG NACH DER PRÜFUNG

POLYURETHAN MIT PV-SYSTEM MINERALWOLLE



Bild 3 | PU-Dach mit PV-System nach dem Brandversuch



Bild 4 | MW-Dach mit PV-System nach dem Brandversuch

POLYURETHAN NACH ENTFERNUNG DES PV-SYSTEMS MINERALWOLLE



Bild 5 | PU-Dach – verbrannte Fläche nach Entfernen der PV-Elemente

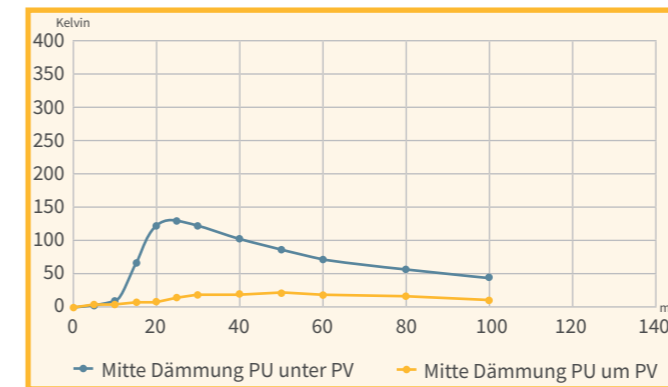


Bild 6 | MW-Dach – verbrannte Fläche nach Entfernen der PV-Elemente

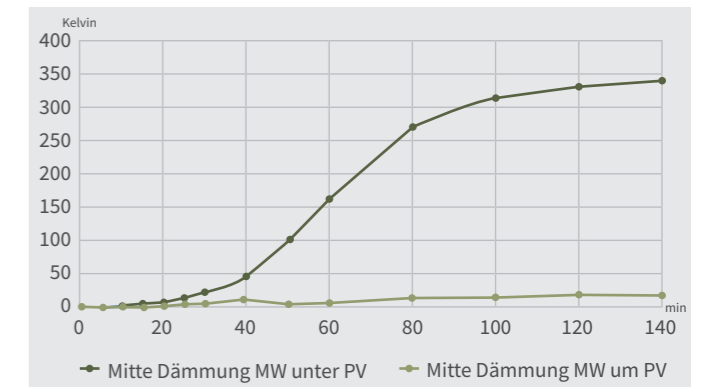
TEMPERATURANSTIEG

(Maximal gemessener Temperaturanstieg ab Versuchsbeginn in den Bereichen unter den PV-Modulen und um die PV-Module)

POLYURETHAN DÄMMSTOFFMITTE MINERALWOLLE

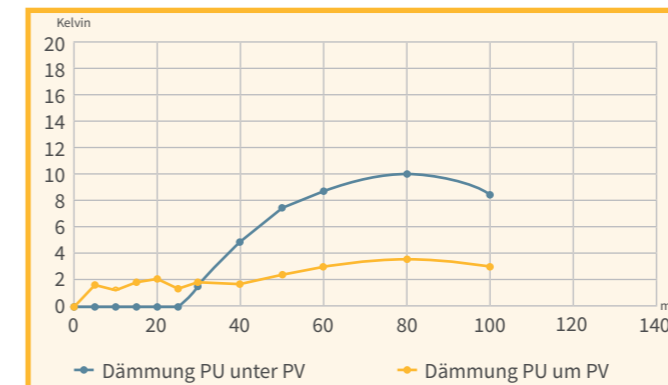


Grafik 1 | Temperaturanstieg Dämmstoffmitte PU

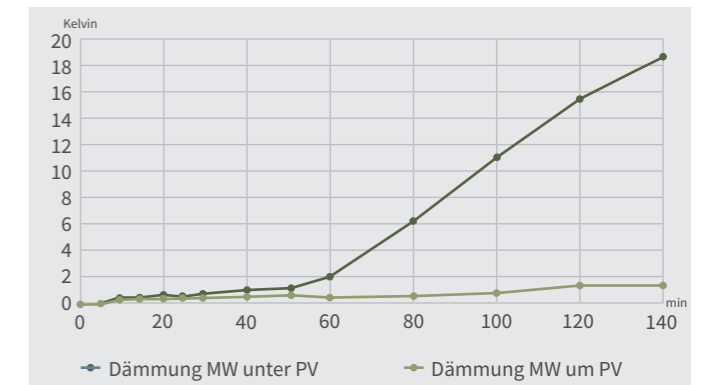


Grafik 2 | Temperaturanstieg Dämmstoffmitte Mineralwolle

POLYURETHAN UNTER DER DÄMMUNG MINERALWOLLE



Grafik 3 | Temperaturanstieg unter der Dämmung PU



Grafik 4 | Temperaturanstieg unter der Dämmung Mineralwolle

Aufgezeichnete Daten und Beobachtungen

DURCHBRAND/BRANDAUSBREITUNG NACH UNTEN

Das Ausmaß der Schädigung der Abdichtungsbahn und der Oberfläche der Dämmschicht war bei beiden Versuchen ähnlich.

Unterschiede zeigten sich über den Querschnitt der jeweiligen Dämmschicht.

Während die PU-Dämmschicht nur an der Oberseite bis zu maximal 25% der Gesamtdicke verkohlt war, blieben der darunter liegende Teil der Dämmung und die Dampfsperre unbeschädigt.

Die Mineralwolle-Dämmung hingegen war teilweise über den gesamten Querschnitt bis zur Unterseite geschädigt. Auch die Dampfsperre war in einigen Bereichen geschmolzen.

— POLYURETHAN — NACH ENTFERNUNG DER ABDICHTUNGSBAHN — MINERALWOLLE —



Bild 7 | PU-Dach nach Entfernen der Abdichtungsbahn



Bild 8 | MW-Dach nach Entfernen der Abdichtungsbahn

— POLYURETHAN — SCHÄDIGUNG DER DÄMMSCHICHT — MINERALWOLLE —

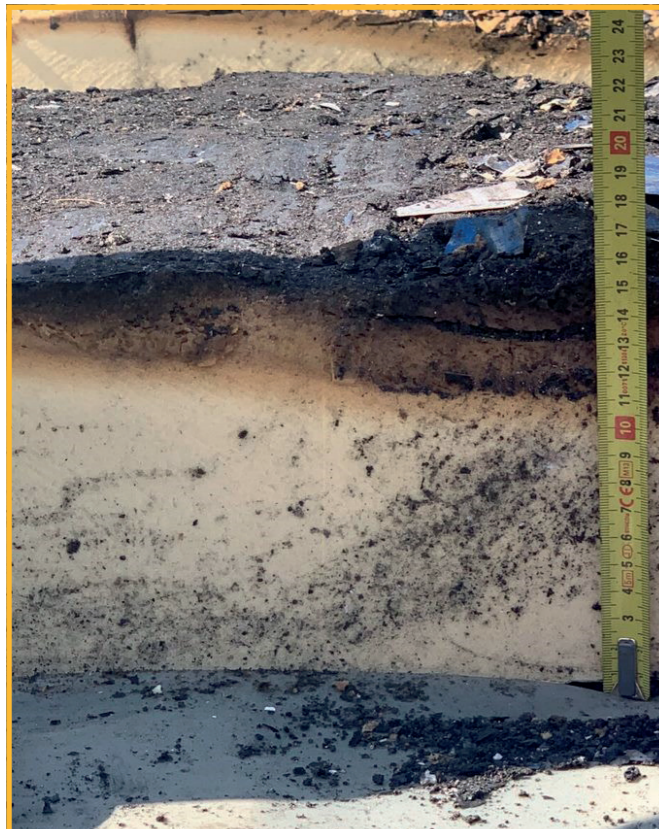


Bild 9 | PU-Dach – Schädigung der Dämmschicht



Bild 10 | MW-Dach – Schädigung der Dämmschicht

— POLYURETHAN — DAMPFSPERRE — MINERALWOLLE —

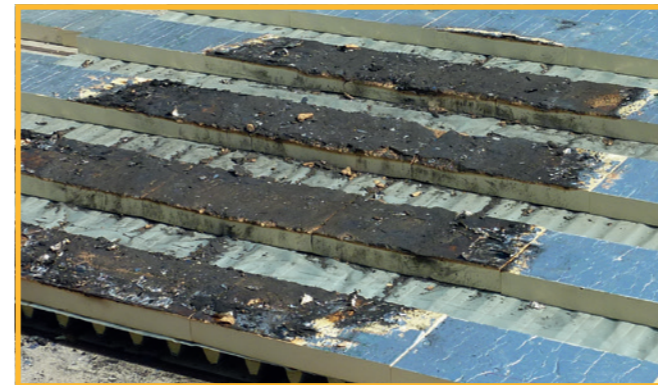


Bild 11 | PU-Dach – Dampfsperre unbeschädigt

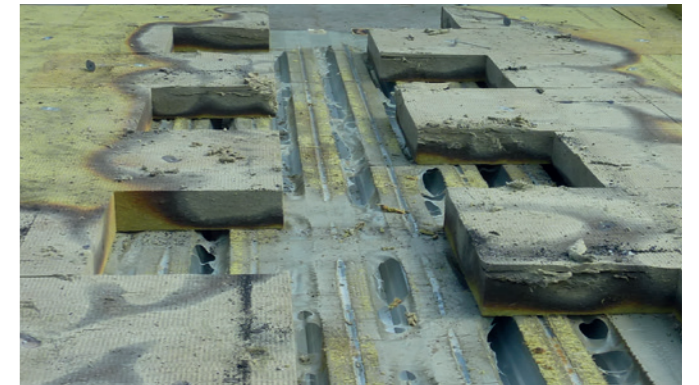


Bild 12 | MW-Dach – Dampfsperre teilweise geschmolzen

— POLYURETHAN — BRANDSCHÄDIGUNG — MINERALWOLLE —



Bild 13 | Brandschädigung der verschiedenen Schichten des Dachaufbaus



Bild 14 | Brandschädigung der verschiedenen Schichten des Dachaufbaus

ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Von Sachversicherern wird vorgeschlagen, nichtbrennbare Dämmstoffe unter PV-Anlagen zu verwenden, um im Falle eines Brandes an oder unter der PV-Anlage das Risiko einer Brandausbreitung auf dem Dach über den Bereich der brennenden PV-Anlagen hinaus sowie die Gefahr eines Durchbrandes nach unten zu verringern.

Um zu prüfen, ob dieser Ansatz zu einem höheren Sicherheitsniveau führt, hat PU Europe, der Verband der europäischen Polyurethan-Hartschaum-Verbände, zwei vergleichende Brandversuche in Auftrag gegeben.

Zwei Dachaufbauten, bestehend aus Abdichtung, Wärmedämmung und Dampfsperre auf einer Tragschale aus Stahltrapezprofilen, auf denen PV-Systeme installiert waren, wurden einer Brandprüfung mit einer externen Zündquelle unterzogen. Die Dachaufbauten waren abgesehen von der Wärmedämmung identisch. Einer der Prüfkörper war mit PU-Hartschaum, der andere mit Mineralwolle gedämmt.

Der Prüfaufbau (vier PV-Module in zwei Reihen und in Ost-West-Konfiguration, angeordnet auf einer 6 m × 6 m großen Flachdachkonstruktion, gezündet mit einem Brenner nach CLC/TR 50670: 2016) soll das betrachtete Brandszenario realistisch darstellen.

Am Ende der Prüfung war es für beide Aufbauten nicht erforderlich, die Flammen zu löschen. Das Feuer erlosch von selbst. Der Brand breitete sich nicht über die gesamte Dachfläche aus, obwohl die PV-Anlagen komplett ausbrannten. Die Geschwindigkeit und das Ausmaß der Flammenausbreitung auf dem Dach zwischen den beiden Aufbauten waren vergleichbar. Ein Unterschied zeigte sich bei der vertikalen Brandausbreitung: Die PU-Hartschaum-Dämmung war nur im oberen Teil verkohlt, während sich bei der Mineralwolle-Dämmung die Schädigung bis auf den Unterbau ausbreitete. Die Dampfsperre auf dem Stahldeck blieb unter der PU-Dämmung unbeschädigt, unter der Mineralwolle-Dämmung war sie teilweise geschmolzen.

Die Versuche zeigen beispielhaft, dass ein mit PU-Hartschaum gedämmtes Dach (mit einer brennbaren Dachabdichtung), das den aktuellen baurechtlichen Anforderungen in Deutschland entspricht, sich hinsichtlich Brandausbreitung auf dem Dach und Durchbrand nach unten mindestens genauso gut verhält wie ein gleichartiges, mit nichtbrennbarer Mineralwolle gedämmtes Dach.