



**Flachdächer mit Solarthermie- oder Photovoltaikanlagen –
Anforderungen an die Wärmedämmung**



1 Einführung

Flachdächer werden immer häufiger für die Aufstellung von Solaranlagen profitabel genutzt und sind damit erhöhten Belastungen, z. B. durch Windlast und Begehung, ausgesetzt. Um die dauerhafte Funktionstüchtigkeit des Dachs bei solarer Nutzung zu gewährleisten, muss die Wärmedämmschicht ausreichend druckfest sein. Flachdächer mit Solaranlagen auf der Abdichtung sollen künftig als genutzte Dächer gelten, bei denen ausschließlich hoch oder sehr hoch druckbelastbare Dämmstoffe des Anwendungstyps DAA dh oder DAA ds gemäß DIN 4108-10 zu verwenden sind.

Dämmplatten aus Polyurethan-Hartschaum eignen sich in besonderem Maße für diese Anwendung. Sie zeichnen sich durch herausragende Dämmleistung aus, sind äußerst widerstandsfähig und dauerhaft.

2 Aufstellungssysteme von Solarthermie- und Photovoltaikanlagen

Bei der Aufstellung von Solarthermie- und Photovoltaikanlagen gibt es zwei Systemtypen:

- in die Dachabdichtung integrierte Systeme (Indachsysteme),
- auf der Abdichtung montierte Systeme (Aufdachsysteme).

2.1 Indachsysteme

Photovoltaiksysteme, die in die Dachabdichtung integriert werden, sind aufgrund ihres geringen Eigengewichtes weniger kritisch und daher auch für Dachkonstruktionen mit geringen statischen Reserven geeignet.

2.2 Aufdachsysteme

Um einen optimalen Neigungswinkel und damit maximalen Energieertrag zu erzielen, werden Photovoltaikmodule meist aufgeständert. Die Befestigung kann über Sockel und Stützen erfolgen, die in die Dachabdichtung eingebunden sind. Dabei werden die Lasten über die Stützpunkte direkt in die tragende Unterkonstruktion eingeleitet. Da an den Befestigungspunkten Dämmschicht und Dachabdichtung durchdrungen werden, besteht selbst bei fachgerechter Ausführung ein erhöhtes Schadensrisiko. Überdies bilden die Stützen unerwünschte Wärmebrücken.

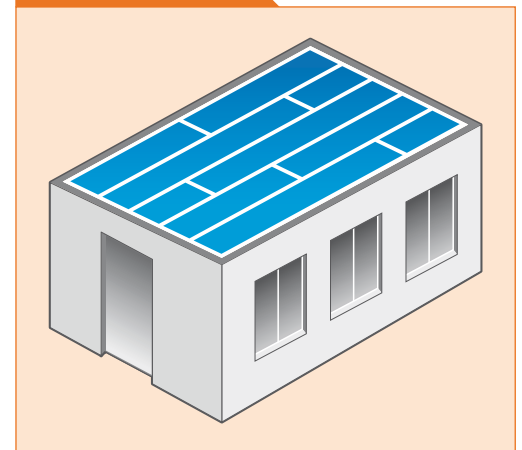
Bild 1

Photovoltaikmodule auf Unterkonstruktion



Bild 2

Solaranlage als Indachsystem



3 Planung der Dämmschicht

Bild 3

Aufstellung der Anlage auf Druckverteilungsplatten, beschwert mit Kies

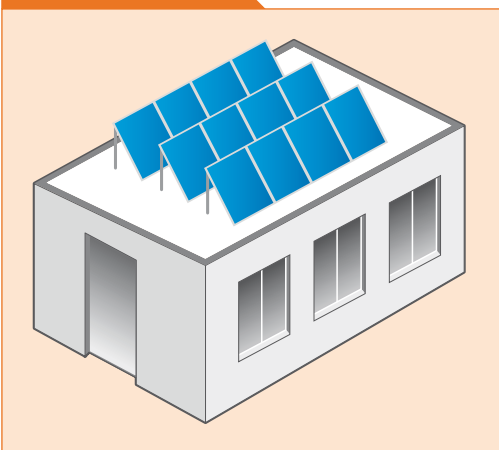


Einfacher, wirtschaftlicher und sicherer ist es, die Solarelemente durchdringungsfrei auf die durchgehend wärmedämmte und abgedichtete Dachfläche zu stellen. Dabei werden die Lasten über eine lastverteilende Unterlage und druckfeste Dämmschichten in die Tragkonstruktion abgeleitet. Häufig werden Metall- oder Kunststoffwannen als Unterkonstruktion verwendet, die zur Sicherung gegen Windsog mit Sand oder Kies beschwert werden. Durch die große Aufstandsfläche der Wannen wird ein flächig verteilter Lasteintrag sichergestellt. Die Flexibilität des Materials trägt zur Vermeidung von Lastspitzen bei. Zum Schutz der Dachabdichtung vor mechanischen Beschädigungen sind meist zusätzliche Schutzlagen erforderlich.

Diese Form der Aufständigung ist aufgrund ihrer Einfachheit am gebräuchlichsten, durch die Abtragung der Windkräfte über Auflast ist sie auch mit den höchsten Belastungen für Tragwerk, Abdichtung und Dämmung verbunden.

Bild 4

Solaranlage als Aufdachsystem



3.1 Zusätzliche Belastung durch Anlagen bei der Planung berücksichtigen

Die Installation von Solarkollektoren oder Photovoltaikmodulen ist immer mit Lasteinträgen in die Dachkonstruktion verbunden. Die zusätzlichen Lasten beanspruchen nicht nur die Dachkonstruktion einschließlich der tragenden Trapezblechschale, sondern auch die tragenden Wände und Stützen, die zusätzliche Vertikallasten aufnehmen müssen. Häufig sind Tragelemente statisch knapp bemessen und bieten kaum Spielraum für zusätzliche Lasten. Daher sollte die Belastbarkeit der Baukonstruktion anhand von Plänen und Berechnungen durch einen Statiker geprüft werden.

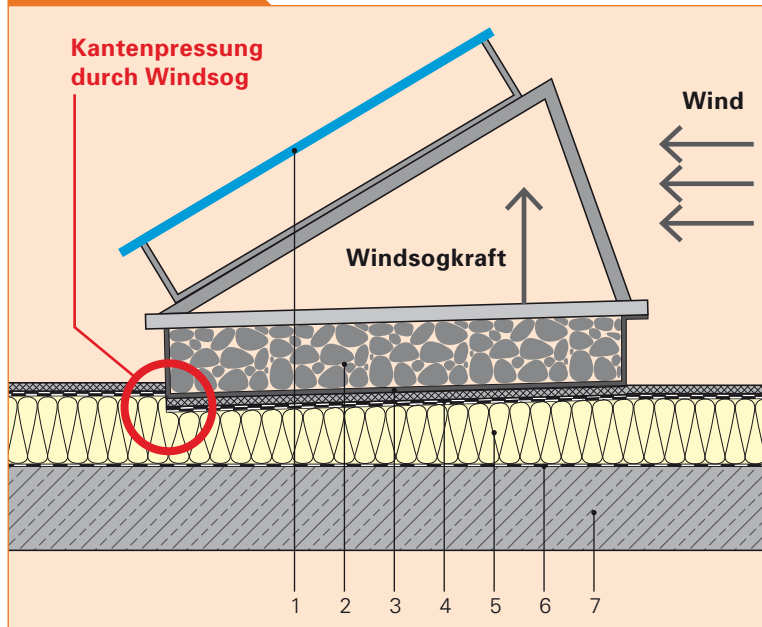
Polyurethan-Dämmstoffe belasten durch ihr geringes Eigengewicht von rund 3 kg/m² bei 100 mm Dicke die Dachkonstruktion kaum zusätzlich und bieten sich daher gerade bei statisch ausgereizten Tragwerken als „Problemlöser“ für eine energetische Sanierung im Vorfeld der Installation an.

3.2 Lastabtragung in die Tragkonstruktion

Bei Aufdachsystemen sind nicht nur die Eigenlast der Anlage einschließlich der erforderlichen Auflast sowie möglicherweise erhöhte Schneelasten (z.B. durch Verwehungen oder abrutschenden Schnee) zu berücksichtigen, sondern auch Windkräfte, die auf die Module einwirken. Die schräg gestellten Paneele werden auf der dem Wind zugewandten Seite entlastet, während sich die Pressung auf der dem Wind abgewandten Seite verstärkt. Kippt das Solarpaneel infolge des Windsogs, verlagert sich das gesamte Gewicht auf eine Kante. Die Kantenpressung kann bei weichen Dämmschichten zu Beschädigungen der Dachhaut führen.

Grafik 1

Aufstellung der Anlage auf Druckverteilungsplatten, beschwert mit Kies



- 1 Solarelement
- 2 Wanne mit Beschwerung
- 3 Bautenschutzmatte
- 4 Dachabdichtung

- 5 Dämmung
- 6 Dampfsperre und Voranstrich
- 7 Tragkonstruktion

Windkräfte verursachen dynamische Belastungen, die durch die gängigen Prüfverfahren nicht abgebildet werden. Die wiederkehrende Beanspruchung kann je nach Dämmstoffart das Materialgefüge dauerhaft verändern und die Druckspannung herabsetzen.

Bild 5

Die Mineralwolle-Dämmung ist durch wiederholte Begehung weich geworden.



Windsogkräfte können Solarmodule einseitig anheben und so Druck auf die vordere Kante der Unterlage ausüben. Beschädigungen der Abdichtung können die Folge sein.

3.3 Begehen und Transportvorgänge – Schäden durch mechanische Beanspruchung der Dämmschicht

Die Belastung durch Begehen und Materialtransport während der Bauphase sind bei solar genutzten Dächern ebenso unvermeidlich wie die spätere regelmäßige Begehung zu Wartungszwecken.

Häufig wird bei der Planung von Solaranlagen übersehen, dass die Dachfläche durch Begehen und Transportvorgänge von einem nicht genutzten Dach – bei dem Verkehrslasten eigentlich nicht vorgesehen sind – in ein genutztes Dach umgewandelt wird. Damit ist eine deutlich erhöhte mechanische Beanspruchung der Dämmschicht verbunden.

Die harmonisierten Prüfnormen und die Anwendungsnorm für Dämmstoffe DIN 4108-10 bilden keine der oben beschriebenen Beanspruchungsarten ab.

Selbst bei nur selten begangenen, nicht genutzten Dächern kann empirisch eine Schadenhäufung durch Verformung weicher Dämmstoffe festgestellt werden.

Wird die Dämmschicht infolge wiederkehrender Belastung zu sehr zusammengedrückt, können die Schraubköpfe durch mechanisch befestigte Dachabdichtungsbahnen stoßen. In der Folge entstehen Undichtheiten. Die Festigkeit bestimmter Dämmmaterialien wird zusätzlich durch geringe Mengen Feuchtigkeit, die in fast jedem Dachaufbau vorhanden sind, und durch die Aufwärmung der Dachfläche im Sommer herabgesetzt.

Bild 6

Befestiger, der aufgrund der nachgiebigen Dämmung durch die Abdichtungsbahn gedrückt wurde.¹



Eine Befragung von beinahe zweitausend öffentlich bestellten und vereidigten Sachverständigen hat ergeben, dass Dachflächen mit Mineralwolle-Dämmung oft eine nur sehr geringe Druckbelastbarkeit – weit unter der Nenndruckspannung – aufweisen. Das Aachener Institut für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik (AlBau) hat als Ursache dafür neben der Feuchtigkeit vor allem die wiederholte Druckbelastung in regelmäßig begangenen Bereichen ermittelt.² Ein Austausch der Wärmedämmung muss nach Auffassung des Institutes z. B. dann erfolgen, wenn ein zu weich gewordener Dämmstoff durch seine

erhöhte Zusammendrückbarkeit die Dachabdichtung schädigen könnte oder der Wärmeschutz allein schon durch den Dickenverlust merklich vermindert wird.

Das AlBau gibt die Empfehlung, Dachflächen, die mit Mineralwolle gedämmt sind, in Bereichen mit erhöhter oder häufiger Druckbelastung durch Druckverteilungsschichten zu schützen. Diese müssen entweder dauerhaft, z. B. in Zugangsbereichen, die zu Wartungszwecken regelmäßig begangen werden, oder in Fällen von Montagearbeiten zumindest temporär aufgebracht werden.

Dauerhaft druckfeste Dämmstoffe wie Polyurethan-Hartschaum bieten Sicherheit. Sie halten der zu erwartenden Beanspruchung über den gesamten Lebenszyklus des Daches stand.

¹ Nico A. Hendriks: The Effect of Moisture on the Compressive Strength and Walkability of Roofing Insulation. Paper presented at the 5th Global Insulation Conference, London, 4th and 5th of October 2010.

² Rainer Oswald (Projektleiter); Ralf Spilker; Ruth Abel; Klaus Wilmes: Zustandsänderung von Mineralwollgedämmstoffen in Warmdachaufbauten bei Flachdächern infolge Feuchteintritt. Forschungsarbeit, gefördert mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau und der Deutschen Rockwool GmbH & Co. KG, erschienen im Fraunhofer IRB Verlag 2012, Stuttgart.

4 Belastungsarten und Bemessung der Dämmschicht bei Flachdächern mit Solaranlagen

4.1 Normative Anforderungen an die Druckbelastbarkeit von Dämmschichten in Flachdächern

Die Anforderungen an Dämmschichten sind in DIN 4108-10 „Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe – werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe“ festgelegt. Dabei ist zu beachten, dass Flachdächer mit aufgeständerten Solarelementen als „genutzte Dächer“ gelten sollten. In genutzten Flachdächern dürfen ausschließlich hoch druckbelastbare Dämmstoffe der Anwendungstypen DAA dh, DAA ds oder DAA dx eingesetzt werden. Nur diese Dämmstoffe sind hinreichend widerstandsfähig gegen statische und dynamische Lasten, die in genutzten Dächern auftreten.

Polyurethan-Dämmstoffe, die den Anwendungstypen DAA dh und DAA ds entsprechen, sind daher für solar genutzte Flachdächer bestens geeignet.

4.2 Druckspannung oder Druckfestigkeit

Die Druckspannung wird bei einer Stauchung von 10 % der Dicke ermittelt. Als Druckfestigkeit bezeichnet man die maximale, kurzzeitig auftretende Spannung bis zum Erreichen der Bruchgrenze. Polyurethan-Hartschaum hat eine Nenndruckspannung oder Nenndruckfestigkeit von mindestens 100 kPa (Anwendungstyp DAA dh) oder 150 kPa (Anwendungstyp DAA ds).

Bild 7

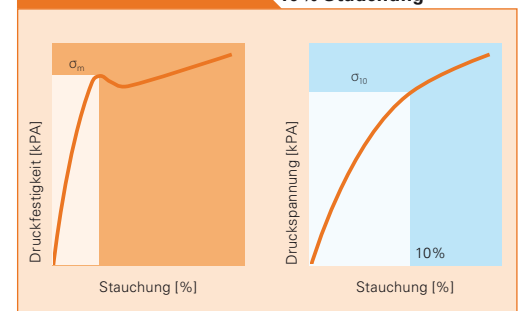
Prüfung der Druckspannung gemäß EN 826



Die Werte bei 10 % Stauchung erlauben einen Vergleich der Druckfestigkeit verschiedener Dämmstoffe, sind aber als Grundlage für die Bemessung nicht geeignet. Unter baukonstruktiven Gesichtspunkten sollte die Stauchung der Dämmschicht 2 % nicht überschreiten. Bei stärkerer Dickenminderung besteht die Gefahr, dass die Dachhaut beschädigt wird.

Grafik 2

Druckfestigkeit oder Druckspannung bei 10 % Stauchung



*Druckfestigkeit: Der Schaumstoff bricht unter der steigenden Druckbelastung plötzlich zusammen. Der Wert des Kurvenmaximums ist die Druckfestigkeit σ_m .
Druckspannung: Es tritt kein scharfer Bruch auf. Der Wert bei 10 % Stauchung der Probe ist die Druckspannung σ_{10} .*

4.3 Kurzzeitige statische Belastung

In der Bauphase kann es vorkommen, dass Baumaterial oder Geräte auf der Dachfläche gelagert werden. Kurzzeitig kann Polyurethan-Hartschaum der Anwendungstypen DAA dh bis 60 kPa, DAA ds bis 90 kPa belastet werden, ohne dass die Verformungsgrenze von 2 % überschritten wird. Bei dieser Druckbelastung verhält sich Polyurethan-Hartschaum ideal elastisch, d. h., nach Entlastung stellt sich der Dämmstoff wieder in die ursprüngliche Dicke zurück.

Um Schäden durch punktuelle mechanische Belastungen zu vermeiden, sollten insbesondere während der Montagearbeiten Laufwege und Lagerflächen durch Abdeckungen geschützt werden.

Bild 8

Nicht immer sieht es bei der Montage von Solaranlagen so aus wie hier. Während der Montage ist jedoch immer mit zusätzlichen Belastungen der Dämmschicht zu rechnen.



4.4 Dynamische Druckbelastung

Wiederkehrende Belastungen treten in allen genutzten und nicht genutzten Flachdächern auf, z. B. wenn Dachflächen in der Bauphase oder später zu Wartungszwecken begangen werden. Auch Winddruck- oder Windsogkräfte verursachen dynamische Beanspruchungen – und häufig genug Schäden, wenn die Belastbarkeit der Dämmschicht nicht ausreicht.

Das Forschungsinstitut für Wärmeschutz e. V. München (FIW) hat ein Prüfverfahren zur Bestimmung der Begehrbarkeit von Dämmschichten in Flachdächern entwickelt. Die Tests können in Prüfvorrichtungen durchgeführt werden, die auch für die Prüfung der Druckspannung oder Druckfestigkeit nach EN 826 verwendet werden und in den meisten Prüflaboren verfügbar sind.³

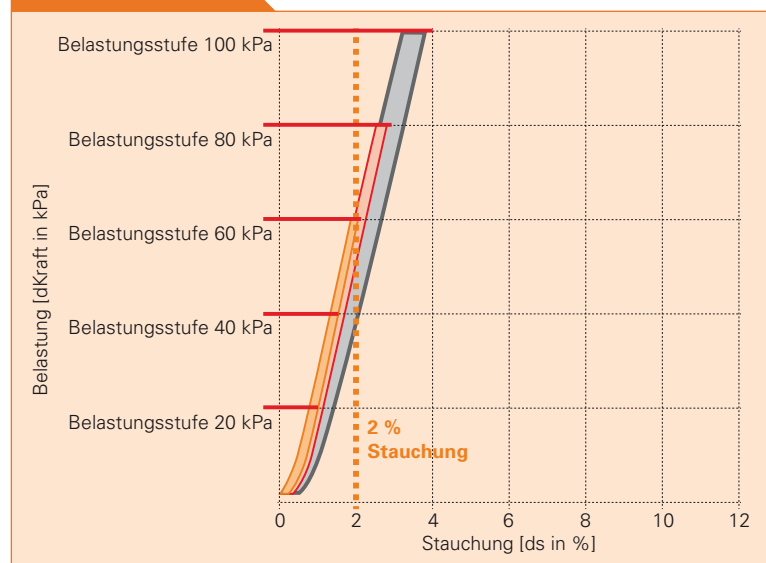
Bei dem neuen Prüfverfahren wird der Druck nicht einmalig bis zu 10 % Stauchung oder bis zum Materialversagen aufgebracht, sondern zyklisch bis zur jeweiligen Belastungsstufe. Belastung und Entlastung wechseln sich ab, wobei die Belastungsstufe nach fünf Zyklen um jeweils 20 kPa erhöht wird

Polyurethan-Hartschaum des Anwendungstyps DAA dh (Nenndruckspannung 100 kPa) unter zyklischer Belastung. Erst bei 60 kPa wird eine Stauchung von 2 % erreicht. Polyurethan-Hartschaum verhält sich im gesamten Belastungsbereich elastisch, d. h. stellt sich nach Entlastung fast vollständig zurück.

Dabei sollen die Dämmschichten nicht mehr als 2 % gestaucht und in ihrer Struktur nicht verändert werden. Die bleibende (plastische) Verformung nach der Entlastung soll nicht mehr als 0,5 % betragen. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass Polyurethan-Hartschaum des Anwendungstyps DAA dh durch zyklisch wiederkehrende Belastungen bis 60 kPa nicht dauerhaft verformt oder geschädigt wird. Polyurethan-Hartschaum des Anwendungstyps DAA ds kann sogar bis 90 kPa zyklisch belastet werden.

Grafik 3

Stauchung bei zyklischer Belastung von Polyurethan-Hartschaum



³ Forschungsinstitut für Wärmeschutz e. V. München, Test Report 26. Mai 2010 „Development of a test method to determine walkability“, gefördert durch PU Europe, Brüssel.

Belastungsarten und Bemessung der Dämmschicht bei Flachdächern mit Solaranlagen

Bild 9

Permanente Belastung der Dämmschicht



Schwere Anlagen, die auf die Abdichtung gestellt werden, verursachen eine permanente Belastung der Dämmschicht. Der Dämmstoff muss eine ausreichende Zeitstanddruckfestigkeit aufweisen.

4.5 Zeitstanddruckfestigkeit unter permanenter Last

Die Eigenlast der Solaranlage einschließlich der Montagegestelle und der Auflast kann bis zu 120 kg/m^2 betragen. Da die Dämmschicht über die gesamte Gebrauchsdauer ständig belastet wird, muss der Dämmstoff eine ausreichende Zeitstanddruckfestigkeit besitzen. Bei der Planung ist zu berücksichtigen, dass das Gewicht meist nicht gleichmäßig, sondern konzentriert auf kleinere Flächen einwirkt. Je kleiner die Aufstandsfläche, desto höher die punktuelle Druckbelastung.

Bei der Bemessung ist die zeitabhängige plastische Verformung unter Last (auch als „Kriechen“ bezeichnet) zu berücksichtigen. Diese darf auch bei einer Belastungsdauer von 50 Jahren die Grenze von 2 % nicht übersteigen. Polyurethan-Dämmplatten des Anwendungstyps DAA dh erfüllen diese extremen Anforderungen selbst dann, wenn sie permanent über 20 Jahre mit 20 kPa (entsprechend 2000 kg/m^2) belastet werden. Der Polyurethan-Anwendungstyp DAA ds ist sogar mit 30 kPa (entsprechend 3000 kg/m^2) belastbar. Diese hohe Dauerhaftigkeit bietet verlässliche Sicherheit gegen Beschädigungen der Dachhaut.

Tabelle 1

Lastfälle und Eigenschaftswerte von Dämmstoffen aus Polyurethan-Hartschaum (PUR/PIR)

Lastfall	Eigenschaft	Prüfnorm	PUR/PIR DAA-dh [kPa]	PUR/PIR DAA-ds [kPa]
–	Druckspannung, Druckfestigkeit bei 10 % Stauchung	EN 826	100	150
Kurzzeitige statische Belastung, z. B. Materiallagerung während der Bauphase	Druckspannung bei 2 % Stauchung	EN 826	60	90
Windkräfte, Verkehrslasten, Begehung	Dynamische Druckbelastung bei max. 2 % Stauchung		60	90
Permanente Lasten, z. B. Solaranlage mit Beschwerung	Zeitstanddruckfestigkeit bei Druckbeanspruchung, bei max. 2 % Stauchung	EN 1606	20	30

5 Wärmeschutz mit Polyurethan-Dämmstoffen – hoch belastbar und dauerhaft stabil

Dachflächen, die für die Aufstellung von Solaranlagen genutzt werden, sollten eine Qualität aufweisen, die über die projektierte Laufzeit der Energieerzeugungsanlage hinausreicht und eine zwischenzeitliche Sanierung überflüssig macht. Liegt die voraussichtliche Restnutzungsdauer der Dachabdichtung unter der wirtschaftlichen Laufzeit der Solaranlage, sollte die Dachfläche noch vor der Installation grundlegend erneuert werden. In diesem Zuge ist eine Anpassung des Wärmeschutzes, also die Ergänzung oder Erneuerung der Wärmedämmschicht, nicht nur gesetzlich vorgeschrieben, sondern auch wirtschaftlich sinnvoll. Bei Planung und Bemessung der Dämmschicht sollten daher künftige Anforderungen berücksichtigt werden.

Ab 2021 wird das Niedrigstenergiehaus zum Standard werden. Niedrigstenergiestandard bedeutet in Bezug auf das Flachdach U-Werte zwischen 0,11 und 0,14 W/(m²·K). Dieses Niveau kann bereits heute mit 180 mm bis 240 mm dicken Polyurethan-Hartschaumplatten der Wärmeleitfähigkeitsstufe (WLS) 024 einfach und wirtschaftlich erreicht werden.

Aufgrund ihrer hervorragenden Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeit von 0,024 W/(m·K) bis 0,029 W/(m·K) ermöglichen Dämmelemente aus Polyurethan-Hartschaum (PUR/PIR) zukunfts-

Bild 10

Mit Polyurethan-Hartschaum können große Dachflächen einfach, wirtschaftlich und dauerhaft gedämmt werden.

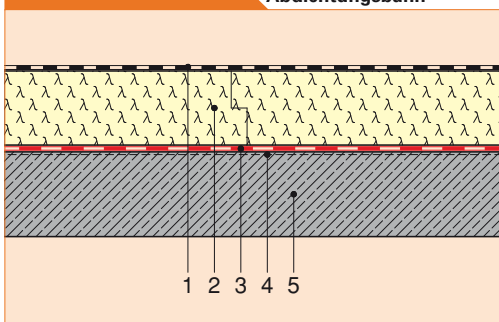


weisende U-Werte schon bei geringen Dämmstoffdicken, und damit einen über Jahre optimalen, wirtschaftlichen Wärmeschutz.

Polyurethan-Dämmplatten halten statischen und dynamischen Druckbelastungen, die auf Dämmschichten in solargenutzten Dächern einwirken, auf Dauer stand. Sie sind hoch belastbar, langlebig und eine sichere Basis für die durchdringungsfreie Aufstellung von Solarthermie- und Photovoltaikanlagen.

Nicht belüftetes Flachdach mit PUR/PIR-Dämmung; kalt verklebter Aufbau mit Abdichtungsbahn

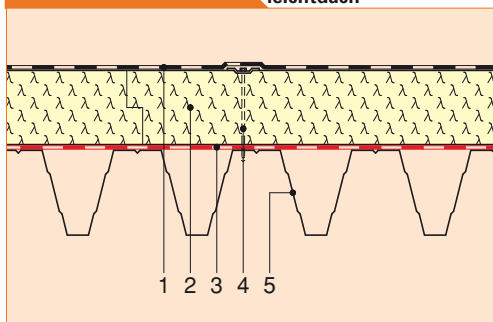
Grafik 4



- 1 Dachabdichtung, verklebt
- 2 Polyurethan-Wärmedämmelement, verklebt
- 3 Dampfsperre
- 4 Voranstrich
- 5 Tragkonstruktion/Massivdecke

Nicht belüftetes Flachdach mit PUR/PIR-Dämmung; mechanisch befestigter Aufbau auf einem Stahlblech

Grafik 5



- 1 Dachabdichtung
- 2 Polyurethan-Wärmedämmelement
- 3 Dampfsperre
- 4 Mechanische Befestigung
- 5 Tragkonstruktion/Stahltrapezblech

6 Checkliste zur Aufstellung von Solaranlagen auf vorhandenen Dächern

6.1 Bestandsaufnahme

Vorhandene Dachkonstruktion prüfen:

- Statik der Tragkonstruktion:
Kann zusätzliche Last aufgebracht werden?
- Dachaufbau: Zustand und voraussichtliche Nutzungsdauer der Abdichtung sollte Nutzungsdauer PV-Anlage übersteigen
- Entwässerung
- Zugänglichkeit des Daches
- Wärmedämmung
- Ist die Dämmung druckfest genug, um PV-Anlage aufzustellen?
- Ist die Dämmschicht begehrbar?
- Erfüllt die Wärmedämmung auch zukünftige Anforderungen an den U-Wert eines Flachdaches?
- Bestehen noch Gewährleistungsansprüche? (Gewährleistungsansprüche können erlöschen, wenn Solaranlagen aufgestellt werden.)

6.2 Planung

- Dimensionierung und Auswahl der Anlage
- Aufstellungsart (durchdringungsfrei)
- Zusätzliche Lastabtragung
- Erneuerung der Wärmedämmung, Auswahl geeigneter Polyurethan-Hartschaum-Wärmedämmung. Erneuerung der Abdichtung
- Leitungsführung, Durchdringungen für Leitungen
- Bei großflächigen Stahlleichtdächern: Eignung gemäß DIN 18234-1
- Zugangsmöglichkeiten, Absturzsicherung für Anlagenwartung

6.3 Ausführung

- Auswahl eines geeigneten Fachbetriebes
- Schutzmaßnahmen (Arbeitssicherheit, Schutz für die Dachabdichtung im Bereich der Laufwege)
- Fachregeln des ZVDH

Bild 11

Die Belastbarkeit der Dachkonstruktion sollte durch einen Statiker geprüft werden



7 Quellen

Bilder

Titel (großes Bild): vdd Industrierband Bitumen-Dach und Dichtungsbahnen e. V., Frankfurt (Main)

Bild 1: Paul Bauder GmbH & Co. KG, Stuttgart

Bild 2: Industrierband Polyurethan-Hartschaum e. V., Stuttgart

Bild 3: Gebäudehülle Schweiz, Verband Schweizer Gebäudehüllen-Unternehmungen, CH-Utzwil

Bild 4: Industrierband Polyurethan-Hartschaum e. V., Stuttgart

Bild 5: Rainer Oswald (Projektleiter); Ralf Spilker, Ruth Abel, Klaus Wilmes: Zustandsänderung von Mineralwolle-dämmstoffen in Warmdachaufbauten bei Flachdächern infolge Feuchteintritt, herausgegeben vom Fraunhofer IRB Verlag 2012, Stuttgart

Bild 6: Nico A. Hendriks, The Effect of Moisture on the Compressive Strength and Walkability of Roofing Insulation, Paper presented at the 5th Global Insulation Conference, London, 4th and 5th of October 2010

Bild 7: Instron Deutschland GmbH, Pfungstadt

Bild 8: Klaus Krämer, Dachdeckermeister, von der Handwerkskammer Rhein-Main öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für das Dachdeckerhandwerk, Kronberg im Taunus

Bild 9: Firma Hottenrott, Inhaber Heiko Hottenrott, Hannover

Bild 10: RECTICEL Dämmsysteme GmbH, Wiesbaden

Bild 11: Industrierband Polyurethan-Hartschaum e. V., Stuttgart

Grafiken 1, 2, 4, 5 :

Industrierband Polyurethan-Hartschaum e. V., Stuttgart

Grafik 3:

Industrierband Polyurethan-Hartschaum e. V., Stuttgart, nach einem Diagramm des Forschungsinstitutes für Wärmeschutz e. V. München

Literatur

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e. V. München, Test Report 26, „Development of a test method to determine walkability“, gefördert durch PU Europe, Brüssel, 2010.

Nico A. Hendriks: The Effect of Moisture on the Compressive Strength and Walkability of Roofing Insulation. Paper presented at the 5th Global Insulation Conference, London, 4th and 5th of October, 2010.

IVPU (Hrsg.): Wärmedämmstoffe aus Polyurethan-Hartschaum, Herstellung – Anwendung – Eigenschaften, Stuttgart, 2010.

IVPU (Hrsg.): PIR-Dämmung für Dächer in Metalleichtbauweise, Stuttgart, 2009.

IVPU (Hrsg.): Planungshilfe „Flachdach“, Stuttgart, 2011.

Rainer Oswald (Projektleiter); Ralf Spilker, Ruth Abel, Klaus Wilmes: Zustandsänderung von Mineralwolle-dämmstoffen in Warmdachaufbauten bei Flachdächern infolge Feuchteintritt, herausgegeben vom Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2012.

Herausgeber:
IVPU – Industrierband
Polyurethan-Hartschaum e. V.
www.daemmt-besser.de
© 2012 by IVPU
1. Auflage, Oktober 2012



IVPU Industrieverband Polyurethan-Hartschaum e. V.
Im Kaisemer 5 • 70191 Stuttgart
Telefon +49 (0) 711 29 17 16 • Telefax +49 (0) 711 29 49 02
ivpu@ivpu.de • www.daemmt-besser.de

Polyurethan-Hartschaum (PUR/PIR) **Dämmstoffhersteller**

KARL BACHL GmbH & Co. KG
Kunststoffverarbeitung
Osterbachtal 1
94133 Röhrnbach
www.bachl.de

**Kingspan Insulation
GmbH & Co. KG**
Fuggerstraße 15
49479 Ibbenbüren
www.kingspaninsulation.de

RECTICEL Dämmsysteme GmbH
Hagenauer Straße 42
65203 Wiesbaden
www.recticel-daemmsysteme.de

Paul Bauder GmbH & Co. KG
Korntaler Landstraße 63
70499 Stuttgart
www.bauder.de

Linzmeier Bauelemente GmbH
Industriestraße 21
88499 Riedlingen
www.linzmeier.de

Remmers Baustofftechnik GmbH
Bernhard-Remmers-Straße 13
49624 Lönigen
www.remmers.de

IKO Insulations BV
Wielewaalweg 3
NL-4791 PD Moerdijk
Niederlande
www.enertherm.eu

puren gmbh
Rengoldshauer Straße 4
88662 Überlingen
www.puren.com

Steinbacher Dämmstoff GmbH
Salzburgerstraße 35
A-6383 Erpfendorf
www.steinbacher.at

Rohstoffhersteller

BASF Polyurethanes GmbH
www.pu.basf.de

**C.O.I.M. S.p.A.
Chimica Organica Industriale
Milanese**
www.coimgroup.com

DOW Europe GmbH
www.dowpolyurethanes.com

Bayer MaterialScience AG
www.materialscience.bayer.com

Huntsman (Germany) GmbH
www.huntsman.com/pu