



## Flachdach dämmen mit Polyurethan-Hartschaum



## Flachdach dämmen mit Polyurethan-Hartschaum



Flachdächer setzen interessante Akzente in der Stadtarchitektur. Sie bieten unbegrenzte Gestaltungsmöglichkeiten und zählen auch aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten seit langem zu den bevorzugten Baukonstruktionen.

Flachdächer sind bei allen Gebäudetypen vorzufinden. Die Vorzüge von Flachdächern mit Abdichtungen liegen vor allem im geringen Eigengewicht der Dachhaut, in den erweiterten Nutzungsmöglichkeiten der Dachfläche (z. B. als Dachterrasse oder Parkdeck, für begrünte Flächen, für die Aufstellung von Solaranlagen oder technischen Aggregaten mit idealer Zugangsmöglichkeit) sowie in der gestalterischen Freiheit bei der Grundrissgestaltung.

Beim Flachdach werden hohe und sehr spezifische Anforderungen an Dämmung und Abdichtung gestellt. Das Flachdach ist Temperaturunterschieden von bis zu 120 K ausgesetzt, d. h. einerseits extremen Temperaturen durch Sonneneinstrahlung bis etwa +90 °C, andererseits Kälteeinwirkungen bis etwa -30 °C. Hinzu kommen mechanische Belastungen, Nässe und Windbeanspruchungen. Zudem muss die gesamte Konstruktion einschließlich der Dämmung im Brandfall ein Höchstmaß an Sicherheit bieten. Dämmplatten aus Polyurethan-Hartschaum sind optimal geeignet, diese hohen Anforderungen zu erfüllen.

In Abhängigkeit von Rohstoffrezeptur und Herstellverfahren entstehen aus den Kunststoffschäumen der Polyurethan-Familie maßgeschneiderte Dämmstoffe mit unterschiedlichen Strukturmerkmalen und Eigenschaften, die auf ihren jeweiligen Einsatzzweck optimal abgestimmt sind. Polyurethan-Hartschaum ist die Bezeichnung für eine Dämmstoff-Familie, die neben PUR- auch PIR-Hartschaum mit einschließt.

PIR, ein besonders hoch vernetzter Duroplast, hat mit anderen Dämmstoffen der Polyurethan-Familie die herausragende Wärmedämmleistung gemeinsam. Darüber hinaus zeichnet sich PIR durch hohe Dauerhaftigkeit, Dimensions- und Temperaturbeständigkeit sowie durch vorteilhafte Brandeigenschaften aus.

Für Polyurethan-Hartschaum Dämmplatten gibt es zwei verschiedene Herstellungsverfahren. PUR/PIR-Dämmplatten mit flexiblen Deckschichten aus Mineralvlies oder Aluminiumfolien werden in einem kontinuierlichen Verfahren gefertigt. Dagegen haben Polyurethan-Dämmplatten, die aus Blockschaum herausgeschnitten werden, keine Deckschichten. Die Kanten von Flachdach-Dämmplatten sind meist als Stufenfalz ausgebildet, um bei der Verlegung eine perfekte lückenlose Dämmschicht zu gewährleisten.

Steigende Ansprüche an den Wärmeschutz von Gebäuden müssen nicht zwangsläufig zu dickeren Dämmschichten führen. Hochleistungsdämmstoffe aus Polyurethan dämmen um bis zu zwei Drittel besser als konventionelle Dämmstoffe und ermöglichen dadurch eine Verbesserung des Wärmeschutzes, ohne den Aufbau des Flachdaches zu erhöhen. Polyurethan-Dämmplatten mit diffusionsdichten Deckschichten werden in der Wärmeleitfähigkeitsstufe (WLS) 024 angeboten. Polyurethan-Dämmplatten mit z. B. diffusionsoffenen Mineralvlies-Deckschichten oder Blockschaum sind in den Wärmeleitfähigkeitsstufen WLS 026 bis 030 erhältlich.

|   |           |  |           |
|---|-----------|--|-----------|
| <b>1 Bauphysikalische und technische Anforderungen</b>                    | <b>4</b>  | <b>3 Sanierungslösungen für Flachdächer – Konstruktionsbeispiele</b>                             | <b>26</b> |
| 1.1 Begriffserläuterungen   | 6         | 3.1 Bestandsaufnahme, Voraussetzungen, Planung, Dachentwässerung mit Gefälledämmschicht          | 26        |
| 1.2 Energieeinsparverordnung (EnEV)                                       | 7         | 3.2 Sanierung eines belüfteten Flachdaches   | 27        |
| 1.3 Energieausweis für Gebäude  | 7         | - Belüftete Dachkonstruktion in Holzbauweise mit vorhandener Zwischensparrendämmung (Kaltdach)   |           |
| 1.4 Energiesparender Wärmeschutz und Wärmedurchgangskoeffizienten         | 8         | 3.3 Sanierung eines nicht belüfteten Flachdaches   | 29        |
| 1.5 Mindestwärmeschutz  | 8         | 3.3.1 Nicht belüftete Dachkonstruktion in Massivbauweise (Warmdach)                              | 30        |
| 1.6 Sommerlicher Wärmeschutz  | 8         | 3.3.2 Nicht belüftete Dachkonstruktion in Stahlleichtbauweise (Kaltdach)                         | 31        |
| 1.7 Vermeidung von Wärmebrücken   | 9         | 3.3.3 Detaillösungen für die Sanierung einer nicht belüfteten Dachkonstruktion in Massivbauweise | 32        |
| 1.8 Funktionsschichten des Flachdachs                                     | 10        | - Balkon als auskragende Massivdecke   | 32        |
| 1.9 Luft- und Winddichtheit der Gebäudehülle                              | 11        | - Attika als Betonkonstruktion   | 33        |
| 1.10 Dachneigung und Gefälleausbildung                                    | 11        |  |           |
| - Flachdach mit Gefälledämmung  |           | <b>4 Vorteile der Polyurethan-Hartschaum Dämmung im Flachdach</b>                                | <b>34</b> |
| 1.11 Begehrbarkeit von genutzten und nicht genutzten Dachflächen          | 12        | <b>5 Güteüberwachung von Polyurethan-Hartschaum-Dämmstoffen mit ÜGPU-Qualitätszeichen</b>        | <b>36</b> |
| 1.12 Lagesicherung und Befestigung  | 13        | <b>6 Technische und physikalische Eigenschaften von Polyurethan-Hartschaum im Flachdach</b>      | <b>37</b> |
| - Auflast   | 13        |  |           |
| - Mechanische Befestigung   | 14        |  |           |
| - Verklebung  | 14        |  |           |
| 1.13 Brandverhalten   | 15        |  |           |
| 1.14 ÜGPU-Qualitätssicherung und Polyurethan-Qualitätstypen               | 16        |  |           |
| <b>2 Wärmedämmung von Flachdächern im Neubau – Konstruktionsbeispiele</b> | <b>17</b> |  |           |
| 2.1 Konstruktionsarten  | 17        |  |           |
| 2.2 Belüftetes Flachdach (Kaltdach)                                       | 18        |  |           |
| 2.3 Nicht belüftetes Flachdach (Warmdach)                                 | 18        |  |           |
| 2.3.1 Flachdach ohne Auflast  | 18        |  |           |
| 2.3.1.1 Verklebter Dachaufbau   | 19        |  |           |
| - Kaltverklebung  | 19        |  |           |
| - Heißverklebung  | 20        |  |           |
| - Kompaktdach   | 20        |  |           |
| 2.3.1.2 Mechanisch befestigter Dachaufbau                                 | 21        |  |           |
| - Flachdach in massiver Konstruktion                                      | 21        |  |           |
| - Flachdach in Holzkonstruktion   | 21        |  |           |
| - Flachdach als Stahlleichtdach   | 22        |  |           |
| 2.3.2 Flachdach mit Auflast   | 23        |  |           |
| 2.3.2.1 Flachdach mit Kiesschüttung                                       | 23        |  |           |
| 2.3.2.2 Flachdach als Terrasse und mit Dachbegrünung                      | 23        |  |           |
| 2.3.2.3 Befahrbare Dachflächen  | 25        |  |           |



## 1 Bauphysikalische und technische Anforderungen

### Anforderungen aus Normen und Richtlinien

Beim Neubau oder der Sanierung eines Flachdaches sind bautechnische und bauphysikalische Anforderungen aus Normen und technischen Regeln in der jeweils gültigen Fassung zu erfüllen:

#### Energieeinsparverordnung – EnEV

Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden

#### DIN 4102:

Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen:  
Teil 1 – Baustoffe  
Teil 4 – Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile  
Teil 7 – Bedachungen

#### DIN V 4102-23:

Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 23: Bedachungen – Anwendungsregeln für Prüfergebnisse von Bedachungen nach DIN V ENV 1187, Prüfverfahren 1, und/oder DIN 4102-7

#### DIN 4108:

Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden:  
Beiblatt 2 – Wärmebrücken: Planungs- und Ausführungsbeispiele  
Teil 2 – Mindestanforderungen an den Wärmeschutz  
Teil 3 – Klimabedingter Feuchteschutz – Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung  
Teil 4 – Energetische Nenn- und Bemessungswerte für Bauprodukte  
Teil 6 – Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs  
Teil 7 – Luftdichtheit von Gebäuden, Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele  
Teil 10 – Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe: Werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe

#### DIN V 18599:

Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwasser und Beleuchtung

#### DIN V ENV 1187:

Prüfverfahren zur Beanspruchung von Bedachungen durch Feuer von außen

#### DIN EN ISO 6946:

Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren

#### DIN EN 1991-1 – Eurocode 1:

Einwirkungen auf Tragwerke – Allgemeine Einwirkungen  
Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen – Schneelasten  
Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten  
Teil 1-5: Allgemeine Einwirkungen – Temperatureinwirkungen

#### DIN EN 13165:

Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus Polyurethan-Hartschaum (PU) – Spezifikation

#### DIN EN 13501:

Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten:  
Teil 1 – Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten

#### DIN EN 13823:

Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten – Thermische Beanspruchung durch einen einzelnen brennenden Gegenstand für Bauprodukte mit Ausnahme von Bodenbelägen

#### DIN EN 13829:

Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren

## **DIN EN 13956:**

Abdichtungsbahnen –Kunststoff- und Elastomerbahnen für Dachabdichtungen – Definitionen und Eigenschaften

## **DIN 18195 Bauwerksabdichtungen:**

Teil 1 – Grundsätze, Definitionen, Zuordnung der Abdichtungsarten

Teil 2 – Stoffe

Teil 3 – Anforderungen an den Untergrund und Verarbeitung der Stoffe

Teil 5 – Abdichtungen gegen nichtdrückendes Wasser auf Deckenflächen und in Nassräumen; Bemessung und Ausführung

## **DIN 18234:**

Baulicher Brandschutz großflächiger Dächer – Brandbeanspruchung von unten

Teil 1 – Begriffe, Anforderungen und Prüfungen; Geschlossene Dachflächen

Teil 2 – Verzeichnis von Dächern, welche die Anforderungen nach DIN 18234-1 erfüllen; Geschlossene Dachflächen

Teil 3 – Begriffe, Anforderungen und Prüfungen, Durchdringungen, Anschlüsse und Abschlüsse von Dachflächen

Teil 4 – Verzeichnis von Durchdringungen, Anschlüssen und Abschlüssen von Dachflächen, welche die Anforderungen nach DIN 18234-3 erfüllen

## **DIN 18531:**

Dachabdichtungen – Abdichtungen für nicht genutzte Dächer

Teil 1 – Begriffe, Anforderungen, Planungsgrundsätze

Teil 2 – Stoffe

Teil 3 – Bemessung, Verarbeitung der Stoffe, Ausführung der Dachabdichtungen;

Teil 4 – Instandhaltung

## **DIN V 20000-201 Berichtigung 1:**

Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken

Teil 201 – Anwendungsnorm für Abdichtungsbahnen nach Europäischen Produktnormen zur Verwendung in Dachabdichtungen

Teil 202– Anwendungsnorm für Abdichtungsbahnen nach Europäischen Produktnormen zur Verwendung in Bauwerksabdichtungen

## **ABC der Bitumenbahnen:**

Technische Regeln für die Planung und Ausführung von Abdichtungen mit Polymerbitumen- und Bitumenbahnen, herausgegeben vom Industrieverband Bitumen-, Dach- und Dichtungsbahnen e. V. (vdd), Frankfurt

## **Richtlinien für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen – Dachbegrünungsrichtlinie:**

Herausgegeben vom FLL, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V., Bonn

## **Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau (Industriebaurichtlinie – IndBauRL)**

## **Regeln für Dächer mit Abdichtung mit der Neufassung der Flachdachrichtlinien:**

Richtlinien für die Planung und Ausführung von Dächern: aufgestellt und herausgegeben vom Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks -Fachverband Dach-, Wand- und Abdichtungstechnik- e. V. (ZVDH), Köln.

### **1.1 Begriffserläuterungen**

Flachdächer sind vielfältig, erlauben fast unbegrenzte Gestaltungsmöglichkeiten und stellen hohe, sehr spezifische Anforderungen an Dämmung und Abdichtung. Nachfolgend werden wichtige Begriffe erläutert, die in den folgenden Kapiteln zu den verschiedenen Konstruktionsvarianten eines Flachdaches eine Rolle spielen. Weitere Begriffserläuterungen finden Sie in den aufgeführten Normen und technischen Regeln.

**Flachdächer** im allgemeinen Sprachgebrauch sind Dächer, die keine oder nur eine geringe Dachneigung aufweisen. Es gibt verschiedene Definitionen, bei denen von Flachdach gesprochen wird. Die Abgrenzung zum geneigten bzw. flach geneigten Dach liegt nach den Landesbauordnungen in Deutschland bei 10° Dachneigung. Das Regelwerk des Deutschen Dachdeckerhandwerks (herausgegeben vom ZVDH) unterscheidet Dächer mit Dachdeckungen und solche mit Abdichtungen, ohne Betrachtung der Dachneigung.

Entsprechend den Flachdachrichtlinien des ZVDH sollen Dächer mit einem Gefälle von mindestens 2 % (Dachneigung 1,15°) geplant werden. Dachabdichtungen werden nach DIN 18531 „Dachabdichtungen – Abdichtungen für nicht genutzte Dächer“ in zwei Kategorien unterschieden (vgl. Kapitel 1.10): Standardausführung (Anwendungskategorie K1) und hochwertige Ausführung (Anwendungskategorie K2). Konstruktives Merkmal von Flachdächern ist eine Dachabdichtung als wasserundurchlässige Schicht über die gesamte Dachfläche.

Flachdächer werden nach Konstruktion und Beanspruchung unterschieden. Nach ihrer Konstruktion unterscheidet man zwischen belüfteten Dächern, die auch als Kaltdächer bezeichnet werden, und nicht belüfteten Dächern, auch Warmdächer genannt.

Das **belüftete Flachdach (Kaltdach)** ist eine Dachkonstruktion mit einer oberen und unteren Schale sowie einem dazwischen liegenden, von außen be- und entlüfteten Hohlraum. Die obere Schale übernimmt die Aufgabe der Abdichtung. Die untere Schale ist in der Regel ein tragendes Bauteil, auf dem die Wärmedämmung mit einer luftdichten und diffusionshemmenden oder dampfsperrenden Schicht aufliegt.

Das **nicht belüftete Flachdach (Warmdach)** ist eine Dachkonstruktion, bei der alle Funktionsschichten – tragende Schale, Dampfsperre, Wärmedämmung und Abdichtung – ohne Zwischenräume direkt übereinander liegen. Die witterungsbeständige Dachabdichtung liegt oberhalb der Wärmedämmung.

Eine Sonderform des nicht belüfteten Flachdaches ist das **Umkehrdach**. Hier liegt die Wärmedämmung auf der Dachabdichtung, wodurch eine Dampfsperrschicht überflüssig wird. Bei dieser Konstruktion ist die Wärmedämmung nicht vollkommen gegen Niederschläge geschützt. Die zusätzlichen Wärmeverluste aufgrund der Feuchtigkeit in der Dämmebene müssen bei der U-Wert-Berechnung berücksichtigt werden.

In der Beanspruchung wird nach genutzten und nicht genutzten Flachdächern unterschieden.

**Nicht genutzte Flachdächer** betritt man lediglich zu Wartungszwecken. Nach DIN 18531 „Dachabdichtungen – Abdichtungen für nicht genutzte Dächer“ werden nicht genutzte Flachdächer in zwei Qualitätsklassen, die so genannten Anwendungskategorien K1 und K2, unterteilt (vgl. Kapitel 1.10).

**Genutzte Flachdächer** sind für den Aufenthalt von Personen (z. B. Dachterrasse oder Parkdeck) oder für intensive Begrünung vorgesehen.

**Gründächer** unterscheiden sich nach Art der Begrünung in extensive Begrünungen mit leichten Substratschichten für anspruchslosen, niedrigen und pflegearmen Bewuchs sowie in intensive Begrünungen, die mit mächtigen Vegetationsschichten für hochwertige Bepflanzungen bis hin zu Bäumen geeignet sind.

Flachdächer werden stark beansprucht und sind ständig extremen Belastungen ausgesetzt. Dazu gehören Regen, Schnee, klirrende Kälte und sengende Hitze. Sie müssen erhebliche Gebäudebewegungen und auch Umweltbelastungen wie zum Beispiel Hagel aushalten.

**Dachabdichtungen** schützen das Bauwerk. Zu einer Dachabdichtung gehören auch An- und Abschlüsse, Durchdringungen und Fugenausbildungen sowie Dachabläufe und Überlauföffnungen. Es wird zwischen lose verlegten, mechanisch befestigten und verklebten Abdichtungen unterschieden. Abdichtungsmaterialien und die Ausführung von Dachabdichtungen für nicht genutzte Flachdächer sind in DIN 18531 geregelt. Genutzte Dächer sind nach DIN 18195 auszuführen.

Die **Dachneigung** bezeichnet das Gefälle einer Dachfläche. Sie wird bei Flachdächern in der Regel in Prozent oder als Winkel in Grad angegeben (vgl. Kapitel 1.10).

Unter **Gefälledämmung** wird ein mit keilförmigen Dämmplatten hergestelltes Gefälle auf dem Flachdach bezeichnet, das der gezielten Ableitung von Niederschlagswasser dient.

#### **Harte Bedachung:**

Die Dachdeckung besteht, im Gegensatz zur Dachabdichtung, aus einzelnen Bauteilen, die nicht wasserdicht sind, sondern das Wasser nur ableiten. Unterschieden wird zwischen weichen Bedachungen (z. B. Holz, Stroh, Gras) und harten Bedachungen, d. h. Eindeckung mittels harter Materialien wie Stein, Beton, Ziegel, Metall.

Als **harte Bedachungen** im Sinne der Landesbauordnungen werden Dachaufbauten bezeichnet, die gegen Flugfeuer und strahlende Wärme ausreichend lange widerstandsfähig sind. Auch Dächer mit Abdichtungen können die Anforderungen an eine harte Bedachung erfüllen. Die Anforderungen beziehen sich dabei auf den gesamten Dachaufbau. Geprüfte Dachaufbauten mit Polyurethan-Dämmstoffen sind als harte Bedachung klassifiziert.

### **1.2 Energieeinsparverordnung (EnEV)**

Die Energieeinsparverordnung (EnEV) bewertet das Gebäude als ganzheitliches System. Neben dem baulichen Wärmeschutz werden unter anderem die Anlagentechnik und die Warmwasserbereitung in die Bilanzierung der Energiegewinne und -verluste einbezogen. Im Nichtwohnungsbau werden außerdem Belüftung, Klimatisierung und Beleuchtung detailliert berücksichtigt.

Der bauliche Wärmeschutz im Neu- und Altbau hat die Aufgabe,

- Heizenergie einzusparen und die Umwelt zu entlasten,
- Bauschäden zu vermeiden,
- die Behaglichkeit und Gesundheit der Bewohner zu gewährleisten.

Wärmeverluste entstehen in erster Linie durch unzureichende Wärmedämmung der Gebäudehülle und unkontrollierte Lüftung infolge von nicht luftdichten Bauteilen. Je besser der

Wärmeschutz, desto weniger Energie wird zur Deckung des Heizwärmebedarfs benötigt. Hinzu kommt: Das Gebäude und seine Hülle stellen ein System mit einer langen Lebensdauer und einem dementsprechend langfristigen Energieeinspareffekt dar.

Für jeden Gebäudetyp lassen sich Einsparmöglichkeiten durch optimale Wärmeschutzmaßnahmen ermitteln. Bei Altbauten liegt die zu erwartende Energieeinsparung durch Wärmedämm-Maßnahmen im Durchschnitt bei 50 %.

In der EnEV sind die Höchstwerte des Jahres-Primärenergiebedarfs und der spezifischen Transmissionswärmeverluste von Gebäuden festgelegt. Eine Begrenzung des Primärenergiebedarfs und der Transmissionswärmeverluste im Sinne der EnEV wird durch einen energiesparenden Wärmeschutz erreicht.

Als Anforderungen der EnEV sind zu beachten:

- energiesparender Wärmeschutz,
- Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2,
- Vermeidung von Wärmebrücken,
- Dichtheit der Gebäudehülle,
- sommerlicher Wärmeschutz.

### **1.3 Energieausweis für Gebäude**

In privaten Haushalten stellen die Heizkosten den größten Anteil der Betriebskosten dar. Noch immer wird ein Drittel des gesamten Primärenergiebedarfs für die Raumheizung und Warmwasserbereitung aufgewendet. Anders als bei Autos oder Haushaltsgeräten wissen Käufer oder Mieter von Wohnungen und Häusern nur wenig über deren Energiebedarf. Objektive Informationen sind oft noch Mangelware und Vergleichsmaßstäbe fehlen. Die Einführung des Energieausweises für Gebäude schafft hier Transparenz.

Der Energieausweis dokumentiert die energetische Qualität eines Gebäudes. Mieter und Käufer können sich mit Hilfe des Energieausweises bereits bei der Objektsuche über die Energieeffizienz eines Gebäudes informieren. Darüber hinaus sind jedem Energieausweis Modernisierungsempfehlungen beigelegt.

Seit 1. Januar 2009 ist der Energieausweis für alle Wohngebäude, seit 1. Juli 2009 auch für Nichtwohngebäude Pflicht. Verkäufer oder Vermieter von Altbauwohnungen bzw. Gebäuden im Bestand sind verpflichtet, potenziellen Käufern oder Neumieter einen Energieausweis zugänglich zu machen, wenn diese ihn verlangen.

Weitere Informationen zum Energieausweis veröffentlicht die dena – Deutsche Energie-Agentur im Internet unter [www.zukunft-haus.info](http://www.zukunft-haus.info).

### 1.4 Energiesparender Wärmeschutz und Wärmedurchgangskoeffizienten

Unter energiesparendem Wärmeschutz versteht man Maßnahmen, die den Energiebedarf in einem Gebäude bei entsprechender Nutzung nach vorgegebenen Anforderungen reduzieren.

Für einen zeitgemäßen Wärmeschutz im Sinne der EnEV 2009 empfiehlt der IVPU für die Dämmung von Flachdächern im Neubau (Wohnungsbau mit normalen Innentemperaturen  $\geq 19^\circ\text{C}$ ) den U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizienten) von  $\leq 0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ .

**Tabelle 1**

**U-Werte und PUR/PIR-Dämmstoffdicken für das Flachdach im Neubau und im Gebäudebestand mit normaler Innentemperatur**

| Flachdach   |                                      |                |                                      |                |
|---|--------------------------------------|----------------|--------------------------------------|----------------|
| Neubau (normale Innentemperatur $\geq 19^\circ\text{C}$ )         |                                      |                |                                      |                |
| PUR/PIR-Hartschaum  | IVPU-Empfehlung                      |                | Passivhaus-Empfehlung                |                |
|   | U-Wert                               | Dämmstoffdicke | U-Wert                               | Dämmstoffdicke |
|   | $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ | mm             | $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ | mm             |
|   | $\leq 0,16$                          |                | $\leq 0,10$                          |                |
| WLS 024   |                                      | 140            |                                      | 240            |
| WLS 027   |                                      | 160            |                                      | 260            |
| Gebäudebestand (normale Innentemperatur $\geq 19^\circ\text{C}$ ) |                                      |                |                                      |                |
|   | EnEV-Anforderung 2009                |                | IVPU-Empfehlung                      |                |
|   | U-Wert                               | Dämmstoffdicke | U-Wert                               | Dämmstoffdicke |
|   | $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ | mm             | $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ | mm             |
|   | $\leq 0,20$                          |                | $\leq 0,18$                          |                |
| WLS 024   |                                      | 120            |                                      | 130            |
| WLS 027   |                                      | 130            |                                      | 140            |

Die Wärmeübergangswiderstände  $R_{\text{si}}$  und  $R_{\text{se}}$  und eine 20 cm dicke Tragkonstruktion aus Beton sind berücksichtigt.

**Tabelle 2**

**U-Werte und PUR/PIR-Dämmstoffdicken für das Flachdach im Neubau und im Gebäudebestand mit niedriger Innentemperatur**

| Flachdach  |                                      |                |
|--|--------------------------------------|----------------|
| Neubau (niedrige Innentemperatur $12 - < 19^\circ\text{C}$ )         |                                      |                |
| IVPU-Empfehlung  |                                      |                |
| PUR/PIR-Hartschaum   | U-Wert                               | Dämmstoffdicke |
|  | $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ | mm             |
|  | $\leq 0,28$                          |                |
| WLS 024  |                                      | 80             |
| WLS 028  |                                      | 100            |
| Gebäudebestand (niedrige Innentemperatur $12 - < 19^\circ\text{C}$ ) |                                      |                |
| EnEV-Anforderung 2009  |                                      |                |
|  | U-Wert                               | Dämmstoffdicke |
|  | $\leq 0,35$                          |                |
| WLS 024  |                                      | 70             |
| WLS 028  |                                      | 80             |

Die Wärmeübergangswiderstände  $R_{\text{si}}$  und  $R_{\text{se}}$  und eine 20 cm dicke Tragkonstruktion aus Beton sind berücksichtigt.

Um die Anforderungen der EnEV bei der Gebäudesanierung zu erfüllen, gibt es zwei Möglichkeiten:

- Energetische Bilanzierung des gesamten Gebäudes. Dabei darf das Neubauniveau um nicht mehr als 40 % überschritten werden.
- Beim so genannten Bauteilverfahren sind die Anforderungen an den U-Wert einzelner Bauteile entsprechend Anlage 3 zur EnEV einzuhalten.

Bei der U-Wert-Berechnung muss der vorhandene Aufbau berücksichtigt werden. Die Anforderungen der EnEV stellen ein Mindestmaß dar. Da mit geringem Mehraufwand eine deutliche Verbesserung erzielt werden kann, werden auch für die Sanierung niedrigere U-Werte empfohlen.

### 1.5 Mindestwärmeschutz

Unter Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 versteht man Maßnahmen, um Tauwasser und Schimmelpilzfreiheit sowie ein hygienisches Raumklima zu gewährleisten. Die Anforderungen des Mindestwärmeschutzes müssen an jeder Stelle des Gebäudes nach den anerkannten Regeln der Technik eingehalten werden.

Der Mindestwärmeschutz darf nicht mit dem energiesparenden Wärmeschutz verwechselt werden. Die Ausführung von Mindestwärmeschutz-Maßnahmen garantiert nicht die Einhaltung der EnEV.

### 1.6 Sommerlicher Wärmeschutz

Unter sommerlichem Wärmeschutz versteht man bauliche Maßnahmen zur Begrenzung der Innenraumtemperatur an heißen Sommertagen. Nach EnEV sind bei Gebäuden mit mehr als 30 % Fensterflächenanteil die in der DIN 4108-2 festgelegten höchstzulässigen Sonneneintragskennwerte einzuhalten. Der Gesetzgeber bezweckt damit in erster Linie die Reduzierung des Energiebedarfs bei klimatisierten Gebäuden und die Einhaltung der arbeitsschutzrechtlichen Grenzwerte. Aber auch bei nicht klimatisierten Wohngebäuden spielt der sommerliche Wärmeschutz eine immer größere Rolle.



Der wichtigste Einflussfaktor auf das sommerliche Raumklima ist die direkte Sonneneinstrahlung über die Fenster. Außen liegende Sonnenschutzvorrichtungen – wie beispielsweise Rollläden, Markisen und Jalousien – bieten den besten Schutz und sind daher unabdingbar. Oft wird übersehen, dass interne Wärmequellen (z. B. Elektrogeräte) ebenfalls die Innenräume aufheizen.

Auch im Sommer ist eine gute Wärmedämmung der Gebäudehülle notwendig, um den Wärmedurchgang von außen nach innen während der heißen Mittagsstunden zu minimieren. Dachflächen bieten je nach Ausrichtung in der Regel die größte Eintragsfläche für die Sonnenenergie. Je effizienter die Dämmung, desto weniger Wärme dringt ins Innere ein. Eine Flachdachdämmung mit Polyurethan bietet im Sommer wie im Winter einen optimalen Wärmeschutz, da Polyurethan bis zu zwei Drittel besser dämmt und damit sehr viel leistungsfähiger ist als konventionelle Dämmstoffe.<sup>1,2</sup>

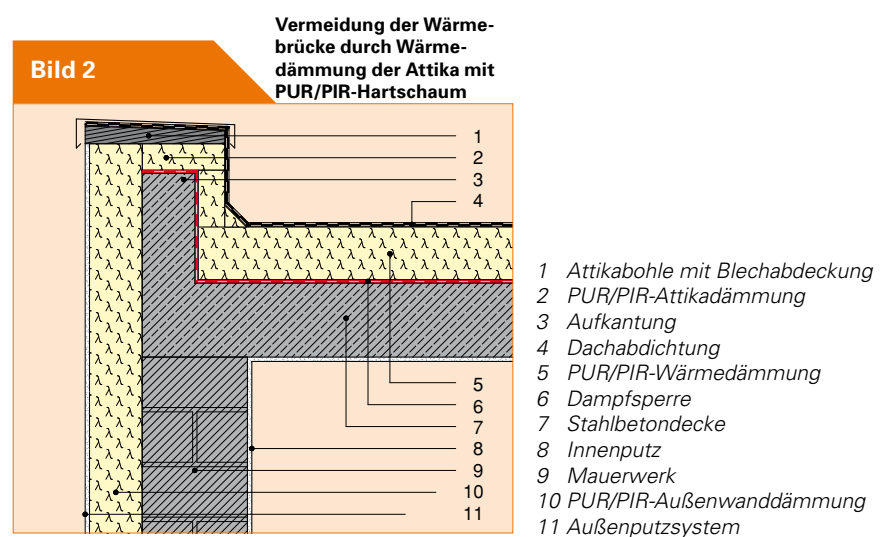
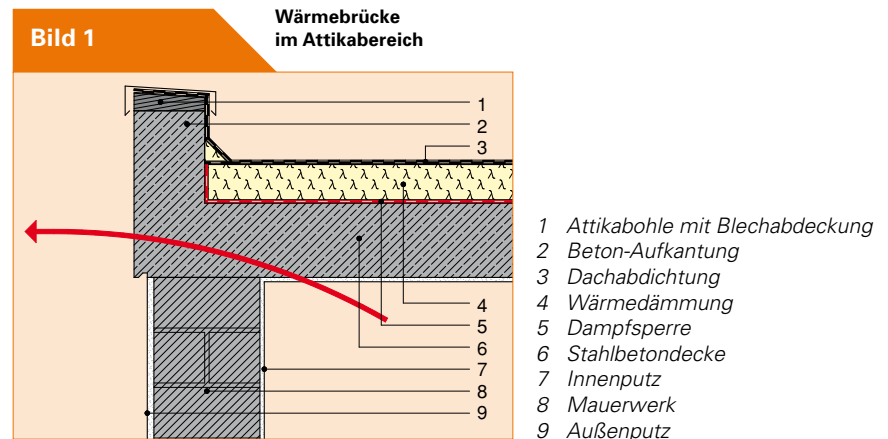
Auch Dachüberstände und Hinterlüftungen haben Einfluss auf das sommerliche Raumklima. Dabei muss die konstruktive Ausbildung einer funktionierenden Hinterlüftung sorgfältig geplant und ausgeführt werden.

Günstigen Einfluss auf den sommerlichen Wärmeschutz haben raumseitig angeordnete Bauteile mit hoher Wärmespeicherefähigkeit, z. B. „schwere“ Wand- und Deckenschalen. Dachbegrünungen und Bekiesungen stellen einen thermischen Oberflächenschutz dar und wirken sich ebenfalls günstig auf die Innenraumtemperaturen aus.

Unerheblich für den sommerlichen Wärmeschutz ist hingegen die Wärmespeicherefähigkeit von Wärmedämmstoffen. Diese Tatsache wurde durch Computersimulationen und praktische Versuche immer wieder bestätigt.<sup>2</sup> Alle Wärmedämmstoffe können Wärme aufgrund ihrer niedrigen Wärmeleitfähigkeit und vergleichsweise geringen Masse nur langsam aufnehmen und abgeben. Ihre effektive Wärmespeicherekapazität ist daher gering. Dass Dämmstoffe mit höherer Wärmespeicherefähigkeit im Sommer wirksamer seien, trifft nicht zu.

## 1.7 Vermeidung von Wärmebrücken

Wärmebrücken sind örtlich begrenzte Schwachstellen einer Baukonstruktion, durch die mehr Wärme abfließen kann als durch die umgebenen Flächen. Wärmebrücken bewirken Wärmeverluste, niedrigere Oberflächentemperaturen und verursachen letztendlich einen erhöhten Heizwärmebedarf. Niedrigere Oberflächentemperaturen führen zur Bildung von Tauwasser an der raumseitigen Bauteiloberfläche, wodurch es zu Feuchteschäden und Schimmelpilzbildung kommen kann.

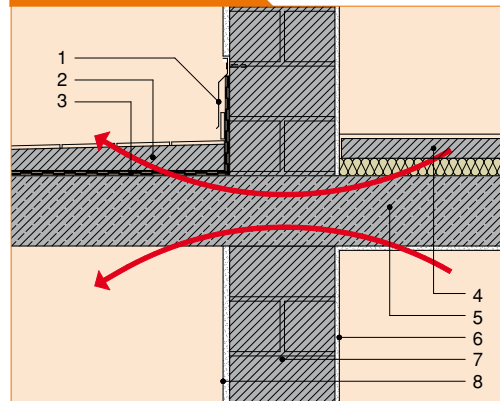


<sup>1</sup> Die Angaben beziehen sich auf einen Vergleich von Polyurethan der WLS 024 mit einem konventionellen Dämmstoff der WLS 040. Bei einer Dicke von 120 mm hat ein Dämmstoff WLS 040 einen Wärmedurchlasswiderstand  $R = 3,0 \text{ m}^2/\text{KW}$ , während der R-Wert von Polyurethan-Hartschaum WLS 024 bei gleicher Dicke  $5,0 \text{ m}^2/\text{KW}$  beträgt.

<sup>2</sup> Aus Forschung und Technik Nr. 4: Sommerlicher Wärmeschutz, herausgegeben vom IVPU – Industrieverband Polyurethan-Hartschaum e. V., Stuttgart 2004.

Bild 3

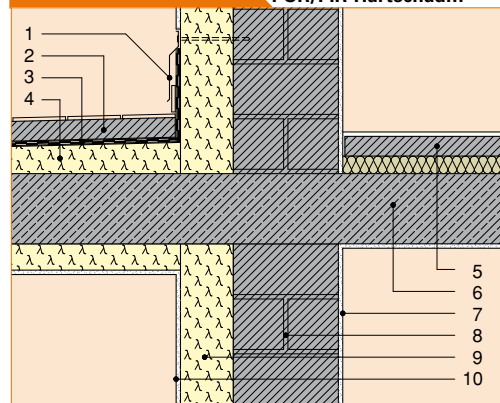
Wärmebrücke durch auskragende Geschossdecke



- 1 Wandanschluss
- 2 Balkonbelag
- 3 Dachabdichtung
- 4 Fußbodenaufbau innen
- 5 Stahlbetondecke
- 6 Innenputz
- 7 Mauerwerk
- 8 Außenputz

Bild 4

Vermeidung der Wärmebrücke durch Wärmedämmung der Decke mit PUR/PIR-Hartschaum



- 1 Wandanschluss
- 2 Balkonbelag
- 3 Dachabdichtung
- 4 PUR/PIR-Gefälledämmung
- 5 Fußbodenaufbau innen
- 6 Stahlbetondecke
- 7 Innenputz
- 8 Mauerwerk
- 9 PUR/PIR-Außenwanddämmung
- 10 Außenputzsystem

Die EnEV schreibt vor, dass der Wärmebrückeneinfluss auf den Jahresheizwärmebedarf nach den Regeln der Technik und den wirtschaftlich vertretbaren Maßnahmen so gering wie möglich zu halten ist. Der verbleibende Einfluss der Wärmebrücken ist bei der Ermittlung des Transmissionswärmeverlusts und des Jahres-Primärenergiebedarfs zu berücksichtigen.

**Wärmebrücken können durch die fachgerechte Dämmung mit Polyurethan-Hartschaum minimiert werden.**

### 1.8 Funktionsschichten des Flachdaches

Um das Flachdach vor Umwelteinflüssen wie Temperatur und Feuchtigkeit zu schützen, wird die Abdichtung in mehreren Funktionsschichten verlegt. Eine sorgfältige Ausführung der einzelnen Funktionsschichten ist unabdingbar:

- Die **Tragkonstruktion** des Flachdaches schließt das Gebäude nach oben ab; je nach Bauweise besteht die Tragkonstruktion aus Stahlbeton, Porenbeton, Stahltrapezblechen oder Holz und Holzwerkstoffen.
- Der **Voranstrich** bindet Staub und dient der Haftvermittlung zwischen Unterkonstruktion und darüber liegenden Bauteilschichten.
- Die **Trennlage** schützt und gleicht mechanische Spannungsübertragungen aus – insbesondere dann, wenn auf dem Untergrund eine direkte Verklebung des Aufbaus nicht möglich oder zulässig ist.
- Die **Dampfsperre (Luftdichtheitsschicht)** verhindert die Durchfeuchtung des Bauteils durch Konvektion und Diffusion.
- Die **Wärmedämmschicht** aus Polyurethan-Hartschaum (PUR/PIR) hält die Raumtemperatur konstant und minimiert Wärmeverluste. Polyurethan-Hartschaum garantiert schon bei geringer Dicke eine hohe Dämmleistung. Polyurethan-Dämmstoffe sind zudem geschlossenzellig. Eine innere Konvektion (d. h. ein Feuchtetransport durch Luftströmung), wie sie bei Faserdämmstoffen auftreten und zur Verringerung der Dämmwirkung führen kann, ist damit ausgeschlossen.
- Die **Dampfdruckausgleichsschicht** ist eine Trennlage unter der Dachabdichtung und dient dem Ausgleich des Wasserdampfdrucks, falls Feuchtigkeit eindiffundiert ist oder während der Bauzeit eingeschlossen wurde.
- Die **Dachabdichtung** muss Wind und Wetter trotzen. Bei nicht belüfteten Flachdachkonstruktionen fungiert sie gleichzeitig als **Winddichtheitsschicht**. Bei belüfteten Konstruktionen mit hinterlüfteter Dachabdichtung bietet die Hinterlüftungsebene eine zusätzliche Sicherheit gegen Tauwasser. Die Qualität von Wärmedämmung und Dachabdichtung entscheidet maßgeblich über die Lebensdauer des Daches.
- Die **Nutz- und Schutzschicht** richtet sich neben den statischen Voraussetzungen nach der Nutzung der Dachfläche: z. B. durch Oberflächenschutz, eine Auflast, eine Dachbegrünung oder einen Plattenbelag für genutzte Dachflächen.

### 1.9 Luft- und Winddichtheit der Gebäudehülle

Die allgemeinen Anforderungen an die Luftdichtheit der Gebäudehülle und an den Mindestluftwechsel sind in der EnEV und in der DIN 4108-7 definiert.

#### Luftdichtheit

Die Luftdichtheitsschicht soll Durchströmungen der Konstruktion von innen nach außen verhindern. Sie befindet sich in der Regel raumseitig, also auf der warmen Seite der Wärmedämmung. Die fachgerechte Ausführung einer luftdichten Gebäudehülle erfordert eine gewerkeübergreifende Planung.

Die Forderung der Luftdichtheit gilt für alle Außenbauteile, d. h. sowohl für das belüftete wie auch für das nicht belüftete Flachdach.

Die Luftdichtheit der Gebäudehülle kann mit einem Differenzdruckverfahren, z. B. mit dem nach DIN EN 13829 genormten Blower-Door-Messverfahren geprüft werden. Der bei einer Druckdifferenz zwischen innen und außen von 50 Pa gemessene Luftvolumenstrom – bezogen auf das beheizte Raumluftvolumen – darf bei Gebäuden

- ohne raumluftechnische Anlagen  $3,0 \text{ h}^{-1}$ ,
  - mit raumluftechnischen Anlagen  $1,5 \text{ h}^{-1}$ ,
  - bei Passivhäusern  $0,6 \text{ h}^{-1}$
- nicht überschreiten.

#### Winddichtheit

Die Winddichtheitsschicht soll das Einströmen kalter Außenluft in die Konstruktion vermeiden. Sie befindet sich immer außenseitig, also auf der kalten Seite der Wärmedämmung.

### 1.10 Dachneigung und Gefälleausbildung

Bei der Planung der Dachneigung sind die Verformungen der Tragkonstruktion z. B. infolge von Schnee-, Nutz- und Eigenlasten zu berücksichtigen. Im Holzbau sind Flachdächer mit Neigung  $\geq 5 \text{ ‰}$ <sup>3</sup> generell zu empfehlen.

Nicht genutzte Flachdächer, die für die Auflage einer Dachabdichtung vorgesehen sind, sollen gemäß Flachdachrichtlinie des ZVDH mit einem Gefälle von mindestens 2 ‰ (Dachneigung  $1,15^\circ$ ) geplant werden, damit das Niederschlagswasser sicher abgeleitet wird.

Dachabdichtungen für nicht genutzte Flachdächer nach DIN 18531-1 werden in zwei Kategorien unterschieden:

■ Anwendungskategorie K1 gilt für Standardausführungen, an die übliche Anforderungen gestellt werden. Die Minstdachneigung der Abdichtungsebene sollte 2 ‰ betragen. Sofern die Dachneigung mit einem Gefälle unter 2 ‰ ausgeführt wird, ist die Qualität der Abdichtung gemäß der Anwendungskategorie K2 auszuwählen.

■ Anwendungskategorie K2 gilt für Dachabdichtungen, an die erhöhte Anforderungen gestellt werden, wie beispielsweise Hochhäuser, höherwertige Gebäudenutzung oder Dächer mit erschwertem Zugang. Die Minstdachneigung in der Abdichtungsebene beträgt 2 ‰, im Bereich von Kehlen 1 ‰.

[1 cm = 1 ‰]

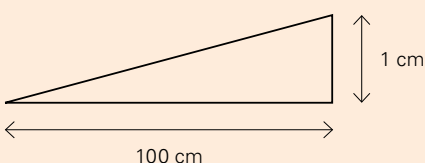


Tabelle 3

Umrechnung der Dachneigungen in Grad [°] und Prozent [‰]

| Grad → Prozent |        | Prozent → Grad |       |
|----------------|--------|----------------|-------|
| 1°             | 1,8 ‰  | 2 ‰            | 1,15° |
| 2°             | 3,4 ‰  | 3 ‰            | 1,72° |
| 3°             | 5,2 ‰  | 4 ‰            | 2,29° |
| 4°             | 7,0 ‰  | 5 ‰            | 2,86° |
| 5°             | 8,8 ‰  | 6 ‰            | 3,43° |
| 10°            | 17,6 ‰ | 10 ‰           | 5,71° |

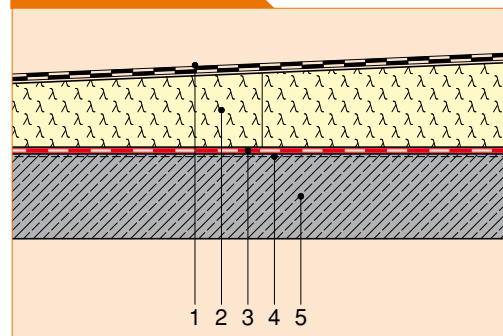
<sup>3</sup> Informationsdienst Holz: Spezial Flachdächer in Holzbauweise, Bonn, Oktober 2008.

## Flachdach mit Gefälledämmung

Eine gezielte Dachentwässerung kann mit Gefälledämmplatten aus Polyurethan-Hartschaum hergestellt werden.

## Bild 5

## PUR/PIR-Gefälledämmung auf Massivdecke



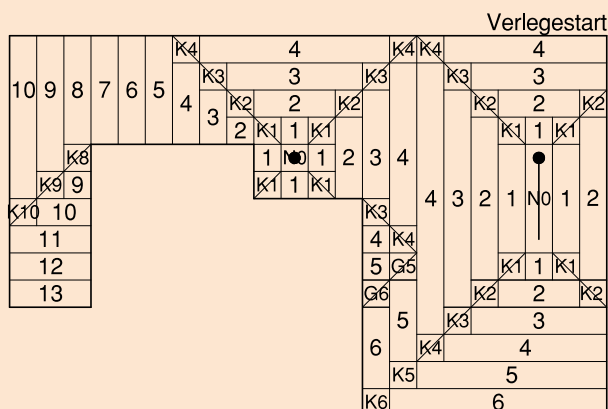
- 1 Dachabdichtung
- 2 Polyurethan-  
Gefälledämmung
- 3 Dampfsperre
- 4 Voranstrich
- 5 Tragkonstruktion/  
Massivdecke

Dabei können Dachneigung und Gefälleverlauf objektbezogen geplant und individuell gefertigt werden. Der mittlere U-Wert von Gefälledämmungen ist nach DIN EN ISO 6946 zu berechnen. An den Tiefpunkten ist der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 einzuhalten.

Die Verlegung erfolgt anhand objektspezifischer Gefällepläne.

### Ausschnitt aus einem Verlegeplan für Gefälledämmung

## Bild 6



### 1.11 Begehrbarkeit von genutzten und nicht genutzten Dachflächen

Flachdächer sind vielen Belastungen ausgesetzt. Auch Dächer, die nicht für den dauernden Aufenthalt von Personen ausgelegt sind, werden immer wieder durch Verkehrslasten beansprucht. Während der Errichtung des Gebäudes und auch in der späteren Nutzungsphase ist der Dachaufbau wiederholten Beanspruchungen ausgesetzt. Dies ist z. B. der Fall, wenn das Dach bei Wartungsarbeiten begangen wird oder Photovoltaikanlagen aufgestellt werden. Dabei wird nicht nur die Dachabdichtung, sondern auch die darunter liegende Wärmedämmung belastet.

Ist die Wärmedämmschicht nicht hinreichend widerstandsfähig, wird sie im Laufe der Zeit durch die Beanspruchung immer mehr zusammengedrückt. Erst bilden sich sichtbare „Trampelpfade“ auf der Dachoberfläche. In der Folge füllen sich die entstandenen Mulden bei Regen mit Wasser. Die Wirkung der komprimierten Dämmung lässt nach. Die Befestigungselemente stehen heraus und werden bei weiterem Begehen durch die Dachabdichtung gedrückt. Durch die undichte Dachhaut dringt Wasser ein und vergrößert den Schaden. Das Dach wird endgültig zum Sanierungsfall.

Polyurethan-Flachdachdämmplatten sind für jede Aufgabenstellung geeignet, von normaler Trittfestigkeit beim nicht genutzten Flachdach bis zur Extrembelastung im Parkdeck.

Bisher existieren keine allgemein anerkannten Methoden, die Auswirkung dynamischer Lasten auf die Lebensdauer von Flachdachkonstruktionen zu beurteilen. Häufig wird die vom Hersteller angegebene Druckfestigkeit als Anhaltspunkt herangezogen. Die Druckfestigkeit bei 10 % Stauchung (nach EN 826) ist jedoch nur begrenzt aussagekräftig, da die Prüfung nur eine einmalige, statische Belastung beinhaltet. Aufgrund wissenschaftlicher Untersuchungen kann die zulässige Dauerdruckspannung (verbunden mit Stauchung  $< 2\%$ ) für Polyurethan-Hartschaum mit 20 % der Druckfestigkeit nach EN 826 angesetzt werden.



Ob ein Dämmstoff für genutzte Flächen im Flachdach geeignet ist, hängt von seinem Langzeitverhalten bei wiederholter, dynamischer Belastung ab. Durch diesen Lastfall wird die Dämmschicht sehr viel stärker beansprucht als bei statischer Belastung.

Wiederkehrende dynamische Druckbelastungen werden von den europäisch harmonisierten Prüfnormen noch nicht abgebildet. Untersuchungen des niederländischen Forschungsinstitutes BDA haben gezeigt, dass Polyurethan-Hartschaum auch nach 100 Belastungszyklen bis zur Höhe der zulässigen Dauerdruckspannung die volle Funktionstüchtigkeit behält.<sup>4</sup> So genannte „Trampelpfade“ und Beschädigungen der Abdichtung werden damit vermieden.

### 1.12 Lagesicherung und Befestigung

Auf jedes Flachdach wirken Windkräfte, auch Windlasten genannt. Diese ergeben sich aus natürlichen Faktoren wie Windgeschwindigkeit oder Windrichtung sowie aus den Gegebenheiten des Gebäudes wie Gebäudehöhe, Dachform, Abmessungen und Oberflächen. Windlasten verursachen im Wesentlichen Windsog. In seltenen Fällen kann sogar ein Innendruck entstehen, z.B. bei teilweise geöffneten Gebäuden (viele große Tore o. Ä.). Windkraft erzeugt aber auch Reibung auf der Dachfläche. Winddruck und Windsog treten senkrecht zur Flachdachfläche auf, Reibung parallel.

Auf Flachdächern besteht meist ein wesentlich höherer Windsog als Winddruck. Daher ist der gesamte Flachdachaufbau mit all seinen Schichten gegen Abheben zu sichern. Gemäß den geltenden Fachregeln für das Dachdeckerhandwerk müssen die dazu erforderlichen Maßnahmen bereits in der Planungsphase berücksichtigt werden. Der Winddruck kann nach DIN EN 1991-1-1-4 berechnet werden.

Unabhängig von den beschriebenen Windlasten kann es bei Flachdächern mit einer Neigung von mehr als 3° notwendig sein, den gesamten Dachaufbau zusätzlich gegen Abrutschen zu sichern.

Generell gibt es drei Möglichkeiten zur Lagesicherung des Dachaufbaus gegen Abheben durch Windsog:

- Auflast,
- mechanische Befestigung,
- Verklebung.

#### Lagesicherung durch Auflast

Zur Sicherung gegen Windsog bei lose verlegten Abdichtungen und PUR/PIR-Wärmedämmplatten können folgende Maßnahmen angewendet werden:

##### ■ Kiesschüttung

Körnung 16/32 mm mit einer Schichtdicke  $\geq 50$  mm. Höhere Auflast, z. B. im Rand- und Eckbereich des Daches kann durch dickere Kiesschüttungen, zusätzliche Plattenbeläge oder Beton-Rasengittersteine, die mit Kies verfüllt werden, erreicht werden. Eine 50 mm dicke Kiesschicht entspricht ca.  $80 \text{ kg/m}^2$  ( $0,8 \text{ kN/m}^2$ ).

##### ■ Plattenbeläge

Der Plattenbelag wird auf Kies- oder Splittschüttung und ggf. Schutzlage oberhalb der Dachabdichtung verlegt. Diese Art der Lagesicherung wird häufig bei Terrassenflächen angewendet.

##### ■ Dachbegrünungsaufbau, extensiv oder intensiv

Bei der Windsogberechnung ist immer das Eigengewicht des Vegetationssubstrats im trockenen Zustand maßgebend. Im Rand- und Eckbereich ist die Verlegung von Plattenbelägen ratsam, da hier oft Verwehungen der Schüttgüter auftreten. Während der Anwuchsphase von Begrünungen kann durch zusätzliche Maßnahmen das Verwehen der Substrate vermindert werden, zum Beispiel durch Abdecken mit Erosionsschutzgewebe.

Bei Leichtdachkonstruktionen ist aufgrund der oft geringen statischen Möglichkeiten die erforderliche Auflast allein zur Lagesicherung nicht ausreichend. Hier kann z. B. im Rand- und Eckbereich des Daches die Lagesicherung durch eine zusätzliche mechanische Befestigung ergänzt werden. Dies kann aber nicht die nach den Fachregeln für das Dachdeckerhandwerk ggf. erforderliche Randfixierung ersetzen.

**Grundsätzlich ist zu berücksichtigen,** dass auch schon während der Bauphase lose verlegte Polyurethan-Wärmedämmplatten lagegesichert werden müssen, da die notwendige Auflast in der Regel erst zu einem späteren Zeitpunkt aufgebracht wird.

<sup>4</sup> IVP (Hrsg.), Der „Marathon-Mann“: Ein neu entwickeltes Prüfverfahren simuliert wiederholte Druckbelastungen im Flachdach, Stuttgart 2006.

### Lagesicherung durch mechanische Befestigung

Vor allem bei Leichtdachkonstruktionen wie z. B. im Industriebau hat sich zur Sicherung gegen Windsog die lose Verlegung mit mechanischer Befestigung von Dachabdichtungen und PUR/PIR-Wärmedämmplatten als wirtschaftlichstes System durchgesetzt. Aus statischen Gründen sind bei solchen Dachkonstruktionen Auflasten zur Lagesicherung in der Regel nicht möglich.

Zur mechanischen Befestigung von Dachabdichtungen werden grundsätzlich drei Befestigungssysteme unterschieden:

- lineare Befestigung mit Befestigungselementen,
- Linienbefestigung mit biegesteifen Metallprofilen,
- Feldbefestigung mit flächig im Raster verteilten Befestigern.

Die Anzahl, Art und Lage der Befestiger sind z. B. mit einer Berechnung nach DIN EN 1991-1-1-4 nachzuweisen. Üblicherweise bieten die Hersteller der unterschiedlichen Dachabdichtungsbahnen solche Berechnungen an. Unabhängig davon sind Polyurethan-Dämmplatten zusätzlich mit geeigneten Dämmstoffbefestigern im Untergrund zu fixieren. Bei großformatigen PUR/PIR-Wärmedämmplatten und bei Dächern gemäß DIN 18234 werden fünf oder sechs Befestiger pro Platte eingebaut. Bei kleinformatischen Platten genügt der Einbau von zwei bis vier Befestigern pro Dämmplatte. Die Angaben der Hersteller zu Anzahl und Anordnung der Befestiger sind zu berücksichtigen.

Bild 7

Beispiel für die Befestigung großformatiger PUR/PIR-Wärmedämmplatten



### Lagesicherung durch Verklebung

Bei verklebten Aufbauten mit Polyurethan-Hartschaum Dämmplatten können zur Sicherung gegen Windsog folgende Arten der Verklebung angewendet werden:

- Verklebung mit PU-Kleber (Kaltkleber),
- Verklebung mit Heißbitumen.

#### Verklebung mit PU-Kleber (Kaltkleber):

Bei der Verklebung von Polyurethan-Flachdachdämmplatten mit PU-Kleber ist der Klebstoff streifenweise auf den Untergrund aufzutragen. Dabei ist besonders auf eine ausreichende Menge des Klebers zu achten. Diese ist abhängig von der Windsogberechnung nach DIN EN 1991-1-1-4 und von der Position auf der Dachfläche (Eck-, Rand- oder Mittenbereich) und kann z. B. im Mittel 200 g/m<sup>2</sup> betragen. Der Abstand der Klebestreifen zueinander soll ca. 200 mm betragen und zur Plattenkante ca. 100 mm. Eine punktweise Verklebung auf dem Untergrund ist nicht zulässig.

Bei Trapezblechunterkonstruktionen sind die Klebestreifen ausschließlich auf den Hochsicken des Bleches aufzutragen. Nur so kann ein kraftschlüssiger Verbund hergestellt werden. Auf eine ausreichende Ebenheit des Untergrundes ist zu achten.

Bild 8

Streifenförmige Verklebung mit PU-Kleber

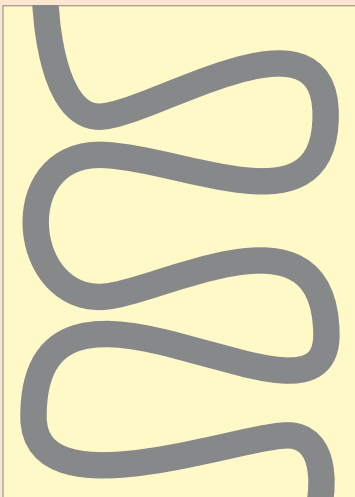


### Verklebung mit Heißbitumen

Das Heißbitumen wird in einem geeigneten Bitumenkocher auf ca. 180 °C erhitzt und verflüssigt, auf dem Untergrund streifenweise oder flächig ausgegossen und die Polyurethan-Flachdachdämmplatten werden eingelegt. Um eine ausreichende Verbindung zum Untergrund zu gewähren, ist eine Verklebung von mindestens 50 % der Fläche einer Platte notwendig. Wärmedämmplatten aus Polyurethan-Hartschaum sind kurzzeitig heißbitumenbeständig bis 250 °C. Als Unterkonstruktion eignet sich Beton mit entsprechender Bitumendampfsperre.

**Bild 9**

**Verklebung von Polyurethan-Dämmplatten in Heißbitumen, „Schlangenlinien“**



Diese Art der Verklebung ist nicht geeignet für PUR/PIR-Dämmplatten mit Aluminiumdeckschichten oder mit anderen, nicht heißbitumenbeständigen Deckschichten. Diese werden mit Kaltkleber verklebt.

Bei einem so genannten Kompaktdach sind alle Schichten, d. h. die Dampfsperre, die Polyurethan-Flachdachdämmplatten und die Abdichtungslage, untereinander und mit dem Untergrund kompakt und homogen mit Heißbitumen verklebt. Bei Kompaktdächern soll die Dämmschicht mindestens 80 mm dick sein.

Grundsätzlich ist der Untergrund vor der Verklebung mit den Flachdachdämmplatten auf seine Eignung hin zu prüfen. Die Angaben der Hersteller sind zu berücksichtigen.

### 1.13 Brandverhalten

Dächer sind unter brandschutztechnischen Gesichtspunkten als System zu betrachten. Die Brandeigenschaften der einzelnen Funktionsschichten lassen nur sehr bedingt Rückschluss auf das Brandverhalten des gesamten Daches zu, da es im Brandfall auf das Zusammenwirken der unterschiedlichen Baustoffe ankommt. Eine alleinige Bewertung nach Baustoffklassen ist nicht aussagekräftig.<sup>5</sup> Bei der brandschutztechnischen Bewertung von Dächern ist zudem maßgebend, ob die Brandeinwirkung von innen oder von außen erfolgt.

Polyurethan-Dämmstoffe werden in die Brandklassen C (schwerentflammbar), D oder E (normalentflammbar) gemäß DIN EN 13501-1 eingestuft.<sup>6</sup> Sie tropfen im Brandfall weder „brennend“ noch „nichtbrennend“ ab.

#### Brand von innen

Massive Betondächer mit oberseitiger Polyurethan-Dämmung werden i. d. R. als feuerbeständig eingestuft. Durchbrüche der Dachfläche (z. B. Oberlichter) sind gesondert zu betrachten.

Holzdachkonstruktionen können feuerhemmend oder -beständig entsprechend DIN 4102-4 ausgeführt werden.

Leichte Dachkonstruktionen aus Stahl erfüllen aufgrund ihrer Konstruktionsweise die Anforderungen „feuerhemmend“ oder „feuerbeständig“ meist nicht.

Großflächige Stahlleichtdächer können gemäß Industriebauanleitung und DIN 18234 bewertet werden. Die in der DIN 18234-2 aufgeführten Aufbauten mit Polyurethan-Dämmstoffen, bestehend aus Dampfsperren, Wärmedämmstoffen, Dachabdichtungen und Verbindungsmitteln gelten ohne weiteren Nachweis als geeignet für großflächige Dächer. DIN 18234-4 beschreibt die Ausbildung von Durchdringungen, beispielsweise Lichtkuppeln, sowie An- und Abschlüsse.

<sup>5</sup> Dieter Brein, Thomas Hegger, Zeitschrift für Forschung, Technik und Management im Brandschutz VFDB 4 / 2003, S. 180.

<sup>6</sup> Die deutschen Baustoffklassen B1 (schwerentflammbar) und B2 (normalentflammbar) gemäß DIN 4102-1 werden mittelfristig durch die europäischen Brandklassen nach EN 13501 abgelöst.

**Brand von außen – „harte Bedachung“**

Bedachungen müssen nach den Bestimmungen der Landesbauordnungen i. d. R. widerstandsfähig gegen Flugfeuer und strahlende Wärme sein („harte Bedachung“). Die Anforderung bezieht sich auf den gesamten Dachaufbau, bestehend aus Abdichtung, Polyurethan-Dämmung und Tragschale. Die Eignung kann durch Prüfung gemäß DIN V ENV 1187 oder DIN 4102-7 nachgewiesen werden. Anwendungsregeln für Prüfergebnisse von Bedachungen sind in DIN V 4102-23 enthalten. Weitere Aufbauten (z. B. schwerer Oberflächenschutz) sind in der DIN 4102 klassifiziert und gelten ohne weiteren Nachweis als geeignet.

**Glimmbrände**

Glimmbrände im Inneren von Dächern bleiben oft für lange Zeit unentdeckt und sind schwierig zu löschen. Zur Bewertung des Glimmbrandverhaltens von Baustoffen wird derzeit eine europäisch harmonisierte Norm entwickelt. Die Gefahr von Glimmbränden besteht bei Polyurethan-Dämmstoffen nicht.<sup>7</sup> Ein bauaufsichtlicher Nachweis über das Glimmverhalten ist daher nicht erforderlich.<sup>8</sup>

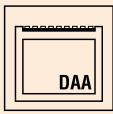
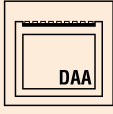
**1.14 ÜGPU-Qualitätssicherung und Polyurethan-Qualitätstypen**

Qualitätsgesicherte Wärmedämmstoffe aus Polyurethan sind am Qualitätszeichen der Überwachungsgemeinschaft Polyurethan-Hartschaum (ÜGPU) zu erkennen. Die mit dem ÜGPU-Qualitätszeichen gekennzeichneten Produkte müssen nicht nur der europäischen Produktnorm DIN EN 13165 und den gesetzlichen Vorschriften entsprechen, sondern darüber hinaus den besonderen Qualitätsanforderungen der ÜGPU genügen. Das ÜGPU-Qualitätszeichen bietet dem Anwender Verlässlichkeit und optimale Sicherheit. Nur Produkte, die aus überwachten Herstellwerken stammen und regelmäßig durch unabhängige, bauaufsichtlich anerkannte Stellen geprüft werden, dürfen dieses Zeichen tragen.

Die Anwendungsgebiete von Wärmedämmstoffen werden in DIN 4108-10 durch Kurzzeichen und Piktogramme dargestellt. Diese Kürzel sind auch auf gütegesicherten Polyurethan-Dämmstoffen angegeben, damit der Anwender den vom Hersteller vorgesehenen Verwendungszweck (z. B. PIR 024 DAA ds = PIR-Flachdachdämmung der Wärmeleitfähigkeitsstufe 024 unter Abdichtung und mit sehr hoher Druckbelastbarkeit) auf einen Blick erkennen kann.

**Tabelle 4**

**Bedeutung der Kurzzeichen nach DIN 4108-10 (Auszug) für das Anwendungsgebiet Flachdach**

| Anwendungsgebiet  | Kurzzeichen   | Anwendungsbeispiele  | PUR/PIR-Qualitätstypen   |
|---|---|--|--|
| Flachdach (Außendämmung von Dach oder Decke, vor Bewitterung geschützt, Dämmung unter Abdichtung) | DAA (dh)<br> | Flachdach mit hoher Druckbelastbarkeit (z. B. genutzte Dachflächen, Terrassendach) | PUR/PIR 024 DAA (dh)<br>PUR/PIR 026 DAA (dh)<br>PUR/PIR 027 DAA (dh)<br>PUR/PIR 028 DAA (dh)<br>PUR/PIR 029 DAA (dh)<br>PUR/PIR 030 DAA (dh) |
|   | DAA (ds)<br> | Flachdach mit sehr hoher Druckbelastbarkeit (z. B. Parkdeck)                       | PUR/PIR 024 DAA (ds)<br>PUR/PIR 026 DAA (ds)<br>PUR/PIR 027 DAA (ds)<br>PUR/PIR 028 DAA (ds)<br>PUR/PIR 029 DAA (ds)<br>PUR/PIR 030 DAA (ds) |

**Bild 10**

**Qualitätszeichen der ÜGPU – Überwachungsgemeinschaft Polyurethan-Hartschaum e. V.**



<sup>7</sup> Forschungs- und Materialprüfungsanstalt Baden-Württemberg (FMPA), Otto-Graf-Institut, Stuttgart: Prüfbericht 16-27375, Stuttgart 1998.

<sup>8</sup> Vgl. Bauregelliste B Teil 1 Anlage 08 (2009/2).



## 2 Wärmedämmung von Flachdächern im Neubau – Konstruktionsbeispiele

Beim Flachdach werden hohe und sehr spezifische Anforderungen an Dämmung und Abdichtung gestellt. Hohe Temperaturunterschiede, mechanische Belastungen, Nässe und Windkräfte beanspruchen die Konstruktion. Zudem muss das gesamte Dach einschließlich der Dämmung im Brandfall ein Höchstmaß an Sicherheit bieten. Dämmplatten aus Polyurethan-Hartschaum sind optimal geeignet, diese hohen Anforderungen zu erfüllen. Polyurethan-Dämmplatten zeichnen sich durch hohe thermische Beständigkeit und gute Dimensionsstabilität aus. Die im Flachdach eingesetzten Dämmplatten können dauerhaft in Temperaturbereichen von  $-30^{\circ}\text{C}$  bis zu  $+90^{\circ}\text{C}$  verwendet werden. In Abhängigkeit von Rohdichte und Deckschicht nehmen Polyurethan-Dämmstoffe kurzzeitige Temperaturbelastungen von bis zu  $+250^{\circ}\text{C}$  schadlos auf.

Flachdachabdichtungen, z. B. aus Bitumen- oder Kunststoffbahnen, können im Gieß-, Einroll- oder im Schweißverfahren mit den üblichen Nahtverbindungstechniken auf der Polyurethan-Dämmung verlegt werden. Polyurethan-Hartschaum hat eine hohe Druckfestigkeit, ist robust und belastbar. Polyurethan-Flachdachdämmplatten sind für jede Aufgabenstellung geeignet, von normaler Trittfestigkeit beim nicht genutzten Flachdach bis zur Extrembelastung im Parkdeck.

Steigende Anforderungen an den Wärmeschutz von Gebäuden führen zu immer dickeren Dämmschichten. Insbesondere im Flachdachbereich werden oftmals konstruktive Grenzen erreicht, die beispielsweise durch Lichtkuppelflansche oder Attiken vorgegeben sind. Hochleistungsfähige Polyurethan-Dämmstoffe besitzen schon bei geringer Schichtdicke eine hervorragende Wärmedämmleistung. Sie ermöglichen wirtschaftliche Konstruktionen mit äußerst geringen Aufbauhöhen.

Nicht genutzte Flachdächer, die für die Auflage einer Dachabdichtung vorgesehen sind, sollen gemäß Flachdachrichtlinie des ZVDH mit einem Gefälle von mindestens 2 % (Dachneigung  $1,15^{\circ}$ ) geplant werden, damit das Niederschlagswasser sicher abgeleitet wird. Dächer mit geringerer Neigung und begrünte Dächer sind mit erhöhter Verantwortung für Planer und Ausführende sowie mit erhöhten Anforderungen an die verwendeten Materialien verbunden.

### 2.1 Konstruktionsarten

Flachdächer sind vielfältig und bieten fast unbegrenzte Gestaltungsmöglichkeiten. Nach ihrer Konstruktion werden sie in belüftete und nicht belüftete Flachdächer unterteilt.

**Belüftete Flachdächer** sind zweischalige Konstruktionen. Sie bestehen aus einer inneren, raumabschließenden Schale mit aufliegender Wärmedämmung, einer Außenschale mit Abdichtung und einem dazwischenliegenden, von außen belüfteten Hohlraum.

**Nicht belüftete Flachdächer** sind einschalige Konstruktionen. Der Dachaufbau liegt unmittelbar auf der Unterkonstruktion auf.

**Nicht genutzte Flachdächer** sind nur zum Zwecke der Pflege, Wartung und allgemeinen Instandhaltung begehbare Flächen. Sie sind nicht für den dauernden Aufenthalt von Personen, die Nutzung durch Verkehr oder für intensive Begrünung vorgesehen. Die Abdichtung wird nach DIN 18531 bemessen.

**Genutzte Flachdächer** sind Flächen, die für den Aufenthalt von Personen oder für die Intensivbegrünung vorgesehen sind. Die Abdichtung wird nach DIN 18195 bemessen. Besondere Sorgfalt bei der Planung erfordern Dachflächen mit technischen Anlagen (z. B. Solaranlagen), die höheren Beanspruchungen unterliegen. Dies gilt in gleicher Weise für befahrbare Dachflächen.

Auf jedes Flachdach wirken vertikale Windlasten und horizontale Kräfte ein. Um Schäden zu vermeiden, muss der gesamte Flachdachaufbau mit all seinen Schichten gegen Abheben und Verschieben gemäß DIN EN 1991-1-1-4 gesichert sein.

Die **Lagesicherung** des Dachaufbaus erfolgt durch Verklebung, mechanische Befestigung und/oder **Auflast**, z. B. mit Kiesschüttung, Plattenbelägen oder einer Dachbegrünung.

**Leichtdächer** sind in der Regel **Flachdächer ohne Auflast** und haben eine Unterkonstruktion aus Stahl oder Holz. Aufgrund ihrer Bauweise (Schwingungen und thermische Längenänderungen der Unterkonstruktion) stellen diese Flachdächer besonders hohe Anforderungen an die Qualität der Dachabdichtung und Dämmung.

## 2.2 Belüftetes Flachdach (Kaltdach)

Das belüftete Flachdach besteht aus zwei Schalen. Die obere Schale trägt die Dachabdichtung und schützt das Gebäude in erster Linie vor Regen und Schnee. Die untere Schale schließt den Baukörper konstruktiv nach oben ab. Die Wärmedämmung aus Polyurethan-Hartschaum wird auf der Tragschale verlegt. Der Luftraum zwischen Wärmedämmung und oberer Schale wird zur Abführung der Bau- und Nutzungsfeuchte von außen be- und entlüftet. Wie beim unbelüfteten Dach muss beim belüfteten Dach die untere Schale einen gewissen Widerstand gegen Wasserdampfdiffusion besitzen und luftdicht ausgebildet sein. Damit wird verhindert, dass mehr Wasserdampf in den Luftraum gelangen kann, als durch die Belüftung abgeführt wird. Die für den Tauwasserschutz erforderlichen Maßnahmen, wie z. B. die Größe der Lüftungsöffnungen, die Höhe des freien Lüftungsquerschnittes und die diffusionsäquivalente Luftschichtdicke ( $s_d$ -Wert) der unteren Bauteile – sind in der DIN 4108 und in den Fachregeln des ZVDH aufgeführt.

## 2.3 Nicht belüftetes Flachdach (Warmdach)

Ob auf massivem Stahlbeton oder einer leichten Unterkonstruktion – die Warmdachkonstruktion ist vielseitig und bietet dem Planer ein kreatives Gestaltungsfeld. Die mechanische Belastbarkeit des Schichtenaufbaus bietet Freiheit bei der Dachflächennutzung: von der begehbaren Dachterrasse bis zur intensiven Begrünung und befahrbaren Dachfläche. Durch die kompakte Schichtenfolge ist die Wärmedämmung sicher vor Feuchtigkeit geschützt.

### 2.3.1 Flachdach ohne Auflast

Beim Standardaufbau eines Flachdaches ohne zusätzliche Auflast ist die Wärmedämmung großen Temperaturschwankungen ausgesetzt. Polyurethan-Hartschaum Dämmplatten sind temperaturbeständig, stabil und druckfest (von 100 bis 150 kPa). Sie sind für jede Aufgabenstellung von normaler Trittfestigkeit bis zu sehr hohen Belastungen geeignet.

Tabelle zu Bild 11

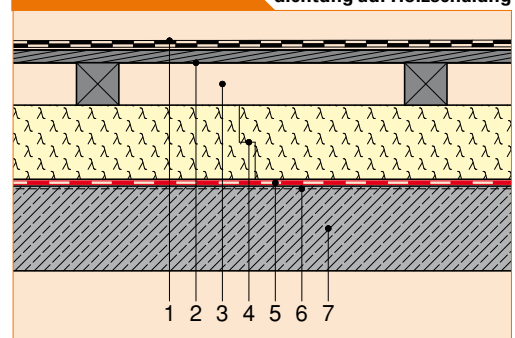
U-Werte für ein belüftetes Flachdach mit PUR/PIR-Dämmung – Abdichtung auf Holzschalung

| Polyurethan Dämmstoffdicke mm | U-Wert *) W/(m²K)          |                            |                            |
|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                               | Qualitätstypen             |                            |                            |
|                               | PUR/PIR 024 DAA dh bzw. ds | PUR/PIR 027 DAA dh bzw. ds | PUR/PIR 028 DAA dh bzw. ds |
| 80                            | 0,28                       |                            | 0,32                       |
| 100                           | 0,22                       |                            | 0,26                       |
| 120                           | 0,19                       | 0,21                       |                            |
| 140                           | 0,16                       | 0,18                       |                            |
| 160                           | 0,14                       | 0,16                       |                            |
| 180                           | 0,13                       | 0,14                       |                            |
| 200                           | 0,12                       | 0,13                       |                            |
| 220                           | 0,11                       | 0,12                       |                            |
| 240                           | 0,10                       | 0,11                       |                            |

\*) Die Wärmeübergangswiderstände  $R_{si}$  und  $R_{se}$  sowie 180 mm Normalbeton sind berücksichtigt. Objektspezifische Besonderheiten, z.B. nach DIN EN ISO 6946, wurden nicht berücksichtigt.

Bild 11

Belüftetes Flachdach mit PUR/PIR-Dämmung – Abdichtung auf Holzschalung



- 1 Dachabdichtung
- 2 Holzschalung auf Unterkonstruktion
- 3 Hinterlüftung
- 4 Polyurethan-Wärmedämmelement
- 5 Dampfsperre
- 6 Voranstrich
- 7 Tragkonstruktion/Massivdecke

Die Kombination mit nahezu allen Abdichtungssystemen ist möglich. Die Fixierung des Abdichtungssystems richtet sich nach dessen Materialien, der Anzahl der Lagen, der Art der Tragkonstruktion und der Deckschicht der Dämmplatten. Unkaschierte und vlieskaschierte Polyurethan-Platten sind zur Verschweißung oder Heißverklebung von Bitumenbahnen geeignet. Die Herstellerangaben sind zu beachten.

In den folgenden Abschnitten wird die Verbindung der Dämmplatten mit dem Untergrund beschrieben.

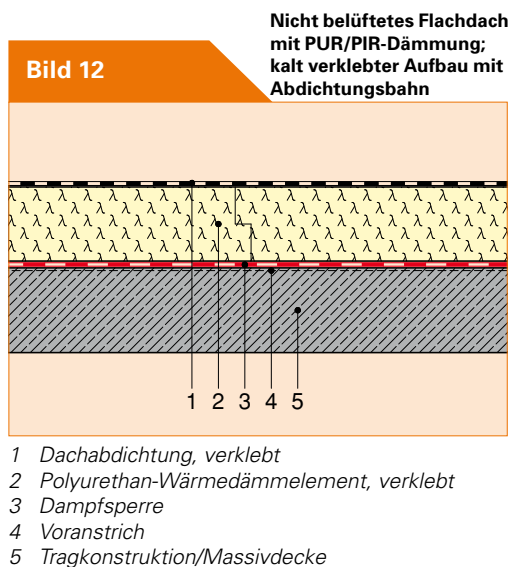
## 2.3.1.1 Verklebter Dachaufbau

### Kaltverklebung

Die Kaltverklebung von PUR/PIR-Hartschaum Dämmplatten eignet sich für alle Unterkonstruktionen. Es können feuchtigkeitshärtende PU-Kleber und Bitumen-Kaltkleber verwendet werden. Die Verklebung erfolgt in der Regel auf der Dampfsperre.

Da PU-Kleber leicht aufschäumen, werden Unebenheiten im Bereich der Überlappung von Dampfsperren überbrückt. Im Einbauzustand muss eine gleichmäßig verteilte, kraftschlüssige Fixierung der Polyurethan-Dämmplatte mit dem Untergrund sichergestellt werden.

Der Verbrauch an Klebmasse, die Anordnung und die Bemessung der Klebestreifen sind objekt- und produktabhängig. Die Herstellerempfehlungen sind zu beachten.



**Tabelle zu Bild 12**

**U-Werte zu einem nicht belüfteten Flachdach mit PUR/PIR-Dämmung; kalt verklebter Aufbau mit Abdichtungsbahn**

| Polyurethan Dämmstoffdicke mm | U-Wert *) W/(m²K)          |                            |                            |
|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                               | Qualitätstypen             |                            |                            |
|                               | PUR/PIR 024 DAA dh bzw. ds | PUR/PIR 027 DAA dh bzw. ds | PUR/PIR 028 DAA dh bzw. ds |
| 80                            | 0,28                       |                            | 0,32                       |
| 100                           | 0,23                       |                            | 0,26                       |
| 120                           | 0,19                       | 0,21                       |                            |
| 140                           | 0,16                       | 0,18                       |                            |
| 160                           | 0,14                       | 0,16                       |                            |
| 180                           | 0,13                       | 0,14                       |                            |
| 200                           | 0,12                       | 0,13                       |                            |
| 220                           | 0,11                       | 0,12                       |                            |
| 240                           | 0,10                       | 0,11                       |                            |

\*) Die Wärmeübergangswiderstände  $R_{si}$  und  $R_{se}$  sowie 180 mm Normalbeton sind berücksichtigt. Objektspezifische Besonderheiten, z. B. nach DIN EN ISO 6946, wurden nicht berücksichtigt.

# Wärmedämmung von Flachdächern im Neubau – Konstruktionsbeispiele

## Heißverklebung

Unkaschierte und vlieskaschierte Polyurethan-Flachdachdämmplatten sind kurzzeitig heißbitumenbeständig bis 250 °C und können mit heißflüssiger Bitumenmasse voll- oder teilflächig verklebt werden.

Dabei ist darauf zu achten, dass der Kleber gleichmäßig verteilt und jede Dämmplatte mit dem Untergrund ausreichend verklebt wird. Der Klebeflächenanteil richtet sich nach der Beanspruchung und ist in der Flachdachrichtlinie des ZVDH festgelegt.

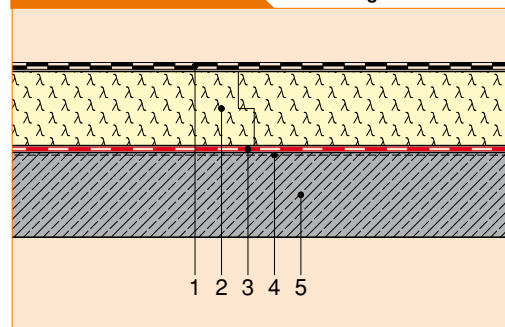
Eine weitere Möglichkeit ist die Verwendung von Bitumendampfsperren mit oberseitigen, thermisch aktivierbaren Klebestreifen.

## Kompaktdach

Bei einem so genannten Kompaktdach sind alle Schichten, d. h. Dampfsperre, die Polyurethan-Flachdachdämmplatten und die Abdichtungslage, untereinander und mit dem Untergrund kompakt und homogen mit Heißbitumen verklebt. So entsteht ein extrem hochwertiges, besonders dauerhaftes und schadensicheres Dachsystem.

**Bild 13**

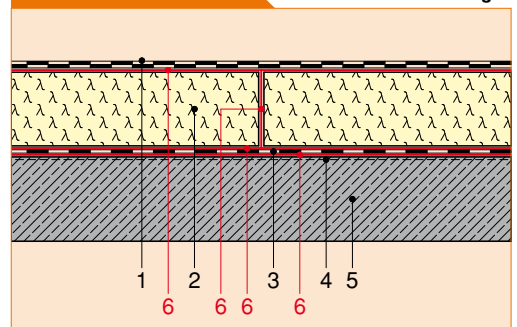
**Nicht belüftetes Flachdach mit PUR/PIR-Dämmung; heiß verklebter Aufbau mit Abdichtung**



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

**Bild 14**

**Nicht belüftetes Flachdach mit PUR/PIR-Dämmung; heißbitumenverklebter Aufbau als Kompaktdach mit bituminöser Abdichtung**



- 1 Bituminöse Dachabdichtung
- 2 Polyurethan-Wärmedämmelement
- 3 Bituminöse Dampfsperre
- 4 Voranstrich
- 5 Tragkonstruktion/Massivdecke
- 6 Heißbitumen

**Tabelle zu Bildern 13/14**

**U-Werte zu einem nicht belüfteten Flachdach mit PUR/PIR-Dämmung; heiß verklebter Aufbau mit Abdichtung**

| Polyurethan<br>Dämmstoffdicke<br>mm | U-Wert *) W/(m²K)             |                               |
|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                                     | Qualitätstypen                |                               |
|                                     | PUR/PIR 027 DAA<br>dh bzw. ds | PUR/PIR 028 DAA<br>dh bzw. ds |
| 80                                  |                               | 0,32                          |
| 100                                 |                               | 0,26                          |
| 120                                 | 0,21                          |                               |
| 140                                 | 0,18                          |                               |
| 160                                 | 0,16                          |                               |
| 180                                 | 0,14                          |                               |
| 200                                 | 0,13                          |                               |
| 220                                 | 0,12                          |                               |
| 240                                 | 0,11                          |                               |

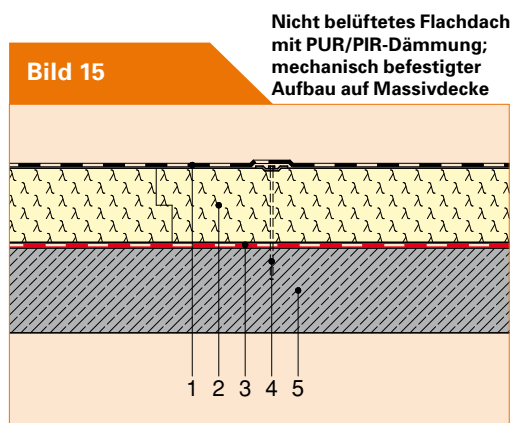
\*) Die Wärmeübergangswiderstände  $R_{si}$  und  $R_{se}$  sowie 180 mm Normalbeton sind berücksichtigt. Objektspezifische Besonderheiten, z. B. nach DIN EN ISO 6946, wurden nicht berücksichtigt.



## 2.3.1.2 Mechanisch befestigter Dachaufbau

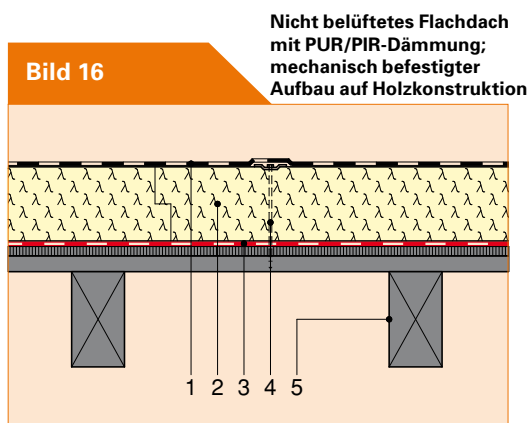
Die Befestigung des Dachaufbaus erfolgt mit zugelassenen Befestigungsmitteln, z. B. Tellerdübeln, Schrauben, Laschen, Metallbändern. Art und Anzahl der Befestigungselemente richten sich nach der Tragkonstruktion und den auftretenden Windsogkräften. Unabhängig davon sind für eine gleichmäßige flächige Befestigung der Dämmplatten ausreichend Elemente einzusetzen.

### Flachdach in massiver Konstruktion



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

### Flachdach in Holzkonstruktion



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

**Tabelle zu Bildern 15/16**

U-Werte zu einem nicht belüfteten Flachdach mit PUR/PIR-Dämmung; mechanisch befestigter Aufbau auf Holzkonstruktion

| Polyurethan Dämmstoffdicke mm | U-Wert *) W/(m²K)          |                            |                            |
|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                               | Qualitätstypen             |                            |                            |
|                               | PUR/PIR 024 DAA dh bzw. ds | PUR/PIR 027 DAA dh bzw. ds | PUR/PIR 028 DAA dh bzw. ds |
| 80                            | 0,27                       |                            | 0,31                       |
| 100                           | 0,22                       |                            | 0,25                       |
| 120                           | 0,19                       | 0,21                       |                            |
| 140                           | 0,16                       | 0,18                       |                            |
| 160                           | 0,14                       | 0,16                       |                            |
| 180                           | 0,13                       | 0,14                       |                            |
| 200                           | 0,12                       | 0,13                       |                            |
| 220                           | 0,11                       | 0,12                       |                            |
| 240                           | 0,10                       | 0,11                       |                            |

\*) Die Wärmeübergangswiderstände  $R_{si}$  und  $R_{se}$  sowie 24 mm Holzschalung sind berücksichtigt. Objektspezifische Besonderheiten, z. B. nach DIN EN ISO 6946, wurden nicht berücksichtigt.

## Flachdach als Stahlleichtdach

Tabelle zu Bild 17

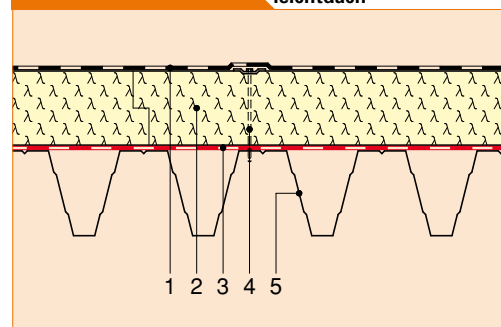
U-Werte zu einem nicht belüfteten Flachdach mit PUR/PIR-Dämmung; mechanisch befestigter Aufbau auf einem Stahlleichtdach

| Polyurethan Dämmstoffdicke mm | U-Wert *) W/(m²K)          |                            |                            |
|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                               | Qualitätstypen             |                            |                            |
|                               | PUR/PIR 024 DAA dh bzw. ds | PUR/PIR 027 DAA dh bzw. ds | PUR/PIR 028 DAA dh bzw. ds |
| 80                            | 0,29                       |                            | 0,33                       |
| 100                           | 0,23                       |                            | 0,27                       |
| 120                           | 0,19                       | 0,22                       |                            |
| 140                           | 0,17                       | 0,19                       |                            |
| 160                           | 0,15                       | 0,17                       |                            |
| 180                           | 0,13                       | 0,15                       |                            |
| 200                           | 0,12                       | 0,13                       |                            |
| 220                           | 0,11                       | 0,12                       |                            |
| 240                           | 0,10                       | 0,11                       |                            |

\*) Die Wärmeübergangswiderstände  $R_{si}$  und  $R_{se}$  sind berücksichtigt. Objektspezifische Besonderheiten, z. B. nach DIN EN ISO 6946, wurden nicht berücksichtigt.

Bild 17

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



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

Bei Stahltrapezprofilblechen muss die notwendige Überbrückung der lichten Weite zwischen den Obergurten berücksichtigt werden. Der Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks empfiehlt in seiner Flachdachrichtlinie Mindestdicken für die Wärmedämmung. Der erforderliche Wärmeschutz nach EnEV ist zusätzlich zu berücksichtigen.

Tabelle 5

Mindestdämmstoffdicken auf Stahltrapezprofilblechen gemäß Flachdachrichtlinie des ZVDH

| Größte lichte Weite zwischen den Obergurten in mm | Wärmedämmstoff Mindestdicke in mm |         |              |            |
|---|-----------------------------------|---------|--------------|------------|
|   | EPS                               | PUR/PIR | Mineralfaser | Schaumglas |
| 70  | 40                                | 40      | 50           | 40         |
| 100   | 50                                | 50      | 80           | 50         |
| 130   | 60                                | 60      | 100          | 60         |
| 150   | 70                                | 60      | 120          | 70         |
| 160   | 80                                | 70      | 120          | 80         |
| 170   | 90                                | 80      | 140          | 90         |
| 180   | 100                               | 80      | 140          | 90         |

## 2.3.2 Flachdach mit Auflast

Wird zur Sicherung gegen Windsog ein schwerer Oberflächenschutz aufgebracht, bezeichnet man diesen auch als Auflast. In den meisten Fällen handelt es sich um Kiesschüttungen, Begrünungen oder auch um Platten, die eine Nutzung als Dachterrasse ermöglichen.

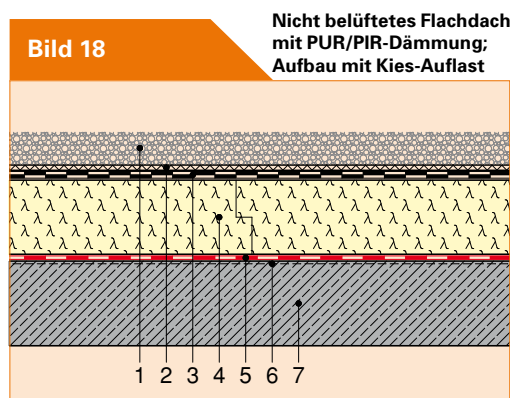
### 2.3.2.1 Flachdach mit Kiesschüttung

Für Kiesschüttungen empfiehlt der ZVDH in seiner Flachdachrichtlinie die Körnung 16/32 mm mit einer Schichtdicke  $\geq 50$  mm. Die Höhe der Kiesschicht bemisst sich nach den zu erwartenden Windsoglasten.

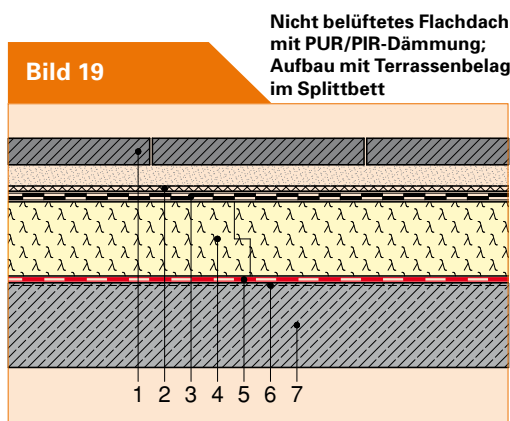
### 2.3.2.2 Flachdach als Terrasse und mit Dachbegrünung

Die Nutzung der Dachfläche als Terrasse wird immer beliebter. Polyurethan-Flachdachdämmplatten sind äußerst druck- und trittfest. Sie können unter Terrassenbelägen und begrünten Flachdachaufbauten eingesetzt werden.

Gründächer speichern auf natürliche Art Wasser, binden Staub und heizen sich auch bei extremen Temperaturen kaum auf. Sie schützen die Dachabdichtung vor Umweltbelastungen und erhöhen die Dauerhaftigkeit. Grüne Dachlandschaften sind wertvolle Ersatzlebensräume für Pflanzen und Kleinlebewesen.



- 1 Kies-Auflast
- 2 Schutzlage
- 3 Dachabdichtung
- 4 Polyurethan-Wärmedämmelement
- 5 Dampfsperre
- 6 Voranstrich
- 7 Tragkonstruktion/Massivdecke



- 1 Terrassenbelag im Splittbett
- 2 Schutzlage
- 3 Dachabdichtung
- 4 Polyurethan-Wärmedämmelement
- 5 Dampfsperre
- 6 Voranstrich
- 7 Tragkonstruktion/Massivdecke

**Tabelle zu Bildern 18/19**

U-Werte zu einem nicht belüfteten Flachdach mit PUR/PIR-Dämmung; Aufbau mit Terrassenbelag im Splittbett

| Polyurethan Dämmstoffdicke mm | U-Wert *) W/(m²K)          |                            |                            |
|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                               | Qualitätstypen             |                            |                            |
|                               | PUR/PIR 024 DAA dh bzw. ds | PUR/PIR 027 DAA dh bzw. ds | PUR/PIR 028 DAA dh bzw. ds |
| 80                            | 0,28                       |                            | 0,32                       |
| 100                           | 0,23                       |                            | 0,26                       |
| 120                           | 0,19                       | 0,21                       |                            |
| 140                           | 0,16                       | 0,18                       |                            |
| 160                           | 0,14                       | 0,16                       |                            |
| 180                           | 0,13                       | 0,14                       |                            |
| 200                           | 0,12                       | 0,13                       |                            |
| 220                           | 0,11                       | 0,12                       |                            |
| 240                           | 0,10                       | 0,11                       |                            |

\*) Die Wärmeübergangswiderstände  $R_{si}$  und  $R_{se}$  sowie 180 mm Normalbeton sind berücksichtigt. Objektspezifische Besonderheiten, z. B. nach DIN EN ISO 6946, wurden nicht berücksichtigt.

# Wärmedämmung von Flachdächern im Neubau – Konstruktionsbeispiele

Bei Verlegung von Terrassenbelägen auf Stelzlager ist auf eine ausreichende Lastverteilung zu achten. Zur Berechnung der Auflagerfläche

ist der Wert der zulässigen Dauerdruckspannung bei 2 % Stauchung anzusetzen. Zusätzlich empfiehlt sich der Einsatz von Schutzlagen zwischen Stelzlager und Abdichtung.

**Tabelle zu Bildern 20/21**

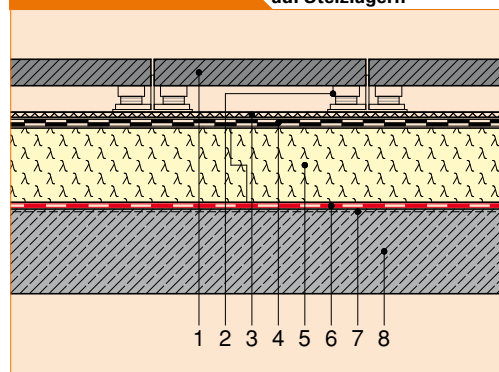
U-Werte zu einem nicht belüfteten Flachdach mit PUR/PIR-Dämmung; Aufbau mit Terrassenbelag auf Stelzlager

| Polyurethan<br>Dämmstoffdicke<br>mm | U-Wert *) W/(m²K)             |                               |                               |
|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                                     | Qualitätstypen                |                               |                               |
|                                     | PUR/PIR 024 DAA<br>dh bzw. ds | PUR/PIR 027 DAA<br>dh bzw. ds | PUR/PIR 028 DAA<br>dh bzw. ds |
| 80                                  | 0,28                          |                               | 0,32                          |
| 100                                 | 0,23                          |                               | 0,26                          |
| 120                                 | 0,19                          | 0,21                          |                               |
| 140                                 | 0,16                          | 0,18                          |                               |
| 160                                 | 0,14                          | 0,16                          |                               |
| 180                                 | 0,13                          | 0,14                          |                               |
| 200                                 | 0,12                          | 0,13                          |                               |
| 220                                 | 0,11                          | 0,12                          |                               |
| 240                                 | 0,10                          | 0,11                          |                               |

\*) Die Wärmeübergangswiderstände  $R_{si}$  und  $R_{se}$  sowie 180 mm Normalbeton sind berücksichtigt. Objektspezifische Besonderheiten, z.B. nach DIN EN ISO 6946, wurden nicht berücksichtigt.

**Bild 20**

Nicht belüftetes Flachdach mit PUR/PIR-Dämmung; Aufbau mit Terrassenbelag auf Stelzlager



- 1 Terrassenbelag
- 2 Stelzlager
- 3 Schutzlage
- 4 Dachabdichtung
- 5 Polyurethan-Wärmedämmelement
- 6 Dampfsperre
- 7 Voranstrich
- 8 Tragkonstruktion/Massivdecke

## Intensivbegrünungen

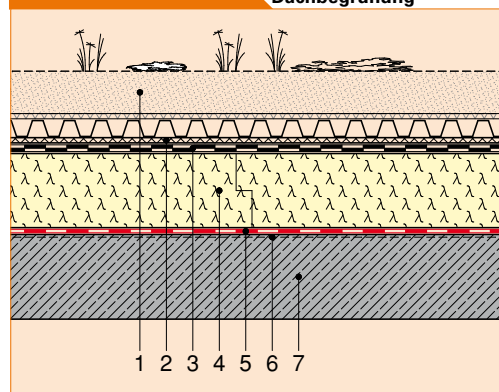
mit Rasen, Wege- und Pflanzbereichen können wie ein Garten gestaltet werden.

## Extensivbegrünungen

bestehen dagegen aus genügsamen, überwiegend niedrigwüchsigen Pflanzen und sind nur zur Kontrolle und Pflege begehbar.

**Bild 21**

Nicht belüftetes Flachdach mit PUR/PIR-Dämmung; Aufbau mit intensiver Dachbegrünung

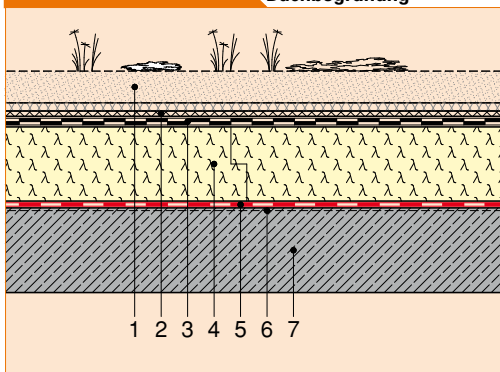


- 1 Intensive Dachbegrünung
- 2 Schutzlage
- 3 Dachabdichtung
- 4 Polyurethan-Wärmedämmelement
- 5 Dampfsperre
- 6 Voranstrich
- 7 Tragkonstruktion/Massivdecke



Bild 22

Nicht belüftetes Flachdach mit PUR/PIR-Dämmung; Aufbau mit extensiver Dachbegrünung



- 1 Extensive Dachbegrünung
- 2 Schutzlage
- 3 Dachabdichtung
- 4 Polyurethan-Wärmedämmelement
- 5 Dampfsperre
- 6 Voranstrich
- 7 Tragkonstruktion/Massivdecke

Tabelle zu Bildern 22/23

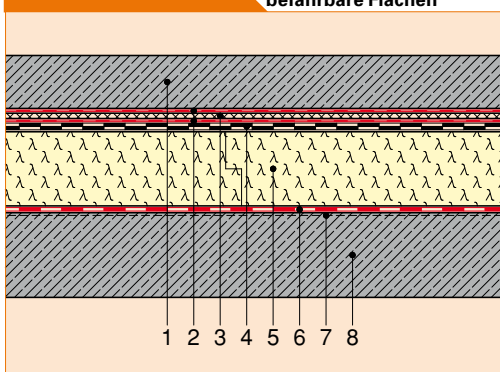
U-Werte zu einem nicht belüfteten Flachdach mit PUR/PIR-Dämmung; Aufbau mit extensiver Dachbegrünung

| Polyurethan Dämmstoffdicke mm | U-Wert *) W/(m²K)          |                            |                            |
|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                               | Qualitätstypen             |                            |                            |
|                               | PUR/PIR 024 DAA dh bzw. ds | PUR/PIR 027 DAA dh bzw. ds | PUR/PIR 028 DAA dh bzw. ds |
| 80                            | 0,28                       |                            | 0,32                       |
| 100                           | 0,23                       |                            | 0,26                       |
| 120                           | 0,19                       | 0,21                       |                            |
| 140                           | 0,16                       | 0,18                       |                            |
| 160                           | 0,14                       | 0,16                       |                            |
| 180                           | 0,13                       | 0,14                       |                            |
| 200                           | 0,12                       | 0,13                       |                            |
| 220                           | 0,11                       | 0,12                       |                            |
| 240                           | 0,10                       | 0,11                       |                            |

\*) Die Wärmeübergangswiderstände  $R_{si}$  und  $R_{se}$  sowie 180 mm Normalbeton sind berücksichtigt. Objektspezifische Besonderheiten, z. B. nach DIN EN ISO 6946, wurden nicht berücksichtigt.

Bild 23

Nicht belüftetes Flachdach mit PUR/PIR-Dämmung; Aufbau für befahrbare Flächen



- 1 Beton-Druckverteilungsplatte/Fahrbahnbelag
- 2 Trenn- und Gleitlagen
- 3 Schutzlage
- 4 Dachabdichtung
- 5 Polyurethan-Wärmedämmelement
- 6 Dampfsperre
- 7 Voranstrich
- 8 Tragkonstruktion/Massivdecke

## 2.3.2.3 Befahrbare Dachflächen

Bei befahrbaren Dachflächen stellen ständig wechselnde Druckbelastungen und horizontale Schubkräfte, verursacht durch Brems- und Anfahrvorgänge sowie Kurvenfahren, an die Konstruktion besonders hohe Anforderungen. Zur Verteilung der Verkehrslasten ist eine bewehrte Beton-Druckverteilungsplatte notwendig. Diese ist durch einen Tragwerksplaner zu bemessen. Die Dickenminderung der Dämmschicht ist auf 2 % zu begrenzen.

Die hohe Druckfestigkeit bzw. Druckspannung ist neben dem hervorragenden Wärmedämmvermögen eine wichtige und charakteristische Eigenschaft von Polyurethan-Hartschaum. Polyurethan-Wärmedämmplatten können in verschiedenen Rohdichten und somit auch mit unterschiedlichen Druckfestigkeits- bzw. Druckspannungswerten hergestellt werden. Für Parkdecks sind je nach Belastung Platten mit Nenndruckspannungen ab 150 kPa geeignet.

## 3 Sanierungslösungen für Flachdächer – Konstruktionsbeispiele

Für die Flachdachsanierung gibt es kein Patentrezept. Die Möglichkeiten und Sanierungslösungen werden durch verschiedenste Parameter wie Dachgeometrie, Anschlusshöhen, Gefälle sowie Zustand und Funktionstüchtigkeit des vorhandenen Dachaufbaus bestimmt. Grundvoraussetzung für eine effiziente Sanierung ist daher eine umfassende Bestandsaufnahme der vorhandenen Situation, insbesondere des Dachaufbaus von der Tragkonstruktion bis zur Dachabdichtung bzw. zum Oberflächenschutz. Dabei muss nicht nur die Nutzung der Dachfläche berücksichtigt werden, die sich auf die Belastung des gesamten Dachaufbaus auswirkt. Auch die Konstruktion des Flachdaches – z. B. als belüftetes Flachdach in Holzbauweise oder als nicht belüftetes Flachdach mit flächiger Wärmedämmung – spielt bei der Sanierungsplanung eine entscheidende Rolle.

Ausgehend von einer groben Bestandsaufnahme, bei der Schäden oft schon visuell erkennbar sind, erfolgt eine detaillierte Dachuntersuchung. Welches Sanierungskonzept in Frage kommt, richtet sich in erster Linie nach dem Zustand des vorhandenen Dachaufbaus. Ist dieser sprichwörtlich „nicht mehr zu retten“, da z. B. die Wärmedämmung durchnässt oder die Dampfsperre schadhaft ist, bleibt nur noch das Abtragen der alten Dachabdichtung und ein vollständiger Neuaufbau. In vielen Fällen kann jedoch der Dachaufbau bestehen bleiben und die Sanierung auf der vorhandenen Dachabdichtung erfolgen.

### 3.1 Bestandsaufnahme, Voraussetzungen, Planung, Dachentwässerung mit Gefälledämmschicht

#### Bestandsaufnahme

Bei der Bestandsaufnahme eines Flachdaches wird die Abdichtung auf Falten, Blasen, Risse, Sprödigkeit und Aufschubfalten untersucht, die Dachneigung festgestellt sowie die Art und Anzahl der Anschlüsse und Durchdringungen (Lichtkuppeln, Lüfter, Dunstrohre etc.):

- Befindet sich der Gully am Tiefpunkt, so dass das Wasser tatsächlich über den Gully ablaufen kann?
- Ist die vorhandene Dämmung funktions-tüchtig (Durchfeuchtung, Ebenheit, Trittfestigkeit)?
- Sind die Anschlusshöhen der Abdichtung am Dachrand und an den Dachanschlüssen eingehalten?
- Wie sind die Metall- und Abdeckprofile ausgeführt?
- Wie wurden Dehnfugen ausgeführt?

Bei belüfteten Flachdächern ist zusätzlich das Tragwerk auf Feuchteschäden, z. B. aufgrund einer nicht funktionstüchtigen Hinterlüftung und/oder einer mangelhaften Luftdichtheits-schicht/Dampfbremse, zu überprüfen.

Für eine aussagekräftige Beurteilung empfiehlt es sich, das Dach an verschiedenen Punkten zu öffnen.

#### Voraussetzungen

Soll die Sanierung eines Flachdaches auf der vorhandenen Dachabdichtung erfolgen, müssen folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

- Blasen und Wellen in der vorhandenen Dachabdichtung müssen abgestoßen und überarbeitet werden.
- Die vorhandene Wärmedämmung darf nicht verrottbar und muss funktionstüchtig sein.
- Die Windsogsicherung muss geklärt sein.

Lässt sich der vorhandene Dachaufbau nicht mehr erhalten, müssen die geschädigten Schichten abgetragen und neu aufgebaut werden (vgl. Kapitel 2).

## Planung

Bei der Planung sind die Anforderungen an den Wärmeschutz gemäß EnEV zu beachten. Wird die Dachabdichtung erneuert, bestehen gesetzliche Vorgaben an die Wärmedämmung. Dies führt in der Regel dazu, dass die Dämmung verbessert werden muss (vgl. Kapitel 1.4).

Wenn durch geringe Anschlusshöhen die Aufbauhöhe begrenzt ist, kann es sinnvoll sein, auch funktionstüchtige Dachaufbauten komplett zu erneuern. Mit leistungsfähigen Dämmstoffen aus Polyurethan lassen sich hohe Anforderungen an den Wärmeschutz bereits mit geringen Dämmschichtdicken erfüllen.

## Dachentwässerung mit Gefälledämmschicht

Aufgrund von Durchbiegungen der Tragkonstruktion, Gullys über der Entwässerungsebene und Dachflächen ohne Gefälle kommt es zu stehendem Wasser und Pfützenbildung. Dies führt häufig zu einer Schädigung der Dachabdichtung.

Bei jeder Flachdachsanierung sollte daher unbedingt auf ein ausreichendes Gefälle zur Ableitung des Niederschlagswassers im Sinne der Flachdachrichtlinie des ZVDH und der DIN 18531 sowie DIN 18195 geachtet werden. Eine geplante Dachentwässerung kann heute einfach und kostengünstig durch eine Gefälledämmung hergestellt werden (vgl. Kapitel 1.10).

## 3.2 Sanierung eines belüfteten Flachdaches in Holzbauweise

### Belüftete Dachkonstruktion in Holzbauweise mit vorhandener Zwischensparrendämmung (Kaltdach)

Belüftete Flachdächer sind auf der Raumseite häufig nicht ausreichend luftdicht ausgeführt. Die Folgen sind sowohl mangelhafter Wärmeschutz als auch Feuchteschäden durch Konvektion, die selbst durch eine funktionstüchtige Belüftung nicht zuverlässig zu vermeiden sind.

Es genügt daher nicht, nur den Balkenzwischenraum mit Dämmstoff auszufüllen, weil die Luftdichtheit ungenügend ist und die Tauebene in Höhe der Tragkonstruktion bestehen bleibt. Zudem wird der Lüftungsquerschnitt eingengt oder völlig aufgefüllt, das Dachsystem somit drastisch verändert. Dadurch können Feuchteschäden im sanierten Dachaufbau auftreten.

Eine zusätzliche vollflächige Polyurethan-Dämmung auf der Dachschalung ist hingegen die technische und wirtschaftlich optimale Sanierungslösung:

- verbesserte Dämmleistung ohne Wärmebrücken,
- vorhandene Installationen bleiben unverändert,
- das Hausinnere wird während der Dachsanierung durch Witterung und Schmutz kaum beeinträchtigt.

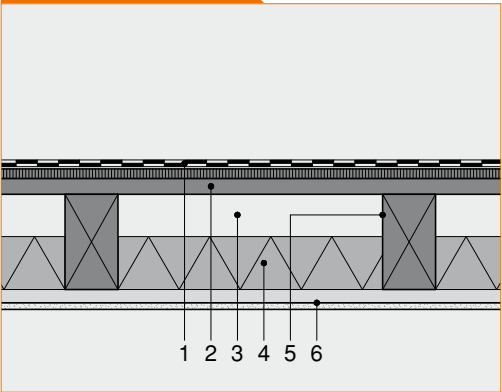
Bei der Sanierung kann die vorhandene Dämmung zwischen den Dachbalken erhalten bleiben. Die Hinterlüftungsebene wird luftdicht geschlossen und zur ruhenden Luftschicht umgewandelt. Eine Dampfsperre unterhalb der Polyurethan-Dämmung stellt die erforderliche Luft- und Dampfdichtheit her. Die vorhandene Dachabdichtung kann oft verbleiben und die Funktion einer Dampfsperre übernehmen. Anschlüsse und Durchdringungen etc. müssen bereits bei der Planung der Luftdichtheit berücksichtigt werden.

Die vollflächige Polyurethandämmung ist so zu dimensionieren, dass die Tauebene über die Tragkonstruktion nach oben verschoben wird. Dies ist der Fall, wenn die Polyurethandämmschicht der WLS 024 mindestens 4 cm dicker ist (WLS 028 mindestens 6 cm dicker) als die bestehende Dämmung (mit WLS 040) zwischen den Dachbalken. Bei dieser Sanierungslösung bleibt die Tragkonstruktion zuverlässig tauwasserfrei.

Abweichende Ausführungen sind bauphysikalisch zu prüfen. Ist keine wirksame Dämmung vorhanden, richtet sich die Dicke der Polyurethan-Dämmung nach den aktuellen wärme- dämmtechnischen Anforderungen (z. B. EnEV). Bei der Entfernung vorhandener Mineralwolle müssen Vorschriften zum Arbeitsschutz beachtet werden.

Bild 24a

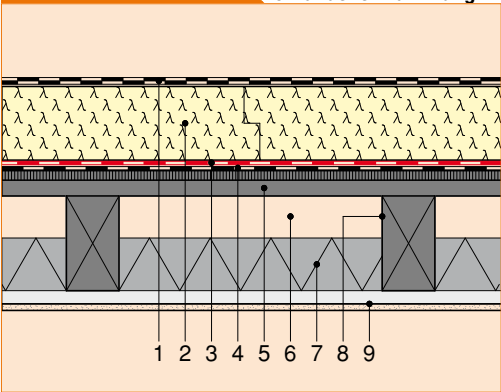
Vorhandene Situation



- 1 Dachabdichtung
- 2 Holzschalung
- 3 Lüftungsebene
- 4 Vorhandene Dämmung zwischen den Dachbalken
- 5 Tragkonstruktion
- 6 Deckenbekleidung

Bild 24b

Sanierungslösung mit PUR/PIR-Dämmung auf einer belüfteten Dachkonstruktion in Holzbauweise mit vorhandener Dämmung



- 1 Dachabdichtung
- 2 Polyurethan-Wärmedämmung
- 3 Luftdichtheitsschicht/Dampfsperre
- 4 Trennlage
- 5 Holzschalung
- 6 Nicht belüftete Luftschicht
- 7 Vorhandene Dämmung zwischen den Dachbalken
- 8 Tragkonstruktion
- 9 Deckenbekleidung

Tabelle zu Bild 24b

U-Werte für die Sanierung mit PUR/PIR-Dämmung auf einer Flachdachkonstruktion bei vorhandener Dämmung zwischen Dachbalken

| Dämmung zwischen Dachbalken WLS 040 mm | PUR/PIR-Dämmstoffdicke mm | U-Wert *) W/(m²K)          |                            |
|--|---------------------------|----------------------------|----------------------------|
|  |                           | Qualitätstypen             |                            |
|  |                           | PUR/PIR 024 DAA dh bzw. ds | PUR/PIR 027 DAA dh bzw. ds |
| 80                                     | 120                       | 0,13                       | -                          |
|  | 140                       | 0,12                       | 0,13                       |
|  | 160                       | 0,11                       | 0,12                       |
|  | 180                       | 0,10                       | 0,11                       |
|  | 200                       | 0,09                       | 0,10                       |
| 100                                    | 140                       | 0,12                       | -                          |
|  | 160                       | 0,11                       | 0,11                       |
|  | 180                       | 0,10                       | 0,11                       |
|  | 200                       | 0,09                       | 0,10                       |
| 120                                    | 160                       | 0,10                       | -                          |
|  | 180                       | 0,09                       | 0,10                       |
|  | 200                       | 0,09                       | 0,09                       |

\*) Die Wärmeübergangswiderstände  $R_{si}$  und  $R_{se}$ , 13 % Balkenanteil, 24 mm Holzschalung und 12,5 mm Gipskarton auf 24 mm Lattung sind berücksichtigt. Objektspezifische Besonderheiten, z. B. nach DIN EN ISO 6946, wurden nicht berücksichtigt.

### 3.3 Sanierung eines nicht belüfteten Flachdaches

Dachaufbauten im Bestand können durch Aufdoppelung einer zusätzlichen Dämmschicht energetisch saniert werden. Dabei können vorhandene, noch funktionsfähige Schichten häufig erhalten bleiben. Das gilt selbst für gering durchfeuchtete Dämmschichten, sofern diese formstabil und lagesicher sind und aus verrottungsresistenten Schaumkunststoffen bestehen.

Sofern die vorhandene Dachabdichtung intakt und lagesicher ist, kann sie im Sinne von Abfallvermeidung und Wirtschaftlichkeit im Aufbau verbleiben. Überdies bleibt auf diese Weise der vorhandene Dachaufbau bis zuletzt witterungsgeschützt. Bei schrumpfunggefährdeten Abdichtungsbahnen ist ein Verbleib im Dachaufbau unter gewissen Voraussetzungen ebenfalls möglich; d. h., die Bahn wird dann unmittelbar vor der Sanierung spannungsfrei aufgeschnitten und die Randanschlüsse werden ggf. entfernt.

**Windsoglasten** müssen in diesem Fall über Auflast oder mechanische Befestigung des sanierten Daches abgetragen werden, wobei die Befestigung durch beide Dämmschichten hindurch in den tragenden Untergrund erfolgt. Ist die Aufnahme der Windsoglasten über die Verklebung des Dachaufbaus geplant, so kommt der Überprüfung von Zustand und Oberflächenbeschaffenheit, aber auch von Lagesicherheit und Haftung der vorhandenen Dachabdichtung eine entscheidende Rolle zu. Sofern Zweifel an der Tragfähigkeit der vorhandenen Schichten bestehen, empfiehlt sich in jedem Fall der Ausbau oder die mechanische Befestigung.

Grundsätzlich ist eine **definierte Lagesicherung** der neu eingebauten Dämmschicht durch Verklebung oder mechanische Befestigung empfehlenswert, schon um die Windsogsicherung im Bauzustand zu gewährleisten. Vorhandene Dachabdichtungen, insbesondere mit Bitumenbahnen, weisen zudem Unebenheiten auf. Um die Lagesicherheit der neu eingebauten Dämmschicht sicherzustellen, ist ein Höhenausgleich durch Verwendung geeigneter Verguss- und Klebmassen (z.B. Heißbitumenmasse) oder aufschäumender Dachklebstoffe möglich.

#### Die An- und Abschlüsse der Dachabdichtung

an Dachrändern, Durchdringungen und aufgehenden Bauteilen müssen zumeist völlig neu aufgebaut werden und erfordern eine intensive Planung und Detaillierung. Häufig reichen die vorhandenen Anschlusshöhen für eine zusätzliche Dämmschicht nicht aus und müssen durch Aufdoppelung von Randbohlen, Attiken etc. angepasst werden. Vor allem bei beengten Verhältnissen kann es wirtschaftlicher sein, den vorhandenen Dachaufbau vollständig zu entfernen und durch einen schlanken Neuaufbau unter Verwendung hochleistungsfähiger Dämmstoffe aus Polyurethan-Hartschaum zu ersetzen.

#### Hinweise zur Sanierung durchfeuchteter Dämmschichten<sup>9</sup>

##### Nasse Dächer bleiben nass

Durchfeuchtete Dämmschichten, die ober- und unterseitig zwischen Bahnen mit großem Dampfsperrwert eingeschlossen sind, trocknen auch über eine lange Standzeit nicht aus.

##### Lüfter nützen wenig

Erfahrungsgemäß sind Lüfter nur im Umkreis von rund einem Meter wirksam. Zur großflächigen Trocknung von Dämmschichten sind sie daher nicht geeignet.

##### Perforierung ist oft schädlich

Die Perforation der alten Dachhaut trägt kaum zur Entfeuchtung bei, birgt aber die Gefahr, dass die Feuchtigkeit in die neue Dämmschicht eindringt.

##### Nasse Dämmstoffe müssen entfernt werden

Wasser im Dachaufbau und nasse Dämmstoffe sind grundsätzlich zu entfernen, um Schädigungen durch eingeschlossenes Wasser zu vermeiden.

##### Feuchte Dämmstoffe dämmen noch gut

Feuchte Dämmstoffe aus Hartschaum haben immer noch einen deutlichen Dämmwert. Die Feuchtigkeit wirkt sich auf die Druckfestigkeit oder sonstige Stoffeigenschaften in der Regel nicht negativ aus.

##### Alte Dämmstoffe aus Hartschaum weiterhin nutzen

Feuchte Dämmstoffe aus Hartschaum können in der Regel im Dachaufbau verbleiben. Dies ist auch aus Gründen des Ressourcenschutzes, der Abfallvermeidung und des hohen Restwärmeschutzes sinnvoll.

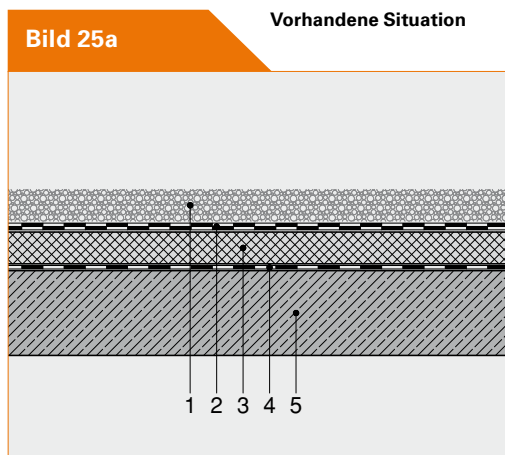
Vorhandene Kiesschüttungen sind häufig stark verschmutzt und mit organischen Stoffen durchsetzt. Sie müssen daher in aller Regel ausgetauscht oder vor dem Wiedereinbau gereinigt werden.

<sup>9</sup> Hohwiller, Frieder H.: Wasser in der Flachdachdämmung: Abriss oder substanzerhaltende Sanierung?, Fachbeitrag zum Forschungsvorhaben Nr. 12088 der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) zum Thema „Flachdachsanierung über durchfeuchteter Dämmschicht“, 2001

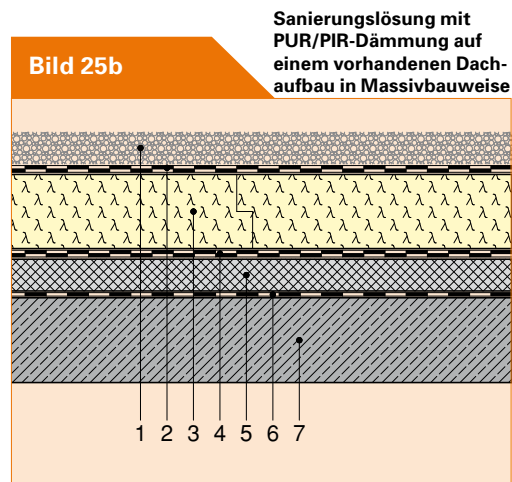
Spilker, R. und Oswald, R.: Flachdachsanierung über durchfeuchteter Dämmschicht, Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB, Bauforschung für die Praxis, Band 61, 2003



## 3.3.1 Nicht belüftete Dachkonstruktion in Massivbauweise (Warmdach)



- 1 Kiesschicht
- 2 Dachabdichtung
- 3 Dämmschicht
- 4 Dampfsperre
- 5 Tragkonstruktion/Massivdecke



- 1 Kiesschicht
- 2 Dachabdichtung
- 3 Polyurethan-Wärmedämmung
- 4 Vorhandene Dachabdichtung
- 5 Vorhandene Dämmschicht
- 6 Vorhandene Dampfsperre
- 7 Tragkonstruktion/Massivdecke

**Tabelle zu Bild 25b**

**U-Werte für die Sanierung mit PUR/PIR-Dämmung auf einem vorhandenen Dachaufbau in Massivbauweise**

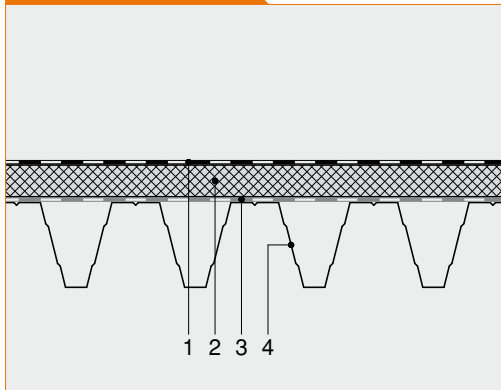
| Bestehende Dämmung auf Betondecke WLS 040 mm | PUR/PIR-Dämmstoffdicke mm | U-Wert *) W/(m²K)          |                            |                            |
|--|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|  |                           | Qualitätstypen             |                            |                            |
|  |                           | PUR/PIR 024 DAA dh bzw. ds | PUR/PIR 027 DAA dh bzw. ds | PUR/PIR 028 DAA dh bzw. ds |
| 60   | 80                        | 0,20                       | -                          | 0,22                       |
|  | 100                       | 0,17                       | -                          | 0,19                       |
|  | 120                       | 0,15                       | 0,16                       | -                          |
|  | 140                       | 0,13                       | 0,14                       | -                          |
|  | 160                       | 0,12                       | 0,13                       | -                          |
|  | 180                       | 0,11                       | 0,12                       | -                          |
|  | 200                       | 0,10                       | 0,11                       | -                          |
| 80   | 80                        | 0,18                       | -                          | 0,19                       |
|  | 100                       | 0,16                       | -                          | 0,17                       |
|  | 120                       | 0,14                       | 0,15                       | -                          |
|  | 140                       | 0,12                       | 0,13                       | -                          |
|  | 160                       | 0,11                       | 0,12                       | -                          |
|  | 180                       | 0,10                       | 0,11                       | -                          |
|  | 200                       | 0,09                       | 0,10                       | -                          |
| 100  | 80                        | 0,16                       | -                          | 0,18                       |
|  | 100                       | 0,14                       | -                          | 0,16                       |
|  | 120                       | 0,13                       | 0,14                       | -                          |
|  | 140                       | 0,12                       | 0,13                       | -                          |
|  | 160                       | 0,11                       | 0,12                       | -                          |
|  | 180                       | 0,10                       | 0,11                       | -                          |
|  | 200                       | 0,09                       | 0,10                       | -                          |

\*) Die Wärmeübergangswiderstände  $R_{si}$  und  $R_{se}$  sind berücksichtigt. Objektspezifische Besonderheiten, z. B. nach DIN EN ISO 6946, wurden nicht berücksichtigt.

## 3.3.2 Nicht belüftete Dachkonstruktion in Stahlleichtbauweise (Kaltdach)

Bild 26a

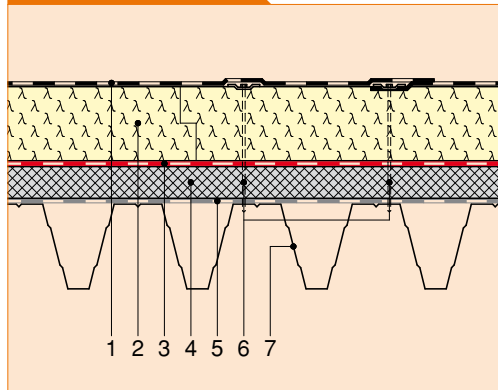
Vorhandene Situation



- 1 Dachabdichtung
- 2 Dämmschicht
- 3 Luftdichtheitsschicht/Dampfsperre
- 4 Tragkonstruktion/Stahltrapezblech

Bild 26b

Sanierungslösung mit PUR/PIR-Dämmung auf einem nicht belüfteten Dachaufbau in Stahlleichtbauweise



- 1 Dachabdichtung
- 2 Polyurethan-Wärmedämmung
- 3 Luftdichtheitsschicht/Dampfsperre
- 4 Vorhandene Dämmschicht
- 5 Vorhandene Luftdichtheitsschicht/Dampfsperre
- 6 Mechanische Befestigung
- 7 Tragkonstruktion/Stahltrapezblech

Tabelle zu Bild 26b

U-Werte für die Sanierung mit PUR/PIR-Dämmung auf einem Dachaufbau in Stahlleichtbauweise

| Bestehende Dämmung auf Stahltrapezblech WLS 040 mm | PUR/PIR-Dämmstoffdicke mm | U-Wert *) W/(m²K)          |                            |                            |
|--|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|  |                           | Qualitätstypen             |                            |                            |
|  |                           | PUR/PIR 024 DAA dh bzw. ds | PUR/PIR 027 DAA dh bzw. ds | PUR/PIR 028 DAA dh bzw. ds |
| 60   | 80                        | 0,20                       | -                          | 0,22                       |
|  | 100                       | 0,17                       | -                          | 0,19                       |
|  | 120                       | 0,15                       | 0,16                       | -                          |
|  | 140                       | 0,13                       | 0,15                       | -                          |
|  | 160                       | 0,12                       | 0,13                       | -                          |
|  | 180                       | 0,11                       | 0,12                       | -                          |
|  | 200                       | 0,10                       | 0,11                       | -                          |
| 80   | 80                        | 0,18                       | -                          | 0,20                       |
|  | 100                       | 0,16                       | -                          | 0,17                       |
|  | 120                       | 0,14                       | 0,15                       | -                          |
|  | 140                       | 0,12                       | 0,13                       | -                          |
|  | 160                       | 0,11                       | 0,12                       | -                          |
|  | 180                       | 0,10                       | 0,11                       | -                          |
|  | 200                       | 0,09                       | 0,10                       | -                          |
| 100  | 80                        | 0,16                       | -                          | 0,18                       |
|  | 100                       | 0,14                       | -                          | 0,16                       |
|  | 120                       | 0,13                       | 0,14                       | -                          |
|  | 140                       | 0,12                       | 0,13                       | -                          |
|  | 160                       | 0,11                       | 0,12                       | -                          |
|  | 180                       | 0,10                       | 0,11                       | -                          |
|  | 200                       | 0,09                       | 0,10                       | -                          |

Nicht belüftete Dachkonstruktionen in Stahlleichtbauweise sind vor allem bei Wirtschafts- und Gewerbebauten häufig vorzufinden.

Bei vielen Bestandsdächern in Stahlleichtbauweise ist keine oder keine funktionstüchtige Dampfsperre/Luftdichtheitsschicht vorhanden. Im Zuge der Sanierung ist die Luftdichtheit/Dampfsperre dann oberhalb der vorhandenen Dämmung herzustellen. In diesem Fall ist der Aufbau bauphysikalisch zu prüfen. Unter Umständen kann die Funktion der Luftdichtheit auch von der vorhandenen Dachabdichtung übernommen werden. Dabei ist vor allem die Luftdichtheit der Anschlüsse und Durchdringungen planerisch zu berücksichtigen.

\*) Die Wärmeübergangswiderstände  $R_{si}$  und  $R_{se}$  sind berücksichtigt. Objektspezifische Besonderheiten, z.B. nach DIN EN ISO 6946, wurden nicht berücksichtigt.

Die Dimensionierung der Dämmschicht richtet sich in erster Linie nach energetischen Gesichtspunkten (z. B. EnEV). In Abhängigkeit von Nutzung und Raumklima des Gebäudes (Produktionsstätte, Schwimmbad, Großküche, Kühlhaus usw.) können die bauphysikalischen Anforderungen sehr unterschiedlich sein. Daher ist die Konstruktion in Hinblick auf den Feuchteschutz im Sinne der DIN 4108-3 zu überprüfen.

Aufgrund ihrer relativ geringen Tragfähigkeit sind Stahlleichtdächer zumeist ohne Bekiesung oder Dachbegrünung ausgeführt. Die Lage-sicherung von Dämmung und Dachabdichtung sowie die Ableitung der Windsogkräfte erfolgt in der Regel durch mechanische Befestigung oder Verklebung. Die mechanische Befestigung der zusätzlichen Dämmschicht und der neuen Dachabdichtung erfolgt durch die vorhandenen Schichten hindurch in den tragenden Untergrund. Dämmelemente aus Polyurethan-Hartschaum sind durch ihr geringes Eigengewicht die ideale Sanierungslösung, mit der so gut wie keine zusätzlichen Lasten eingetragen werden.

Bei der Sanierung eines bestehenden Daches ist zu prüfen, welche Anforderungen an den Brandschutz z. B. nach DIN 18234 bestehen und ob die bestehenden Schichten unter Berücksichtigung des Bestandsschutzes verbleiben können. Möglicherweise ist der Neuaufbau der Bedachung mit einer geeigneten Schichtenfolge (klassifiziert nach DIN 18234-2) erforderlich (vgl. Kapitel 1.13 und 2.3.1.2).

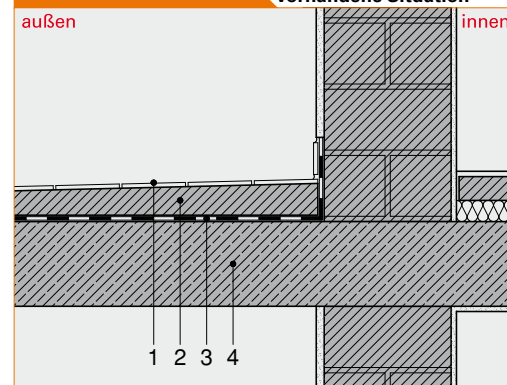
### 3.3.3 Detaillösungen für die Sanierung einer nicht belüfteten Dachkonstruktion in Massivbauweise

Im Zuge einer energetischen Sanierung sollten bestehende Wärmebrücken nach Möglichkeit beseitigt werden.

#### Balkon als auskragende Massivdecke

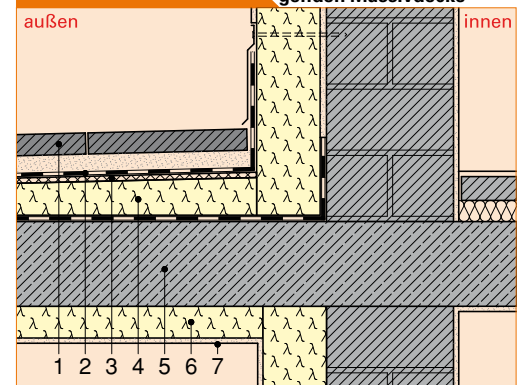
Auskragende Massivdecken haben in Bestandsgebäuden häufig keine thermische Trennung. Durch ober- und unterseitige Dämmung des Bauteils lassen sich die Wärmeverluste minimieren. Polyurethan-Hartschaum ermöglicht eine effiziente Dämmung auch bei geringer Aufbauhöhe.

**Bild 27a**  
Detail:  
Auskragende Massivdecke,  
vorhandene Situation



- 1 Belag/Fliesen
- 2 Gefälleestrich
- 3 Abdichtung
- 4 Auskragende Massivdecke

**Bild 27b**  
Sanierungslösung mit  
PUR/PIR-Dämmung auf  
einer intakten auskragenden Massivdecke



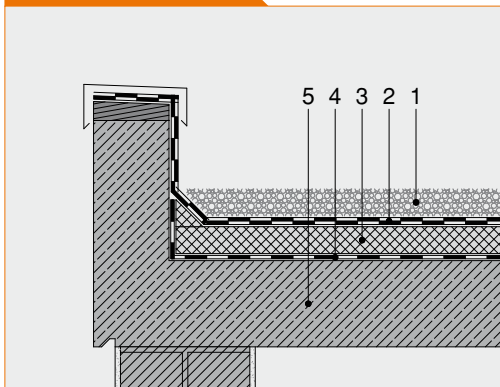
- 1 Terrassenbelag im Splittbett
- 2 Schutzlage
- 3 Dachabdichtung
- 4 Polyurethan-Wärmedämmelement
- 5 Auskragende Massivdecke
- 6 Polyurethan-Wärmedämmung der Deckenunterseite
- 7 Deckenbekleidung

## Attika als Betonkonstruktion

Attiken sind in Bestandsgebäuden häufig in Massivbauweise ausgeführt und nicht gedämmt. Eine umlaufende Dämmung mit Polyurethan-Hartschaum reduziert die Wärmeverluste erheblich, und das bereits mit geringer Schichtdicke.

**Bild 28a**

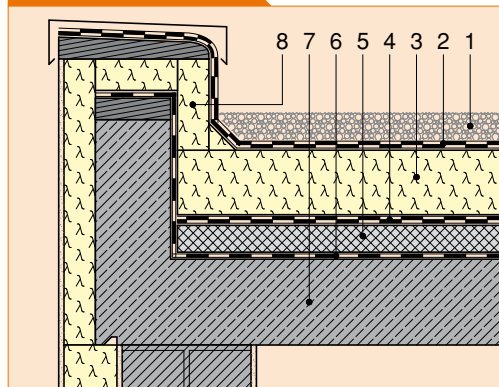
**Detail: Attika, vorhandene Situation**



- 1 Kiesschicht
- 2 Dachabdichtung
- 3 Dämmschicht
- 4 Dampfsperre
- 5 Tragkonstruktion/Massivdecke

**Bild 28b**

**Sanierungslösung mit PUR/PIR-Attikadämmung**



- 1 Kiesschicht
- 2 Dachabdichtung
- 3 Polyurethan-Wärmedämmung
- 4 Vorhandene Dachabdichtung
- 5 Vorhandene Dämmschicht
- 6 Vorhandene Dampfsperre
- 7 Tragkonstruktion/Massivdecke
- 8 Polyurethan-Attikadämmung

## 4 Vorteile der Polyurethan-Hartschaum Dämmung im Flachdach

**Tabelle 6** Eigenschaften von Polyurethan-Hartschaum im Flachdach

| Eigenschaften von Polyurethan-Hartschaum  | Vorteile   |
|---|--|
| Wärmeleitfähigkeitsstufen 024 bis 030   | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Optimale Wärmedämmung</li> <li>■ Geringe Dämmstoffdicken und somit niedriger Konstruktionsaufbau</li> <li>■ Kostengünstige Bauweise durch kürzere Befestigungselemente</li> </ul>   |
| Temperaturbeständigkeit von $-30\text{ °C}$ bis $+90\text{ °C}$   | Große Temperaturschwankungen, wie sie auf Flachdächern auftreten, haben keinen negativen Einfluss auf die Dämmplatten.   |
| Unkaschierte und vlieskaschierte Polyurethan-Flachdachdämmplatten sind kurzzeitig heißbitumenbeständig bis $+250\text{ °C}$ | Die Dämmplatten können mit heißflüssiger Bitumenmasse voll- oder teilflächig verklebt werden.  |
| Beidseitige Kaschierung mit hochwertigen Deckschichten  | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Die Flachdachdämmplatten sind feuchtigkeitsunempfindlich.</li> <li>■ Die Kaschierung bietet Schutz vor Beschädigung bei Transport und Verlegung.</li> </ul>   |
| Hohe Druckfestigkeit  | <p>Polyurethan-Flachdachdämmplatten sind robust, belastbar und für hohe Belastungen geeignet.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Polyurethan-Wärmedämmplatten können in verschiedenen Rohdichten und somit auch mit unterschiedlichen Druckfestigkeits- bzw. Druckspannungswerten hergestellt werden.</li> <li>■ Polyurethan-Dämmplatten werden ohne Probleme unter Kies-Auflast, Terrassenbelägen und Gründächern verlegt.</li> <li>■ Für befahrbare Flächen sind je nach Belastung und Lastverteilung Polyurethan-Dämmplatten mit Nenn-druckspannungen ab <math>150\text{ kPa}</math> geeignet.</li> </ul> |
| Hohe Biegefestigkeit  | Polyurethan-Dämmplatten sind besonders geeignet zur Verlegung auf Stahltrapezblechprofilen mit großen Obergurtabständen.   |
| Hohe Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene   | Die Dämmplatten bieten hohen Widerstand gegen Windsogkräfte im verklebten Dachaufbau.  |



**Tabelle 6**
**Eigenschaften von Polyurethan-Hartschaum im Flachdach  
(Fortsetzung)**

| Eigenschaften von Polyurethan-Hartschaum            | Vorteile   |
|---|--|
| Niedriges Flächengewicht                            | Großformatige Dämmplatten aus Polyurethan können schnell und kostengünstig verlegt werden.<br>Die geringe Eigenlast wirkt sich kostensparend aus <ul style="list-style-type: none"> <li>■ bei der Sanierung durch geringen Lasteintrag,</li> <li>■ im Neubau durch geringere Dimensionierung der Tragkonstruktion.</li> </ul>                          |
| Chemisch beständig                                  | Die Dämmplatten sind beständig gegen bauübliche Lösungsmittel sowie Weichmacher, die z. B. in Dichtungsmassen und Dichtungsbahnen vorkommen.   |
| Biologisch beständig                                | Die Dämmplatten sind <ul style="list-style-type: none"> <li>■ fäulnisfest,</li> <li>■ schimmelfest,</li> <li>■ alterungsbeständig.</li> </ul>  |
| Gesundheitsverträglichkeit                          | Polyurethan-Dämmplatten entsprechen den Anforderungen des AgBB (Ausschuss für die gesundheitliche Bewertung von Bauprodukten).   |
| Umweltleistung/Nachhaltigkeit                       | Die Umweltleistung von Polyurethan-Dämmplatten ist in der Umweltproduktdeklaration (EPD) gemäß ISO 14025 erläutert.  |
| Wirtschaftliche Verlegung und einfache Verarbeitung | Das bedeutet: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ mühelos mit konventionellen Werkzeugen oder konventionellen Maschinen zu verarbeiten,</li> <li>■ großformatige Dämmplatten,</li> <li>■ einfacher Transport,</li> <li>■ weniger Arbeitsgänge.</li> </ul>   |
| Brandverhalten                                      | Dämmplatten aus Polyurethan-Hartschaum sind schwerentflammbar oder normalentflammbar.<br>Die in der DIN 18234-2 aufgeführten Aufbauten mit Polyurethan-Dämmstoffen gelten ohne weiteren Nachweis als geeignet.<br>Polyurethan <ul style="list-style-type: none"> <li>■ glimmt nicht,</li> <li>■ schmilzt nicht,</li> <li>■ tropft nicht ab.</li> </ul> |

Für Energiebedarfsausweise nach EnEV und für andere wärmetechnische Berechnungen muss der auf dem Etikett angegebene Bemessungswert der Wärmeleitfähigkeit verwendet werden!

Überwachungsgemeinschaft Polyurethan-Hartschaum e.V.

**PUR**

DIN EN 13165 - DIN 4108-10  
PUR/PIR GEPRÜFT

[illegible]

## 6 Technische und physikalische Eigenschaften von Polyurethan-Hartschaum im Flachdach

Tabelle 7

Eigenschaften von Polyurethan-Hartschaum (PUR/PIR) im Flachdach

| Eigenschaft   | Norm/<br>Vorschrift                          | Einheit               | Stufen/Klassen nach DIN EN 13165                     | Flachdachdämmung   |
|---|--|-----------------------|--|--|
| PUR/PIR-Qualitätstyp  | DIN V 4108-10                                | –                     | –  | PUR/PIR 024 DAA (dh, ds)<br>PUR/PIR 026 DAA (dh, ds)<br>PUR/PIR 027 DAA (dh, ds)<br>PUR/PIR 028 DAA (dh, ds)<br>PUR/PIR 029 DAA (dh, ds)<br>PUR/PIR 030 DAA (dh, ds) |
| Wärmeleitfähigkeit $\lambda$  | Nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung | W/(m·K)               | -  | 0,024 – 0,030  |
| Wärmedurchlasswiderstand R  | DIN EN 13165                                 | (m <sup>2</sup> ·K)/W | -  | nach Herstellerangabe  |
| Druckfestigkeit oder Druckspannung bei 10 % Stauchung                   | EN 826                                       | kPa                   | CS(10/Y)i  | ≥ 100 (dh) bzw. ≥ 150 (ds)   |
| Zulässige Dauerdruckbelastung über 20 Jahre; bei Stauchung ≤ 2 %        | EN 1606                                      | kPa                   | CC(i <sub>1</sub> /i <sub>2</sub> /20)σ <sub>c</sub> | ≥ 20 (dh) bzw. ≥ 30 (ds)   |
| Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene                                | EN 1607                                      | kPa                   | TRi  | 40 – 100 (bei Rohdichten von 30 bis 40 kg/m <sup>3</sup> )<br>40 – 900 (bei Rohdichten von 30 bis 80 kg/m <sup>3</sup> )   |
| E-Modul aus Zugversuch  | EN 1607                                      | MPa                   | -  | 6 – 9 (bei Rohdichten von 30 bis 40 kg/m <sup>3</sup> )<br>8 – 32 (bei Rohdichten von 30 bis 80 kg/m <sup>3</sup> )  |
| Scherfestigkeit   | EN 12090                                     | kPa                   | -  | 80 – 120 (bei Rohdichten von 30 bis 40 kg/m <sup>3</sup> )<br>120 – 450 (bei Rohdichten von 30 bis 80 kg/m <sup>3</sup> )  |
| Biegefestigkeit   | EN 12089                                     | kPa                   | -  | 250 – 500 (bei Rohdichten von 30 bis 40 kg/m <sup>3</sup> )<br>250 – 1300 (bei Rohdichten von 30 bis 80 kg/m <sup>3</sup> )  |
| Dimensionsstabilität bei definierten Temperatur- und Feuchtebedingungen | EN 1604                                      | %                     | DS(TH)2  | Mindestanforderungen in der Wärme:<br>Länge und Breite ≤ 5;<br>Dicke ≤ 10<br>in der Kälte:<br>Länge und Breite ≤ 1;<br>Dicke ≤ 2                                     |

# Technische und physikalische Eigenschaften von Polyurethan-Hartschaum im Flachdach

Tabelle 7

Eigenschaften von Polyurethan-Hartschaum (PUR/PIR) im Flachdach  
(Fortsetzung)

| Eigenschaft   | Norm/<br>Vorschrift      | Einheit  | Stufen/Klassen nach DIN<br>EN 13165 | Flachdach-<br>dämmung   |
|---|--------------------------|----------|-------------------------------------|---|
| Wärmeausdehnungs-<br>koeffizient                        | Anlehnung<br>an DIN 1604 | -        | -                                   | Polyurethan-Dämmplatten<br>mit flexiblen Deckschichten:<br>$3 - 7 \cdot 10^{-5} \cdot K^{-1}$<br>Polyurethan-Dämmplatten<br>ohne Deckschichten:<br>$5 - 8 \cdot 10^{-5} \cdot K^{-1}$ |
| Verformung unter Druck- und<br>Temperaturbelastung      | EN 1605                  | %        | DLT(i)5                             | keine Anforderung   |
| Geschlossenzelligkeit                                   | ISO 4590                 | Vol.-%   | -                                   | > 90  |
| Brandverhalten  | DIN 4102                 | -        | -                                   | B1 (schwerentflammbar)<br>B2 (normalentflammbar)  |
|   | EN 13501-1               | -        | -                                   | C (schwerentflammbar)<br>D und E (normalentflammbar)  |
| Spezifische Wärmekapazität                              | EN 12524                 | J/(kg·K) | -                                   | 1400  |
| Ebenheit nach einseitiger Be-<br>feuchtung              | EN 825                   | mm       | FWi                                 | keine Anforderung   |
| Wasseraufnahme nach 28-tä-<br>giger Unterwasserlagerung | EN 12087                 | Vol.-%   | WL(T)i                              | 1,0 bis 2,5   |
| Wasserdampf-Diffusionswi-<br>derstandszahl              | EN 12086                 | $\mu$    | Mui                                 | 40 – 200 <sup>1)</sup> dickenabhängig   |
| Temperaturbeständigkeit                                 | -                        | °C       | -                                   | -30 °C bis +90 °C <sup>2)</sup><br>kurzzeitig heißbitumen-<br>beständig bis +250 °C   |

<sup>1)</sup> Polyurethan-Hartschaum Dämmelemente mit Alu-Deckschichten sind nahezu dampfdiffusionsdicht.

<sup>2)</sup> Mit Spezialprodukten aus Polyurethan-Hartschaum sind tiefere bzw. höhere Temperaturbelastungen möglich.







**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](http://www.daemmt-besser.de)

## Polyurethan-Hartschaum (PUR/PIR) Dämmstoffhersteller

**KARL BACHL GmbH & Co. KG**  
Kunststoffverarbeitung  
Osterbachtal 1  
94133 Röhrnbach  
[www.bachl.de](http://www.bachl.de)

**EcoTherm Deutschland**  
GmbH & Co. KG  
Fuggerstraße 15  
49479 Ibbenbüren  
[www.ecotherm.de](http://www.ecotherm.de)

**Recticel Dämmsysteme GmbH**  
Hagenauer Str. 42  
65203 Wiesbaden  
[www.recticel-daemmsysteme.de](http://www.recticel-daemmsysteme.de)

**Paul Bauder GmbH & Co. KG**  
Korntaler Landstr. 63  
70499 Stuttgart  
[www.bauder.de](http://www.bauder.de)

**Hinweis:**  
Bitte entnehmen Sie die aktuellsten Informationen zu  
unseren Mitgliedern dem Mitgliedsverzeichnis unter:  
[www.daemmt-besser.de/verband/mitglieder](http://www.daemmt-besser.de/verband/mitglieder)

**Puren GmbH**  
Häuser Str. 4  
88662 Überlingen  
[www.puren.com](http://www.puren.com)

**Kunststofftechnik GmbH**  
Häuser-Str. 13  
n  
.de

**Steinbacher Dämmstoff GmbH**  
Salzburger Straße 35  
A-6383 Erpfendorf  
[www.steinbacher.at](http://www.steinbacher.at)

## Rohstoffhersteller

**Bayer MaterialScience AG**  
[www.bayermaterialscience.com](http://www.bayermaterialscience.com)

**DOW Europe GmbH**  
[www.dow.com](http://www.dow.com)

**C.O.I.M. S.p.A.**  
**Chimica Organica Industriale**  
**Milane**  
[www.coimgroup.com](http://www.coimgroup.com)

**BASF Polyurethanes GmbH**  
[www.pu.basf.de](http://www.pu.basf.de)

**Huntsman (Germany) GmbH**  
[www.huntsman.com](http://www.huntsman.com)