

# DAS UMKEHRDACH

DAS UNENTDECKTE LAND





# INHALT



03	EINLEITUNG
04	KONSTRUKTIONSPRINZIP
05	— DAS BEKIESTE UMKEHRDACH
06	— DAS BEGRÜNTE UMKEHRDACH
07	— DAS EXTENSIV BEGRÜNTE UMKEHRDACH
	— DAS INTENSIV BEGRÜNTE UMKEHRDACH
08	— DAS BEFAHRBARE UMKEHRDACH
10	— DAS TERRASSENDACH ALS UMKEHRDACH
11	— DAS DUO- BZW. PLUSDACH [FLACHDACHSANIERUNG]
12	ANFORDERUNGEN AN DEN DÄMMSTOFF
14	WÄRMESCHUTZNACHWEIS
	— GESETZLICHE VORGABEN
	— ENEC
	— NEUBAU
	— BAUEN IM BESTAND
15	— DIN 4108-2
16	— BEMESSUNG DER WÄRMEDÄMMUNG
	— U-WERT
	— U-WERT ZUSCHLAG IN DEUTSCHLAND
18	— BERECHNUNG DES $\Delta$ U-WERTES NACH DIN EN ISO 6946
20	ZULASSUNGEN
	— ALLGEMEIN BAUAUFSICHTLICHE ZULASSUNGEN [DEUTSCHLAND]
	— VERGABEPRACTIS
	— SITUATION IN DEUTSCHLAND
21	— EUROPÄISCH TECHNISCHE ZULASSUNG
22	UNTER DER LUPE
	— VORTEILE DES WÄRMEDÄMMSYSTEMS UMKEHRDACH
24	— NACHTEILE DES WÄRMEDÄMMSYSTEMS UMKEHRDACH
26	— FAZIT
27	LITERATUR
28	IMPRESSUM



## EINLEITUNG

Das Wärmedämmsystem Umkehrdach wurde Anfang der fünfziger Jahre in den USA entwickelt und unter dem Namen IRMA-Dach<sup>1</sup> (Insulated Roof Membrane Assembly) erstmalig publiziert.

In der Praxis wird das Wärmedämmsystem Umkehrdach seit nunmehr über 40 Jahren erfolgreich auf der ganzen Welt eingesetzt, und trotzdem ist es immer noch recht unbekannt bzw. sieht sich immer noch mit vielen Vorurteilen konfrontiert. Standard-Bedenken sind Bemerkungen wie: „wenn die Dämmung der Bewitterung ausgesetzt ist, dann kann das doch nicht funktionieren“ oder „da kommt doch Wasser zwischen die Dämmung und die Abdichtung, da wird die Dämmung doch ausgehebelt“.

Ziel dieser Schrift ist es, die Vor- und Nachteile des Systems aufzuzeigen, die weitverbreiteten Bedenken zu beseitigen und das Wärmedämmsystem Umkehrdach in seiner Gesamtheit einer breiten Öffentlichkeit vorzustellen bzw. näher zu bringen.

Die Studie „Wahl eines Flachdachsystems aus der Sicht der Bauherrschaft“<sup>2</sup> von Jon-Duri Vital aus dem Jahr 1996 kommt zu dem Schluss, dass die Lebensdauer einer Abdichtung auf dem Umkehrdach ca. doppelt so lang ist wie die auf einem Warmdach.

 INFO



## KONSTRUKTIONSPRINZIP

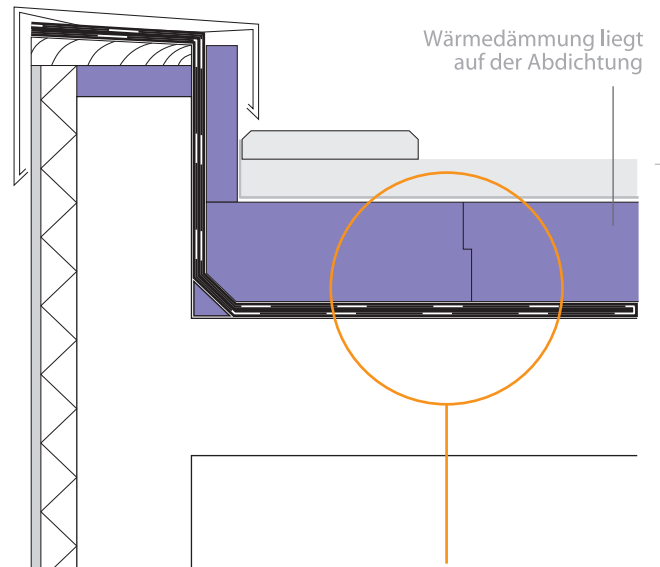
Grundsätzlich ist das Umkehrdach ein einschaliges nicht belüftetes Flachdach bzw. ein flach geneigtes Dach, bei dem entgegen (bzw. umgekehrt, daher der Name Umkehrdach) dem „normalen Flachdach“ die Wärmedämmung auf der Abdichtung liegt und somit der Witterung ausgesetzt ist. Es wird also nicht die Wärmedämmung durch die Abdichtung geschützt, sondern die Abdichtung durch die Wärmedämmung.

Unterschieden werden Umkehrdächer noch durch verschiedene Aufbauten oberhalb der Wärmedämmung. Der Grundgedanke, die Wärmedämmung auf der Abdichtung anzuordnen, bleibt aber bei allen Typen erhalten.

Konstruktionsarten des Umkehrdaches:

- Umkehrdach bekiest
- Umkehrdach begrünt
- Umkehrdach befahrbar
- Umkehrdach als Terrassendach

 INFO



**Aufbau**  
von oben nach unten

gewaschener Rundkies 16/32

JACKODUR® Dachvlies oder  
JACKODUR® Dachvlies WA

Umkehrdachdämmung mit JACKODUR®

Abdichtung

Voranstrich

tragende Konstruktion

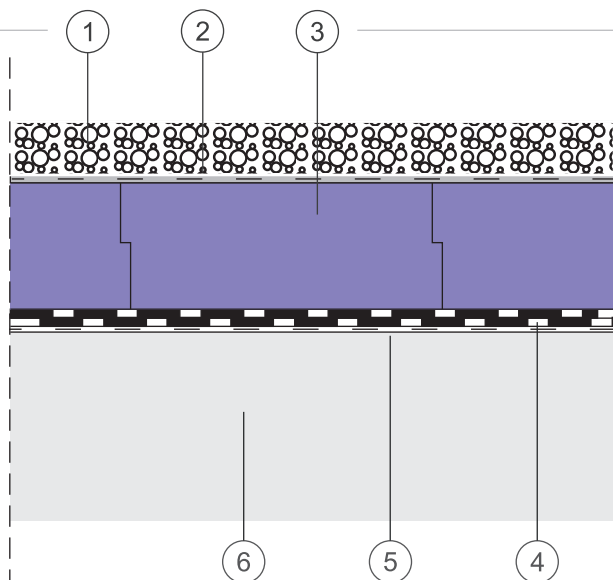


JACKODUR® Umkehrdachdämmung



JACKODUR® Dachvlies WA

## DAS BEKIESTE UMKEHRDACH



1. gewaschener Rundkies 16/32
2. JACKODUR® Dachvlies oder JACKODUR® Dachvlies WA
3. Umkehrdachdämmung mit JACKODUR®
4. Abdichtung
5. Voranstrich
6. tragende Konstruktion



DAS BEKIESTE UMKEHRDACH ist zurzeit sicherlich die am häufigsten gebaute Variante. Die Kiesschicht übernimmt hierbei mehrere Funktionen gleichzeitig. Sie schützt die Wärmedämmung vor UV-Strahlung, verhindert ein Aufschwimmen der Wärmedämmung bei starkem Niederschlag, schützt vor Flugfeuer und übernimmt die Funktion der Windsogsicherung. Die Kiesschichtdicke (Körnung 16/32 mm) sollte in der Regel der Dämmstoffdicke entsprechen. Sie kann aber durch den Einbau eines geeigneten diffusionsoffenen Geotextils reduziert werden. Die Schichtdicke beträgt dann 5 cm, kann aber bei hohen Gebäuden bzw. in den Eck- und Randbereichen des Daches auch dicker ausfallen. Weiter verhindert das Vlies das Eindringen von Gesteinsteilchen in die Plattenstöße und sorgt dafür, dass bei einem Aufschwimmen der Wärmedämmung (Wolkenbruch und/oder verstopfte Dachabläufe) sich diese wieder gleichmäßig absenkt, ohne dass es zu Verwerfungen der Wärmedämmplatten kommt. Ist das Vlies wasserabweisend eingestellt, so kann unter Umständen bei der Bemessung des U-Wertes sogar auf den  $\Delta U$ -Zuschlag verzichtet werden.

## DAS BEGRÜNTE UMKEHRDACH

### DAS EXTENSIV / INTENSIV BEGRÜNTE UMKEHRDACH

DAS BEGRÜNTE UMKEHRDACH, aber auch Gründächer allgemein, erfreuen sich immer größerer Beliebtheit. Nutzen die einen nur die steuerlichen Vorteile die ihnen gewährt werden, wenn das Gebäude weniger Fläche versiegelt, so werden gerade bei Gebäuden in Ballungsräumen aber auch bei Firmengebäuden ganz bewusst begrünte Dächer gebaut, um den Bewohnern bzw. Mitarbeitern vor Ort grüne Oasen der Erholung zu schaffen.

Unterschieden wird grundsätzlich zwischen extensiv und intensiv begrünten Umkehrdächern.

Neben der Funktion als Nährboden für die Begrünung übernimmt der Gründachaufbau zugleich auch die selben Funktionen wie die Kiesschicht beim bekiesten Umkehrdach. Die Planung und Realisierung eines begrünten Umkehrdaches sollte immer von einem Fachplaner und -betrieb durchgeführt werden.

Die Begrünung von Dächern weist unter verschiedenen Gesichtspunkten eine Vielzahl von Vorteilen auf:

- Schallschutz
- Reduzierung abwassertechnischer Anlagen
- Verbesserung des Kleinklimas durch
  - Staubbindung
  - Luftkühlung
  - Erhöhung der Luftfeuchtigkeit
- Lebensraum für Flora und Fauna
- Erholungsraum für Menschen in Ballungsgebieten
- Verbesserung des Stadtbildes

 INFO



## DAS BEGRÜNTÉ UMKEHRDACH

### DAS EXTENSIV BEGRÜNTÉ UMKEHRDACH

Das extensiv begrünte Umkehrdach besteht durch seinen einfachen Aufbau und seinen geringen Pflegeaufwand. Abweichend vom bekiesten Umkehrdach wird die Kiesschicht und damit auch die verschiedenen Funktionen der Kiesschicht von einer Vegetationsschicht übernommen, die dann meist mit Sedumpflanzen begrünt wird. Das extensiv begrünte Umkehrdach wird immer dann gebaut, wenn die Flächenversiegelung vermieden werden soll, aber keine Anforderungen an die Nutzung gestellt werden.

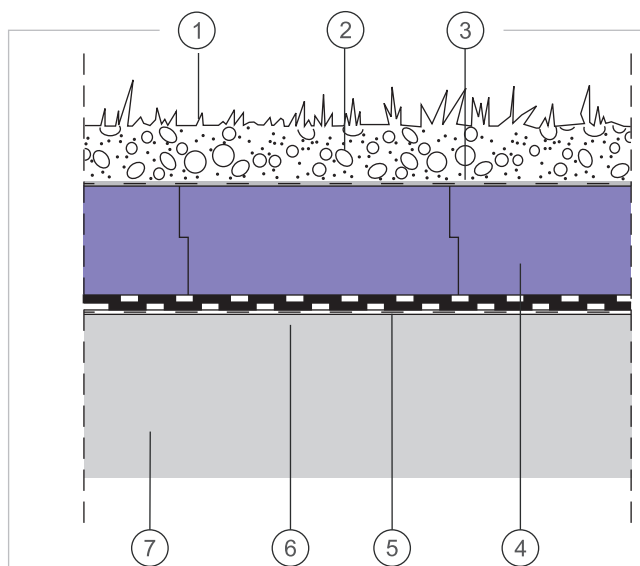
Der Pflegeaufwand ist nur unwesentlich höher als bei einem bekiesten Umkehrdach.

### DAS INTENSIV BEGRÜNTÉ UMKEHRDACH

Das intensiv begrünte Umkehrdach lässt das Herz eines jeden Gartenfreundes höher schlagen. Der Pflanzenart und -vielfalt sind nur sehr wenige Grenzen gesetzt. Richtig geplant ist vom Rasen bis zur Parklandschaft alles möglich. Im Gegensatz zum extensiv begrünten Umkehrdach mit seinem recht einfachen Aufbau stellt das intensiv begrünte Umkehrdach große Ansprüche an den Aufbau und damit an den Planer und Verarbeiter.

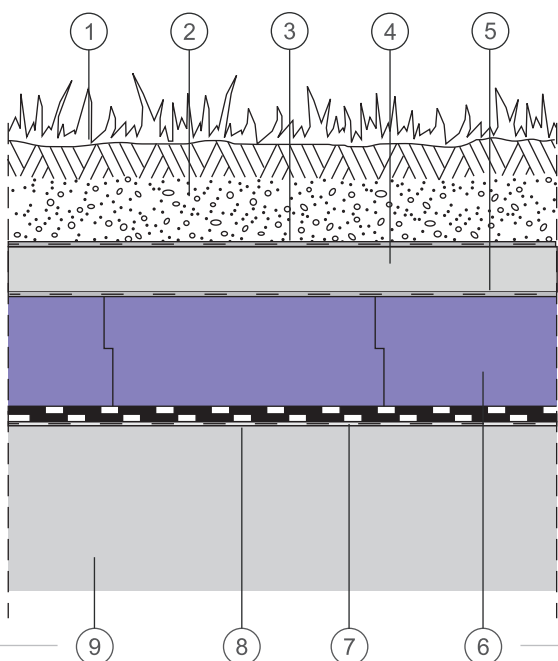
Es ist unumgänglich, dass die verschiedenen Schichten optimal aufeinander abgestimmt sind, um so ein Gedeihen der Pflanzenwelt zu ermöglichen und den gesamten Dachaufbau dauerhaft schadenfrei zu halten.

Auf Grund dieser hohen Anforderungen an Planung und Umsetzung eines intensiv begrünten Umkehrdaches sollte in jedem Fall ein Fachplaner und -betrieb mit der Planung bzw. Ausführung betraut werden.



1. Vegetation
2. Vegetationsschicht
3. JACKODUR® Dachvlies
4. Umkehrdachdämmung mit JACKODUR®
5. Abdichtung wurzelfest
6. Voranstrich
7. tragende Konstruktion

1. Vegetation
2. Vegetationsschicht
3. Filtervlies
4. Dränschicht
5. JACKODUR® Dachvlies
6. Umkehrdachdämmung mit JACKODUR®
7. Abdichtung wurzelfest
8. Voranstrich
9. tragende Konstruktion



# DAS BEFAHRBARE UMKEHRDACH

BETONPLATTEN AUF STELZLAGERN  
 VERBUNDSTEINPFLASTER AUF BETTUNGSSCHICHT  
 ORTBETONPLATTEN AUS WU-BETON NACH DIN 1045

In Zeiten eines immer größer werdenden Verkehrsaufkommens und den damit verbundenen Parkplatzproblemen werden immer mehr Flachdächer als Parkdeck gebaut.

Speziell beim Parkdeck ist eine ausreichend druckfeste Wärmedämmung notwendig, die die zu erwartenden Belastungen dauerhaft aufnehmen kann.

Durch die Umkehrdachbauweise ist automatisch sicher gestellt, dass die Abdichtung durch die nachfolgenden Arbeiten und den Aufbau an sich nicht beschädigt werden kann.

In der Praxis wird zurzeit meist einer der drei folgenden Aufbauten als Fahrbahnbelag ausgeführt:

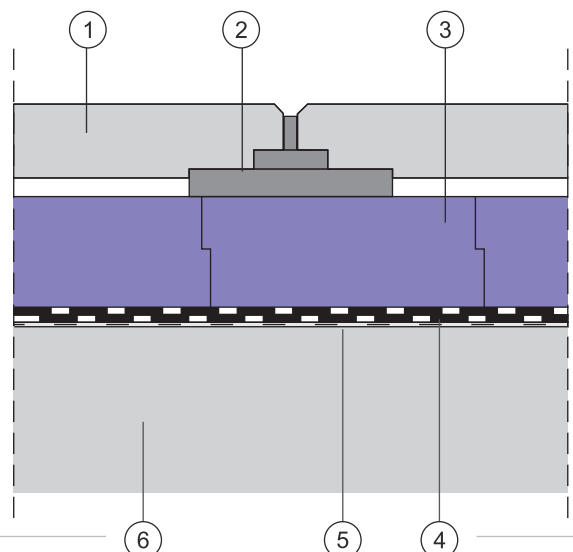
1. Betonplatten auf Stelzlagern
2. Verbundsteinpflaster auf Bettungsschicht
3. Ortbetonplatten aus WU-Beton nach DIN 1045

Auch hier übernehmen die verschiedenen Aufbauten die selben Funktionen wie die Kies-schicht beim bekiesten Umkehrdach.

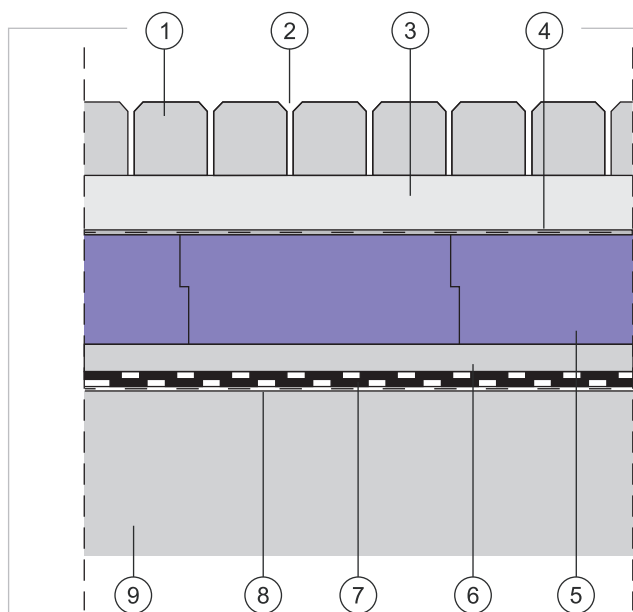
## 1. BETONPLATTEN AUF STELZLAGER

Das befahrbare Umkehrdach in der Ausführung mit Betonplatten auf Stelzlagern ist das einzige befahrbare Umkehrdach, bei dem laut allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung Z-23.31-1247<sup>3</sup> auf ein Gefälle verzichtet werden kann und auf ein Dachvlies, als Trennlage zwischen Wärmedämmung und Dachaufbau, verzichtet werden sollte, da das Dachvlies die Lagerstabilität der Stelzlager beeinträchtigen kann.

- Beton-Fertigteileplatten 1.
- Stelzlager 2.
- Umkehrdachdämmung mit JACKODUR® 500 oder 700 3.
- Abdichtung 4.
- Voranstrich 5.
- tragende Konstruktion 6.



# DAS BEFAHRBARE UMKEHRDACH



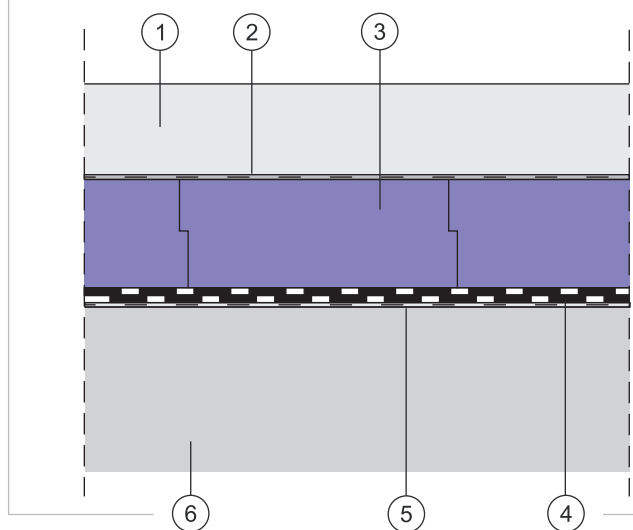
1. Verbundsteinpflaster  $d \geq 100$  mm
2. Fugensand 0/2 mm
3. Bettungsschicht aus frostbeständigem Splitt  $d = 50$  mm, Körnung 2/5
4. JACKODUR® Dachvlies
5. Umkehrdachdämmung mit JACKODUR® 500 oder 700
6. Gussasphalt
7. Abdichtung
8. Voranstrich
9. tragende Konstruktion

## 2. VERBUNDSTEINPFLASTER AUF BETTUNGSSCHICHT

Das befahrbare Umkehrdach in der Ausführung mit Verbundsteinpflaster auf Bettungsschicht muss laut allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung Z-23.31-1247 mit einem Gefälle von  $\geq 2,5\%$  auf der Dichtungsebene und den darüber liegenden Schichten ausgebildet werden.

## 3. ORTBETON AUS WU-BETON NACH DIN 1045

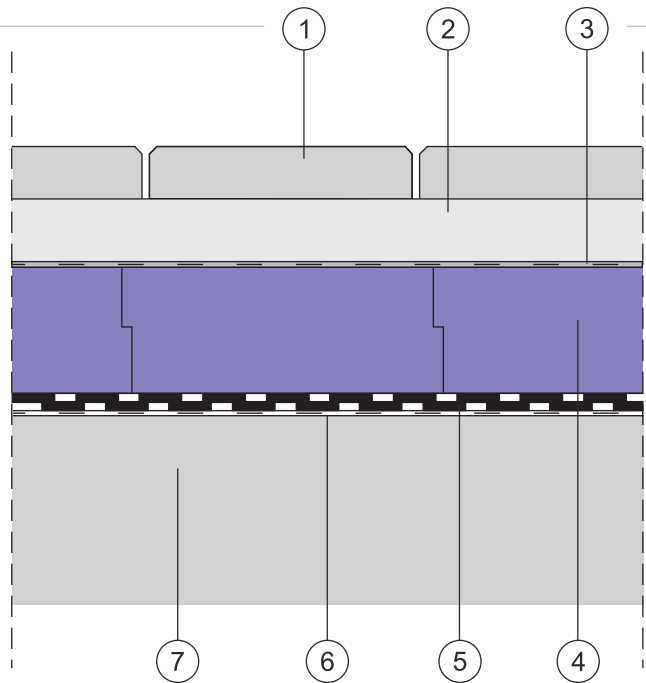
Das befahrbare Umkehrdach in der Ausführung mit Ortbeton aus WU-Beton nach DIN 1045 muss laut allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung Z-23.31-1247 mit einem Gefälle von  $\geq 2,5\%$  auf der Dichtungsebene und den darüber liegenden Schichten ausgebildet werden. Weiter sind die Fugen zwischen den Ortbetonplatten gegen das Eindringen von Wasser zu schützen.



1. Ortbeton
2. JACKODUR® Dachvlies
3. Umkehrdachdämmung mit JACKODUR® 500 oder 700
4. Abdichtung
5. Voranstrich
6. tragende Konstruktion

## DAS TERRASSENDACH UMKEHRDACH

- |                                 |    |
|---------------------------------|----|
| Gehwegplatten                   | 1. |
| Bettungsschicht                 | 2. |
| JACKODUR® Dachvlies             | 3. |
| Umkehrdachdämmung mit JACKODUR® | 4. |
| Abdichtung                      | 5. |
| Voranstrich                     | 6. |
| tragende Konstruktion           | 7. |



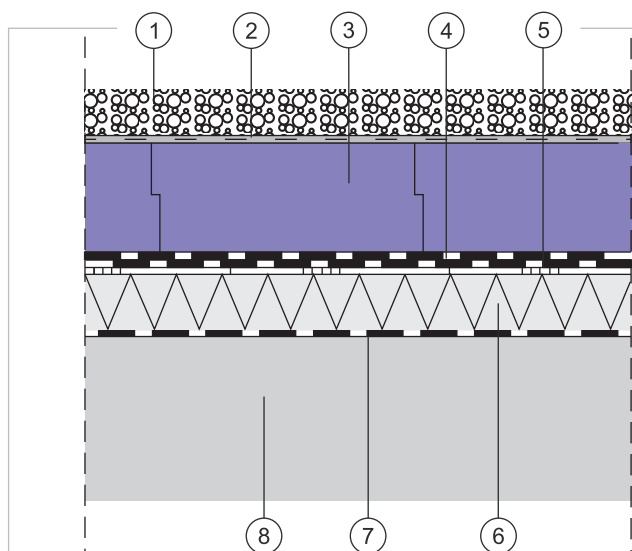
Im Zuge eines immer größer werdenden Bedarfes an „Wohnraum im Freien“ werden Terrassen und Balkone Immobilien weit über die eigentlichen Investitionskosten auf. Bei den Aufbauten des Terrassendaches als Umkehrdach werden auf ähnliche Konstruktionsprinzipien wie beim Parkdeck zurückgegriffen.

1. Betonplatten/Terrassenplatten auf Stelzlagern
2. Pflaster/Terrassenplatten auf Bettungsschicht



# DAS DUO- BZW. PLUSDACH

## FLACHDACHSANIERUNG



1. gewaschener Rundkies 16/32
2. JACKODUR® Dachvlies oder JACKODUR® Dachvlies WA
3. Umkehrdachdämmung mit JACKODUR®
4. Abdichtung
5. Dampfdruckausgleichsschicht
6. Wärmedämmung
7. Dampfsperre
8. tragende Konstruktion

DAS DUO- BZW. PLUSDACH stellt innerhalb der Umkehrdach-Familie eine Besonderheit dar. Hier werden auf einen Standard-Warmdach-Aufbau, außerhalb der Abdichtung, eine weitere Wärmedämmung und eine Kies-schicht aufgebracht. Duo- und Plusdach unterscheiden sich hinsichtlich des Aufbaus nicht. Zweierlei Namen für ein und denselben Aufbau existieren nur deswegen, weil ein Dach mit diesem Konstruktionsprinzip bei einem Neubau als Duodach bezeichnet wird und im Sanierungsfall (also bei bestehendem Warmdach-aufbau) als Plusdach bezeichnet wird. Duodächer werden in der Praxis äußerst selten gebaut, da sie als zu teuer in der Ausführung betrachtet werden.

PLUSDÄCHER hingegen erfreuen sich in letzter Zeit einer immer größer werdenden Beliebtheit. Durch die massiv steigenden Energiepreise sehen sich immer mehr Eigentümer gezwungen ihre Dächer zu sanieren, obwohl die Dachhaut noch intakt ist. Und hier beginnt das Dilemma des Bauherren oder Planers. Einerseits ist die Dachhaut noch intakt, andererseits soll energetisch saniert werden, was beim Warmdach zur Folge hat, dass die intakte Dachhaut zerstört

werden muss, um die Wärmedämmung zu verbessern. Hier schafft das Plusdach Abhilfe.

Der bestehende Warmdachaufbau kann erhalten bleiben und auf den bestehenden Dachaufbau wird ein Umkehrdachsystem aufgebaut. Angenehmer Nebeneffekt: Die Dachhaut wird vor schädigenden Einflüssen wie UV-Strahlung oder Frost-Tau-Wechsel-Beanspruchung geschützt und verlängert so die Lebensdauer der Abdichtung um viele Jahre. Sollte die Dachhaut dann doch irgendwann schadhaft werden, so kann der Umkehrdachaufbau einfach „zur Seite geräumt werden“, die Dachhaut wird erneuert und der vorhandene Umkehrdachaufbau wird wieder neu verlegt.

Bei zu sanierenden Flachdächern, also auch Umkehrdächern, führen verschiedene bauliche Veränderungen dazu, dass die EnEV eingehalten werden muss.

Angesichts der hohen Energiepreise ist es sicherlich ratsam U-Werte  $\leq 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  anzustreben.

 INFO

# ANFORDERUNGEN AN DEN DÄMMSTOFF



Bedingt durch das Konstruktionsprinzip, die Wärmedämmung außerhalb der Abdichtung anzuordnen, muss der Dämmstoff mehreren Einflüssen dauerhaft widerstehen können. So muss der Dämmstoff dauerhaft Wasser durch Niederschlag und der Frost-Tau-Wechselbeanspruchung widerstehen, ohne nennenswert etwas von seiner Dämmleistung und Druckfestigkeit einzubüßen. Derzeit ist nur extrudierter Polystyrolschaum (XPS) nach DIN EN 13164 ohne Einschränkung diesen Anforderungen gewachsen und damit vorbehaltlos für die Umkehrdachbauweise geeignet.

In der DIN V 4108-10<sup>4</sup> werden für verschiedene Wärmedämmstoffe und verschiedene Anwendungsgebiete Mindestanforderungen definiert, die der Wärmedämmstoff erfüllen muss. Wärmedämmstoffe für die keine Anforderungen definiert sind, bzw. für bestimmte Anwendungen der Vermerk „keine genormte Anwendung“ zu finden ist, sind für diese Anwendung nicht geeignet oder bedürfen einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung, um trotz fehlender Normung eingesetzt werden zu dürfen.

Innerhalb dieser DIN V 4108-10 findet sich nur ein Dämmstoff, der für die Anwendung Umkehrdachdämmung genormt ist. Dieser Dämmstoff ist extrudierter Polystyrolschaum (XPS) nach DIN EN 13164<sup>5</sup>.

Je nachdem welche Belastungsgruppe gewählt wird, muss das XPS-Produkt mindestens folgende Parameter erfüllen:

Anforderungen*	Druckfestigkeitsklassen		
	dh	ds	dx
Druckspannung oder Druckfestigkeit CS	CS(10\Y)300	CS(10\Y)500	CS(10\Y)700
Kriechverhalten	—————	CC(2/1,5/50)150	CC(2/1,5/50)200
Dickentoleranz	T1		
Dimensionsstabilität bei definierten Temperatur- und Feuchtebedingungen	DS(TH)		
Verformung bei definierten Druck- und Temperaturbeanspruchung	DLT(2)5		
Wasseraufnahme bei Diffusion	WD(V)5		
Frost-Tau-Wechselbeanspruchung	FT1		

\*: welche Prüfnormen und Anforderung sich hinter den verschiedenen Parametern verbergen, kann in der EN 13164 nachgelesen werden.

Tabelle: Anforderungen an XPS-Produkte bei der Verwendung als Umkehrdachdämmung

## ANFORDERUNGEN AN DEN DÄMMSTOFF



Diese Anforderungen an den Dämmstoff gelten nur für das bekieste Umkehrdach. Begrünte oder befahrbare Umkehrdächer werden in der DIN V 4108-10 nicht geregelt und bedürfen deshalb einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung. Welche Anforderungen dann gefordert werden, kann den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen entnommen werden. Für das begrünte Umkehrdach z.B. der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-23.31-1540<sup>6</sup>.

Für expandiertes Polystyrol (EPS) nach DIN EN 13163<sup>7</sup> existieren derzeit in Deutschland Zulassungen ausschließlich für die Anwendung als Wärmedämmstoff für das bekieste Umkehrdach als Plus- oder Duodach. Auf Grund des hohen Bemessungswerts der Wärmeleitfähigkeit und den konstruktiven Einschränkungen, kann expandiertes Polystyrol nur als sehr bedingte Alternative zu den extrudierten Polystyrolschaumplatten (XPS) in der Anwendung als Umkehrdachdämmung angesehen werden.

Nur Wärmedämmung aus extrudiertem Polystyrolschaum (XPS) nach EN 13164 eignet sich ohne Einschränkung als Wärmedämmung für das Umkehrdach. Die Wärmedämmplatten müssen eine Kantenprofilierung (z.B. Stufenfalz) und eine glatte Oberfläche (Schaumhaut) aufweisen.

 INFO

## WÄRMESCHUTZNACHWEIS

### GESETZLICHE VORGABEN ENERGIEEINSPARVERORDNUNG – ENEV<sup>7</sup>

#### NEUBAU

In Deutschland werden die Anforderungen an die energetische Güte des Gebäudes und damit auch der Wärmedämmung in der Energieeinsparverordnung (EnEV)<sup>8</sup> geregelt. Hierbei unterscheidet die EnEV zwischen Neubau und Bauen im Bestand. Beim Neubau wird abhängig vom A/V-Verhältnis ein maximaler Energiebedarf des Hauses vorgegeben. Dabei interessiert es den Gesetzgeber nur bedingt, wie die einzelnen Bauteile gedämmt werden. Entscheidend ist, dass das Gebäude in seiner Gesamtheit einen bestimmten Wert nicht überschreitet. Zu beachten ist, dass der Mindestwärmeschutz, der in der DIN 4108-2<sup>9</sup> geregelt wird, eingehalten wird, damit das Gebäude schadensfrei bleibt (Stichwort: Tauwasser- und Schimmelbil-

dung). Es ist aber sicherlich sinnvoll, das Gebäude homogen zu dämmen. Wobei unter homogen zu dämmen nicht ein für alle Bauteile gleich bleibender U-Wert zu verstehen ist sondern ein möglichst für alle Bauteile gleich bleibend niedriger Energieverlust. Schließlich fällt der Energieverlust eines ungedämmten Daches deutlich höher aus als der Energieverlust eines ungedämmten erdbeherrichten Bauteils.

#### BAUEN IM BESTAND

Bei zu sanierenden Flachdächern, also auch Umkehrdächern, führen verschiedene bauliche Veränderungen dazu, dass die EnEV eingehalten werden muss.





# WÄRMESCHUTZNACHWEIS

## ENERGIEEINSPARVERORDNUNG – ENEC

Die EnEV ist zu beachten, sobald bei beheizten Räumen Flachdächer

- ersetzt, erstmalig eingebaut oder in der Weise erneuert werden, dass
- die Dachhaut bzw. außenseitige Bekleidungen oder Verschalungen ersetzt oder neu aufgebaut werden,
- innenseitige Bekleidungen oder Verschalungen aufgebracht oder erneuert werden,
- Dämmschichten eingebaut werden,

sind folgende Anforderungen an den Wärmeschutz einzuhalten:

### WÄRMESCHUTZ UND ENERGIE-EINSPARUNG IN GEBÄUDEN

Die DIN 4108-2 behandelt die Mindestanforderungen an den Wärmeschutz. Diese Mindestanforderungen stellen sicher, dass bei einer üblichen Nutzung ein hygienisches Raumklima herrscht, also das Gebäude tauwasserfrei bleibt und das Risiko der Schimmelpilzbildung verringert wird.

Diese Anforderungen sind aber so gering, dass sie bei heutigem Dämmstandard immer erreicht werden und eigentlich auch nicht mehr als zeitgemäß gelten. In der Praxis kommt es nämlich trotz des Einhaltens des Mindestwärmeschutzes immer wieder zur Schimmelpilzbildung an Problemstellen wie Ecken, hinter Schränken etc.

Gebäudetyp	Maximaler Wärmedurchgangskoeffizient $U_{\max}$ in $W/(m^2 \cdot K)$
Gebäude mit normalen Innentemperaturen*	0.25
Gebäude mit niedrigen Innentemperaturen*	0.40

\*: genauere Definition s. EnEV §2 Nr. 1,2 und 3

## BEMESSUNG DER WÄRMEDÄMMUNG

### U-Wert Zuschlag in Deutschland

Durch die spezielle bzw. umgekehrte Bauweise, die Dämmung außerhalb der Abdichtung anzuordnen und damit der Bewitterung auszusetzen, wird natürlich die Frage aufgeworfen, in wie weit die Dämmung ihrem Zweck nachkommen kann, das Bauteil zu dämmen. Und damit, ob der berechnete U-Wert der Realität entspricht. Die Antwort auf diese Frage findet sich in der DIN 4108-2. Unter 5.3.3 wird darauf hingewiesen, dass es zum einen zulässig ist, die Umkehrdachdämmung aus extrudiertem Polystyrolschaum als Wärmedämmung beim Wärmeschutznachweis in Ansatz zu bringen und zum anderen, dass ein kurzfristiges Überstauen der Wärmedämmung (während intensiver Niederschläge) als unbedenklich angesehen werden kann. Ein langfristiges Überstauen der Wärmedämmplatten ist durch eine geeignete Dachentwässerung auszuschließen.

### U-WERT

Grundsätzlich ist die Bestimmung des U-Wertes nach folgender bekannter Formel vorzunehmen:

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} \quad [W/(m^2 \cdot K)]$$

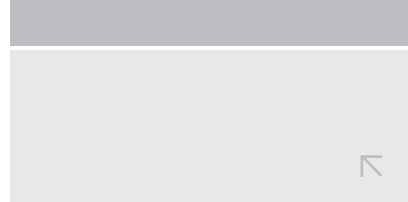
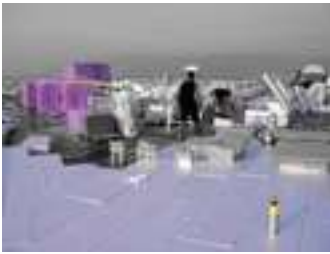
mit:

$R_{si}$ : Wärmeübergangswiderstand nach EN ISO 6946 mit 0,10 [m<sup>2</sup>•K/W]

$R_{se}$ : Wärmeübergangswiderstand nach EN ISO 6946 mit 0,04 [m<sup>2</sup>•K/W]

R: Wärmedurchlasswiderstand R des gesamten Bauteils





## BEMESSUNG DER WÄRMEDÄMMUNG



### AUSNAHME:

Wird ein wasserableitendes Dachvlies in Kombination mit einem extrudiertem Polystyrolschaum gemäß DIN EN 13164 verwendet, so kann die Erhöhung des U-Wertes entfallen, wenn die Produktkombination für die Anwendung als Wärmedämmsystem Umkehrdach in der Ausführung mit Kiesschicht und wasserableitenden Trennlage über eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung verfügt.

So entfällt zum Beispiel gemäß der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-23.31-1540 bei der Verwendung von JACKODUR KF 300 Standard SF in Verbindung mit dem JACKODUR Dachvlies WA beim bekiesten Umkehrdach die Erhöhung des U-Wertes, d.h.  $\Delta U = 0$ , auch wenn der Wärmedurchlasswiderstand der Bauteilschichten unter der Dachhaut  $< 0,1 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$  beträgt.

Bei der Bestimmung des U-Wertes ist zum errechneten Wärmedurchgangskoeffizienten ein  $\Delta U$ -Wert hinzuzufügen. Dieser trägt dem Umstand Rechnung, dass die Wärmedämmung außerhalb der Abdichtung liegt und somit die Wärmedämmung temporär (bei Niederschlag) unterströmt werden kann. Je nach Anteil der Wärmedämmung unter der Abdichtung werden folgende Zuschläge veranschlagt:

Anteil des Wärmedurchlasswiderstandes unterhalb der Dachhaut in % des gesamten Wärmedurchlasswiderstandes	Erhöhung des U-Wertes $\Delta U$ in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
0 – 10	0,05
10,1 – 50	0,03
> 50	0

Tabelle 03:  $\Delta U$ -Zuschläge für Umkehrdächer

## BEMESSUNG DER WÄRMEDÄMMUNG



### BERECHNUNG DES U-WERTES NACH DIN EN ISO 6946<sup>10</sup>

Die DIN EN ISO 6946 legt das Verfahren zur Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten und des Wärmedurchlasswiderstandes von Bauteilen fest. Nicht geregelt wird die Berechnung von Bauteilen wie z. B. Türen, Fenster und an das Erdreich angrenzende Bauteile.

Im Anhang D4 Korrekturverfahren für Umkehrdächer wird ein Verfahren angegeben, das im Falle von strömendem Regen zwischen der Dämmung und Abdichtung anzuwenden ist. Das Verfahren gilt nur für Dämmungen aus extrudiertem Polystyrolschaum (XPS).

Die Formel lautet wie folgt:

$$\Delta U_r = p \cdot f \cdot x \left( \frac{R_i}{R_T} \right)$$



Abhängig von der Niederschlagsmenge und der Kantenausprägung der Wärmedämmung bewegt sich  $\Delta U_r$  zwischen ca. 0,01 und 0,08 W/(m<sup>2</sup>·K).

↗ INFO



## BEMESSUNG DER WÄRMEDÄMMUNG

Je nach Region variieren die errechneten Werte aufgrund der verschiedenen Niederschlagsmengen natürlich. Grundsätzlich lässt sich aber die Aussage treffen, dass die Werte von ähnlicher Qualität sind wie die Zuschläge aus der DIN 4108-2.

In Deutschland findet zurzeit die DIN EN ISO 6946 keine Anwendung. Der  $\Delta U$ -Wert wird nach der Tabelle in der DIN 4108-2 bestimmt.

Symbol	Größe	Einheit
p	Durchschnittliche Niederschlagsmenge während der Heizperiode. Dieser Wert basiert auf zutreffenden Daten für einen Ort, z.B. Wetterwarte, oder ist in örtlichen, regionalen oder nationalen Regelungen angegeben	mm/Tag
f	Entwässerungsfaktor, der den Anteil an p, der die Dachabdichtung erreicht, angibt	—————
x	Faktor für den gestiegenen Wärmeverlust infolge von Regenwasser, das auf die Dachabdichtung strömt	$\frac{(W \cdot \text{Tag})}{m^2 \cdot K \cdot mm}$
R <sub>i</sub>	Wärmedurchlasswiderstand der Dämmschicht aus Polystyrol-Extruderschäum, die auf der Abdichtung liegt	m <sup>2</sup> • K/W
R <sub>T</sub>	Gesamtwärmedurchlasswiderstand der Konstruktion	m <sup>2</sup> • K/W
$\Delta U_r$	Korrektur des berechneten Wärmedurchgangskoeffizienten der Dachkonstruktion, die vorzunehmen ist, um den zusätzlichen Wärmeverlust zu berücksichtigen, der durch Wasser, das durch die im Dämmstoff befindlichen Fugen auf die Dachabdichtung strömt, verursacht wird	W/(m <sup>2</sup> • K)

## ZULASSUNGEN

### ALLGEMEINE BAUAUFSICHTLICHE ZULASSUNGEN (DEUTSCHLAND)

#### VERGABEPRACTIS

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen werden für solche Bauprodukte und Bauarten im Anwendungsbereich der Landesbauordnungen erteilt, für die es allgemein anerkannte Regeln der Technik, insbesondere DIN-Normen, nicht gibt oder die von diesen wesentlich abweichen.

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen werden für alle Bundesländer durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) erteilt. Sie stellen eine Beurteilung der Verwendbarkeit bzw. Anwendbarkeit des Zulassungsgegenstandes im Hinblick auf die bauaufsichtlichen Anforderungen dar.

Die Zulassungsbereiche erstrecken sich von Bauprodukten und Bauarten, etwa des Massiv- und Stahlbaus, über solche des Mauerwerks- und Holzbaus auf die Bereiche Wärmedämmverbundsysteme, Glas, Gerüste, Lager, Lüftungsanlagen, Dämmstoffe, Abdichtungen, Rohrsanierung, Brandverhalten und Feuerwiderstand bis zu Behältern und Fahrbahnübergängen<sup>11</sup>.



#### SITUATION IN DEUTSCHLAND

Durch die bauaufsichtliche Einführung der DIN V 4108-10 sind Anforderungen für extrudierten Polystyrolschaum (XPS) als Wärmedämmsystem Umkehrdach (Ausführung bekiest) genormt und bedürfen deshalb keiner allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen mehr. Es sind lediglich die vorgeschriebenen Produkteigenschaften nach DIN V 4108-10, die Verlegung nach den herstellerspezifischen Verarbeitungshinweisen, sowie die gültigen technischen Vorschriften und Richtlinien einzuhalten.

Ausgenommen von dieser Regelung sind zum einen XPS-Produkte der neuesten Generation wie z.B. die Produktfamilie der JACKON Insulation GmbH JACKODUR<sup>®</sup> KF sowie die Wärmedämmsysteme Umkehrdach in der Ausführung begrünt oder befahrbar. Für diese innovativen Produkte bzw. diese speziellen Anwendungsgebiete werden vom DIBt in Berlin weiterhin allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen vergeben.



## ZULASSUNGEN

### EUROPÄISCHE TECHNISCHE ZULASSUNGEN

#### VERGABEPRACTIS

Die europäische technische Zulassung (ETA) ist ein Nachweis der Brauchbarkeit eines Bauproduktes im Sinne der Bauproduktenrichtlinie, in Deutschland umgesetzt durch das Bauproduktengesetz. Die ETA beruht auf Prüfungen, Untersuchungen und einer technischen Beurteilung durch Stellen, die von den Mitgliedstaaten der EU hierfür bestimmt worden sind. Sie umfasst alle Produktmerkmale, die für die Erfüllung gesetzlicher Anforderungen in den Mitgliedstaaten bedeutsam sein können, wobei die jeweils erforderlichen Leistungsniveaus national unterschiedlich sein können.

Eine europäische technische Zulassung kann für Bauprodukte erteilt werden, für die (noch) keine harmonisierten Normen nach der Bauproduktenrichtlinie vorliegen oder die wesentlich von einer harmonisierten Norm abweichen. Grundlagen für die Beurteilung der Brauchbarkeit sind entweder Zulassungsleitlinien (ETAGs), die von der EOTA für die entsprechenden Produktbereiche erstellt wurden oder speziell für einen Zulassungsantrag mit den anderen EOTA-Stellen abgestimmte Beurteilungskriterien (CUAPs).

Im Interesse der Hersteller werden Nachweise, die bereits im nationalen Zulassungsverfahren beim DIBt erbracht wurden, so weit wie möglich auch im europäischen Verfahren genutzt.

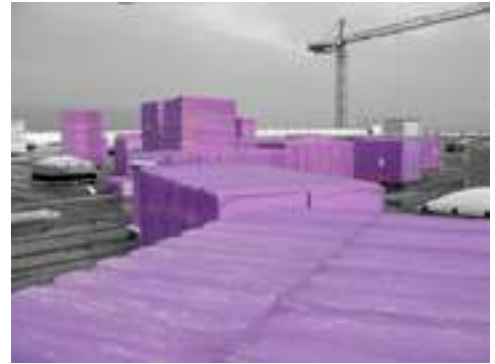
Die europäische technische Zulassung ermöglicht dem Hersteller die CE-Kennzeichnung des Bauprodukts und damit den Zugang zum europäischen Markt. Mit der CE-Kennzeichnung bestätigt der Hersteller, dass er das vorgeschriebene Nachweisverfahren durchgeführt hat und die Konformität des Produkts mit der Zulassung gegeben ist<sup>12</sup>.

## UNTER DER LUPE...

### VORTEILE DES WÄRMEDÄMMSYSTEMS UMKEHRDACH

Das auffälligste Merkmal bzw. das was das Umkehrdach auszeichnet, die Anordnung der Wärmedämmung außerhalb der Abdichtung, ist zugleich auch der größte Vorteil des Wärmedämmsystems Umkehrdach. Die Wärmedämmung wird also nicht nur deswegen außerhalb der Abdichtung angeordnet weil sie es „aushält“, sondern weil sich dadurch viele Vorteile ergeben.

Wird der Aufbau eines Umkehrdaches betrachtet und mit einem Standard-Warmdach verglichen so fällt natürlich sofort ins Auge, dass der Umkehrdachaufbau aus weniger Schichten besteht. So kann im Vergleich zu einem Standard-Warmdach auf die notwendige Dampfsperre und die Dampfausgleichsschicht verzichtet werden, da der Umkehrdachaufbau zum einen diffusionsoffen ausgeführt wird und zum anderen durch das Aufbringen der Abdichtung direkt auf der Betondecke kein Wasser eingeschlossen werden kann, das dann durch eine Dampfausgleichsschicht abgeführt werden müsste.





## ...UNTER DER LUPE

### VORTEILE DES WÄRMEDÄMMSYSTEMS UMKEHRDACH

Ein weiterer Vorteil des Wärmedämmsystems Umkehrdach tut sich dadurch auf, dass die Wärmedämmung über der Abdichtung liegt und sie damit vor mechanischen Beschädigungen, UV-Versprödung und extremen Temperaturwechseln schützt, was natürlich zur Folge hat, dass die Lebensdauer der Abdichtung erheblich erhöht wird.

Sollte die Abdichtung doch einmal schadhaft werden, so kann die Leckage bei einer vollflächigen Verklebung leicht geortet und saniert werden, da das Wasser nur da austreten kann wo die Abdichtung fehlerhaft ist.

Durch die üblicherweise vollflächige Verklebung der Abdichtung mit dem Untergrund entfällt die bei Warmdächern notwendige Sicherung der Abdichtung gegen Windsog. In der Praxis wird der Forderung, bei Warmdächern die Windsogsicherung der Abdichtung sicherzustellen, häufig durch die Verdübelung der Abdichtung mit dem Untergrund nachgekommen. Das stellt natürlich einen Schwachpunkt in der Abdichtung dar und kann zu Schäden führen.

Ein weiterer Verdienst des Wärmedämmsystems Umkehrdach ist es, die Bauzeiten erheblich besser im vorgesehenen Zeitplan zu halten, da die Dämmstoffverlegung witterungsunabhängig erfolgen kann und keinerlei Rücksichten auf feuchtigkeitsempfindliche Wärmedämmung oder eingeschlossene Feuchte genommen werden muss. Schließlich ist die Wärmedämmung sowieso der Bewitterung ausgesetzt und durch die vollflächige Verklebung der Abdichtung mit der Rohdecke kann auch kein freies Wasser eingebaut werden, welches zu Schäden führen könnte (Stichwort: Blasenbildung der Abdichtung bei Warmdächern).

Die wichtigsten Vorteile auf einen Blick:

- Schutz der Abdichtung
- Längere Lebensdauer
- Einfache Konstruktion
- Witterungsunabhängige Dämmstoffverlegung

 INFO

## UNTER DER LUPE...

### NACHTEILE DES WÄRMEDÄMMSYSTEMS UMKEHRDACH

Wenn auch, wie erwähnt, das Umkehrdachprinzip viele Vorteile mit sich bringt, so birgt die Bauweise doch auch den ein oder anderen Nachteil.

So ist es unabdingbar, dass die Unterkonstruktion ein Flächengewicht von  $\geq 250 \text{ kg/m}^2$  (entspricht einer Betondecke oder Ähnlichem) oder einen Wärmedurchlasswiderstand  $\geq 0,15 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  aufweist, damit es im Falle eines Niederschlages nicht zur Tauwasserbildung an der Decke kommt. Die Decke übernimmt in diesem Falle die Aufgabe eines thermischen Puffers, der verhindert, dass der kalte Regen die gesamte Deckenkonstruktion zu stark abkühlt und es so an der Decke, durch das Zusammentreffen der warmen Raumluft mit der abgekühlten Deckenkonstruktion, zur Tauwasserbildung kommt. Überraschenderweise ist das ein Effekt, der entgegen den Erwartungen im Sommer auftritt, da hohe Luftfeuchtigkeit gepaart mit hohen Temperaturen durchaus zu einer Taupunktunterschreitung bei Gewitterregen führen kann<sup>13</sup>.

Ein Flächengewicht von  $\geq 250 \text{ kg/m}^2$  bzw. ein Wärmedurchlasswiderstand  $\geq 0,15 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  lässt das thermische Verhalten der Decke aber so träge werden, dass es nicht zur Tauwasserbildung an der Decke kommen kann.

Ausnahme ist natürlich die erwähnte Konstruktion des bekiesten Umkehrdaches mit einer wasserableitenden Trennlage. Hier wird das gesamte Wasser auf der wasserableitenden Trennlage abgeführt, so dass kein Wasser auf die Abdichtungsebene gelangen kann, um die Unterkonstruktion abzukühlen.

NACHTEILE DES WÄRMEDÄMMSYSTEMS  
UMKEHRDACH

Weiter ist im Allgemeinen extrudierter Polystyrolschaum (XPS) in die Baustoffklasse B1 gemäß DIN 4102-1 bzw. die Euroklasse E gemäß DIN EN 13501-1 eingestuft, so dass Dächer, die nicht brennbar ausgeführt werden müssen, in der Umkehrdachbauweise nicht erstellt werden können. Wenn auch durch die Dachaufbauten (Kiesschicht, Begrünung) Umkehrdächer als widerstandsfähig gegen Flugfeuer und strahlende Wärme (harte Bedachung) gelten.

Bei der Ausführung mit einer Extensivbegrünung sind bezüglich des Brandverhaltens zusätzlich die entsprechenden Verwaltungsvorschriften zur jeweiligen Landesbauordnung<sup>14</sup> zu berücksichtigen.

Wie bereits erwähnt ist ein langfristiges Überstauen der Wärmedämmplatten durch eine geeignete und damit natürlich auch funktionierende Dachentwässerung auszuschließen. Zwar nehmen extrudierte Polystyrolschaumplatten auch bei langzeitigem Eintauchen kein Wasser auf, aber dadurch, dass das Wasser langfristig auf der Abdichtung steht, wird natürlich die Wärmedämmung in einem Maße ausgeschaltet, die nicht mehr tolerierbar ist.

In der Praxis muss dieser Forderung einerseits durch eine geeignete Bemessung der Entwässerung und andererseits durch angepasste Wartungsintervalle nachgekommen werden, die gewährleisten, dass die Dachentwässerung funktioniert. Diese Forderungen werden natürlich auch bei einem Standard-Flachdach an die Dachentwässerung gestellt. Es ist aber festzustellen, dass Umkehrdächer sensibler auf eine mangelhafte Dachentwässerung reagieren können, wenn es auch nicht zum eigentlichen Schadensfall kommt sondern „nur“ die Wärmedämmung nicht mehr richtig arbeitet.

## FAZIT

Durch die immer straffer regulierteren Bauzeiten und Bauabläufe und die immer größer werdenden Ansprüche an die Dauerhaftigkeit der Systeme, wird es für alle am Bau beteiligten immer wichtiger, dass ein System in jeder Beziehung einfach zu handhaben ist und über die Jahre hinweg schadenfrei bleibt.

Einfacher Schichtenaufbau mit möglichst geringer Materialvielfalt, gepaart mit langer Lebensdauer und witterungsunabhängige Verlegung sind Forderungen, die immer wichtiger werden bzw. die Entscheidungsträger, sei es nun Bauherr, Planer oder Bauleiter für ein System positiv einnehmen lassen. Hier spielt das Wärmedämmsystem Umkehrdach ganz klar seine Stärken aus.

Alle eben genannten Forderungen an ein modernes System werden nicht nur erfüllt, sondern es lässt sich sogar feststellen, dass das Wärmedämmsystem Umkehrdach Maßstäbe setzt, an denen sich andere Flachdachsysteme messen lassen müssen.

Wie bei allen Systemen gibt es aber natürlich auch Einschränkungen. So ist der verwendete Dämmstoff in die Baustoffklasse B1 eingestuft. Damit kann das Wärmedämmsystem Umkehrdach nicht für Gebäude verwendet werden, bei denen erhöhte Anforderungen an den Brandschutz gestellt werden.



Abschließend lässt sich feststellen, dass das Wärmedämmsystem Umkehrdach eine sehr gute Alternative zu den Standard Flachdächern darstellt. Weit verbreitete Bedenken entbehren jeglicher Grundlage und lassen sich eigentlich nur dadurch erklären, dass bislang kein Kompendium zum Thema Umkehrdach existiert. Die Vorteile, die die Bauweise Umkehrdach mit sich bringt übertreffen bei weitem die Einschränkungen und gerade im energetischen Sanierungsfall stellt die Umkehrdachbauweise eine unübertroffene Bauweise dar, die vor allem dadurch besticht, dass der vorhandene Dachaufbau erhalten bleiben kann und „einfach“ eine Wärmedämmung aus extrudiertem Polystyrolschaum verlegt wird (Stichwort: Kosten). Es empfiehlt sich also für alle am Bau Beteiligten bei jedem Bauvorhaben, sei es nun Neubau oder Sanierung, bei der Systemwahl des Flachdaches das Wärmedämmsystem Umkehrdach als Bauweise ernsthaft in Betracht zu ziehen.



- <sup>1</sup> Lehrbuch der Bauphysik: Heinz-Martin Fischer...-4.,neubearb. und erw. Aufl. – Stuttgart: Teubner 1997
- <sup>2</sup> Wahl eines Flachdachsystems aus der Sicht der Bauherrschaft: Jon-Duri Vital, Bern; Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt, Nr. 38/1996
- <sup>3</sup> Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-23.-31-1247 – 01.06.2007: Zulassungsgegenstand: Extrudierte Polystyrolschaum-Platte „Jackodur CFR 300 Standard, Jackodur CFR 500 Standard, Jackodur CFR 700 Standard“ für die Anwendung als Wärmedämmsystem Umkehrdach – Ausführung mit Kiesschicht – Ausführung mit Begrünung-Ausführung als befahrbares Umkehrdach- Ausführung mit Kiesschicht und wasserableitender Trennlage; DIBt Berlin
- <sup>4</sup> DIN V 4108-10: Juni 2004: Wärmeschutz- und Energie-Einsparung in Gebäuden – Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe – Teil 10: Werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe; Beuth Verlag GmbH 10772 Berlin
- <sup>5</sup> DIN EN 13164 – Oktober 2001: Werkmäßig hergestellte Produkte aus extrudiertem Polystyrolschaum (XPS); Beuth Verlag GmbH 10772 Berlin
- <sup>6</sup> Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-23.-31-1540 – 27.08.2007: Zulassungsgegenstand: Extrudierte Polystyrolschaum-Platten „Jackodur KF 300 Standard“ und „JACKODUR KF 500 Standard“ für die Anwendung als Wärmedämmsystem Umkehrdach –Ausführung mit Kiesschicht – Ausführung mit Begrünung; Ausführung mit Kiesschicht und wasserableitender Trennlage; DIBt Berlin
- <sup>7</sup> DIN EN 13163 – Oktober 2001: Werkmäßig hergestellte Produkte aus expandiertem Polystyrol (EPS); Beuth Verlag GmbH 10772 Berlin
- <sup>8</sup> Energieeinsparverordnung – EnEV - 2004-12-2: Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden
- <sup>9</sup> DIN 4108-2 - Juli 2003: Wärmeschutz und Energieeinsparung an Gebäuden Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz; Beuth Verlag GmbH 10772 Berlin
- <sup>10</sup> DIN EN ISO 6946 - Oktober 2003: Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient; Beuth Verlag GmbH 10772 Berlin
- <sup>11</sup> <http://www.dibt.de/de/1938.htm>
- <sup>12</sup> <http://www.dibt.de/de/1005.htm>
- <sup>13</sup> Gutachten über die Feuchtigkeitsverhältnisse in Umkehrdächern: Dipl.-Ing. W. Zapke; Institut für Bauforschung e. V. Hannover; September 1988
- <sup>14</sup> z.B. Verwaltungsvorschrift zur Landesbauordnung – VV BauO NW – RdErl. des Ministerium für Städtebau und Wohnen, Kultur und Sport – vom 12.10.2000



# IMPRESSUM

**JACKON** Insulation GmbH

Carl-Benz-Straße 8  
D-33803 Steinhagen

Telefon +49 (0) 5204/9955-0  
Fax +49 (0) 5204/9955-400

info@jackodur.com  
www.jackon-insulation.com

Zur Beachtung:  
Die Angaben in dieser Druckschrift basieren auf unseren derzeitigen Kenntnissen und Erfahrungen. Sie stellen keine Zusicherung im Rechtssinne dar. Bei der Anwendung sind stets die besonderen Bedingungen des Anwendungsfalles zu berücksichtigen, insbesondere in bauphysikalischer, bautechnischer und baurechtlicher Hinsicht.

Stand Februar 2008