

# Unbelüftete Flachdächer in Holzbauweise richtig ausgeführt

Martin Teibinger  
HTL Wien 3  
Allgemein beeideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger  
Wien, Österreich





# Unbelüftete Flachdächer in Holzbauweise richtig ausgeführt

## 1. Einführung

Unbelüftete Flachdächer in Holzbauweise stellen seit Jahren vor allem für den Gewerbe- und Industriebau eine wirtschaftliche und ökologisch interessante Alternative zu Sandwichelementen dar. Die Sicherheit und Fehlertoleranz der Konstruktionen wird unterschiedlich gesehen. Sie hat sich aber in den letzten Jahren infolge von Produktentwicklungen und vielen internationalen Forschungsarbeiten [1, 2, 3] verbessert. Es wurden bauphysikalische Regeln für nachweisfreie Konstruktionen [4] erarbeitet und Konstruktionen und Anwendungsfälle ohne weitere Nachweise [5, 6, 7] publiziert. Im Abschlussbericht «Zuverlässigkeit von Holzdachkonstruktionen ohne Unterlüftung der Abdichtungs- oder Decklage» des Aachener Institutes für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik aus dem Jahr 2014 wird trotzdem angeführt, dass diese Konstruktionen selbst mit Einsatz feuchteadaptiver Dampfbremsen (FADAB) schadensanfällig sind und dass vor ihnen grundsätzlich abzuraten ist [8]. Wie passen diese zwei Meinungen zusammen? Worauf können sich Planende, Ausführende und Investoren verlassen? Der Beitrag gibt einen kurzen Überblick zur historischen Entwicklung der Forschungsarbeiten und führt anhand bestehender Schadensrisiken Vorschläge zur Konstruktion unbelüfteter Holzflachdächer in Abhängigkeit der Nutzungskategorien an.

## 2. Überblick der Forschungsarbeiten und der Entwicklungen zu unbelüfteten Flachdächern

Im Folgenden wird ein chronologischer Überblick zu den Forschungsarbeiten und Entwicklungen zu unbelüfteten Flachdächern angeführt.

Tabelle 1: Überblick der Forschungsarbeiten und Publikationen

Zeitraum	Erkenntnisse	Quellen
1990	In der Fachdiskussion zur Bauphysik von Holzbauteilen taucht erstmalig die Forderung nach einer Trocknungsreserve für «außerplanmäßige Befeuchtungen» auf.	
1998	Erste hygrothermische Parameterstudie zur Feuchtebilanz von außenseitig dampfdichten Holzbaudächern	9
1999	Quantifizierung des erforderlichen Verdunstungsüberschusses bei der Glaserberechnung durch das IBP (250 g/m <sup>2</sup> a)	10
2001	Erscheinen der WTA Merkblätter 6-1 & 6-2 zur hygrothermischen Simulation	11, 12
2004	Mehrere Publikationen zum trockenungsfördernden Effekt von feuchteadaptiven Dampfbremsen bei Flachdächern	13, 14, 15
2005	Hinweis, dass Konstruktionen ein Trocknungspotenzial benötigen und «dicht-dicht Konstruktionen zu vermeiden sind.	16
2007	Merkblatt des Schweizer Verbandes Dach und Wand «Feuchteschutz bei Flachdächern in Holzbauweise	7
2008	Spezialheft des INFORMATIONSDIENST HOLZ «Flachdächer in Holzbauweise»	6
2009-2012	Ergebnisse aus dem österreichischen Flachdachprojekt hinsichtlich Einsatzgrenzen von FADAB's, Erarbeitung eines Konvektionsmodells und Grundlage der nachweisfreien Konstruktionen in einer Planungsbroschüre	1, 5, 17, 18
2011	Veröffentlichung der «7 goldenen Regeln für ein nachweisfreies Flachdach» durch die Referenten beim 2. int. Holz[Bau]Physik Kongresses in Leipzig. <a href="http://holzbauphysik.de/downloads.php">http://holzbauphysik.de/downloads.php</a>	4

2013	Veröffentlichung der Ergebnisse zu teilgedämmten, flachgeneigten hölzernen Dachkonstruktionen	19
2012-2016	diverse Veröffentlichungen anlässlich der Internationalen Holz[Bau]Physik Kongresse	20
2016	Veröffentlichung des WTA Merkblattes 6-8 «Feuchtetechnische Bewertung von Holzbauteilen – vereinfachte Nachweise und Simulation»	21
Mitte 2017	online Version Planungshilfe Flachdach	22
Ende 2017	Veröffentlichung der Ergebnisse zu RooFit4PV PV-Anlagen auf hölzernen Dachelementen	22

### 3. Holz und Feuchtigkeit

Holz ist der nachwachsende, ökologische Baustoff mit einem sehr guten Verhältnis von Masse zu Tragfähigkeit und einem kalkulierbaren Brandverhalten. Zusätzlich weist Holz bekanntlich unter den tragenden Baustoffen die besten wärmedämmenden Eigenschaften auf. Als natürlicher Baustoff wird der Rohstoff im natürlichen Kreislauf durch Pilze und Insekten wieder in seine Bestandteile zerlegt, was grundsätzlich auch gut ist. Bei verbauten Holz gilt es diesen Zersetzungsprozess natürlich zu verhindern. Für einen Befall durch holzerstörende Pilze sind Pilzsporen, Sauerstoff und eine hohe Holzfeuchtigkeit (in der Regel über Fasersättigungsbereich) erforderlich. Da wir weder die Pilzsporen in der Luft noch im Hochbau den Sauerstoffgehalt reduzieren können, setzen wir mit Maßnahmen des konstruktiven Holzschutzes an der Vermeidung einer hohen Holzfeuchtigkeit an. DIN 68800-2 [23] und ÖNORM B 3802 [24] lassen eine maximale Holzfeuchtigkeit von 20 M-% über den Nutzungszeitraum der Holzkonstruktion zu. Dadurch kann eine Zerstörung durch Pilze verhindert werden. Die Wahrscheinlichkeit einer Zerstörung durch Insekten kann bei den vorliegenden Konstruktionen und den üblichen Bauweisen (Einsatz von kammergetrocknetem Holz) vernachlässigt werden.

### 4. Feuchteinträge

Der Schwerpunkt der Forschungsarbeiten zu unbelüfteten Flachdächern in Holzbauweise lag in den letzten Jahren im Bereich des konvektiven raumseitigen Feuchteintrages durch Leckagen in der luftdichten Ebene, den Möglichkeiten der Rückrocknung bei unterschiedlichen Dampfbremsen und Dachabdichtungen, Klimarandbedingungen, wie Solarstrahlung, Beschattung und den internen Feuchtelasten. Es wurden somit die bauphysikalischen Randbedingungen für das Funktionieren der Konstruktion festgelegt. Natürlich wurde in den erarbeiteten Regelwerken für Konstruktionen ohne weitere Nachweise, wie den «7 goldenen Regeln» [4] sowie der Planungsbroschüre der Holzforschung Austria [5] auch die Einbaufeuchtigkeit des Holzes mit  $15 \pm 3$  M-% und der Holzwerkstoffe mit  $12 \pm 3$  M-% begrenzt. Eine Messung und Dokumentation vor dem Verschließen der Elemente wurde zusätzlich gefordert. An der Holzforschung Austria wurden im Rahmen eines Forschungsvorhabens die «Reaktionszeiten» unterschiedlicher Feuchtemonitoringsysteme in Bezug auf Öffnungsdurchmesser und Dachabdichtung untersucht [19]. Die Auswirkungen eines Feuchteintrages in die Konstruktion bei Dächern ohne Monitoringsystem infolge einer Beschädigung der Dachabdichtung wurden nicht so umfangreich wie die Auswirkungen von konvektiven Feuchteintritten untersucht. Es liegt natürlich auf der Hand, dass Fehlstellen in der Dachabdichtung zu einem Feuchteintrag führen, welcher durch sommerliche Umkehrdiffusion nicht abtrocknen kann.

## 4.1. Erhöhte Einbaufeuchte bzw. Witterungseinflüsse während der Bauphase

Die Wahrscheinlichkeit von erhöhter Einbaufeuchtigkeit kann durch den Einsatz von keilgezinktem Bauholz, Brettschichtholz sowie Holzwerkstoffplatten in Kombination mit der Eigenüberwachung im Zuge der Wareneingangs- und der Produktionskontrolle sehr stark reduziert werden. In der Vergangenheit kam es vereinzelt vor, dass als Beplankung Holzschalungsbretter verwendet wurden, die nicht kammergetrocknet waren und deren Holzfeuchtigkeit nicht entsprechend überprüft wurde. Heute werden bei den angeführten vollgedämmten Dachelementen in der Regel Holzwerkstoffplatten als Beplankung verwendet.

Witterungseinflüsse während der Montage spielen im Gegensatz zur Einbaufeuchtigkeit eine größere Rolle und stellen aus der Sicht des Autors in mehrerlei Hinsicht ein Gefahrenpotential für einen Feuchteintritt dar. Sie können sofern die Dachabdichtung nicht im Werk aufgebracht wird und gleichzeitig die feuchteadaptive Dampfbremse unter die äußere Holzwerkstoffplatte befestigt wird zu einem erheblichen Anstieg der Holzfeuchtigkeit führen.

Dies gilt allerdings auch für Massivholzdecken mit außenliegender Dämmung. In diesem Fall kann die Feuchtigkeit wegen der hohen  $s_d$ -Werte der Dampfbremse und der Dachabdichtung nicht nach außen abtrocknen. Zusätzlich gibt es im Sommer wegen dem fehlenden Partialdampfdruckgefälle keine Umkehrdiffusion nach innen. Gerade bei Massivholzdecken ist aus diesem Grund eine Dampfbremse, welche auch als Baustellenabdichtung funktioniert, entscheidend.

Neben diesen Feuchteinträgen spielen die Witterungsbedingungen auch eine wesentliche Rolle in Bezug auf das Verschweißen der Dachabdichtung, siehe 4.3.

## 4.2. Feuchteintrag von innen

Der Feuchteintrag vom Innenraum in den Bauteil kann über Wasserdampfdiffusion und -konvektion erfolgen. Unter Wasserdampfdiffusion versteht man den Wasserdampftransport infolge der thermischen Eigenbewegung der Moleküle durch die Bauteile. Das maßgebende treibende Potential für die Diffusion sind Konzentrations- bzw. Wasserdampfpartialdruckunterschiede, zwischen denen sich der zu durchdringende Bauteil befindet. Neben der Diffusion kann es, aufgrund von Luftdruckunterschieden zwischen Innenraum und Außenbereich, zusätzlich zu konvektivem Feuchtetransport kommen. Der konvektive Feuchtetransport ist zum einen von den Leckagen und zum anderen von den Druckunterschieden abhängig. Alleine aufgrund der Thermik können im Winter in Abhängigkeit der Höhe des zusammenhängenden Innenraumes und der Temperaturbedingungen Druckunterschiede von mehreren Pascal auftreten. Grundsätzlich kann durch Konvektion ein Vielfaches an Feuchtigkeit in den Bauteil gelangen als durch Diffusion. Aus diesen Gründen kommt der Luftdichtheit der Gebäudehülle neben den Anforderungen an die Reduktion der Lüftungswärmeverlust und der Behaglichkeit auch in Bezug auf die Dauerhaftigkeit der Holzkonstruktion eine wesentliche Bedeutung zu.

In der Regel werden Holzkonstruktionen nach außen hin diffusionsoffen ausgeführt. Bei flachgeneigten Foliendächern ist diese bauphysikalische Grundregel aufgrund der vorhandenen  $s_d$ -Werte der Dachabdichtung nicht möglich. Eine Berechnung nach dem normativen Glaserverfahren, welches ausschließlich Diffusionserscheinungen berücksichtigt, würde bei diesen Aufbauten eine innenliegende Dampfbremse mit einem hohen  $s_d$ -Wert fordern. Dadurch wäre das Holz zwischen zwei Folien mit hohen  $s_d$ -Werten praktisch eingesperrt. Man spricht in diesem Fall auch von sogenannten «dicht-dicht» Aufbauten. Jede eingedrungene Feuchtigkeit – sei es während der Bauphase oder auch während der Nutzung beispielsweise durch kleinste Fehlstellen in der innenseitigen luftdichten Ebene kann zu einem Bauschaden führen. Dicht-dicht Bauweisen erfordern eine 100% dichte Ausführung der Dampfbremse. Da eine 100% Ausführung bei keiner Bauweise möglich ist, bedarf es Konstruktionen, die eine Austrocknung sicherstellen können. Die angeführte «dicht-dicht» Bauweise stellt somit einen Planungsfehler dar.

In den letzten Jahren wurden aus diesen Gründen bei unbelüfteten Flachdächern in Holzbauweise feuchteadaptive Dampfbremsen verwendet. Diese Folien verändern in Abhängigkeit der relativen Luftfeuchtigkeit an der Dampfbremse ihren  $s_d$ -Wert. Bei einer hohen relativen Luftfeuchtigkeit (90 %) sind die Dampfbremsen diffusionsoffen, d.h. der  $s_d$ -Wert liegt unter 0,5 m. Bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 50 % sind die Folien moderat dampfbremsend ( $s_d$ -Wert zwischen 2 m und 5 m) oder dichter. Im Winter diffundiert eine geringere Menge an Wasserdampf in die Konstruktion und im Sommer kann es – sofern die Randbedingungen (Besonnung der Dachabdichtung und hoher solarer Absorptionsgrad der Dachabdichtung) erfüllt sind zu einer Rücktrocknung der Feuchtigkeit kommen. Da die Bahnen in der Regel nicht richtungsgesteuert den  $s_d$ -Wert ändern, darf im Winter im Innenraum keine hohe relative Luftfeuchtigkeit vorliegen. Dies ist bei Hallenbädern, Produktionsstätten mit hoher Luftfeuchtigkeit und beim Neubau aufgrund der möglichen Baurestfeuchte durch Estriche und Putze zu berücksichtigen.

Zum Nachweis von Konstruktionen in Abhängigkeit der klimatischen Randbedingungen können die angeführten 7 goldenen Regeln [4], welche im WTA Merkblatt 6-8 [21] spezifiziert wurden, die Planungsbroschüre der Holzforschung Austria [5] verwendet werden oder es sind standortbezogene hygrothermische Berechnungen nach dem WTA Merkblatt 6-8 [21] durchzuführen.

### 4.3. Feuchteeintrag von außen

Ein Feuchteeintrag von außen kann einerseits durch eine nachträgliche mechanische oder tierische Beschädigung der Dachabdichtung, Alterung der Dachabdichtung sowie unsachgerechte Ausbildung der Folienstöße bzw. der Anschlüsse und Einbauten erfolgen. Das Dach wird bei modernen Gebäude gerne als Standort für haustechnische Anlagen, wie z.B. Lüftungs- und Klimageräten sowie PV-Modulen und thermischen Solaranlagen, genutzt. Die Geräte stellen zum einen eine Beschattung der Dachoberfläche dar, andererseits bedingen die regelmäßigen Wartungen ein häufiges Begehen des Daches. Schrauben, Nägel, Glasscherben, Kronenkorken und dergleichen mehr sind aus diesen Gründen bei nicht regelmäßig inspizierten und gewarteten Dächern keine Seltenheit. Die Gegenstände können die Dachabdichtung lokal beschädigen.

Neben diesen nachträglichen Beschädigungen kann die Ursache für einen Feuchteeintritt auch schon während der Bauphase aufgetreten sein. Laut Auskunft namhafter Sachverständiger für Flachdächer können beispielsweise unsachgemäße Verschweißungen der Folien aufgrund der Witterungseinflüsse oder Stromschwankungen Gründe für einen nachträglichen Feuchteeintritt von außen darstellen. In diesen Fällen kann es passieren, dass die Überprüfung der Naht im Zuge der Eigenüberwachung positiv ist, die Naht aber nachträglich aufgeht.

Aus den angeführten Gründen muss man über die Nutzungsdauer des Daches auch bei der Dachabdichtung - vergleichbar der Ausführung der luftdichten Ebene selbst bei größter Sorgfalt mit der Möglichkeit einer Undichtheit rechnen. Fehler in der Ausführung bzw. nachträgliche Beschädigungen der Dachabdichtung und deren Folgeauswirkungen sind durch den Investor im Zuge der Kalkulation zu berücksichtigen.

## **5. Reduktion der Auswirkungen möglicher Feuchteinträge**

Durch einfache konstruktive Maßnahmen und/oder durch den Einbau von Monitoringsystemen können die Auswirkungen von möglichen Feuchteinträgen reduziert werden. Im Folgenden werden wesentliche Punkte zur Reduktion der Auswirkungen von Feuchteinträgen berücksichtigt.

### **5.1. Verwendung feuchteadaptiver Dampfbremsen**

Die Regel, dass feuchteadaptive Dampfbremsen zu verwenden sind, sollte sich in den letzten Jahren herumgesprochen haben. Als feuchteschutztechnischer Nachweis ist in diesem Fall eine hygrothermische Simulation oder der Einsatz von Konstruktionen ohne weitere Nachweise wie in 4.2 angeführt erforderlich. Feuchteadaptive Dampfbremsen können in Abhängigkeit der Klimarandbedingungen durch sommerliche Umkehrdiffusion ein Abtrocknen von durch Diffusion und Konvektion eingedrungener Feuchtigkeit ermöglichen. Bei einem Flüssigwassereintritt während der Bauphase bzw. von außen durch Beschädigungen der Dachabdichtung können die Produkte einen Schaden an der Konstruktion auch nicht verhindern.

### **5.2. «Kapseln» der Elemente**

Seitens der Industrie werden heute die einzelnen Dachelemente (2 m Breite x 6 – 10 m Länge) mit der feuchteadaptiven Dampfbremse bzw. der Dachabdichtung, welche im Werk aufgebracht wird in sich abgeschlossen. Die Dampfbremse wird seitlich über die Hölzer nach außen hochgeklappt und unter der äußeren Beplankung geklemmt. Ein möglicher Schaden aufgrund eines Feuchteintrittes wird dadurch auf die Elementgröße minimiert.

### **5.3. Vollflächiges Verkleben der EPDM Dachabdichtung**

Ein vollflächiges Verkleben der EPDM Dachabdichtung mit der äußeren Holzwerkstoffplatte verringert zusätzlich eine Weiterleitung eingedrungener Feuchtigkeit durch Beschädigungen. Zusätzlich kann man im Zuge der Inspektion der Dachflächen aufgrund der rauen Oberfläche der Dachabdichtung schadhafte Stellen rasch erkennen.

### **5.4. Durchdringungen und Einbauten nur durch Partnerbetriebe**

Die angeführten Konstruktionen reagieren auf Leckagen sensibel. Aus diesem Grund dürfen Durchdringungen, Einbauten und deren Abdichtungen ausschließlich von dem Holzbaununternehmen bzw. von ihm zugelassenen Partnerbetrieben durchgeführt werden.

### **5.5. Außenliegende zusätzliche Dämmung**

Durch eine außenliegende zusätzliche Überdämmung und eine zusätzliche Dachabdichtung wird der Taupunkt aus der hölzernen Tragkonstruktion in den nicht verrottenden Dämmstoff verschoben. Dies bewirkt, dass auch beschattete Konstruktionen sowie Gründächer oder Dächer mit einer Auflast bauphysikalisch funktionieren können. Im WTA Merkblatt 6-8 [21] wird ein Wärmedurchlasswiderstand von mindestens 2/3 der außenliegenden Dämmung als nachweisfrei angeführt. Auf Basis standortbezogener hygrothermischer Nachweise kann dieser Wert erfahrungsgemäß je nach Standort und Rahmenbedingungen auf bis zu 1/3 reduziert werden.

### **5.6. Monitoringsysteme**

Neben den konstruktiven Maßnahmen kann natürlich auch durch den Einbau und Betrieb eines vollflächigen Monitoringsystems ein möglicher Feuchteintritt in die Konstruktion rasch festgestellt und lokalisiert werden.

## 5.7. Regelmäßige Inspektion und Wartung

Eine regelmäßige Inspektion und Wartung der Flachdächer ist, wie bei anderen Bauteilen Voraussetzung zur Erzielung einer langen Lebensdauer. Begehungen von Flachdächern im Zuge von Gutachten und Forschungsarbeiten haben allerdings gezeigt, dass von vielen Betreibern die regelmäßigen Inspektions- und Wartungsarbeiten vernachlässigt werden.

## 6. Empfehlung von Dachaufbauten entsprechend der Nutzungskategorien

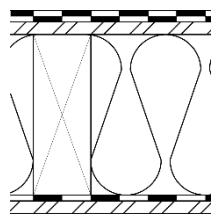
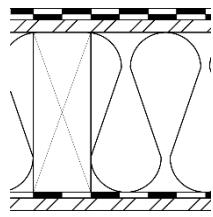
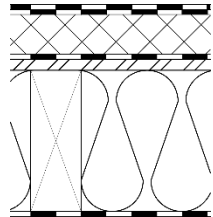
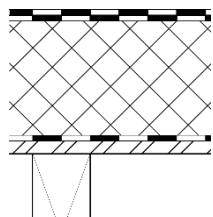
Die Betreiber und Investoren von Gebäuden sollten neben den Errichtungskosten die laufenden Betriebs- und Wartungskosten sowie im Falle von möglichen Schäden die zu erwartenden Sanierungskosten in ihre Kalkulation einfließen lassen. Flachdächer können in Abhängigkeit der Schadensfolgeklassen CC 1 bis CC 3 und der Nutzungsdauer in die Nutzungskategorien K1, K2 und K3 eingeteilt werden, siehe Tabelle 2.

Tabelle 2: Nutzungskategorien in Abhängigkeit der Schadensfolgeklasse und Nutzungsdauer nach ÖNORM B 3691 [25]

Geplante Nutzungsdauer des Dachaufbaus (in Jahren)	Schadensfolgeklasse analog ÖNORM EN 1990/Gebäudenutzung		
	CC 1 Geringe oder vernachlässigbare wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen bei Versagen der Dachabdichtung  zB: Lagergebäude ohne besondere Güter, Einstellhallen, landwirtschaftlich genutzte Nebengebäude	CC 2 beträchtliche wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen bei Versagen der Dachabdichtung  zB: Wohn- und Bürogebäude, öffentliche Gebäude mit mittleren Versagensfolgen (zB ein Bürogebäude)	CC 3 sehr große wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen bei Versagen der Dachabdichtung  zB: Gebäude mit hohen Versagensfolgen (zB eine Konzerthalle, Krankenhaus, Kraftwerk, Museen) sowie Bauwerke mit lebenswichtiger Infrastrukturfunktion, wichtiger sozialer Funktion, Bauwerke mit Fassungsvermögen über 1000 Personen, Dachabdichtungen, die nur mit sehr großem Aufwand zugänglich sind
bis 10	K1	—	—
20	K2	K2	K3
30 <sup>a</sup>	K2	K3	K3
	Bei unterschiedlicher Nutzung gilt die jeweils höherwertige Einstufung, sofern die Gebäudeteile nicht baulich getrennt sind.		
ANMERKUNG 1	Dächer mit einer geplanten Nutzungsdauer unter 5 Jahre unterliegen nicht dieser ÖNORM.		
ANMERKUNG 2	Die angeführte Nutzungsdauer gilt bei Instandhaltung gemäß Abschnitt 7.		
	<sup>a</sup> Bei Flüssigabdichtungen beträgt die übliche Nutzungsdauer gemäß ETAG 005 (alle Teile) maximal 25 Jahre.		

Im Folgenden wird auf Basis dieser Nutzungskategorien eine Empfehlung für die Konstruktion unbelüfteter Flachdächer in Holzbauweise angeführt. Für die Nutzungskategorien K1 und K2 (Gewerbe- und Industriebauten) können unbelüftete Flachdächer in Holzbauweise ohne zusätzlicher außenliegender Dämmung verwendet werden. Die angeführten Vorgaben sind allerdings in jedem Fall zu berücksichtigen. Für Wohnbauten der Nutzungskategorie K2 ist eine außenliegende Zusatzdämmung erforderlich. Die zusätzlichen Empfehlungen erhöhen die Sicherheiten der Konstruktionen. Für die Nutzungskategorie K3 wird unter Berücksichtigung der zu erwartenden sehr hohen Folgen eines Feuchteintrittes durch die Dachabdichtung eine bituminöse Dampfbremse auf der äußeren Holzwerkstoffplatte, eine Zusatzdämmung und eine weitere Dachabdichtung gefordert.

Tabelle 3: Empfehlung der Konstruktion unbelüfteter Flachdächer in Holzbauweise entsprechend der Nutzungskategorien nach ÖNORM B 3691 [25]

Nutzungskategorie	Konstruktion	Vorgaben <sup>1.)</sup>	Zusätzliche Empfehlungen
K1		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspektion &amp; Wartung (5.7)</li> <li>• Feuchteadaptive Dampfbremse (5.1)</li> <li>• Hygrothermischer Nachweis (WTA 6-8) bzw. nachweis-freie Konstruktionen (4.2)</li> <li>• Durchdringungen nur durch Partnerbetriebe (5.4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• «Kapseln» der Elemente (5.2)</li> <li>• Vollflächige Verklebung der EPDM Dachabdichtung (5.3)</li> <li>• Zusatzdämmung (5.5)</li> </ul>
K2 (Gewerbe- Industrie- bau)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• «Kapseln» der Elemente (5.2)</li> <li>• Inspektion &amp; Wartung (5.7)</li> <li>• Feuchteadaptive Dampfbremse (5.1)</li> <li>• Hygrothermischer Nachweis (WTA 6-8) bzw. nachweis-freie Konstruktionen (4.2)</li> <li>• Durchdringungen nur durch Partnerbetriebe (5.4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vollflächige Verklebung der EPDM Dachabdichtung (5.3)</li> <li>• Zusatzdämmung (5.5)</li> <li>• Monitoringsystem (5.6)</li> </ul>
K2 (Wohnbau)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusatzdämmung (5.5)</li> <li>• «Kapseln» der Elemente (5.2)</li> <li>• Inspektion &amp; Wartung (5.7)</li> <li>• Feuchteadaptive Dampfbremse (5.1)</li> <li>• Hygrothermischer Nachweis (WTA 6-8) bzw. nachweis-freie Konstruktionen (4.2)</li> <li>• Durchdringungen nur durch Partnerbetriebe (5.4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vollflächige Verklebung der EPDM Dachabdichtung (5.3)</li> <li>• Monitoringsystem (5.6)</li> </ul>
K3		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusatzdämmung (5.5)</li> <li>• «Kapseln» der Elemente (5.2)</li> <li>• Inspektion &amp; Wartung (5.7)</li> <li>• Feuchteadaptive Dampfbremse an d. Innenseite d. Gefaches (5.1)</li> <li>• Hygrothermischer Nachweis (WTA 6-8) bzw. nachweis-freie Konstruktionen (4.2)</li> <li>• Durchdringungen nur durch Partnerbetriebe (5.4)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vollflächige Verklebung der EPDM Dachabdichtung (5.3)</li> <li>• Monitoringsystem (5.6)</li> </ul>

1.) Einsatz trockener Baustoffen, Witterungsschutz und Eigenüberwachung werden in jedem Fall vorausgesetzt.

2.) Bei diesem Aufbau wird werkseitig auf die äußere Holzwerkstoffplatte eine Bitumenbahn aufgebracht, welche als Witterungsschutz während der Bauzeit und im Falle einer Beschädigung der Dachabdichtung als Schutz der Holzkonstruktion dient. Es wird empfohlen, das Holzrohelement bereits im Gefälle zu verlegen. Mit der außenliegenden Dämmung kann gegebenenfalls das Gegengefälle ausgebildet werden. Dieser Aufbau wird auch bei Dächern mit einem geringen Rücktrocknungspotential, wie z.B. Gründächern, Dächer mit Auflast und stark beschatteten Dächern empfohlen.

## 7. Zusammenfassung

Der Beitrag führt basierend auf die Erkenntnisse von Forschungsprojekten und die Erfahrungen aus der Gutachtertätigkeit Konstruktionsempfehlungen für unbelüftete Flachdächer in Holzbauweise in Abhängigkeit der Nutzungskategorien an. Da von einer 100% Dichtheit der Dachabdichtung und der luftdichten Ebene nicht ausgegangen werden kann, wird es empfohlen Maßnahmen zur Reduktion der Auswirkungen eines Feuchteintrages zu setzen. Für Gebäude der Nutzungsklasse K3 sollte aus Sicht des Autors bei unbelüfteten Flachdächern in Holzbauweise eine außenliegende Zusatzdämmung entsprechend Tabelle 3 ausgeführt werden. Ziel muss es sein, robuste fehlertolerante Holzbaukonstruktionen zu erzielen. Denn das Einzige was letztendlich zählt, ist eine hohe Qualität als Imagerträger des Holzbaus.

## 8. Literaturverzeichnis

- [1] Teibinger, Martin; Nusser, Bernd (2010): Ergebnisse experimenteller Untersuchungen an flachgeneigten hölzernen Dachkonstruktionen. Herausgegeben von Holzforschung Austria. Wien. (Forschungsbericht, HFA-Nr.: P412).
- [2] Winter, Stefan; Fülle, Claudia; Werther, Norman (2009): Experimentelle und numerische Untersuchung des hygrothermischen Verhaltens von flach geneigten Dächern in Holzbauweise mit oberer dampfdichter Abdichtung unter Einsatz ökologischer Bauprodukte zum Erreichen schadensfreier, markt- und zukunftsgerechter Konstruktionen. Leipzig (Forschungsbericht, DGFH: Z 6 - 10.08.18.7-07.18).
- [3] Gonin, Marc-Andre; Weber, Heinz; Blaser, Christoph (2003): Hohlkastenelemente als Tragkonstruktion für Dächer. Hrg. v. SH-Holz. Schweizer Hochschule für die Holzwirtschaft (Biel, Schweiz) (Forschungsbericht, 2613-HB-01).
- [4] Veröffentlichung der «7 goldenen Regeln für ein nachweisfreies Flachdach». Online verfügbar unter: <http://holzbauphysik.de/downloads.php>
- [5] Teibinger, Martin; Nusser, Bernd (2010): Planungsbroschüre. Flachgeneigte Dächer aus Holz. Wien: Eigenverlag (HFA-Schriftenreihe, 29).
- [6] Schmidt, Daniel und Winter, Stefan: Flachdächer in Holzbauweise. Informationsdienst Holz Spezial, HAF Bonn 2008
- [7] SVDW (Hg.) (2007): Feuchteschutz bei Flachdächern in Holzbauweise. Merkblatt. Schweizer Verband Dach und Wand. Uzwil, Schweiz (Merkblatt, FD 2/07).
- [8] Oswald; Zöller; Spilker; Sous (2014). Zuverlässigkeit von Holzdachkonstruktionen ohne Unterlüftung der Abdichtungs oder Decklage. Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau.
- [9] Künzel, Hartwig: Außen dampfdicht, vollgedämmt? In: bauen mit holz 8/98.
- [10] Künzel, Hartwig: Dampfdiffusionsberechnung nach Glaser – Quo vadis?, IBP Mitteilungen 355, Fraunhofer Institut für Bauphysik, Stuttgart/Holzkirchen, 1999
- [11] WTA-Merkblatt 6-1-01/D, 2002: Leitfaden für hygrothermische Simulationsberechnungen.
- [12] WTA-Merkblatt 6-2-01/D, 2002: Simulation wärme- und feuchtetechnischer Prozesse.
- [13] Richard Adriaans: Flachdächer auf Holzkonstruktionen. Dämmen und Dichten mit System. In: HOLZBAU - die neue quadriga, Heft 5/ 2004.
- [14] Borsch- Laaks, Robert: Belüftet oder lieber doch nicht? Tauwasserschutz bei flach geneigten Dächern in Holzbauweise. In: HOLZBAU - die neue quadriga Heft 5/ 2004, Wolnzach, Verlag Kastner.
- [15] Flaches Dach, aber sicher! - Flachdach ohne Belüftung mit Attika. Condetti-Detail 19.01 in: HOLZBAU - die neue quadriga, Heft 6-2004 (Autoren: R. Borsch-Laaks, A. Grebe, E.U. Köhnke, H. Schopbach, D. Schmidt, G. Wagner, St. Winter)
- [16] Holzforschung Austria (Hg.): Schadensvermeidung bei Dächern. Wien. Holzforschung Austria (Tagungsband).
- [17] Nusser, Bernd (2012): Flachgeneigte hölzerne Dachkonstruktionen. Systemanalysen und neue Ansätze zur Planung hygrisch robuster flachgeneigter hölzerner Dachkonstruktionen unter Beachtung konvektiver Feuchteinträge und temporärer Beschattungssituationen. Dissertation. TU Wien, Wien. Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz, Institut für Hochbau und Technologie.
- [18] Nusser, Bernd; Teibinger, Martin; Bednar, Thomas (2010): Feuchtetechnische Untersuchungen flachgeneigter hölzerner Dachkonstruktionen. In: OIB aktuell 11 (3), S. 20–25.
- [19] Teibinger, Martin; Nusser, Bernd (2013): Systemanalyse und Monitoring teilgedämmter flachgeneigter hölzerner Dachelemente. Endbericht. Holzforschung Austria, Wien.
- [20] Informationen online unter <http://www.holzbauphysik-kongress.de/tagungsbaende.php>; abgerufen am 18.02.2017
- [21] WTA-Merkblatt 6-8, 2016: Feuchtetechnische Bewertung von Holzbauteilen – vereinfachte Nachweise und Simulation.
- [22] Informationen unter [www.holzforschung.at](http://www.holzforschung.at)
- [23] DIN 68800-2: Holzschutz - Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau.
- [24] ÖNORM B 3808-2: Holzschutz im Bauwesen - Teil 2: Baulicher Schutz des Holzes.
- [25] ÖNORM B 3691: Planung und Ausführung von Dachabdichtungen.