

Damit der Frost auf dem Dach nicht zum Frust wird

Mehr Sicherheit durch den Einsatz von Zusatzdämmung bei Flachdächern in Holzbauweise.

Die Nutzung von Flachdächern wird immer vielfältiger: das Dach als Kraftwerk, das Dach als erweiterter Wohnbereich in Form der Terrasse oder sogar als Garten. Das sind neben höheren Wärmedämmstandards Forderungen und Wünsche, mit denen Zimmerer und Architekten in der Planung und Ausführung heute mehr und mehr konfrontiert werden. Das häufige Auftreten von Bauschäden zeigt, dass es schwierig ist, sichere, einfache und nachhaltige Lösungen zu finden. Dieser Artikel zeigt, welche Konstruktionen bei Flachdächern in Holzbauweise möglich sind. Er beschäftigt sich mit den Stellschrauben, mit denen die Bauteilsicherheit dieser Konstruktionen verbessert wird. Zudem gibt er Hinweise, was bei der Planung und Ausführung von Flachdächern mit Dämmung zwischen der Tragkonstruktion zu beachten ist.

Grundsätzlich gibt es bewährte und sichere Lösungen, wie zum Beispiel das nicht durchlüftete Flachdach, bei dem die Wärmedämmung vollständig über der Tragkonstruktion angeordnet ist. Abgesehen vom immer heiklen luftdichten Anschluss an die angrenzenden Bauteile (Wand/Mauerkrone) ist dieser Aufbau sehr sicher.

Auch der Aufbau einer aussen funktionsfähig belüfteten Konstruktion geht prinzipiell in Ordnung und ist vor allem für aussen verschattete Konstruktionen und grosse Höhenlagen gut geeignet. Ein Nach-



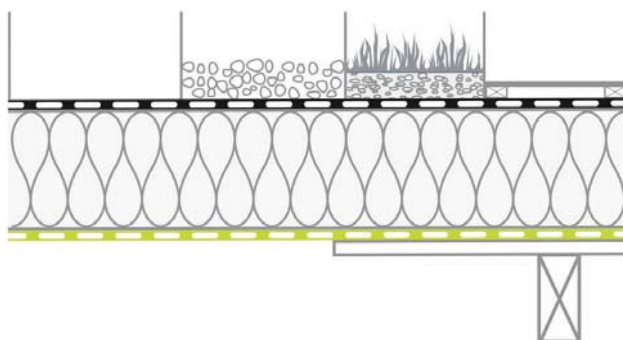
Feuchteschaden am Flachdach.

Fotos: MOLL/pro clima Schweiz

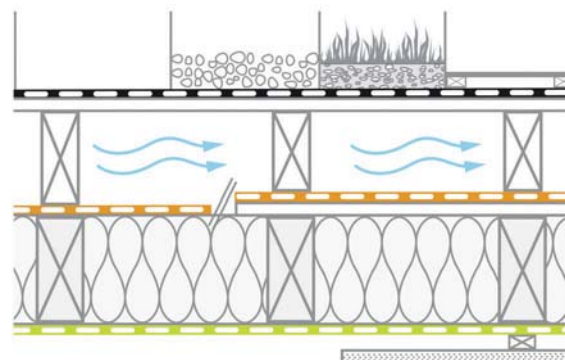
teil ist hier der riesige Belüftungshohlraum. Die Flachdachnorm SIA 271 weist auf die Stärke der Belüftungsschicht von mindestens 100 Millimeter hin (besser 150 mm bzw. ein Lüftungsquerschnitt von 1/150 der Dachfläche). Auch auf die Notwendigkeit der strömungstechnisch günstigen Ausgestaltung von Zu- und Abluft wird hingewiesen.

Luft in diesem Hohlraum hat wegen der geringen Thermik kaum einen Grund, sich in dieser fast waagerechten Schicht umzuwälzen. Wind sowie unterschiedliche Temperaturen auf der Zu- und Abluftseite sind so die einzigen Motoren für einen Luftaustausch und damit für die sichere

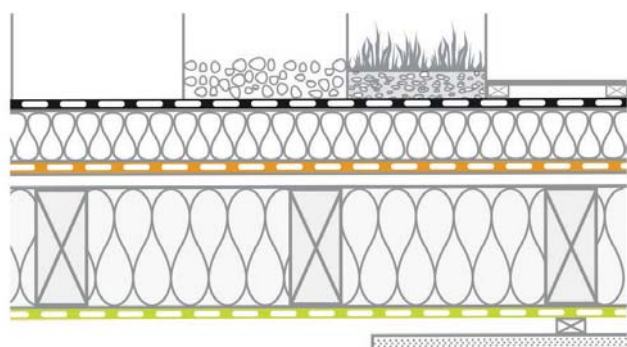
Entfeuchtung des Bauteils. Richtungsänderungen an Aufkantungen, wie sie durch Staffelgeschosse, Oberlichter und andere Aufbauten entstehen, werden hier schnell zum Hindernis für Luftströmungen. So kann es zum Feuchtestau in der Konstruktion kommen. Unter gestalterischen Gesichtspunkten sind die hohe Gesamtstärke und die sichtbaren Lüftungsöffnungen nicht sehr beliebt. So haben sich Varianten mit nicht durchlüfteter Konstruktion und Wärmedämmung in der Tragebene (mit und ohne Zusatzdämmung) zu beliebten Aufbauten in der Schweiz entwickelt. Diese sind konstruktiv einfacher, bauphysikalisch jedoch anspruchsvoller.



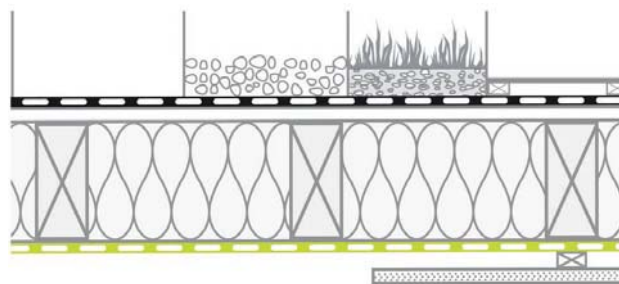
Wärmedämmung auf der Tragkonstruktion.



Durchlüftete Konstruktion mit aussen diffusionsoffenem Aufbau.



Wärmedämmung innerhalb der Tragkonstruktion und davon getrennte Zusatzdämmung aussen.



Wärmedämmung innerhalb der Tragkonstruktion ohne Zusatzdämmung.

Um diese Konstruktionen sicher auszuführen, ist es wichtig, zu wissen, welche Stellschrauben die Sicherheit beeinflussen können. Sehr hilfreich war in diesem Zusammenhang ein Konsenspapier, das Referenten des Kongresses «Holzschutz und Bauphysik» im Februar 2011 in Leipzig aufgestellt haben. Ausgangspunkt des Konsenspapiers war, dass sich die Referenten einig waren, dass bei unbelüfteten Flachdächern in Holzbauweise der Einbau von Dampfsperren raumseitig nicht mehr Stand der Technik ist, da sie die sommerliche Umkehrdiffusion nach unten verhindern. Diese wird jedoch benötigt zur Trocknung von Feuchteinträgen in die Dämmebene durch Luftströmungen (Konvektion). Das Konsenspapier enthält sieben goldene Regeln, die für ein nachweisfreies, also ein auf jeden Fall funktionierendes, Flachdach eingehalten werden müssen. Eine erklärende bildliche Darstellung dazu kann im Internet unter procli.ma/i heruntergeladen werden. Können die sieben goldenen Regeln nicht alle eingehalten werden, was meistens der Fall ist, muss der Konstruktionsaufbau mit einer dynamischen Feuchtesimulation beurteilt werden, zum Beispiel mit WUFI. Dieses Simulationsverfahren, wird laufend durch Abgleich mit Freilandmessungen optimiert und hat sich bei richtiger Anwendung als sehr zuverlässig erwiesen. Bei der Beurteilung von Aufbauten nach diesem Verfahren werden weitere Aspekte miteinbezogen, die teilweise grossen Einfluss auf die Sicherheit der Konstruktion haben. Diese sind unter anderem:

- Die Höhenlage und das Aussenklima.
- Dämmstärke und Dämmstoffart.
- Die Gebäudehöhe, die Höhe der inneren Luftsäule sowie bei Gebäuden mit Lüftungsanlagen auch noch die Druckverhältnisse (Überdruck an der Dampfbremse ist unerwünscht).

- Die fachgerechte und dauerhaft haltbare Verarbeitung der Luftdichtung inkl. aller Anschlussfugen und Durchdringungen.
- Das Innenklima während der Bauzeit und auch langfristig.

Wichtig bei der Beurteilung einer Konstruktion ist die resultierende Feuchtigkeit innerhalb der Holzbauteile. Oft ergibt sich aus den Berechnungen, dass eine äussere Zusatzdämmung notwendig wird, um die Feuchte der oberen Balkenabdeckung langfristig im unkritischen Bereich zu halten. Bei Massivholz bedeutet das unter 20 Prozent und bei Holzwerkstoffplatten unter 18 Prozent. Durch das Dämmen auf der Aussenseite kommt die Abdeckung weiter in den warmen Bereich und wird dadurch trockener.

Die Stärke der Überdämmung variiert dabei, je nach Einbausituation und Höhenlage zwischen 0 Prozent und 200 Prozent

(1 : 2) der Dämmung innerhalb der Tragkonstruktion bezogen auf den Wärmedurchlasswiderstand. Die pro-clima-Technik-Hotline bietet kostenlose Unterstützung bei der Bemessung. In den folgenden Situationen wird schon bei Höhenlagen unter 1000 Metern über Meer eine Überdämmung empfohlen:

- Verschattung durch Aufkantungungen in einer Aufbauhöhe von mehr als 30 Zentimetern.
- Verschattung durch aufgeständerte PV oder Solarmodule, durch grösseren Baumbestand, durch die Topographie, durch Staffelgeschosse oder Nachbargebäude (Beurteilung durch den Planer vor Ort notwendig).
- Gründächer ab 200 Millimeter Dämmstärke in der Tragebene.
- Holzterrassen je nach Dämmstoff teilweise schon ab 200 Millimeter Dämmstärke in der Tragebene.

Infokasten 1

Auszug aus dem Konsens der Referenten zum Thema «unbelüftete Flachdächer in Holzbauweise» sieben goldene Regeln für ein nachweisfreies Flachdach (bei normalem Wohnklima nach EN 15026 bzw. WTA-Merkblatt 6-2):

1. Es hat ein Gefälle $\geq 3\%$ vor bzw. $\geq 2\%$ nach Verformung und
2. es ist dunkel (Oberfläche mit Strahlungsabsorption $a \geq 80\%$), unverschattet (Ergänzung des Autors: Es zählen schon Aufkantungungen ab 30 cm als Verschattungen) und
3. es hat keine Deckschichten (Bekiesung, Gründach, Terrassenbeläge) aber
4. eine feuchtevariable Dampfbremse (Ergänzung des Autors: Nach DIN 68800 S. 46 muss die Dampfbremse folgende Werte aufweisen: $s_d > 3$ m bei 45 % rel. Luftfeuchtigkeit und $1,5 < s_d < 2,5$ m bei 70 % rel. Luftfeuchtigkeit) und
5. keine unkontrollierbaren Hohlräume auf der kalten Seite der Dämmschicht und
6. eine geprüfte Luftdichtheit und
7. es wurden vor dem Schliessen des Aufbaus die Holzfeuchten von Tragwerk und Schalung ($u \leq 15 \mp 3$ M-%) bzw. Holzwerkstoffbeplankung ($u \leq 12 \mp 3$ M-%) dokumentiert.

- Kiesdächer ab 300 Millimeter Dämmstärke in der Tragebene.

Wie man sieht, beeinflussen die Aufbauten über der Abdichtung die Sicherheit. Mit abnehmendem solarem Energieeintrag in das Dach nimmt die Stärke der notwendigen Überdämmung zu. Die mit zunehmender Höhenlage verbundene abnehmende Jahresdurchschnittstemperatur hat die gleichen Folgen.

Daraus ergibt sich die Empfehlung, zum Beispiel bei Grün- und Terrassendächern sowie verschatteten Konstruktionen, die Höhe der Balkenlage möglichst auf das statisch notwendige Minimum zu reduzieren. Die Bemessung muss dabei ohne Berücksichtigung einer als Zugzone verleimten unteren (Dreischicht-)Platte erfolgen, es sei denn, diese wäre diffusionsoffen. Zusammen mit der notwendigen oberen Zusatzdämmung kann so in der Regel ein sehr guter Dämmstandard erreicht werden.

Noch ein paar praktische Hinweise

- Für die Bemessung der Zusatzdämmung ist bei im Gefälle verlegten Dämmungen die Mindestdämmstärke der Zusatzdämmung bzw. die Maximaldämmstärke der Dämmung in der Tragebene ausschlaggebend, nicht die durchschnittliche Dämmstärke.
- Entscheidend für den erfolgreichen Einsatz der Zusatzdämmung ist auch, dass diese hygrisch von der Zwischenbalkendämmung getrennt wird. Feuchtigkeit, die durch unvermeidbare Einträge (Konvektion etc.) in die untere Dämmebene kommt, darf nämlich nicht mit dem winterlichen Wärmestrom nach aussen in die obere Dämmebene gelangen. Dies führt sonst langfristig zur Auffeuchtung, die die Dämmwirkung und Haltbarkeit beeinträchtigt. Deswegen fordert die SIA 271 an dieser Stelle Dampfbremsen mit einem Sperrwert > 150 Metern (beziehungsweise > 250 bei Gründächern).
- Neben einer gut ausgeführten Luftdichtung in der Fläche sollten unvermeidbare Durchdringungen unbedingt mit Manschetten abgedichtet werden. So bleibt die Qualität der Luftdichtung dauerhaft gewährleistet.
- Vor Anbringen der Innenverkleidung muss eine sorgfältige Abnahme der Luftdichtungsebene zur Qualitätssicherung durchgeführt werden. Dies

wird optimal durch eine Leckageortung, einen Blower-Door-Test gewährleistet. Fachpersonen für die Prüfung finden Sie unter: www.thech.ch

- Achten Sie auch darauf, Feuchteinträge aus angrenzenden Bauteilen wie Mauerkronen zu vermeiden. Über Konvektion können grosse Feuchtemengen in Dächer eindringen, wenn sie nicht zum Beispiel durch einen Glattstrich/ Putzüberzug oder eine diffusionsoffene luftdichte Folie getrennt werden.

Bei den Feuchteinträgen in die untere Dämmebene gehen Bauphysiker von einer notwendigen Trocknungsreserve von > 250 g/m² und Jahr aus. Diese werden optimal durch den Einsatz von feuchtevariablen Dampfbremsen erreicht.

In der Schweiz ist der Aufbau, bei dem oben und unten mit dem Träger verleimte Dreischichtplatten eingesetzt werden, sehr beliebt. Da aber Dreischichtplatten durch die Leimschichten eine verhältnismässig hohe Sperrwirkung haben, kann die Trocknungsreserve hier kaum erreicht werden. Für 27-Millimeter-Dreischichtplatten werden von Herstellern s_d-Werte zwischen 4 und 6 Metern angegeben. Welche Materialien bauphysikalisch besser geeignet sind, sehen Sie im Infokasten 2. Wir wissen bis heute noch nicht genau, bei welchen Holz-

feuchten holzerstörende Pilze in geschlossenen Konstruktionen mit Vollsparrendämmung aktiv werden. Aber wenn solche kritische Konstruktionen bei Langzeitsimulationen eine Auffeuchtung auf unzulässige Werte zeigen, sollten sie vermieden werden, auch wenn der Bauschaden (Verfaulen der oberen Abdeckung) nicht gleich nach zwei Jahren sichtbar wird. Flachdächer, bei denen durch Änderungen an der Konstruktion eine Überdämmung notwendig geworden ist, können nachgerüstet werden. Dies kann durch den Einbau einer Umkehrdachdämmung über der Abdichtung erfolgen.

Fazit

Flachdachkonstruktionen mit Wärmedämmung in der Tragebene haben ein grosses Bauschadenfreiheitspotenzial, wenn sie sicher geplant und unter Berücksichtigung aller Stellschrauben fachgerecht ausgeführt werden. Wo es nötig ist, sollten sie durch eine richtig dimensionierte Überdämmung ergänzt werden. Die Bemessung sollte in einer frühen Planungsphase erfolgen, damit später bei den Anschlüssen an angrenzende Bauteile wie Terrassentüren und Attiken nicht mühsam nachgebessert werden muss.

Michael Wehrli,
Architekt und pro clima
Anwendungstechniker, Marthalen

Infokasten 2

Feuchtevariable Dampfbremsen benötigen einen diffusionsoffenen Innenausbau, um ihr Rücktrocknungspotenzial zu aktivieren:

Die folgende Materialien werden dafür als ausreichend diffusionsoffen angesehen und haben für die üblicherweise eingebaute Stärke einen s_d-Wert unter ca. 1 m:

- Gips-, Hartgips- und Gipsfaserplatten, auch mit mineralischem Putzüberzug, oder Wandfarbe.
- Täfer, Massivholzschalung oder Einschichtplatten bis max. 27 mm.
- MDF-Platten ohne Beschichtung.
- Holzfaser-Dämmplatten, auch mit mineralischem Putz.

Die folgenden Materialien werden in den üblicherweise verwendeten Stärken als nicht ausreichend diffusionsoffen angesehen und sind daher als innere Abdeckung in aussen diffusionsdichten Konstruktionen ungeeignet:

- Verleimte Holzwerkstoffplatten wie Dreischicht- und Mehrschichtplatten.
- OSB-Platten.
- Spanplatten.



Feuchtevariable Dampfbremse unter einer Terrasse