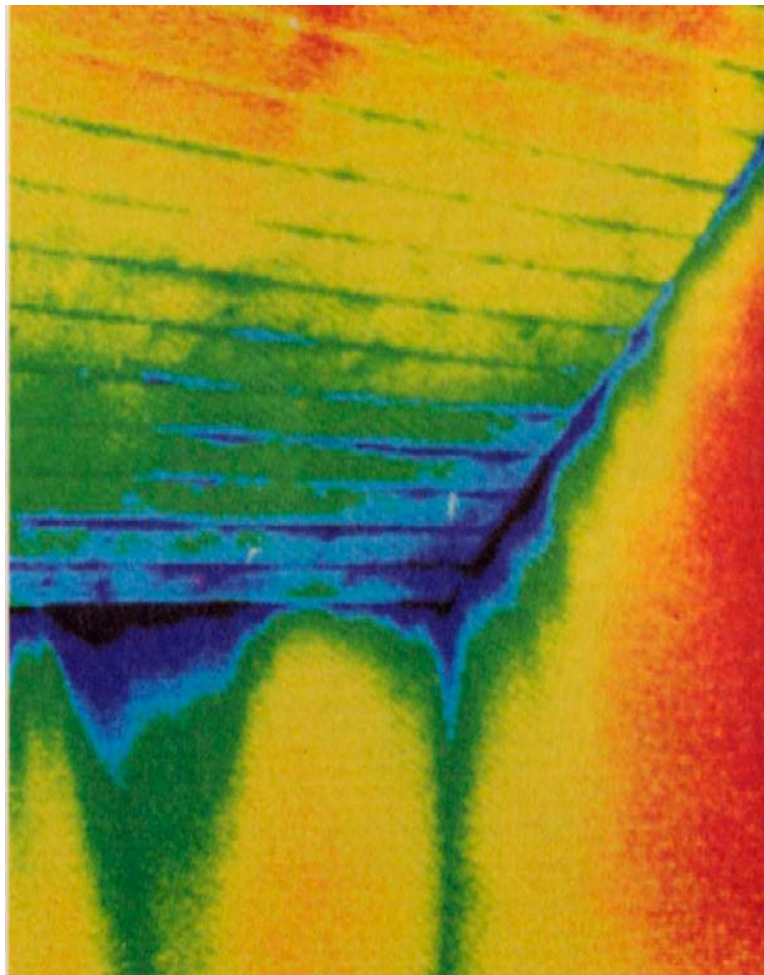




WIND- UND LUFTDICHTIGKEIT BEI GENEIGTEN DÄCHERN

WISSENSWERTES ÜBER DIE
LUFTDICHTIGKEIT VON DÄCHERN

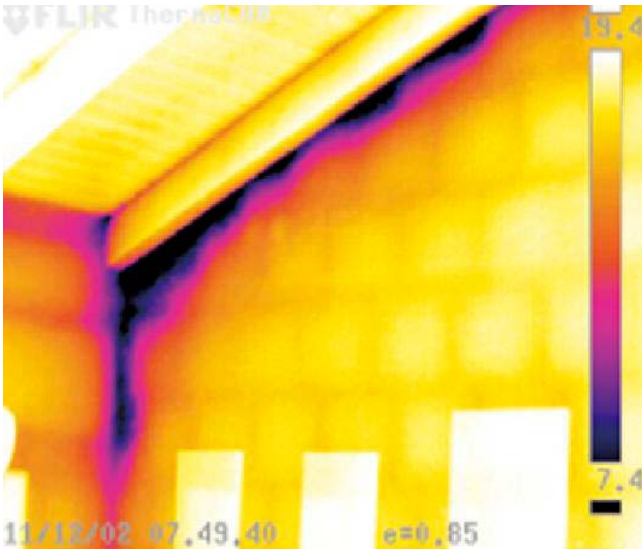
07 ENERGIESPAR-
INFORMATIONEN



Ursachen für Wärmeverluste und Bauschäden im Dach

Dächer sind nicht nur gut zu dämmen, sondern auch sorgfältig gegen Luftströmungen abzudichten. Nur wenn beide Bedingungen erfüllt sind, wird die gewünschte Verbesserung der Behaglichkeit sowie eine Energieeinsparung auch erzielt. Das Titelfoto zeigt es deutlich: Durch Fugen einer Holzverkleidung strömt Kaltluft in den Wohnraum, in der Aufnahme einer Wärmebildkamera erkennbar als blaue Verfärbung. Die Ursache: Die Dampfbremse wurde nicht dicht an das Giebelmauerwerk und die Abseitenwand angeschlossen.

In Stoßfugen, Anschlüssen und Durchdringungen nicht sorgfältig ausgeführte oder völlig fehlende Dampfsperren sind häufig Ursache für Bauschäden im Dach.



Die Thermografie zeigt ein Dach mit Aufsparrendämmung. Hier strömt die Kaltluft durch die Fugen der von innen nach außen durchgehenden Holzschalung in den Innenraum.

Durch Fugen und Ritzen im Dach kann einerseits per Winddruck Kaltluft in den Dachraum geblasen werden. Andererseits kann auch durch Windsog und den thermischen Auftrieb im Haus feuchtwarme Raumluft in die Konstruktion einströmen und hier unter ungünstigen Bedingungen als Tauwasser ausfallen.

Messungen an typischen Dachaufbauten verdeutlichen die Probleme mangelhaft abgedichteter Dachkonstruktionen:

Hohe Wärmeverluste

Durch Luftströmungen kann je nach Luftdruckunterschied zwischen innen und außen bis zu 30 mal mehr Wärme verloren gehen, als durch die gedämmte Fläche entweicht. Dies ist häufig ein „schleichender“ Vorgang, der kaum bemerkt wird.

Bauschäden

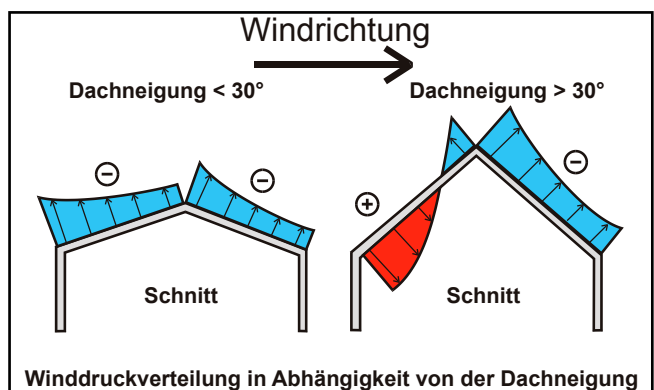
Im Vergleich zur Wasserdampfdiffusion über 1 m² Dachfläche kann durch eine 1 m lange und nur 1 mm breite Fuge die 1000 bis 2700-fache Wasserdampfmenge in kürzesten Zeiträumen in den Dachaufbau einströmen und dort Feuchteschäden verursachen. Viele solcher Schäden im Dach haben ihre Ursache in diesem Vorgang und nicht - wie häufig vermutet - in der Wasserdampfdiffusion.



Dieser Sparren ist von ausströmender warmer und feuchter Raumluft so stark durchnässt worden, dass er begonnen hat zu faulen.

Die Folgen:

- Unbehagliche Zugluft in Dachwohnungen. In Dachgeschossen wurden bereits Lüftungsverluste an windreichen Tagen gemessen, die dem 17-fachen Austausch der Dachinnenraumluft pro Stunde entsprachen.
- Bauschäden durch Tauwasserausfall in der Dachkonstruktion, z. B. Holzfäule oder Schädlingsbefall des Dachstuhls. Mögliche gesundheitlich bedenkliche Schimmelbildung im Dachstuhl.



Neben den durch die unterschiedlichen Temperaturen innen und außen verursachten Druckunterschieden sind die Windkräfte der Antrieb für Luftströmungen im Dachbereich.

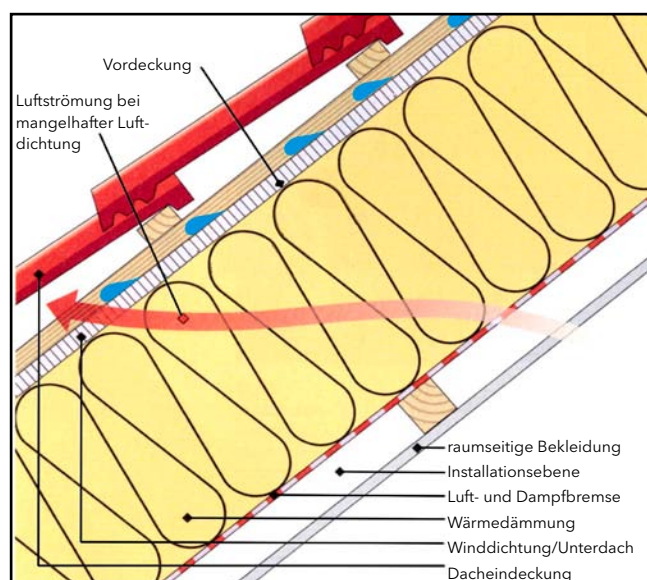
Lösungen für einen luftdichten Dachaufbau

Dächer sind nicht nur zu dämmen, sondern sorgfältig gegen Luftströmungen abzudichten, wenn sie langfristig schadensfrei bleiben und die Lüftungswärmeverluste begrenzt werden sollen. Die Dampfbremse übernimmt gleichzeitig die Funktion der Luftdichtung.

Luftdichtung und Dampfbremse

Die Luftdichtung (und Dampfbremse) befindet sich immer auf der warmen Seite der Dachkonstruktion zum Innenraum. Einer sorgfältigen Bauausführung der Luftdichtung muss künftig mehr Beachtung geschenkt werden.

Ein luftdichter Aufbau von Dächern wird durch die bestehenden Bau-Normen gefordert.



Die Grafik verdeutlicht die unterschiedlichen Aufgaben von Dampfbremse und Unterdach

Vordeckung (Unterdach)

Die Vordeckung befindet sich immer auf der kalten Seite der Konstruktion. Sie wird als Unterspannbahn oder festes Unterdach ausgebildet. Sie leitet evtl. eindringenden Schlagregen und Schnee in die Dachrinne ab.

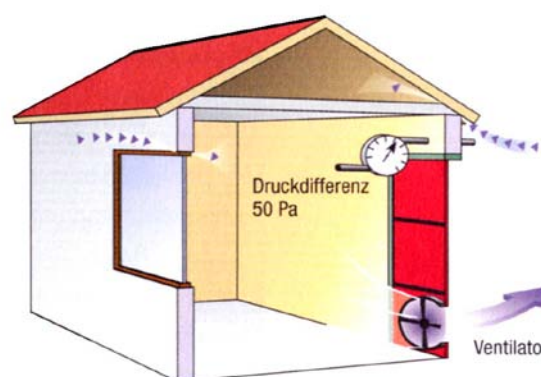
Anforderungen der DIN 4108 und der Energieeinsparverordnung (EnEV) an einen luftundurchlässigen Dachaufbau:

Bei Fugen in der wärmeübertragenden Umfassungsfläche des Gebäudes, insbesondere auch bei durchgehenden Fugen zwischen Fertigteilen oder zwischen Ausfachungen und dem Tragwerk, ist dafür Sorge zu tragen, dass diese Fugen entsprechend dem Stand der Technik dauerhaft und luftundurchlässig abgedichtet sind (siehe auch DIN 18 540 Teil 1 bis Teil 3). Teil 7 enthält Planungs- und

Ausführungsempfehlungen sowie beispielhafte Lösungsvorschläge zur dauerhaften luftdichten Abdichtung von Fugen in der Gebäudehülle.

Überprüfung der Dichtheit

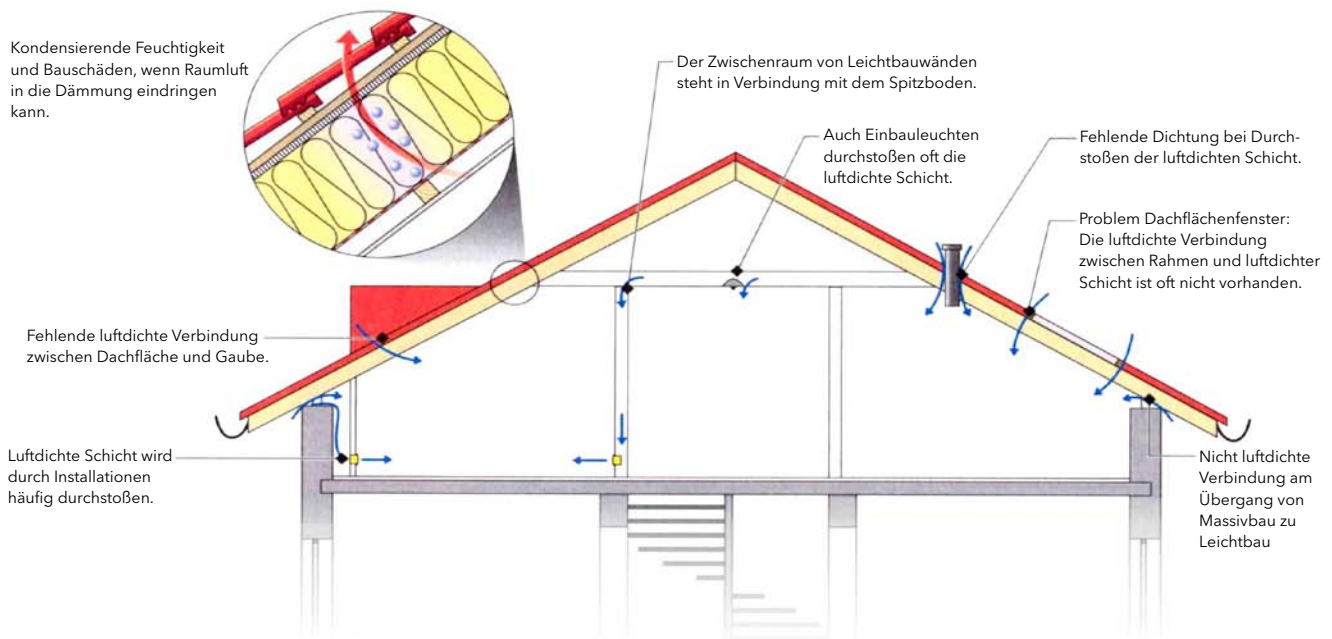
Die Luftdichtheit eines Gebäudes kann über einen Drucktest messtechnisch überprüft werden (ISO 9972). Ein Maß für die Luftdichtheit ist der so genannte n_{50} -Wert, der mit Hilfe der „Blower-Door-Methode“ bestimmt werden kann. Das Regelwerk schreibt für Gebäude ohne Lüftungsanlagen einen maximal zulässigen Wert von 3 h^{-1} vor. Bei Gebäuden mit Lüftungsanlage darf der n_{50} -Wert $1,5 \text{ h}^{-1}$ nicht überschreiten. Im Fall eines komplett neuen Dachaufbaues sollten Sie bei der Auftragsvergabe zwei Drucktests durch einen neutralen Prüfer sowie den dabei einzuhaltende n_{50} -Wert vereinbaren. Der erste Drucktest sollte in der Bauphase erfolgen, so dass ohne das Lösen von Wandbekleidungen noch nachgebessert werden kann. Erst nach Abschluss aller Arbeiten wird der zweite Drucktest und die Zertifizierung vorgenommen. So sind Sie im Fall von auftretenden Mängeln bezüglich der Luftdichtheit geschützt. Wird der vereinbarte Wert nicht erreicht, haften die ausführenden Firmen. Ferner sollten Sie darauf achten, dass Materialien (Folien, Klebebänder, Kartuschen-Kleber u.s.w.) aus einem System und von einem Hersteller eingesetzt werden. Nur dann gilt die Herstellergewährleistung für die Dauerhaftigkeit der Verklebungen, die nicht unter 10 Jahren liegen sollte.



Dichtheitsstest mit dem Blowerdoorverfahren

Ein elektrisches Gebläse, das in den Rahmen der Eingangstür des Gebäudes oder der Wohnung geklemmt wird, erzeugt eine konstante Druckdifferenz von 50 Pascal. Über die Messung der geförderten Luftmenge wird der n_{50} -Wert ermittelt. Es ist auch möglich einzelne Gebäudeteile, z. B. die Dachgeschosswohnung zu prüfen.

Typische Problemstellen im Dachbereich



Bei allen Anschlüssen von Bauteilen und Durchdringungen der luftdichten Schicht durch Installationen ist Vorsicht geboten. Die Grafik zeigt Stellen, an denen es oft zu größeren Undichtigkeiten kommt.

Materialien für die Luftdichtung

Alle Materialien für eine sorgfältige innere Dachabdichtung sind am Markt erhältlich. Es ist darauf zu achten, dass die Materialien miteinander verträglich sind und der Aufbau von innen nach außen diffusionsoffener wird.

Materialien für die Luftdichtung/Dampfbremse:

- Aluminiumfolien (0,05 mm dick, A1) werden in der Regel in 1 bis 1,50 m breiten Rollen angeboten. Entsprechend viele Stöße sind luftdicht auszuführen. Achtung: Alu-Folien können nicht eingeputzt werden, da sie sonst korrodieren.
- Polyäthylenfolien (PE) sollten mindestens 0,2 mm dick sein. Sie werden in breiten Bahnen geliefert. Für steile Dächer gibt es Folien mit rutschhemmender Oberfläche.
- Neu auf dem Markt ist eine adaptive Dampfbremssfolie, deren Diffusionswiderstand im Sommer und Winter unterschiedlich ist, je nach relativer Feuchte. Hierdurch wird ein gutes Austrocknen der Baukonstruktion im Sommer bei gleichzeitig hohem Diffusionswiderstand im Winter erreicht.
- Beschichtete Kraftpapiere oder glasfaserverstärkte Baupappen, die z. B. auf glatte Innenverkleidungen geklebt bzw. auftapeziert werden können.
- Holzwerkstoffplatten (z. B. OSB, Hartfaser) mit Klebestreifen über Stößen und Anschlüssen.

- Auf $\frac{1}{5}$ ihrer Ursprungsdicke vorkomprimierte Fugendichtungsbänder (B1) aus offenzelligem Polyurethan (PUR), imprägniert. Die Bänder quellen nach dem Einbau auf und verschließen Fugen luftdicht.
- Dichtungsschnüre z. B. aus Butylkautschuk, PUR, etc. Sie sind erst dicht, wenn sie unter Druck in Fugen eingepresst werden
- Spritzfähiger Butylkautschuk
- Doppelseitiges Klebeband (z. B. aus Butylkautschuk; keine Teppichklebebander!),
- Einseitiges, gewebearmiertes bis 10 cm breites Klebeband aus der Lüftungstechnik (kein Paketklebeband und kein Krepppapier, diese kleben nicht dauerhaft!)

Materialien für die Winddichtung:

- Unterdächer aus bituminierten Holzweichfaserplatten
- Bitumendachbahnen auf Holzschalung
- Unterspannbahnen (S_D -Wert 0,04 - 5,0 m) überwiegend aus Polyäthylen (Begriffserklärung S_D -Wert siehe Seite 10).

Sorgfältige Planung, Ausschreibung und Bauüberwachung

Ausschreibung

Eine sorgfältige luftdichte Ausführung der Dampfbremse ist bereits bei der Ausschreibung der Dachdämmung zu berücksichtigen. Damit wird die Wichtigkeit dieser inneren Dichtungsschicht für den ausführenden Handwerker deutlich. Die Positionen sollten enthalten:

- Beschreibung des Materials der Dampfbremse
- Benennung der Zusatzmaterialien wie vorkomprimiertes Dichtungsband, doppelseitiges Klebeband, Streckmetall als Putzträger zum Einputzen von Folien etc.
- Besondere Positionen wie Befestigen des Streckmetalls, Stück Dunstrohreinfassung, Durchdringung. Lfdm. Unterbrechen der Dachschalung auf Giebelmauerwerk bei Aufsparrendämmung.
- Die Zimmererarbeiten sind rechtzeitig auszuschreiben, damit das Bauholz genügend getrocknet werden kann (möglichst auf 20 % Einbaufeuchte, Vorschrift in der Schweiz 16 %). Die Trocknung feucht eingebauter Hölzer führt zu Ritzen (Schwinden).
- Die allgemeinen Anforderungen sind zu definieren, z. B. Abkleben von Verletzungen der Dampfsperre. Diese „Energiespar-Information“ kann dem Handwerker vor Beginn der Arbeiten als Ausführungshinweis ausgehändigt werden.

Die Dichtungsarbeiten haben keinen besonderen Schwierigkeitsgrad. Aus der Praxis von Architekten, die bereits auf einen luftdichten Aufbau Wert legen, ist bekannt, dass die Mehrkosten gering sind. Denn schließlich wird nicht mehr als eine sorgfältige, normgerechte Bauausführung gefordert.

Bauüberwachung

Die Dampfbremse ist vor Einbringen der Innenverkleidung durch den Architekten oder Bauherren mit dem Handwerker vor Ort zu überprüfen. Auch der Dämmstoff ist hierbei auf mögliche Fehlstellen hin zu untersuchen.

Anforderungen beim Neubau

Der Architekt sollte bei der Neubauplanung frühzeitig ein „Dichtungskonzept“ in Abstimmung mit dem gewählten Dämmsystem entwickeln. Hierzu gehören:

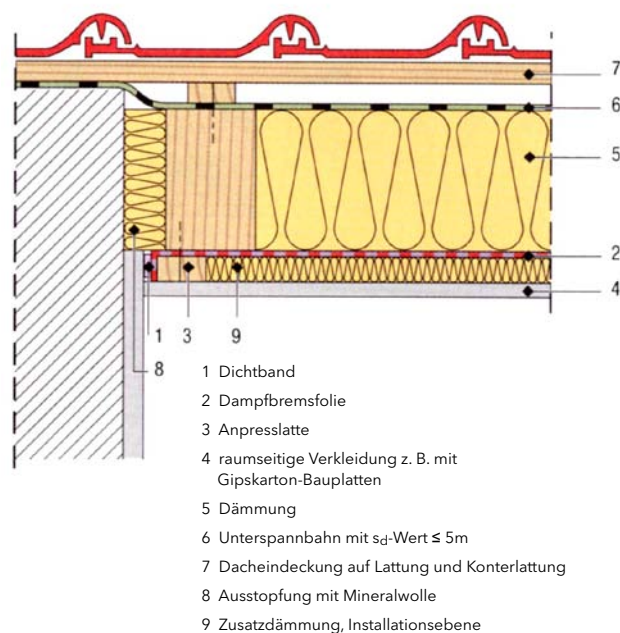
- Festlegung der Lage der Dichtungsebene
- Festlegung der Installationen im Dachraum
- Vermeidung von Durchdringungen der Dichtungsebene
- Festlegung der Positionen für die Ausschreibung der Dachdämmung / Dichtung mit Beschreibung der Materialien

Anschluss der Luftdichtung an den Ortgang

Das aufsteigende Giebelmauerwerk (Ortgang) ist ein Anschlusspunkt für die Dampfbremse/Luftdichtung, bei dem Fugen unbedingt vermieden werden müssen. Beim Neubau bietet sich das Einputzen der Luftdichtung an.



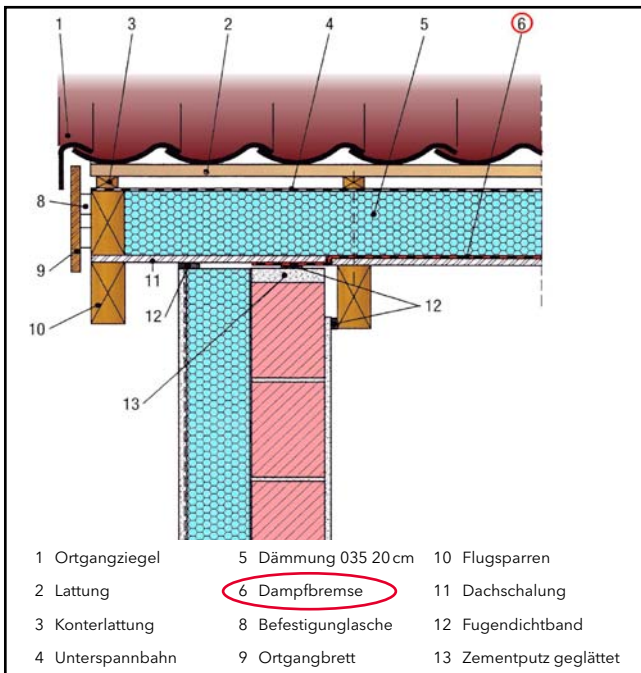
Hier wurde die Dampfbremsefolie zweifach mit doppelseitigem Butylkautschukklebeband an der Giebelwand befestigt. Anschließend werden die Verklebungen mit Andruckleisten fixiert.



In diesem Beispiel wird das Dichtband auf dem Putz mit einer Leiste gehalten, die am Sparren befestigt ist.

Die Lösung für Aufsparrendämmung

Bei der Dämmung auf den Sparren ist die über den Ortgang hinauslaufende Holzschalung nicht luftdicht (s. Thermographie auf Seite 2). Deshalb muss sie auf dem Ortgang getrennt werden, damit die Luftdichtung unter die Schalung geführt werden kann. Hier wird die Folie auf dem Mauerwerk mit vorkomprimiertem Fugendichtungsband angepresst (Altbau) oder besser noch außen eingeputzt (Neubau).



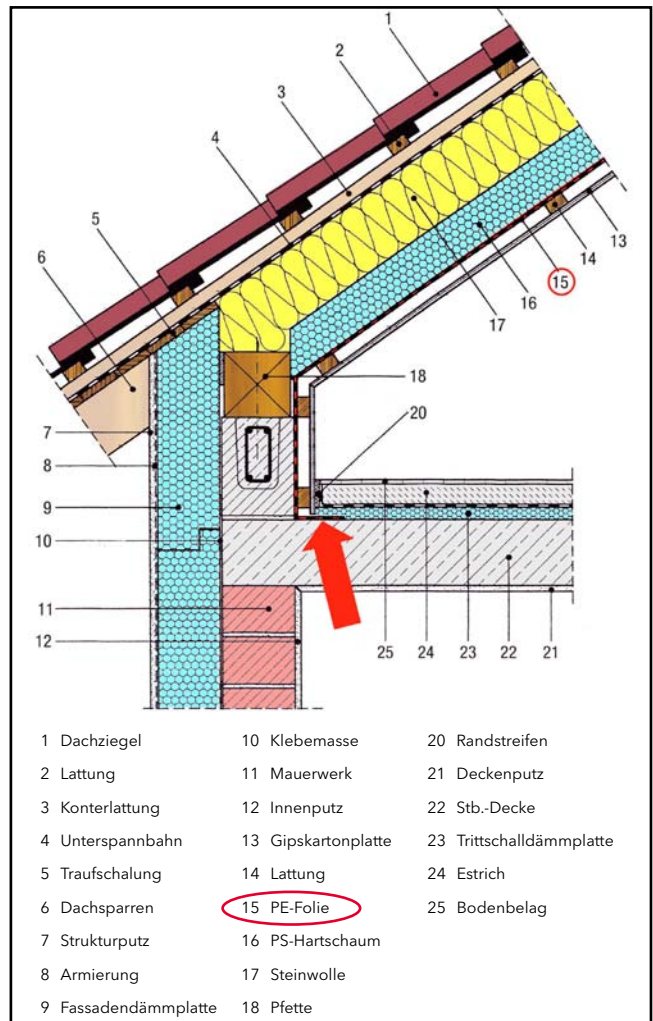
Die Grafik zeigt die Trennung der Holzschalung am Ortgang. Die Dampfsperre wird unter die Schalung geführt und außen eingeputzt bzw. auf dem Ortmauerwerk mit Fugendichtungsband gesichert.

Der Traufpunkt - Anschluss an das Drempelemauerwerk oder die Fußfette

Dieser Punkt wird genau wie der Ortgang behandelt. Die Luftdichtung ist möglichst bis auf den Betonboden herunterzuziehen, da die Fuge zwischen Mauerwerk und Fußfette häufig undicht ist.



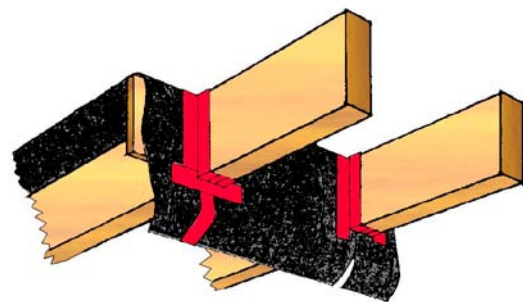
Hier wird beim Dachausbau im Altbau die Dampfbremse mit doppelseitigem Klebeband und einer Anpressleiste am Betonboden verschraubt.



Die Lösung im Neubau: Die Dampfbremse wird (mind. 10 cm lang) unter den Trittschalldämmplatten eingeklemmt

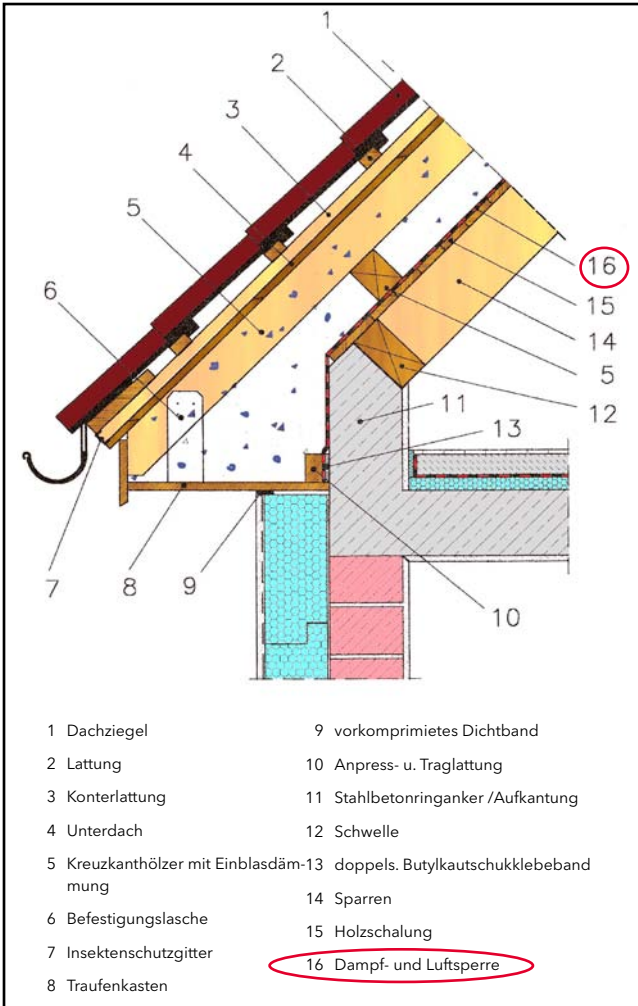
Lösungen für Aufsparrendämmung

Hier liegen die Sparren in der Regel als Sichtsparren raumseitig unterhalb der Luftdichtigkeitsebene. Diese Durchdringungen der Außenwände sind undicht. Die luftdichtende Folie muss deshalb zwischen der Schalung heruntergeführt und dann nicht nur am Drempelemauerwerk, sondern mit Klebeband auch rings um die Sparren angeklebt werden. Das Holz ist vorher mit Haftgrund zu bestreichen. Die Arbeiten sind aufwändig.



Das Abdichten von Sparren, die die luftdichte Ebene durchdringen ist aufwändig und fehlerträchtig. Es sollte wo immer möglich konstruktiv vermieden werden.

Eine Alternative dazu ist der Einsatz von Blindsparren. Hierzu endet der Tragsparren auf der Fußpfette. Die auf der Holzschalung liegende Dampfbremse wird nun außen über die Fußpfette geführt und an die Außenwand dicht angeschlossen. Der Dachüberstand wird durch auf diese Konstruktion aufgeschobene kurze Stichsparren hergestellt. Erfahrungen zeigen, dass dadurch auch die Zimmererarbeiten erleichtert werden.



Eine weitere Lösungsmöglichkeit: In diesem Beispiel ist die Aufsparrendämmung als Einblasdämmung zwischen kreuzweise angeordneten Kanthölzern realisiert. Die obere Ebene dieser Kanthölzer trägt den Dachüberstand, während die Sichtsparren auf der Schwelle enden. So ist es möglich, die Dampfbremse ohne Unterbrechungen über die gesamte Dachfläche zu ziehen.

Einbindende Innenwände Mittelpfetten und ähnliches

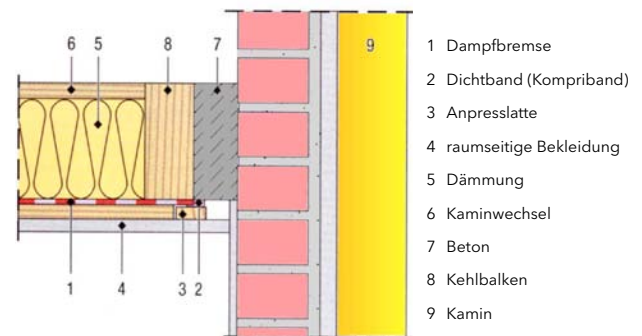
Die Luftdichtung wird entweder wie für den Ortgang beschrieben angeschlossen, oder ein Folienstück wird bereits beim Aufmauern über die Innenwände oder beim Aufrichten des Dachstuhls über die Pfetten gelegt (0,4 mm dick, geht nur mit rissfester Folie). Die Stöße mit der Folie aus der Dachfläche können mit Klebeband problemlos angeschlossen werden (Lösung siehe „Stöße“).



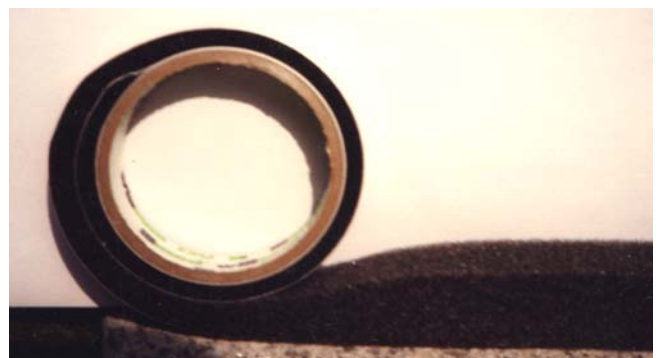
Gut geplante Arbeit ist leicht und effektiv! Wird vor dem Auflegen der Sparren auf die Pfetten ein stabiler Folienstreifen gelegt, ist der dichte Anschluss der Dampfbremse kein Problem mehr.

Der Schornstein

Der Schornstein wird am Wechsel, wie in der folgenden Grafik gezeigt, angeschlossen. Ein Sicherheitsabstand von 5 cm ist einzuhalten, wenn der Bezirksschornsteinfeger keine Ausnahme zulässt. In den meisten Fällen ist der Hohlraum zwischen Wechsel und Kamin mit Beton ausgegossen. Die Reihenfolge: Vorkomprimiertes Fugendichtungsband auf den Beton, Dichtungsbahn, Anpressleiste. Beim Neubau kann die Luftdichtung auch in den Wechsel hineingeführt und dann einbetoniert werden. Eine kostengünstige Lösung!



Luftdichter Anschluss am Kamin: Eine Anpressleiste sichert das Kompriband (s. unten) und die Dampfbremse auf dem Beton zwischen dem Kamin und dem Kehlbalken.



Vorkomprimierte Fugendichtungsbander vergrößern ihre Dicke nach dem Abrollen und können damit auch noch kleinste Unebenheiten verschließen.

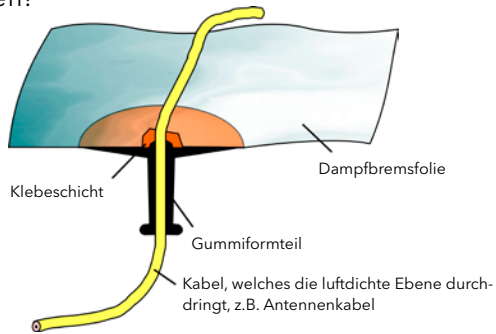
Durchdringungen durch Rohre, Kabel...

Als erste Regel gilt: Durchdringungen sollten möglichst durch überlegte Planung vermieden werden.



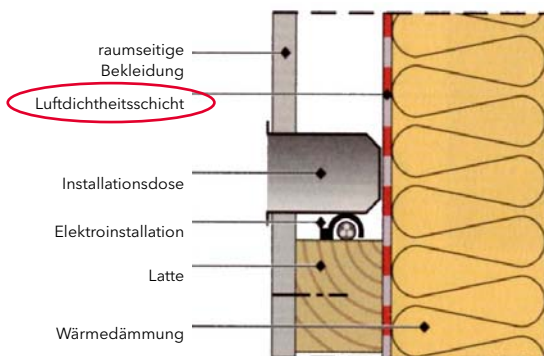
Installationsebene zwischen Wandbekleidung und Dampfbremse

Eine Installationsebene vor der Luftdichtheitsschicht macht die allermeisten Durchdringungen überflüssig. Wo dies nicht geht, muss dauerhaft abgedichtet werden. Kein Verpackungsklebeband verwenden!



Schnitt durch selbstklebendes Formteil für Kabeldurchführungen

Der Durchgang von Rohren oder Kabeln durch die Dampfbremse sollte durch Folien- oder Gummimanschetten abgedichtet werden, die mit zweiseitigem oder breitem einseitigem Klebeband luftdicht angeschlossen werden. Entsprechende Formteile sind im Baustoffhandel erhältlich.



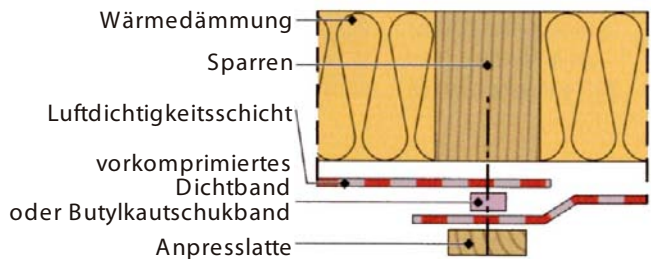
Leerdose vor der luftdichten Ebene

So werden Schalter oder Kabeldurchführungen dicht in die Innenverkleidung eingebaut: die Dampfbremse bleibt unverletzt. Eine gute Lösung ist auch die Verlegung der Elektroinstallationen auf den massiven Giebel- oder Innenwänden.

Stöße der Dampfbremse

In Herstellerprospekten lassen sich unterschiedlichste Hinweise auf eine möglichst breite Überlappung (von 20 cm bis 1 Sparrenfeld) finden. Wichtig ist jedoch nicht die Überlappungsbreite, sondern die Beachtung der folgenden Hinweise:

- Stöße immer vertikal auf einem Sparren führen, damit die Verklebung angepresst werden kann
- Verklebung der Stöße entweder mit doppelseitigem Klebeband oder einseitigem, gewebearmierten 5 cm breitem Band (aus der Lüftungstechnik), mit Anpressleiste,
- Die Breite der Überlappung braucht dann nur 5 bis 10 cm betragen



Bei dieser Stoßausbildung wird ein doppelseitiges Butylklebeband zwischen die Dampfsperrbahnen geklebt und durch die Konterlatte angepresst. Großflächige Folien verursachen weniger Stöße.

Ein einfaches Verfahren ist die „Einwicklung“ der beiden Folien. Auch hier muss der Stoß gegen einen festen Untergrund (Sparren) angepresst werden, um eine dauerhafte Dichtigkeit zu erzielen.



Auch ohne die Verwendung von Folien ist die Herstellung einer luftdichten Ebene möglich. Bei diesem Gebäude wurde sie mit Sperrholztäfelung realisiert. Die Abdichtung der Fugen erfolgte mit gewebeverstärktem Klebeband.

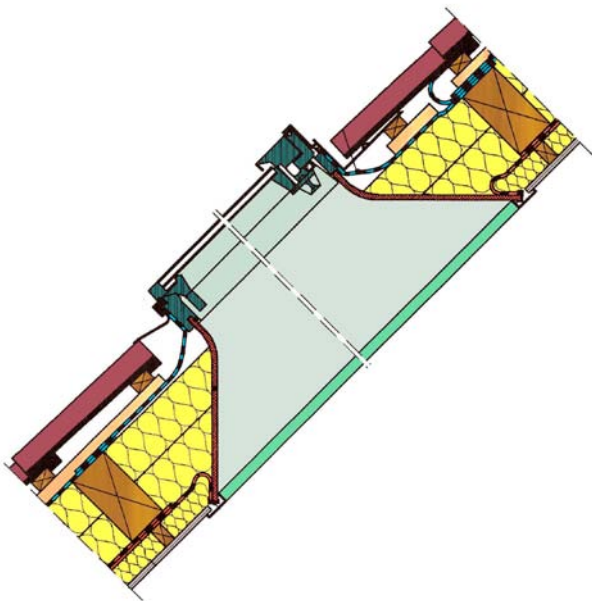
Dachflächenfenster

Herkömmliche Dachflächenfenster besitzen im Futter eine Nut, um die Dampfbremse einzukleben. Hierzu ist die Folie in den Ecken aufzuschneiden und in die Laibung einzuschlagen. Die Schnittkanten müssen ihrerseits wieder mit doppelseitigem oder breitem einseitigen Klebeband abgeklebt werden.

Bei modernen Dachfenstern sind bereits Stücke von Dampfsperre und Unterspannbahn sowie die Laibungsdämmung werkseitig am Fenster befestigt. Die Anschlussarbeiten an der umlaufenden Laibungskante in der Fläche sind dann einfacher.



Bei herkömmlichen Dachflächenfenstern (ohne Formteil für die Laibung oder vormontierte Folienstreifen) muss die Dampfsperrefolie in die Nut des Blendrahmens eingeklebt werden.



Am Rahmen des Dachfensters müssen die luftdichte Ebene (rot) und die Unterspannbahn (blau) angeschlossen werden.

Bodenluken

Bildet die oberste Geschossdecke die luftdichte Ebene, kann die Einstiegluke der Leiter zum Dachboden eine beträchtliche Quelle kalter Zugluft sein. Für die Dämmung des Dachbodens gilt: Sie ist stets mit einer Dichtung der Dachleiterklappe zu verbinden. Im Altbau, wenn keine neue Luke mit Dämmung und umlaufender Dichtung eingebaut wird, sind handwerkliche Lösungen herzustellen:

- Einnuten einer umlaufenden Lippendichtung in den Rahmen
- Aufkleben von Dämmstoffplatten auf die Klappe (meistens nur begrenzt möglich)
- Alternativ durch Auflegen einer dicken Dämmstoffplatte auf die Öffnung vom Dachraum her. Beim Einstieg sollte diese Platte am besten durch ein Gegengewicht angehoben werden. Die Luftdichtung kann durch einen auf die Plattenunterseite aufgeklebten umlaufenden Dichtungstreifen hergestellt werden

Kleine Unfälle beseitigen

Jede Verletzung der Dampfsperre ist dauerhaft zu vermeiden. Beim Anbringen auftretende Löcher oder Risse sind durch mit doppelseitigem oder einseitigem Klebeband aufgeklebte Folienstücke abzudichten. Bei Dampfbrems-Papieren sind großflächige Stücke aufzukleben.



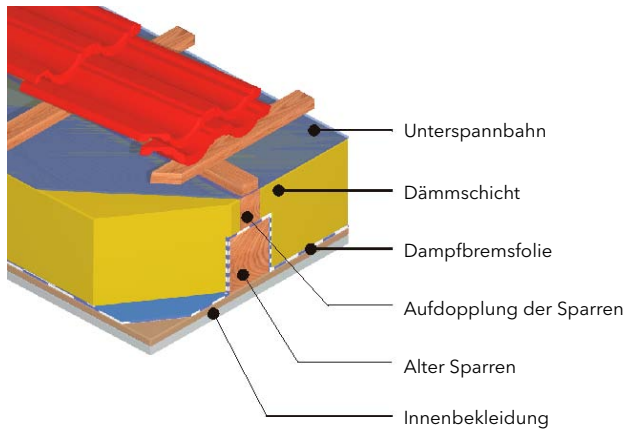
Dieser Flicker wird die leicht eingerissene Ecke an der Laibung des Dachfensters (s. Bild links) abdichten.

Lösungen bei vorhandener Innenverkleidung

Soll nachträglich die Dämmung verstärkt und zur Erzielung einer hohen Dämmschichtdicke auf den Belüftungsraum über der Dämmung verzichtet werden bzw. funktioniert diese Belüftung aus Gründen der Dachgeometrie nicht, gibt es trotzdem Lösungen für die Herstellung einer dampfbremsenden und luftdichten Schicht.

Wird im Altbau mit bereits ausgebautem Dach nachträglich zwischen und auf den Sparren gedämmt, so besteht die Lösung in einer dünnen Folie, die nach dem Abnehmen der Eindeckung von außen um die Sparren herum geführt wird. Stecken Nägel in der Innenverkleidung, ist der Einbau einer

dünnen Lage Dämmstoff unter der Folie nötig, um sie vor Beschädigungen zu schützen. Profilholzverbretterungen sind meistens in jüngeren Gebäu-



Schnitt durch ein Dach mit einer Dampfbremsschicht, die von außen um die Sparren herumgeführt wurde

den eingebaut. Hier ist baualtersgemäß meistens eine Dampfbremse vorhanden. Bestehen Zweifel an deren Dichtheit, geht an einer Abnahme der Holzverkleidung und dem Einziehen einer PE-Folie oder dem Nachdichten kein Weg vorbei, wenn die Dämmung verstärkt werden soll.

Dämmstoffe sind nicht luftdicht

Im Dach verlegte Dämmmaterialien weisen beträchtliche Mengen von Platten- und Anschlussfugen auf. Es sollte der Dämmstoff gewählt werden, der sich am dichtesten in die vorhandene Konstruktion einpassen lässt. Für alle Dämmstoffe gilt:

- Eine zusätzliche Luftdichtigkeitsebene ist generell erforderlich.
- Auf eine sorgfältige Verarbeitung ohne Fehlstellen ist durch eine Bauabnahme der Dämmung z. B. durch den Architekten zu achten.

Feuchteabfuhr bei luftdichten Dächern

Früher war es üblich, zwischen der Dämmschicht und der Unterspannbahn einen Belüftungsraum von einigen Zentimetern anzuordnen. Die Erfahrung hat jedoch gezeigt, dass mit den heute zur Verfügung stehenden diffusionsoffenen Unterspannbahnen die volle Sparrenhöhe für die Dämmung genutzt werden kann. Der Dämmstoff muss dazu aber maßhaltig sein und darf sich nicht wölben, so dass die Unterspannbahn gegen die Ziegel gehoben wird. Es muss nur darauf geachtet werden, dass die einzelnen Schichten von innen nach außen wasserdampfdurchlässiger werden. Der Belüftungsraum kann die Feuchtebelastung des Dachraums auch erhöhen, wenn sich die Dachsüdseite erwärmt und die dort entstehende feuchtwarme Luft zur kalten Nordseite strömt. Dort kann sie an der kalten Unterspannbahn kondensieren und als Tauwasser abtropfen.

Der S_d -Wert

Der S_d -Wert bezeichnet den Widerstand, den ein Bauteil einem Dampfstrom entgegensetzt. Dazu wird die „diffusionsäquivalente Luftschichtdicke“ in Metern angegeben. Die folgende Tabelle zeigt, welche Dachaufbauten nach den Regeln des Dachdeckerhandwerks so sicher sind, dass auf einen rechnerischen Nachweis der Tauwasserfreiheit verzichtet werden kann.

Werden diese Regeln beachtet, besteht weitgehende Freiheit, mit welchen Materialien die Schichtfolge im Dach realisiert wird. Die folgende Tabelle zeigt den S_d -Wert von gängigen Bauteilschichten. Der S_d -Wert entsteht aus der Multiplikation der Schichtdicke mit dem Diffusionswiderstandsfaktor μ .

Material	μ	Dicke in m	S_d -Wert
Holzschalung	40	x 0,024	= 0,96 m
Polystyrolplatte	30	x 0,15	= 4,5 m
Mineralfaser	1	x 0,2	= 0,2 m
Gipskartonplatte	8	x 0,0125	= 0,1 m
Innenputz	5	x 0,015	= 0,075 m
Dampfbremspapier	1000	x 0,0023	= 2,3
Dampfbremsschicht	32500	x 0,00003	= 10 m
Bitumenbahn diffusionsoffen	1100	x 0,003	= 3,3m
bituminierte Holzweichfaserplatte	11	x 0,01	= 0,11m
Aluminium-Folie separat	5000000	x 0,0005	= 2500m
Unterspannbahnen			
diffusionsoffen	150	x 0,0002	= 0,1m
diffusionssperrend	250000	x 0,0002	= 50 m
diffusionsdicht	700000	x 0,0002	= 140 m

Holzfeuchte - Ein Problem ?

Holzfeuchteuntersuchungen an unbelüfteten Dächern zeigen: Selbst feucht eingebaute Hölzer (über 50 % Holzfeuchte; Einbau am Bau nicht zulässig) trocknen innerhalb weniger Monate trotz nachströmender Feuchtebelastung aus den Innenräumen auf Werte unter 20 % aus, wenn die Unterspannbahn diffusionsoffen ist.

Nicht zu stark dampfsperrende Materialien sind daher günstig für eine geringe Holzfeuchte im Dach (unter 20 Prozent).

Ausführungshinweise für die Dampfsperre / Luftdichtung

- Fugenabdichtungen sind bei trockenem Wetter und Luftfeuchtigkeiten unter 70 % auszuführen

- Fugenflanken und Untergrund müssen trocken und staubfrei sein
- Alle Anschlussstellen von Klebebändern an poröse Materialien sind vorher mit einem Voranstrich (Primer) zu behandeln
- Fugendichtungsbänder müssen aus bauphysikalischen Gründen auch das Eindringen von Wasser und Feuchtigkeit verhindern
- Dichtungsschäume dürfen nur in Fugen ab einer Mindestbreite von 7 mm eingebracht werden, sonst dringt der Schaum nicht tief genug ein

Luftdichtes Dach - und woher kommt die Frischluft ?

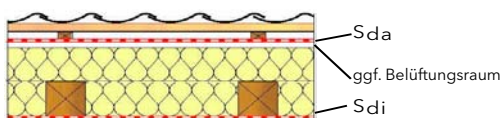
Zu einer aktiven Wohnungslüftung, durch die Bewohner oder eine Lüftungsanlage gibt es keine Alternative (vgl. Energiespar-Informationen Nr. 8 und 9). Fugen und Ritzen im Dach sichern keine ausreichende Wohnungslüftung:

- Besonders an windstillen, bedeckten Tagen in der Übergangszeit gibt es kaum Luftströmung von außen und die Fenster bleiben häufig wegen des „Nieselwetters“ geschlossen
- Winddruck auf einer Dachseite bedingt Sog auf der anderen Seite. Räume auf der windabgewandten Hausseite beziehen ihre Zuluft dann aus der verbrauchten Luft anderer Räume
- Bildet sich Schimmel in der undichten Konstruktion, können giftige Pilzsporen in die Raumluft transportiert werden
- Der in der Heizperiode herrschende thermische Auftrieb bildet im Dach einen Überdruck aus. Die Dachwohnräume beziehen dann verbrauchte Luft aus den unteren Räumen, wenn die Bewohner sich allein auf die Lüftung über Fugenundichtigkeiten verlassen würden

Anforderungen des Brandschutzes

Es können alle Dämm- und Dichtungsstoffe einschließlich der Klasse B2 (normal entflammbar) eingesetzt werden. Ausgeschlossen sind Stoffe der Klasse B3 (leicht entflammbar). Die Dampfbremse- und Dichtungsfolien gehören der Brandklasse A1 (Aluminium) oder B2 (Polyethylen, Pappen/Papiere) an. Fugendichtungsmaterialien sind in der Klasse B1 oder B2 eingeordnet. Werden Dämmstoffe (A1) mit Dichtungsfolien (B2) kombiniert, wird die Gesamtkonstruktion in B2 eingestuft. Alle normal entflammbaren Dämm- und Dichtungsmaterialien (B2) müssen 5 cm Sicherheitsabstand zum Schornstein einhalten.

Dampfbremswerte außen und innen



Lage und Bezeichnung der Bauteilschichten in der folgenden Tabelle

Ausführung	Belüftungsebene	S_{da}	S_{di}
1	nein	$\leq 0,1m^*$	$\geq 1m$
2	nein	$\geq 0,3m$	$\geq 2m$
3	nein	$> 0,3m$ bis $< 16m^{**}$	$\geq 6 \times S_{da} m$
4	nein	$\geq 16m$ bis $< 100m^{**}$	$\geq 100m$
5	nein	$\geq 100m^{**}$	100m
6	ja	-	$\geq 2m$

1,2,3,6 nach DIN 4108-3, Ausgabe Juli 2001

2-5 nach «Merkblatt Wärmeschutz bei Dächern» des ZVDH, Ausgabe September 1997

* nach der DIN 4108-3, Ausgabe Juli 2001, wird bei $S_{da} \leq 0,1m$ wegen der Messunsicherheiten mit 0,1m gerechnet.

** nach der DIN 4108-3, Ausgabe Juli 2001 kann bei diffusionshemmenden regensichernden Zusatzmaßnahmen mit $S_{di} \geq 2m$ erhöhte Baufeuchte oder später zum Beispiel durch Undichtigkeiten eingedrungene Feuchtigkeit nur schlecht oder gar nicht austrocknen.

Quelle: Hans Peter Baum, Braas Anwendungstechnik

Die Energieeinsparung in Ihrem Fall ...

... kann nur aufgrund des Dachaufbaus und der sonstigen wärmetechnischen Gebäudemerkmale berechnet werden. Auch das geeignete Dämm- und Dichtungsmaterial ist nur aufgrund des vorhandenen Dachaufbaus bestimmbar. Wenn Sie für Ihr eigenes Wohnhaus Näheres wissen wollen, wenden Sie sich bitte an eine der Energieberatungsstellen, ein Architektur- oder beratendes Ingenieurbüro in Ihrer Nähe. Eine Liste der Hessischen Energieberater und Dachdeckerbetriebe, die sich für Energiesparmaßnahmen besonders qualifiziert haben, finden Sie im Internet auf den Seiten der Hessischen Energiesparaktion www.energiesparaktion.de Weitere Hinweise zur Dämmung von geneigten Dächern und Förderungsmöglichkeiten gibt die Energiesparinformation Nr. 6.

Impressum:

Herausgeber: Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz,
Mainzer Straße 80, 65189 Wiesbaden
wiss. Betreuung: IWU, Institut Wohnen und Umwelt,
Annastraße 15, 64285 Darmstadt, www.iwu.de
Text und Grafik: W. Eicke-Hennig, U. Krönig
Fotos und Skizzen: K. H. Schäfer, Fachbüro für Gebäude-
diagnose, R. Borsch-Laaks, Scientific Design, T. Loga, C.
Herbert, IWU

Angabe: 09/2004, Überarbeitung: 04/2009

Unveränderter Nachdruck und Vervielfältigung sind gestattet
ISBN 978-3-89274-303-3

HESSEN



**Hessisches Ministerium für
Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz**

Mainzer Straße 80
65189 Wiesbaden
www.hmuelv.hessen.de



Institut
Wohnen und Umwelt



Hessische
Energiesparaktion