

Fachforum

Flachdach neue Regelwerke im Widerspruch

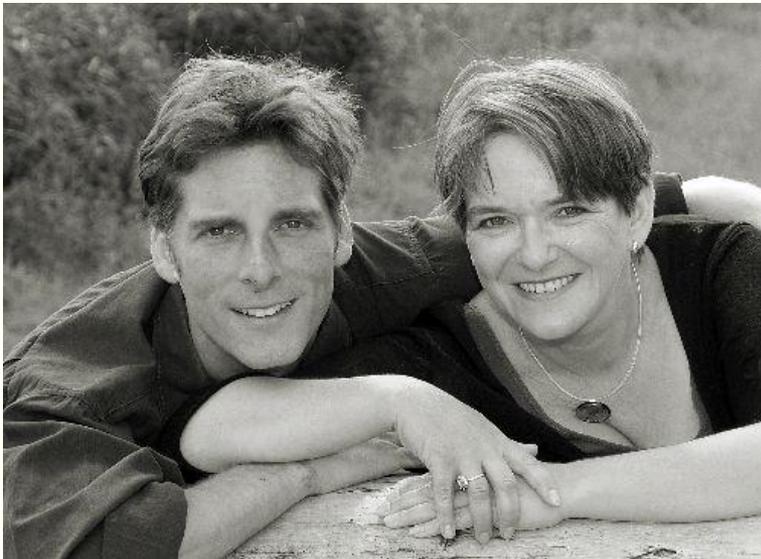
Vermeidung bauphysikalisch kritischer Konstruktionen

Dipl.-Ing. (FH) Bernhard Kopff



Wir

kopff&kopff
architekten



- **Planungsbüro für Holzbau und Sanierung**
- **Sachverständiger für Holzschutz**

Inhaltsangabe

1. Bauphysik im Flachdach
2. Regeldetails
3. Flachdach aus Holz
4. Beispiele

Wasser in der Konstruktion kommt

Als Bauwasser



Als Kondenswasser



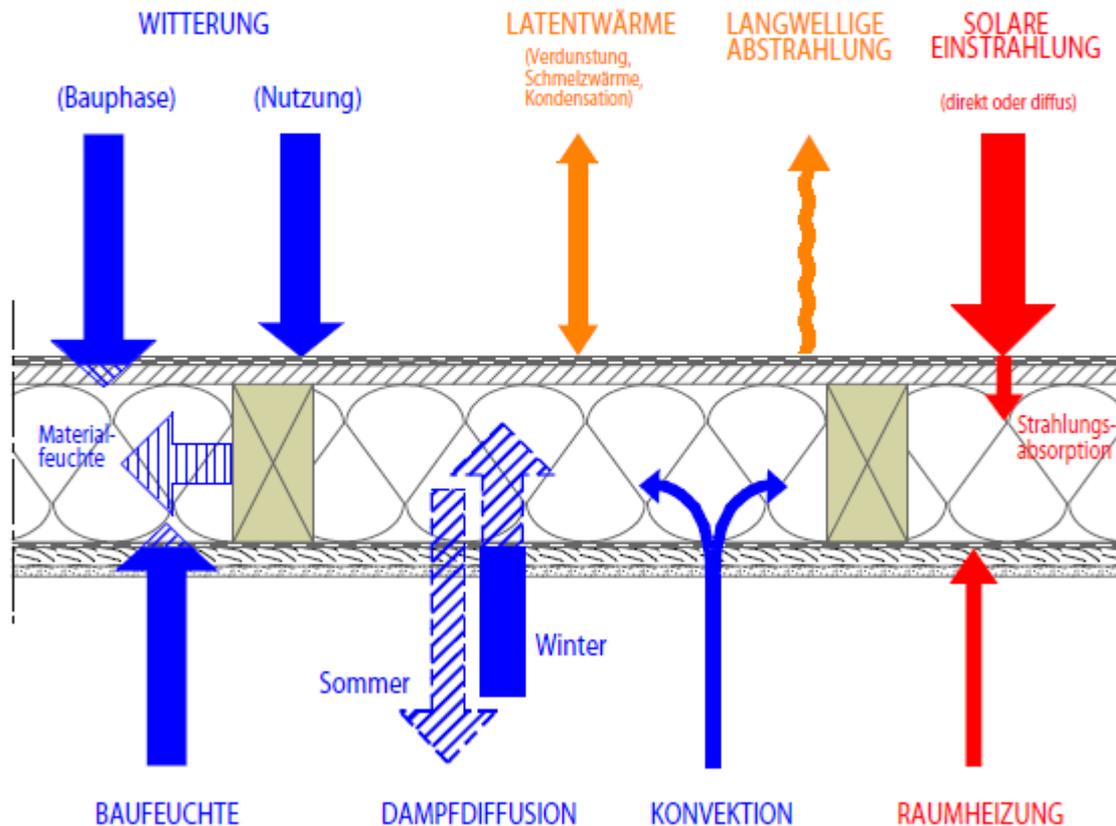
Als Niederschlag



Einwirkende Einflüsse auf ein Flachdach

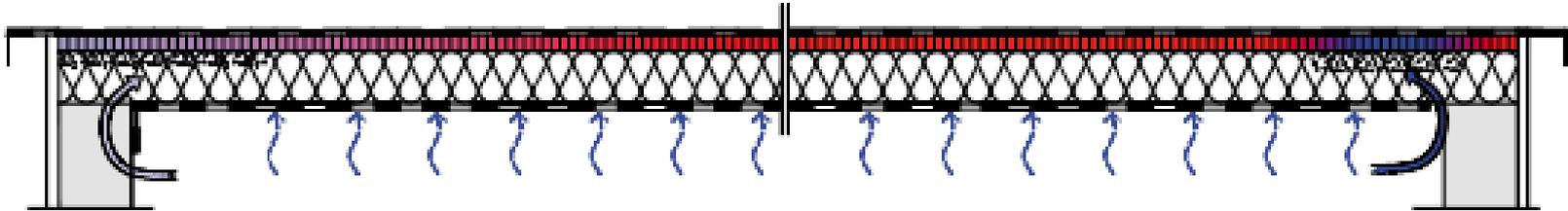
Abb. 2.1

Einwirkungen bei Flachdachkonstruktionen (verändert aus [1])



Informationsdienst
Holz Flachdächer in
Holzbauweise

Zutrittswege für Feuchtigkeit



Informationsdienst Holz Flachdächer in Holzbauweise

Ursachen für
Feuchteintrag in die
Dachkonstruktion durch
Flankendiffusion durch das
Mauerwerk, durch
Undichtigkeit im Anschluss



Wasserdampf im Holzbau

Dampfkonvektion

Feuchte Luft dringt in die Konstruktion ein oder durchströmt sie und lädt die Feuchtigkeit bei Abkühlung ab.

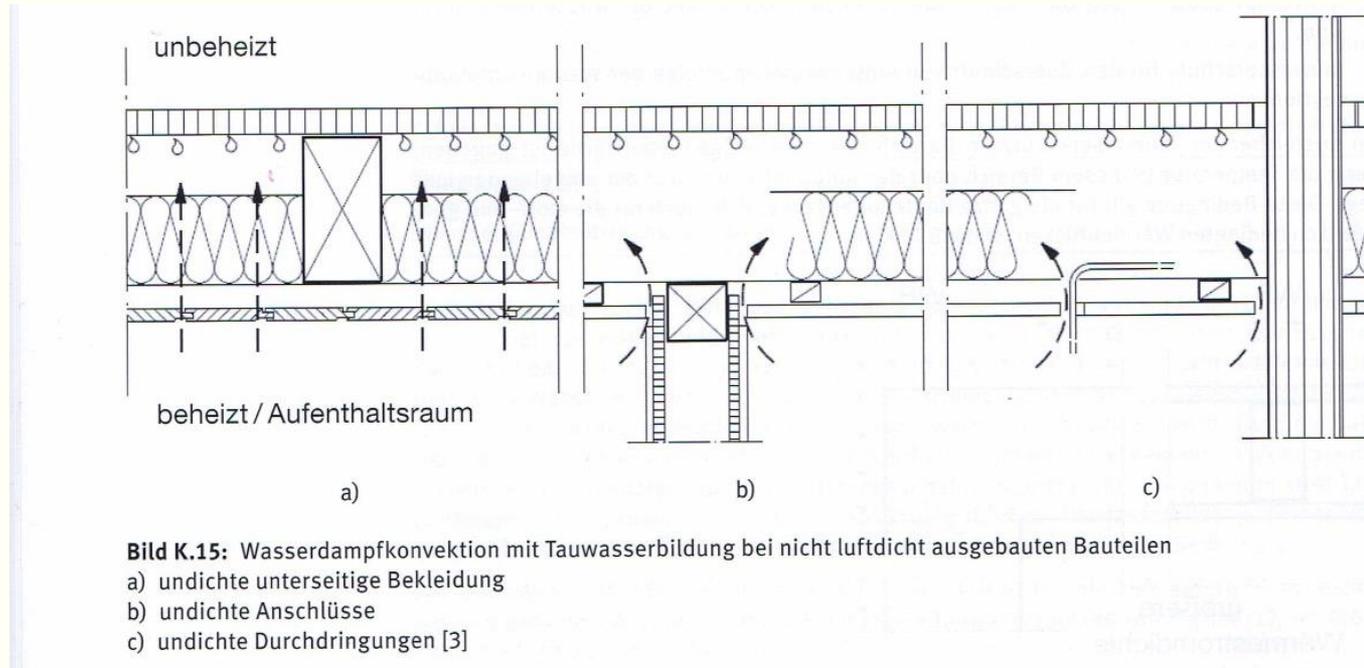
**Bringt eher
viel Wasser
in die Konstruktion**

Dampfdiffusion

Luft diffundiert durch die Baustoffe und bringt Feuchtigkeit an kalte Stellen.

**Bringt eher
weniger Wasser
in die Konstruktion**

Konvektion bringt Wasser unter die Abdichtung



5. Grundsätzliche bauliche Maßnahmen

Tauwasser entsteht, wenn warme, mit Wasser gesättigte Luft auf kalte Flächen trifft. Deshalb bedeutet Tauwasserschutz, warme Luft von kalten Oberflächen fernzuhalten und eine Trocknung zu ermöglichen.

Konvektion wird angetrieben durch Differenzdrücke in Gebäuden

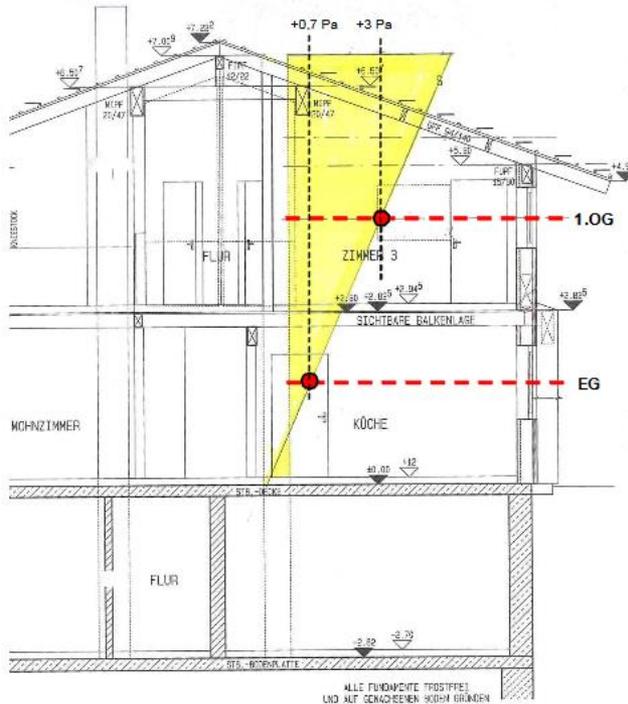
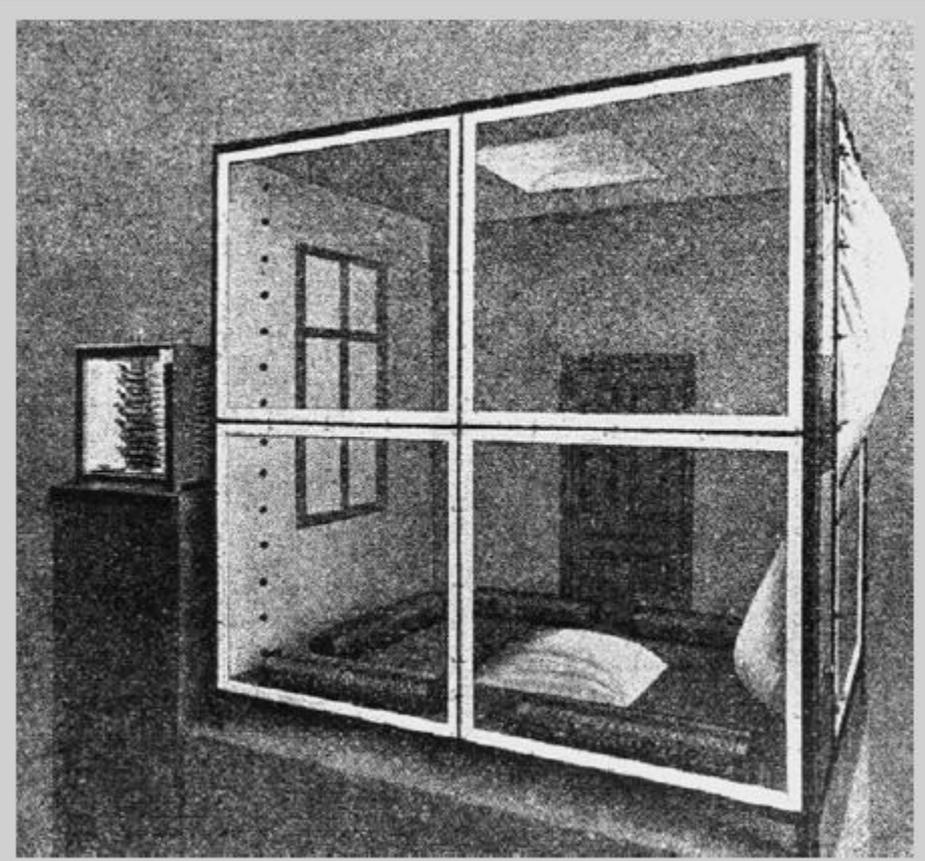


Abbildung 36: Druckverteilung im Innern eines Gebäudes als Folge des thermischen Auftriebes



Theorie

Teilprojekt 19
Konstruktionsgrundlagen für
Fenster, Türen und Fassadenelemente
aus Verbundwerkstoffen und Holz
isp Rosenheim S 39

Praxis

Bildquelle:
Handbuch der Hygiene,
Leipzig 1914

Feuchtezunahme unter Dachabdichtungen



Eine Wasserkonzentration unter der Dachabdichtung findet in jedem Dach statt. Durch Rücktrocknung durch die Dachbahn oder durch die Dampfbremse wird die Wassermenge im Sommer reduziert.

Das Wasser stammt aus Einbaufeuchte oder ist eindiffundiert.

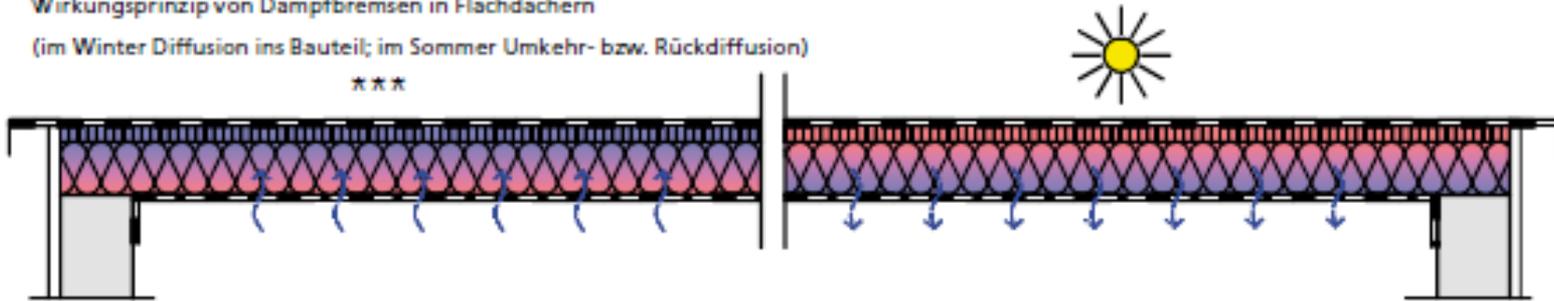
Liegt die Dachabdichtung auf Holz führt es zu Schäden, weil das Wasser von der Dachbahn auf das Holz „abtropft“.

Feuchtezunahme und Rücktrocknung

Abb. 6.3

Wirkungsprinzip von Dampfbremsen in Flachdächern

(im Winter Diffusion ins Bauteil; im Sommer Umkehr- bzw. Rückdiffusion)



Winter
Feuchtigkeit kondensiert
unter Dachabdichtung

Sommer
Rücktrocknung wenn die
Feuchtigkeit durch die
Dampfbremse
ausdiffundieren kann.

Informationsdienst
Holz Flachdächer in
Holzbauweise

Trocknungsreserve wichtiger als der Dampfwiderstand der Dampfbremse

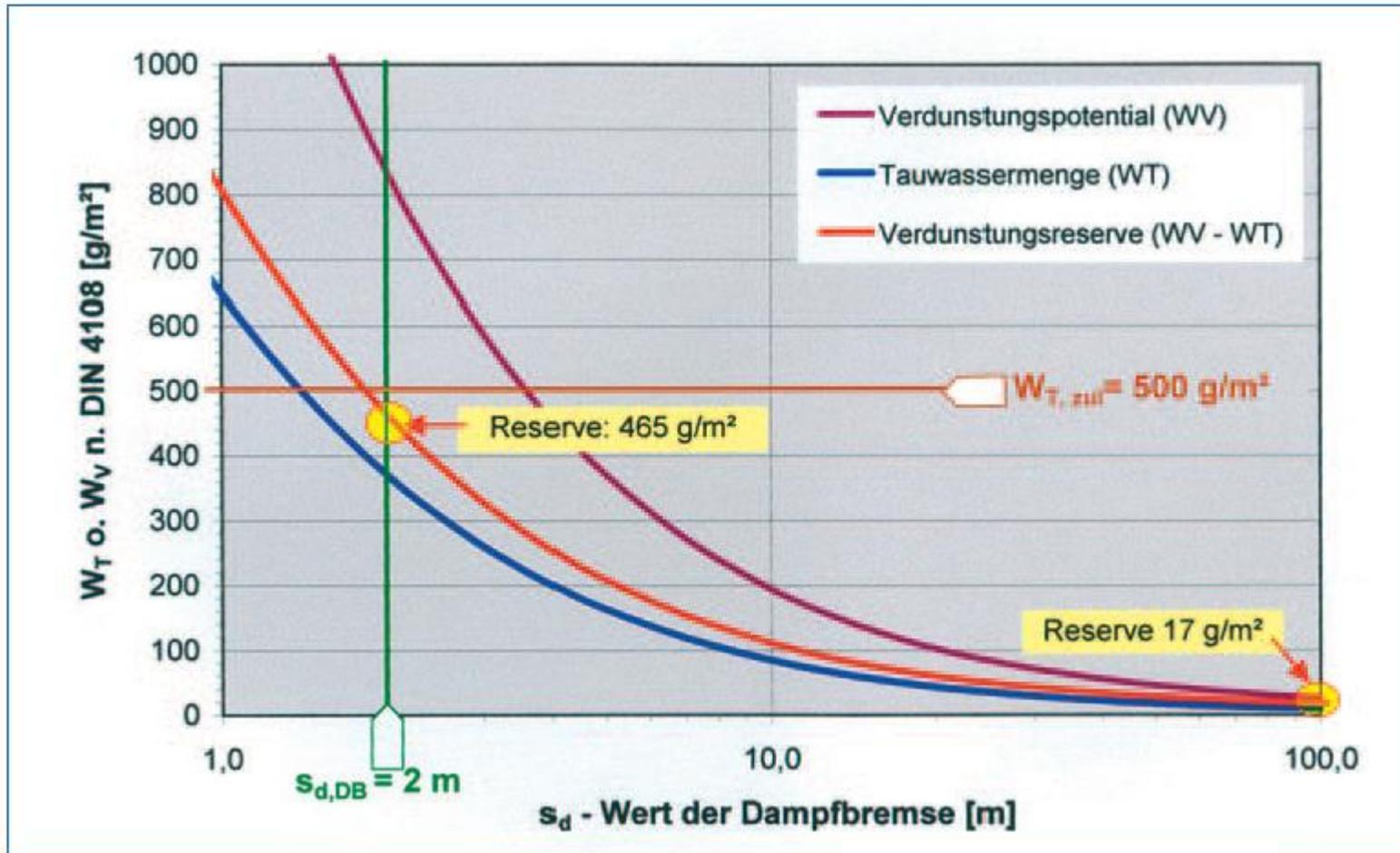


Abb. 2: Diffusionsbilanz eines außen dampfdichten, nicht belüfteten Flachdachs.
 ($s_{d,a} = 300$ m, $d_{Dämm} = 200$ mm)
 Berechnung nach DIN 4108-3.

Verstärkende Faktoren für die Kondensation

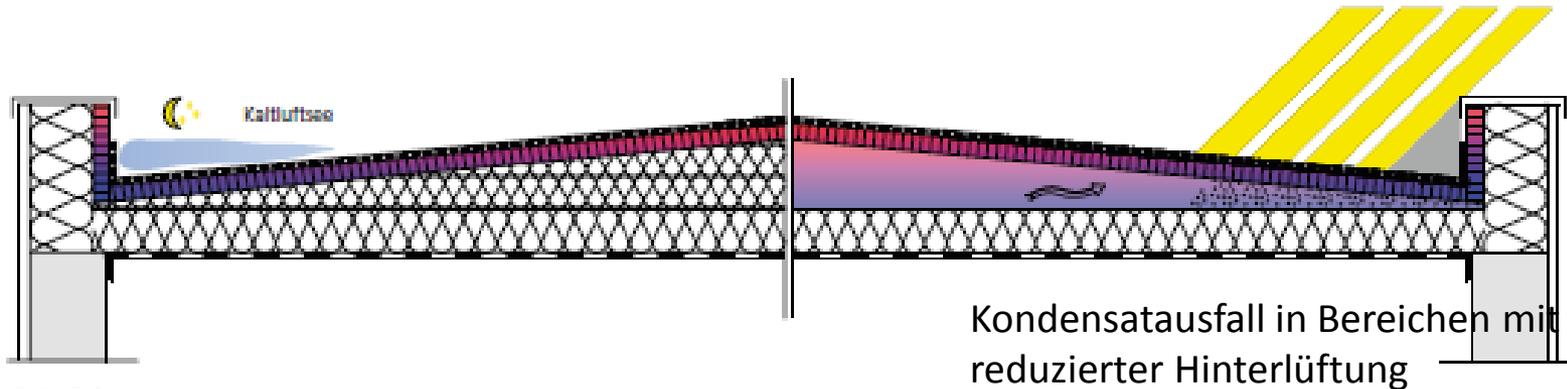


Abb. 6.6

Flachdachkonstruktionen und ihre Auswirkungen auf den Feuchteschutz:

links: Entstehung von Kaltluftseen bei umlaufend hoher Attika (erhöhte Auskühlung)

rechts: Strömungsverlauf in ungedämmten Hohlräumen zur Kaltseite

Kondensatausfall in Bereichen mit reduzierter Hinterlüftung

Informationsdienst
Holz Flachdächer in
Holzbauweise

Kaltluftsee führt zu verstärkter Abkühlung und daraus folgend zu Kondenswasserausfall



Optimaler Aufbau

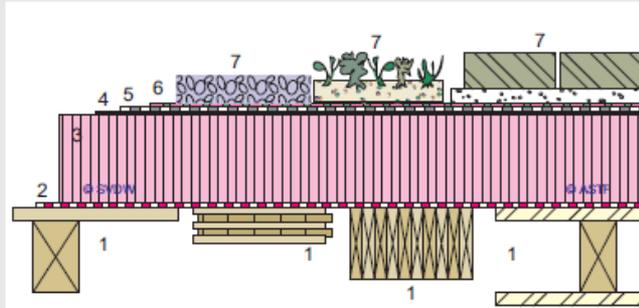
AUFBAU I

Nicht durchlüftete Konstruktion – Wärmedämmung auf der Tragkonstruktion

Konstruktionsaufbau von innen nach aussen

1. Tragkonstruktion
2. Luftdichtung/Dampfbremse oder luftdichte Tragkonstruktion gemäss SIA-Normen 271 & 180
3. Wärmedämmschicht
4. Evtl. Gleit-/Trennschicht
5. Abdichtung im Gefälle $\geq 1,5\%$
6. Fläche Schutzschicht
7. Schutz-, Nutzschrift gemäss SIA 271

Um das minimale geforderte Gefälle der Abdichtung von 1,5% zu erreichen ist dieses in den Schichten 1 (Tragkonstruktion) oder 3 (Wärmedämmschicht) zu planen und auszuführen.



Beurteilung

Die Tragkonstruktion (1) liegt warmseitig der Wärmedämmschicht (3)/Luftdichtung (2) und ist somit nicht feuchtegefährdet.

Innerhalb der Wärmedämmschicht (3) befinden sich keine Holzbauteile. Wärmebrücken und das Risiko von Feuchteschäden innerhalb der Konstruktion sind nicht vorhanden.

Der Dampfdiffusionsnachweis kann normgerecht nach SIA 180 (Glaser) erfolgen.

Die Luftdichtung/Dampfbremse (2) wird vollflächig auf die Tragkonstruktion verlegt.

Die Ausführung der Luftdichtung/Dampfbremse (2) ist bei fachgerechter Planung unproblematisch.

Durchdringungen der Luftdichtung/Dampfbremse (2) mit Elektroleitungen usw. sind grundsätzlich zu vermeiden. In Ausnahmefällen sind diese vorgängig zu planen.

Planungs- und Ausführungshinweise

Eine handwerkliche Fertigung vor Ort ist gut durchführbar.

Glattschaftige Nagelverbindungen (Befestigung Holzschalung auf Tragkonstruktion) sind nicht zulässig (Verletzungsgefahr Dampfbremse).

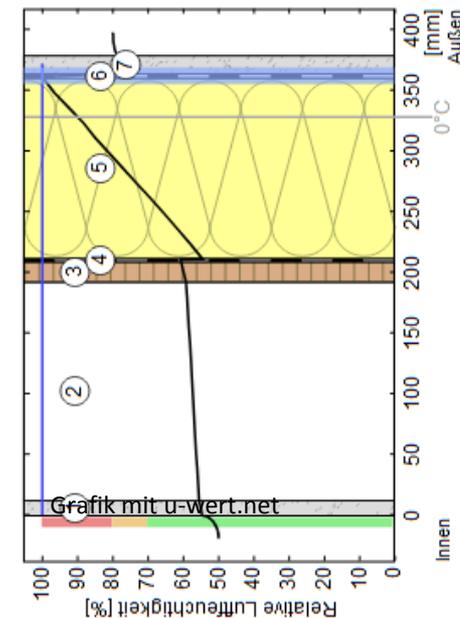
Anschlüsse Luftdichtung/Dampfbremse ohne besondere Anforderungen.

Vordächer mit Stickerkonstruktionen in der Wärmedämmung sind möglich.

Druckfeste Wärmedämmung, gegebenenfalls Gefälledämmung.

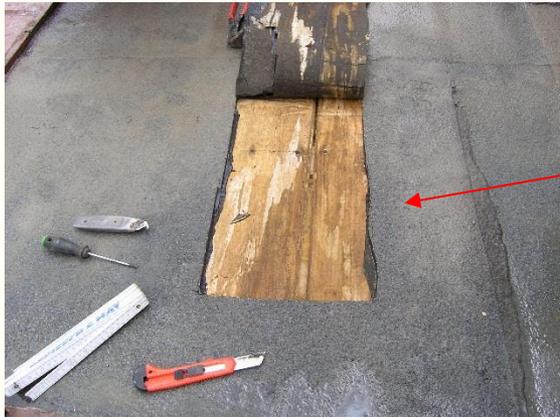
S. generell auch SIA 271, Abdichtungen von Hochbauten 2007.

Aber Vorsicht auch hier kondensiert Wasser unter der Abdichtung und liegt auf der Dämmung. Der Dämmstoff muss trocken eingebaut werden, denn alles Wasser wandert unter die Abdichtung und läuft bei geneigten Flächen zum tiefsten Punkt.



Merkblatt
Technische
Kommission
Flachdach

Hinterlüfteter Aufbau



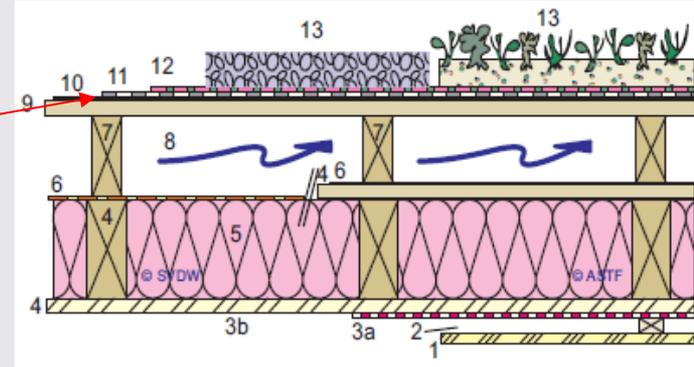
AUFBAU II

Durchlüftete Konstruktion

Konstruktionsaufbau von innen nach aussen

1. Evtl. Untersichtbekleidung
2. Evtl. Installationsschicht
- 3a. Luftdichtung/Dampfbremse oder
- 3b. Luftdichte Tragkonstruktion, Untersichtbekleidung
4. Tragkonstruktion
5. Wärmedämmschicht
6. Unterdach (diffusionsoffen)
7. Distanz-/Gefälleschicht (Lattung)
8. Durchlüftungs-/Dampfdruckentspannungsschicht (gemäss SIA 271)
9. Tragkonstruktion für Abdichtung
10. Evtl. Gleit-/Trennschicht
11. Abdichtung im Gefälle $\geq 1,5\%$
12. Flächige Schutzschicht
13. Schutz-/Nutzschicht

Um das minimale geforderte Gefälle der Abdichtung von 1,5% zu erreichen ist dieses in der Schicht 4 (Tragkonstruktion) oder in der Schicht 7 (Distanz-/Gefälleschicht) zu planen und auszuführen.



Beurteilung

Die Durchlüftungs-/Dampfdruckentspannungsschicht (8) ist hinsichtlich Feuchteschutz zwingend erforderlich und bringt für den sommerlichem Wärmeschutz Vorteile.

Der Dampfdiffusionsnachweis kann normgerecht nach Glaser (SIA 180) erfolgen. Bei geeignetem Konstruktionsaufbau kann auf eine eigentliche Dampfbremsschicht (3a) verzichtet werden. Die Luftdichtigkeit der Konstruktion (3b) inkl. An- und Abschlüsse muss sichergestellt sein.

Bei Konzeption und Ausführung der Luftdichtung (3) /Dampfbremse (3) sind vor allem die Durchdringungen sowie die An- und Abschlüsse zu beachten.

Die Konstruktion ist für Terrassen bzw. begehbare Dächer mit Türfronten, Fenstertüren o.ä. nur bedingt geeignet. (Zu-/Ab-luftöffnungen sind zu planen).

Der Einbau einer diffusionsoffenen Unterdachbahn/Sorptionschicht ist erforderlich.

Planungs- und Ausführungshinweise

Eine handwerkliche Fertigung vor Ort ist gut durchführbar.

Zum Schutz der Tragkonstruktion und der Dämmung vor temporär anfallendem Sekundärkondensat ist ein diffusionsoffenes Unterdach oder eine Sorptionschicht notwendig.

Dient das Unterdach als Baueitabdichtung muss es den Anforderungen gemäss SIA 232 entsprechen (Unterdächer für ausserordentliche Beanspruchungen).

Dimensionierung der Durchlüftungsschicht gemäss SIA 271.

Gleit-/Trennschicht unter Abdichtung gemäss Systemhalter.

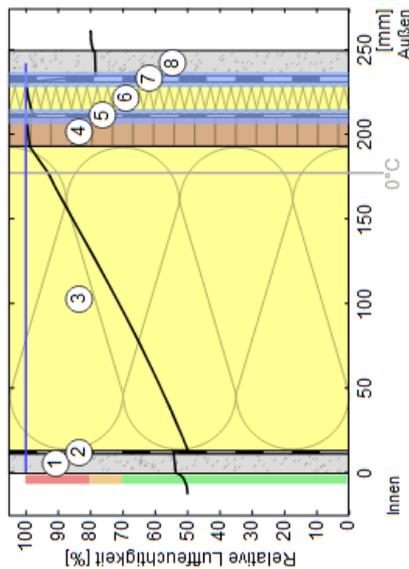
Elektroleitungen usw. sind in der Installationsschicht (2) zu führen.

S. generell auch SIA 271, Abdichtungen von Hochbauten 2007.

Merkblatt
Technische
Kommission
Flachdach

FD 2/07

Aufbau überdämmt geringe Fehlertoleranz



Grafik erstellt mit u-wert.net

Merkblatt
Technische
Kommission
Flachdach

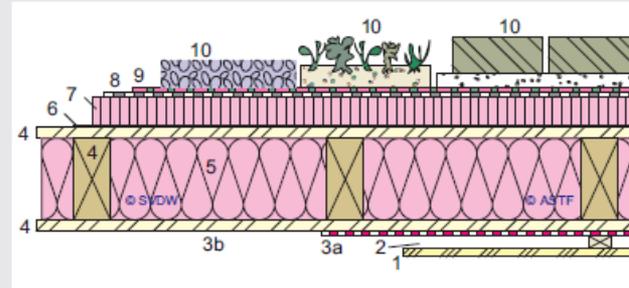
AUFBAU III

Nicht durchlüftete Konstruktion mit Wärmedämmung innerhalb der Tragkonstruktion und Zusatzdämmung

Konstruktionsaufbau von innen nach aussen

1. Evtl. Untersichtbekleidung
2. Evtl. Installationsschicht
- 3a. Luftdichtung/Dampfbremse diffusions-offen, oder mit variablem Diffusionswiderstand
- 3b. Luftdichte Tragkonstruktion, Untersichtbekleidung
4. Tragkonstruktion
5. Wärmedämmschicht (hohlraumfrei)
6. Bauzeitabdichtung gemäss SIA 271
7. Zusatzdämmung mind. 40 mm
8. Abdichtung im Gefälle $\geq 1,5\%$
9. Flachige Schutzschicht
10. Schutz-/Nutzschicht gemäss SIA 271

Um das minimale geforderte Gefälle der Abdichtung von 1,5% zu erreichen ist dieses in der Schicht 4 (Tragkonstruktion) oder 7 (Zusatzdämmung) zu planen und auszuführen.



Beurteilung

Unbelüftete Konstruktionen des Aufbaus III weisen in feuchte-technischer Hinsicht eine geringe Fehlertoleranz auf. Es sind deshalb erhöhte Planungsaufwendungen und Ausführungskontrollen wie z.B. Luftdichtigkeitsmessungen erforderlich (Blowerdoor mit Leckageortung).

Konstruktionen ohne oder mit geringem Austrocknungspotenzial, d.h. mit stark dampfbremsenden Innenschichten bzw. Dampfbremsfolien ($s \geq 10$ m), sind nicht zulässig.

Das Glaserverfahren gemäss SIA 180 ist als Nachweisverfahren nicht zulässig. Der Nachweis der feuchte-technischen Funktionstüchtigkeit muss mit speziellen und validierten Simulationsprogrammen wie z.B. WUFI erfolgen.

Der Nachweis muss von einer entsprechend erfahrenen Fachperson erfolgen und mindestens Angaben zum Kondensatrisiko innerhalb der Konstruktion und zu den zu erwartenden Feuchteänderungen der verschiedenen Schichten enthalten.

Bei statischem Verbund der unteren und oberen Beplankung (Hohlkasten, Rippendecke) sind die Auswirkungen von feuchtebedingten Verformungen zu berücksichtigen.

Die Verleimung ist auf die im Gebrauchszustand zu erwartenden Feuchtigkeiten abzustimmen (WUFI-Berechnung).

Über der Tragkonstruktion ist eine Bauzeitabdichtung (6) und eine darüberliegende Zusatzdämmung (7) erforderlich.

Installationen sind warmseitig der Luftdichtung (3a/3b) zu führen. Durchdringungen sind nicht zulässig.

Planungs- und Ausführungshinweise

Von einer handwerklichen Baustellenfertigung ist abzusehen.

Gleit-/Trennschicht unter Abdichtung gemäss Systemhalter.

Auffeuchtungen, z.B. infolge Restfeuchteverlagerung über Aussenwände oder Trennwände in die Konstruktion, sind nicht zulässig.

Die Wärmedämmung ist hohlraumfrei auszuführen.

Bei ausschliesslicher Nagelverbindung sind bei der oberen Beplankung keine glattschaftigen Nägel zulässig.

S. generell auch SIA 271, Abdichtungen von Hochbauten 2007.

Riskante Lösung nicht empfohlen

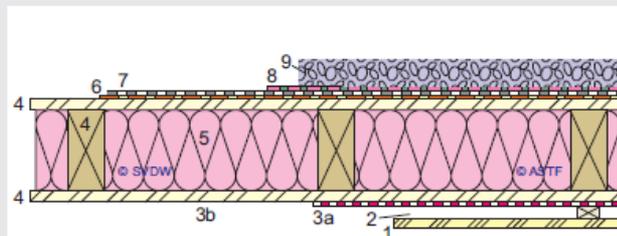
AUFBAU IV, MIT BESCHRÄNKTEM EINSATZGEBIET

Nicht durchlüftete Konstruktion, Wärmedämmung innerhalb der Tragkonstruktion

Konstruktionsaufbau von innen nach aussen

1. Evtl. Untersichtsbekleidung
2. Evtl. Installationsschicht
- 3a. Luftdichtung/Dampfbremse, diffusions-offen, oder mit variablem Diffusionswiderstand
- 3b. Luftdichte Tragkonstruktion/ Untersichtsbekleidung
4. Tragkonstruktion
5. Wärmedämmschicht (hohlraumfrei)
6. Gleit-/Trennschicht, evtl. Bauzeitabdichtung
7. Abdichtung im Gefälle, $\geq 1,5\%$ zwingend
8. Flächige Schutzschicht
9. Kiesschutzschicht

Um das minimale geforderte Gefälle der Abdichtung von 1,5% zu erreichen ist dieses in der Schicht 4 (Tragkonstruktion) zu planen und auszuführen.



Beurteilung

Unbelüftete Konstruktionen des Aufbau IV weisen in feuchte-technischer Hinsicht eine geringe Fehlertoleranz auf. Der Einbau von Flachdächern gemäss Aufbau IV ohne Zusatzdämmung ist deshalb auf Gebäude mit niedriger Feuchtebelastung der Raumluft bzw. Gebäude mit trockenen Raumklimabedingungen zu beschränken. Es sind deshalb erhöhte Planungsaufwändungen und Ausführungskontrollen wie z.B. Luftdichtigkeitsmessungen erforderlich (Blowerdoor mit Leckageortung).

Konstruktionen ohne oder mit geringem Austrocknungspotential, d.h. mit stark dampfbremsenden Innenschichten bzw. Dampfbremsfolien ($s \geq 10$ m) sind nicht zulässig.

Das Glaserverfahren gemäss SIA 180 ist als Nachweisverfahren nicht zulässig. Der Nachweis der feuchte-technischen Funktionstüchtigkeit muss mit speziellen und validierten Simulationsprogrammen wie z.B. WUFI erfolgen. Der Nachweis muss von einer entsprechend erfahrenen Fachperson erfolgen und mindestens Angaben zum Kondensatrisiko innerhalb der Konstruktion und den zu erwartenden Holzfeuchteänderungen der verschiedenen Schichten enthalten.

Bei statischem Verbund der unteren und oberen Beplankung (Hohlkasten, Rippendecke) sind die Auswirkungen von feuchtebedingten Verformungen zu berücksichtigen.

Die Verleimung ist auf die im Gebrauchszustand zu erwartenden Feuchtigkeiten abzustimmen (WUFI-Berechnung).

Installationen sind warmseitig der Luftdichtung (3a) zu führen. Durchdringungen sind nicht zulässig.

Planungs- und Ausführungshinweise

Von einer handwerklichen Baustellenfertigung ist abzusehen.

Beschattete, auch teilbeschattete Dächer (z.B. durch Bäume, Solaranlagen, nebenstehende Gebäude) sind kritisch und müssen spezifisch überprüft werden.

Gleit-/Trennschicht unter Abdichtung gemäss Systemhalter.

Auffeuchtungen über Aussenwände oder Trennwände in die Konstruktion sind nicht zulässig.

Die Wärmedämmung ist hohlraumfrei auszuführen.

Bei ausschliesslicher Nagelverbindung sind bei der oberen Beplankung keine glattschaftigen Nägel zulässig.

S. generell auch SIA 271, Abdichtungen von Hochbauten 2007.

Attikadetail



Die Dampfbremse wurde vom warmen Bereich in den kalten Bereich geführt. Warme Luft kann sich unter der Dampfbremse ausbreiten und führt durch Kondensation zu einer Feuchtigkeitsanreicherung im Übergang vom warmen zum kalten Bereich.

Wannenausbildung



Wannenausbildung durch Hochzug der Dampfbremse bzw. des Unterdaches muss vermieden werden. Ins Dach eindringendes Wasser muss ablaufen können.

Schatten führt zu Holzschäden



Die Solaranlage hat das Blechdach verschattet. Das Holz ist unter der Solaranlage deutlich feucht, so dass sich der Schattenwurf abzeichnet.

7 goldene Regeln

7 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 es
2. ist **dunkel** (Strahlungsabsorption $a \geq 80\%$), **unverschattet** und es hat
3. **keine Deckschichten** (Bekiesung, Gründach, Terrassenbeläge) aber
4. eine **feuchtevariable Dampfbremse** und
5. **keine unkontrollierbaren Hohlräume** auf der kalten Seite der Dämmschicht und
6. **eine geprüfte Luftdichtheit** und es
7. wurden vor dem Schließen des Aufbaus die **Holzfeuchten** von Tragwerk und Schalung ($u \leq 15 \pm 3 \text{ M-}\%$) bzw. Holzwerkstoffbeplankung ($u \leq 12 \pm 3 \text{ M-}\%$) dokumentiert.

Konsens der Referenten des Kongresses „Holzschutz und Bauphysik“ am 10./11.02.2011 in Leipzig zum Thema:

Hinweise

1. Wenn nicht nachweisfrei möglich, dann durch dynamische Berechnung nachweisen
2. Verschattung und Kaltluftseen beachten
3. Keine Wannen ohne Ablauf bauen
4. Dampfbremse konsequent planen und stets auf der warmen Seite halten

Für Ihre Aufmerksamkeit bedankt sich:

Dipl.-Ing. (FH) Bernhard Kopff

Architekt

Sachverständiger für Schäden an Gebäuden (HTWG)

Sachverständiger für Holzschutz (EIPOS)



Ernsbergerstr. 10
81241 München

Telefon: 089 88 99 99 88
E-Mail: info@doppelkopff.de

