



# HERZLICH WILLKOMMEN

Eine Veranstaltung der BS Baurecht + Sachverstand UG in Kooperation mit



## Flachdächer

Bauweisen  
Typische Schäden  
Untersuchungsmethoden zur Schadenursache

# Inhalt des Vortrages

1. Bauweisen - Allgemein
2. Wichtige Grund-Voraussetzungen für eine dauerhaft funktionierende Flachdachkonstruktion
  - 2.1. Planmäßiges Gefälle
  - 2.2. Planmäßige Entwässerung
  - 2.3 Durchdringungen
  - 2.4 Aufkantungshöhen
  - 2.5 Abdichtungen + bewährte Materialien
3. Wichtige weitere zu beachtende Punkte (speziell bei Holzkonstruktionen)
  - 3.1 Holzfeuchten
  - 3.2 Wärmedämmung
  - 3.3 Dachbegrünung

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



# Inhalt des Vortrages

4. Ausführung + Bauphysik
5. Unterhaltungsmaßnahmen
6. Monitoring
7. Holzschutz
8. Zu den verschiedenen Bauweisen
  - 8.1 Flachdachkonstruktion auf Betondecke
  - 8.2 Flachdachkonstruktion aus Holz
9. Untersuchungsmethoden

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



# 1. Bauweisen - Allgemein

Es gibt verschiedene Flachdachkonstruktionen, Unterscheide z.B.:

⇒ Die massive Deckenkonstruktion (z.B. aus Beton)  
+ Wärmdämmung + (Luftschicht) + Abdichtungssystem

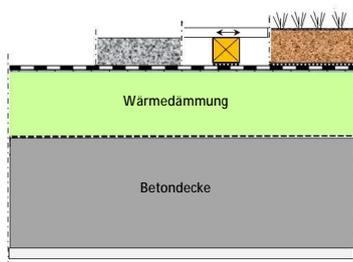
⇒ Die leichtere Holz-Decken-Konstruktion  
+ Wärmdämmung + (Luftschicht) + Abdichtungssystem

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar

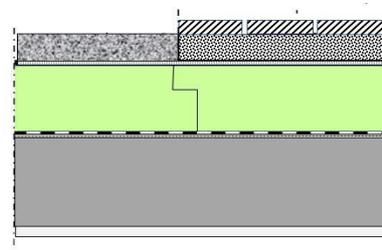


# 1. Bauweisen - Allgemein

Mit Betondecke sind dies z.B. das:



Typ B1  
... Warmdach mit der Abdichtungsebene  
oberhalb der Wärmedämmung.



Typ B2  
... Warmdach mit der Abdichtungsebene  
unterhalb der Wärmedämmung  
(Umkehrdach).

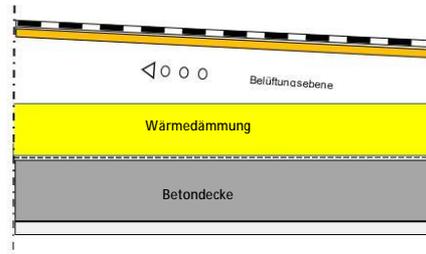
© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



# 1. Bauweisen - Allgemein

Oder das Kaltdach

mit einer Belüftungsebene zwischen Dämmung und Abdichtungsebene.



Typ B3

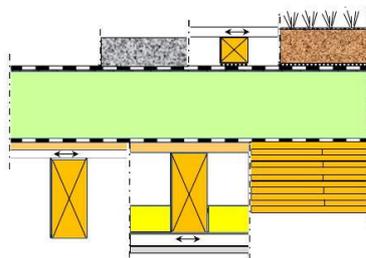
... Kaltdach mit der Abdichtungsebene auf einer Schalung oberhalb der Belüftungsebene und der Wärmedämmung.

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



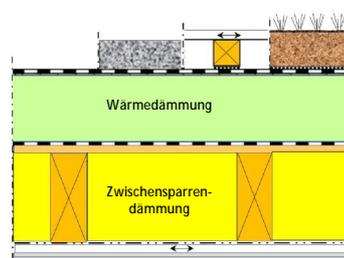
# 1. Bauweisen - Allgemein

Aus Holz sind dies z.B. unbelüftete Flachdachkonstruktionen mit ...



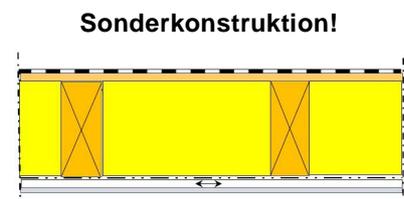
Typ I

... der Wärmedämmung oberhalb der Tragebene (Aufdachdämmung)



Typ II

... der Wärmedämmung in der Tragebene und Überdämmung



Typ III

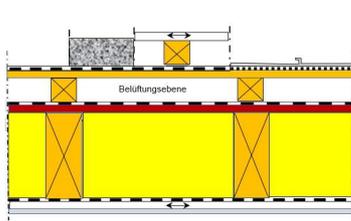
... der Wärmedämmung ausschließlich in der Tragebene

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar

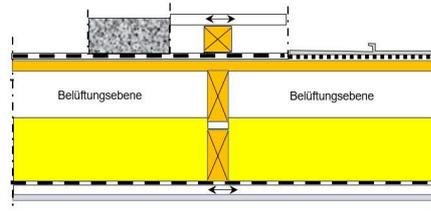


# 1. Bauweisen - Allgemein

... oder belüftete Flachdachkonstruktionen mit ...



Typ IV  
... vollgedämmter Dachkonstruktion  
und zusätzlicher getrennter  
Lüftungsebene



Typ V  
... vollgedämmter, flach geneigter  
(ab  $\geq 5^\circ$ ) Dachkonstruktion mit  
Belüftung im Dachraum

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar

baurecht +  
sachverstand

# 1. Bauweisen - Allgemein

Exemplarisch einige Vor- und Nachteile der massiven Flachdachkonstruktion  
(Betondecke)

## Vorteile

- Weniger Feuchteempfindlich, insbesondere bei direkter Durchfeuchtung
- Geringere Brandlast (bis auf die WD)
- Schwere Auflast für die Wandkonstruktionen
- Höhere Traglasten
- Besitzt direkt gute Schallschutzeigenschaften

## Nachteile

- Bauzeit
- Muss länger trocknen
- Schwere Konstruktion – nicht überall machbar
- (Dickere Dachaufbau, durch zusätzlich notwendige Wärmedämmung auf der Betondecke)

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar

baurecht +  
sachverstand

# 1. Bauweisen - Allgemein

## Flachdächer in Holzbauweise zeichnen sich aus ...

- Leichte Bauweise (z.B. für Aufstockung oder Anbau).
- Können optisch ansprechend (z.B. Unterseite) **vorgefertigt** werden.
- Stellen hohe Anforderungen an den Planer und den Ausführenden (Detailplanung, Feuchte- und Holzschutz etc.)
- Verunsicherung durch Schadenfälle, insbesondere bei nicht belüfteten Flachdächern aus Holz (insbesondere Typ III) (Geringe Feuchtetoleranz und dadurch reduzierte Dauerhaftigkeit)

# 2. Wichtige Grund-Voraussetzungen

## 2.

Wichtige Grund-Voraussetzungen für eine  
dauerhaft funktionierende Flachdachkonstruktion!

## 2. Wichtige Grund-Voraussetzungen

Wann ist eine (Flachdach-)Konstruktion zuverlässig?

Wenn sie trotz ungünstiger sich überlagernder Einwirkungen und Randbedingungen,  
bei regelmäßiger fachgerechter Wartung,  
während der üblichen technischen Lebensdauer voll funktionsfähig bleibt.

(Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit)

(Gemäß dem Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e.V. an der TU Berlin beträgt die mittlere Lebensdauer für Flachdachabdichtungen ohne Schutzschichten ca. 20 Jahre und mit Schutzschichten (bekiest, begrünt) ca. 30 Jahre)

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 2. Wichtige Grund-Voraussetzungen

### Wichtige Grundvoraussetzungen

- Sorge für eine möglichst geringe Beanspruchung der Konstruktion  
(Klima, Witterung; Nutzung; angrenzende Bauteile + Aufbauten)
- Verwende nur Konstruktionen und Baustoffe die sich über lange Zeit praktisch bewährt haben.
- Verwende einfache Konstruktionen  
die möglichst wenig durch die handwerkliche Ausführung beeinflusst werden.

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 2.1 Planmäßiges Gefälle

### 2.1 Thema „Gefälle“

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar

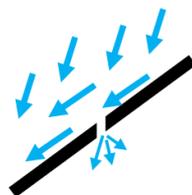


## 2.1 Planmäßiges Gefälle

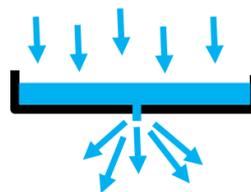
### Problem

Kleine Fehlstellen führen bei stehendem Wasser zu großen Schäden.

Auf Dauer lassen sich insbesondere bei ungeschützten Flachdachkonstruktionen durch Witterungseinflüsse kleinere Fehlstellen nicht vermeiden.



Stark geneigte Flächen  
(Steildach) geringerer  
Wasserdurchtritt



Wenig bis nicht geneigte Flächen  
(Flachdach) hoher Wasserdurchtritt  
(Wasserdruck)

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 2.1 Planmäßiges Gefälle

Das Ziel muss es sein, stehendes Wasser auf der Flachdachfläche (Abdichtung) zu vermeiden und anfallendes Wasser schnellstmöglich und rückstaufrei abzuleiten.

- Sicherstellen eines ausreichenden Gefälles.
- Entwässerung der Kehlen.
- Abläufe in der Mitte der Felder (am Tiefpunkt).
- Quergefälle mit Dämmstoffkeilen.
- Beachte Durchbiegungen und sich ergebende Erhöhungen etc.

## 2.1 Planmäßiges Gefälle

Zur sichereren Entwässerung und Vermeidung von stehendem Wasser:

- Wähle ein möglichst großes Gefälle  $\Rightarrow$  Regelwerke fordern i.d.R. als unterste Grenze 2 %.
  - Bis Dachneigung 5 % ist mit Pfützen zu rechnen (Unebenheiten, Überlappungen etc.)
  - Soll Pfützenfreiheit erreicht werden, so ist eine Neigung von mehr als 5 % zu planen.
- Beachte bei der Planung die Durchbiegung der Tragkonstruktion infolge Schnee- und Nutzlasten; Kriechinflüssen und zulässige Maßtoleranzen.
- Gefälle ist immer sinnvoll, auch bei Oberflächenschutz bzw. Dachbegrünung!
- Gefälle ist ein Qualitätsmerkmal.
- Planmäßig gefällelose Dächer bzw. Dachneigungen  $< 2 \%$  sind prinzipiell möglich, besitzen jedoch i.d.R. eine erhöhte Schadeneignigkeit und erfordern zusätzliche Maßnahmen.

## 2.1 Planmäßiges Gefälle – Typische Schäden



© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 2.1 Planmäßiges Gefälle – Typische Schäden



© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 2.2 Planmäßige Entwässerung

### 2.2

### Thema „Entwässerung“

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 2.2 Planmäßige Entwässerung

### Entwässerung

- Die Dachentwässerung ist nach DIN 1986-100 „Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstück – Teil 100 ...“ zu planen und auszuführen.
- Abläufe sind an Tiefpunkten der Dachfläche anzuordnen und auszuführen.
- Dachflächen ohne freie Entwässerung ⇒ planmäßige Abläufe.
- Dachflächen ohne freie Entwässerung ⇒ Notüberlauf.
  - Notentwässerung nicht an die Grundleitung anschließen (i.d.R. Speier).
  - Bei Notentwässerung Anstauhöhen und Statik beachten.
  - Höhenlage der Notüberläufe ⇒ DIN EN 12056-3
  - Wasser darf die Türschwelle nicht überstauen.

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 2.2 Planmäßige Entwässerung

- Ein Wasseranstau vor den Abläufen ist zu vermeiden (oberflächenbündig montieren).
- Dachabläufe müssen für die Instandhaltung zugänglich sein.
- Planung der Entwässerung ⇒ Ziel: Wasserableitung über kurze Wege.
- Achtung: Tauwassergefahr ⇒ nicht ungedämmt ausführen (z.B. durch hölzerne Tragkonstruktion).

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 2.2 Planmäßige Entwässerung – Typische Schäden



© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 2.3 Durchdringungen



### 2.3

### Thema

### „Durchdringungen“

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 2.3 Durchdringungen



### Durchdringungen

- Durchdringungen erhöhen die Gefahr von Undichtheiten.  
Positionierung häufig zu nah an den Rändern ⇒ schwer einzudichten.
- Zur Erhöhung der Funktionssicherheit sind die Durchdringungen so zu gestalten, dass sie handwerklich möglichst einfach auszuführen sind.
- Durchdringungen möglichst vermeiden – Platziere Stützen, Geländerpfosten ... möglichst außerhalb der Abdichtungsfläche.

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



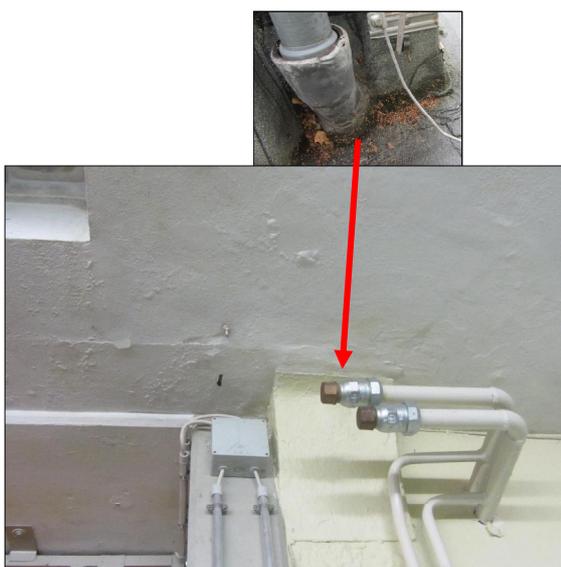
## 2.3 Durchdringungen

- Wenn Durchdringung, dann mit ausreichendem Abstand zum Rand (gut zugänglich) oder anderen Bauteilen platzieren.
- Bahnenförmige Abdichtungen
  - ⇒ Plane Abstand von  $\geq 30$  cm von der Flanschseite zu den Außenkanten anderer Durchdringungen, Fugen, Dachaufbauten, aufgehenden Bauteilen, zur Attika etc. (Ausnahme: Speziell für den Einbau in die Attika vorgesehene Dach- oder Notüberläufe)
- Flüssig zu verarbeitende Abdichtungsstoffe (nach DIN 18531-1)
  - ⇒ Plane Abstand von  $\geq 10$  cm von der Flanschseite zu den Außenkanten anderer Durchdringungen, Fugen, ...

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 2.3 Durchdringungen – Typische Schäden



© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 2.3 Durchdringungen – Typische Schäden



© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 2.4 Aufkantungshöhen

2.4  
Thema „Aufkantungshöhen“

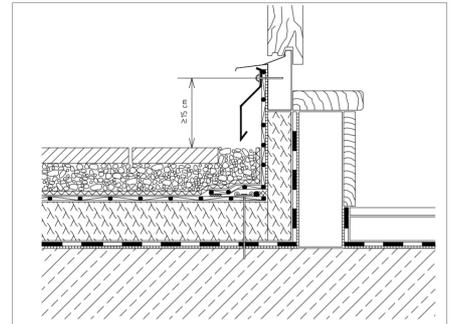
© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 2.4 Aufkantungshöhen

### Aufkantungshöhen

- Der obere Rand der Abdichtung im Anschlussbereich ist besonders empfindlich.
- Ziel ist es, den Anschlussbereich vor Schäden und erhöhter Wasserbeanspruchung zu schützen.
- Um dies zu erreichen  $\Rightarrow$  Oberen Rand planmäßig deutlich über wasserführender Ebene anordnen, wobei der Abdichtungsrand die wasserführende Ebene der aufgehenden Bauteile hinterfahren sollte (Wichtig z.B. bei Fenster/Türen; 2-schaligen Fassadenkonstruktionen).



Quelle: BAUDER

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 2.4 Aufkantungshöhen

- Mindesthöhe für Abdichtungsanschlüsse an aufgehende Bauteile und Türen i.d.R.  $\geq 15$  cm.
- Unter bestimmten Randbedingungen, Reduzierung der Mindesthöhe auf  $\geq 5$  cm möglich.
- Barrierefrei, niveaugleiche Übergänge oder Übergänge mit einer zulässigen Schwellenhöhe von  $\leq 2$  cm stellen eine abdichtungstechnische Sonderlösung dar.

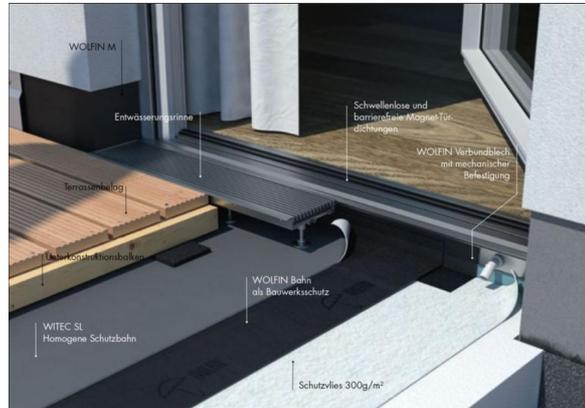
© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 2.4 Aufkantungshöhen



Quelle: Wolfin



Quelle: Wolfin

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar

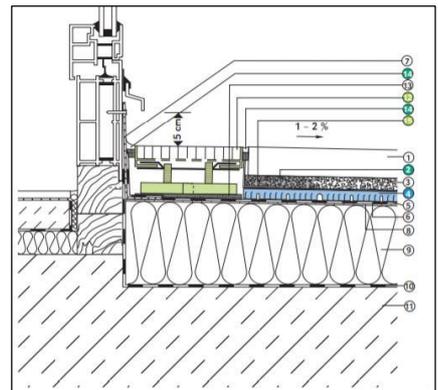
## 2.4 Aufkantungshöhen



Quelle: GUTJAHR



Quelle: ACO



Quelle: GUTJAHR

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar

## 2.4 Aufkantungshöhen – Typische Schäden



© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar

## 2.4 Aufkantungshöhen – Typische Schäden



© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar

## 2.5 Abdichtungen - bewährte Materialien

### 2.5 Thema

### „Abdichtungen + bewährte Materialien“

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 2.5 Abdichtungen - bewährte Materialien

### Abdichtungen – bewährte Materialien

- Neue Abdichtungssysteme  $\nabla$  Langzeiterfahrungen liegen i. d. Regel nicht vor!
  - Können ihre Form verlieren (aufspalten, falten werfen, verlängern)
  - Schadenfälle durch schrumpfende, verspröde Materialien nicht auszuschließen
- Deshalb sollte das Ziel sein, möglichst Materialien mit langjähriger, praktischer Bewährung zu verwenden.
- Auswahl der Abdichtung u.a. unter Berücksichtigung der thermischen, der mechanischen Einwirkungen sowie der geplanten Anwendungsklassen
  - (K1 (Standardausführung) bzw.
  - K2 (höherwertige Ausführung - z.B. schwere Zugänglichkeit; Hochhäuser; Dächer mit Solar- oder haustechnischen Anlagen o.ä.).

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 2.5 Abdichtungen - bewährte Materialien



© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 2.5 Abdichtungen - bewährte Materialien

### Erhöhung der Sicherheit

- Erhöhte Sicherheit durch Mehrlagigkeit – vollflächig miteinander verklebt. (2 Löcher an der selben Stelle sind sehr unwahrscheinlich)
- Erhöhte Sicherheit durch Kontrolle der Flachdachkonstruktion nach Fertigstellung - Gefällelose Dächer sollten nach Fertigstellung unbedingt auf Dichtheit überprüft werden. (Fluten, Raugasprüfung) – insbesondere bei später nicht mehr einsehbaren Konstruktionen (Gründächer o.ä.)
- Erhöhte Sicherheit durch Einbau von Abschottungen.



© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 2.5 Abdichtungen - bewährte Materialien

- Erhöhte Sicherheit durch Verwendung möglichst feuchteunempfindlicher Baustoffe

(Wärmedämmung ⇒ Druckfestigkeit + Wärmedämmeigenschaften bei Feuchtigkeit)

- Abdichtungstechnische Fragen

frühzeitig klären und im Detail planen, um langfristig Schäden vorzubeugen.

Insbesondere bei Aufbauten sollte über eine spätere Kontrollierbarkeit von

Abdichtungsschichten nachgedacht werden (Stichwort: Wartung – Mindestabstand 50 cm).

## 2.5 Abdichtungen - bewährte Materialien

### Bauzeit- bzw. Behelfsabdichtungen („Notabdichtungen“)

- Grundsätzlich ist das Gewerk vor Schäden zu schützen.
- Besonders wichtig ist der Schutz von Holzbauteilen vor Witterungseinflüssen (z.B. Feuchtigkeit).
- Lose aufgebrachte Planen/Folien bieten keinen zuverlässigen Schutz.
- Deshalb insbesondere bei Holzbauweise  
in Montagephase schon robuste „Notabdichtung“ einplanen.
- Bei geeigneter Materialwahl  
kann die „Notabdichtung“ später die Funktion der Dampfsperre übernehmen.

## 3. Wichtige weitere Punkte

### 3.

Weitere zu beachtende Punkte (insbesondere auch bei Holzkonstruktionen)

## 3.1 Holzfeuchten

### 3.1

Thema „Holzfeuchten“

## 3.1 Holzfeuchten

### Holzfeuchten

- Bauschnitthölzer und Dachschalungen aus Nadelholz müssen trocken ( $u_m \leq 20 \%$ ) eingebaut werden.
- Bauschnitthölzer und Dachschalungen aus Nadelholz müssen während der Bauzeit vor Feuchte geschützt werden.
- Bei Holzhausbau gilt gemäß ATV DIN 18334, maximale Holzfeuchte  $u_m \leq 18 \%$ .  
(erhöhte Anforderungen wegen Maßhaltigkeit; Vermeiden von Setzungen bzw. Verformungen durch Schwinden)
- Nicht belüftete Flachdächer (z.B. Typ II + III)  $\Rightarrow$  eingeschränkte Trocknungsmöglichkeiten  
 $\Rightarrow$  maximale Einbaufeuchte von 15 % anstreben.
  - Konstruktionsvollholz mit  $u = 15 \% \pm 3 \%$
  - Balken- oder Brettschichtholz mit  $u = 15 \%$

## 3.2 Dachbegründung

### 3.2

### Thema „Dachbegründung“

## 3.2 Dachbegründung

### Dachbegrünung

- Flachdächer sind auch geeignet für Dachbegrünungen.
- Zum Teil besteht gem. Bebauungsplänen die Pflicht zur extensiven Begrünung von Flachdächern.

### Vorteile der Dachbegrünung

- Schutz vor Witterungs-, Temperatureinflüssen sowie der UV-Strahlung auf die Dachhaut.
- Abpuffern von Temperaturschwankungen ⇒ Verlängerung der Lebensdauer der Abdichtung.
- Dient als Windsogsicherung (Beschwerung) und hat Bekiesung in großen Bereichen abgelöst.
- Besserer sommerlicher Wärmeschutz durch Erdfeuchte.
- Verzögert den Wasserablauf und entlastet die Entwässerungssysteme.

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 3.2 Dachbegründung

### Nachteile der Dachbegrünung

- Die Dachabdichtung ist nicht direkt zugänglich und einseh- bzw. kontrollierbar.
  - Leckstellen können schwer aufgespürt werden.
  - Stellen erhöhte Anforderungen an die handwerkliche Ausführung.
  - Bei nicht belüfteten Bauweisen ohne bzw. mit Teilüberdämmung (Typ II und Typ III) führt die Begrünung zu einer Einschränkung des Rücktrocknungspotentials, weil die Deckschichten durch die Verdunstungskälte des Wassers weniger und nur stark verzögert erwärmt wird.
    - ⇒ Muss bauphysikalisch überprüft und nachgewiesen werden
    - ⇒ Nach DIN 68800-2 bzw. DIN 4108-3
- Nachweis mittels hygrothermischer Simulation erforderlich!

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 4. Zur Ausführung + Bauphysik

### 4.

### Thema „Ausführung + Bauphysik“

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 4. Zur Ausführung + Bauphysik

### Ausführungshinweise (u.a. insbesondere für Holzkonstruktionen)

- Flachdächer erfordern sorgfältige Planung, Arbeitsvorbereitung und fachgerechte Arbeitsausführung.
- Holzbauteile erfordern erhöhte Anforderungen an den Feuchteschutz, sowohl in der Bauphase als auch während der Nutzung.
- Unplanmäßiger Feuchteintrag ist sicher zu vermeiden.
- (Flach-)Dächer erfordern eine regelmäßige Kontrolle und Bauwerksunterhaltung - insbesondere wenn sie nicht überall einsehbar sind.

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 4. Zur Ausführung + Bauphysik

### Ausführungshinweise $\rightarrow$ Begrenzung der Materialfeuchte

- Verwendung von trockenen Baustoffen (z.B. Hölzern, Holzwerkstoffen) ist verpflichtend.
  - Materialien müssen in der Bauphase trocken bleiben.
  - Bei ungeplantem Feuchteintrag  $\Rightarrow$  kontrollierte techn. Trocknung vor Schließen des Bauteils.
  - Bei beidseitig geschlossenen Konstruktionen (Typ II + III) muss die Holzfeuchte vor dem Schließen des Bauteils kontrolliert und dokumentiert werden.

## 4. Zur Ausführung + Bauphysik

### Ausführungshinweise $\rightarrow$ Begrenzung der Materialfeuchte

- Hölzerne Dachkonstruktionen müssen vor der Ausführung von feuchteintensiven Baumaßnahmen gedämmt und luftdicht ausgeführt werden.
- Feuchteintrag durch Konvektion – infolge von Luftundichtheiten - ist sehr kritisch.
  - $\Rightarrow$  Fachgerechte Luftdichtheitsebene gemäß DIN 4108-7 ausbilden.

## 4. Zur Ausführung + Bauphysik

### Ausführungshinweise $\rightarrow$ Luftdichtheit herstellen

- Die luftdichte Gebäudehülle vermeidet Feuchteintrag in geschlossene Bauteile.
- Herstellung der Luftdichtheit sollte in der Hand des Gewerkes Holzbau verbleiben.
- Bei nicht belüfteten Flachdächern des Typs II sollte neben der visuellen Kontrolle der Luftdichtheitsebene zusätzlich eine Luftdichtheitsprüfung + Leckagesuche erfolgen.
- Bei nicht belüfteten Flachdächern des Typs III muss neben der visuellen Kontrolle der Luftdichtheitsebene zusätzlich eine Luftdichtheitsprüfung + Leckagesuche erfolgen.

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 4. Zur Ausführung + Bauphysik



© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 4. Zur Ausführung + Bauphysik



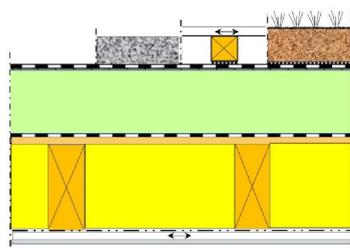
© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar

baurecht +  
sachverstand

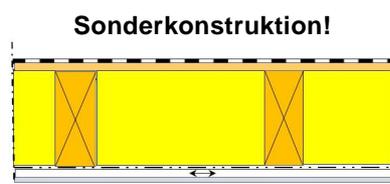
## 4. Zur Ausführung + Bauphysik

### Bauphysik $\bar{P}$ Nachweisverfahren bei Holzdachkonstruktionen

- Nach DIN 68800-2 gilt:
  - ⇒ Für voll gedämmte, nicht belüftete Dachkonstruktionen mit Metalleindeckung oder Abdichtung auf Schalung bzw. Beplankung wird von DIN 4108-3, DIN 18531-1 bzw. WTA 6-8 immer der Nachweis mittels hygrothermischer Simulation nach DIN EN 15026 (Nachweisverfahren C) gefordert. Dies gilt insbesondere für Typ II und Typ III



Typ II



Typ III

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar

baurecht +  
sachverstand

## 5. Unterhaltungsmaßnahmen



5.

Thema „Unterhaltungsmaßnahmen“

⇒ Höre nächster Vortrag!

## 6. Monitoring



6.

Thema „Monitoring“

## 6. Monitoring

### Flachdach-Monitoring

- Monitoringsysteme dienen z.B. bei Dächern mit extensiver Begrünung ...
  - ... der laufenden Kontrolle (Leckdetektion).
  - ... der schnellen Leckortung bei Abdichtungsschäden.
- Monitoringsysteme können ferner ...
  - ... unzulässigen Feuchteanstieg infolge von Mängeln an der Luftdichtheitsebenen melden.
  - ... Einhaltung der zulässigen Schneelasten überwachen.
- Feuchtemonitoring wird für wenig fehlertolerante Bauweisen (z.B. Typ III) dringend empfohlen.

## 7. Holzschutz

7.

Thema „Holzschutz“

## 7. Holzschutz

### Holzschutz

- In Abhängigkeit von den Umgebungsbedingungen sowie der baulich-konstruktiven Ausbildung von Bauteilen besteht bei Holzkonstruktionen die Gefahr, dass diese durch holzerstörende Pilze, Moderfäule oder holzerstörende Insekten geschädigt werden.
- In Abhängigkeit von der zu erwartenden Holzfeuchte im Gebrauchszustand werden die Bauteile in Gebrauchsklassen (GK) eingestuft. Unterscheide, ob das Holz ständig trocken oder gelegentlich, häufig oder ständig feucht ist.
- Um auf Holzschutz und Biozide verzichten zu können, ist das Ziel eine möglichst geringe GK zu erreichen.

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 8. Zu den verschiedenen Bauweisen

8.

Zu den verschiedenen Bauweisen

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 8. Zu den verschiedenen Bauweisen

### 8.1

## Flachdachkonstruktion auf einer Betondecke

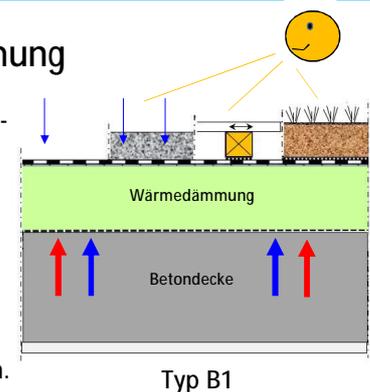
© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 8.1 Flachdachkonstruktion auf Betondecke

### Warmdach mit Abdichtungsebene oberhalb der Wärmedämmung

- Ohne Oberflächenschutz ist die Abdichtung (AD) sowohl der Witterung als auch der UV-Strahlung ausgesetzt ist.
- Die obere AD-Bahn muss UV-beständig sein und sollte die Wasserdampfdiffusion möglichst wenig behindern (gut f. d. Wasserhaushalt in der Dämmebene).
- Wasserdampf kann von unten in die Dämmung eindringen  $\Rightarrow$  Dampfsperre erforderlich.
- Mit schwerem Oberflächenschutz, wird die Abdichtung vor den Witterungseinflüssen und Temperaturschwankungen geschützt. Dies erfordert druckstabile Wärmedämmstoffe.



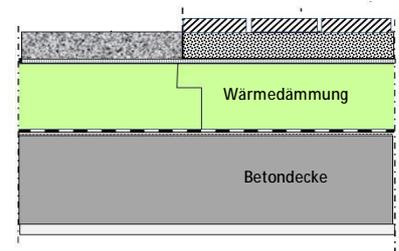
© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 8.1 Flachdachkonstruktion auf Betondecke

### Warmdach mit Abdichtungsebene unterhalb der Wärmedämmung

- Vorteile sind:
  - Schutz der Abdichtung vor extremen Außenklimabedingungen und UV-Strahlung.
  - Schutz der Abdichtung vor mechanischen Beanspruchungen. Durch Auflast wird eine Aufschwimmen der Wärmedämmung verhindert.
  - Die Schichten oberhalb der AD können demontiert werden.
  - Auf die Dampfsperre kann verzichtet werden.
  - Die Abdichtung kann unterlaufsicher auf den Betonuntergrund aufgeklebt werden.



Typ B2  
Umkehrdach

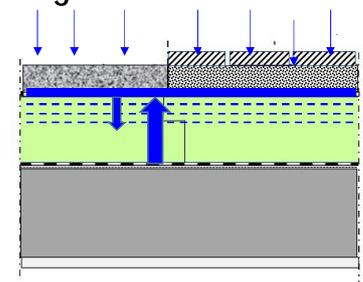
© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 8.1 Flachdachkonstruktion auf Betondecke

### Warmdach mit Abdichtungsebene unterhalb der Wärmedämmung

- Nachteile sind:
  - Die Dämmstoffe müssen besonders Druckfest und Feuchteresistent (wasserabweisend) sein (z.B. XPS).
  - Beim Umkehrdach treten zusätzlich zu den normalen Transmissionswärmeverlusten Verluste durch das unter der Dämmplatten sickernde Niederschlagswasser auf.
  - Ein Problem können Tauwasserdurchfeuchtungen der Wärmedämmung, aufgrund von dampfdichten Schichten oberhalb der Wärmedämmung sein. Eine Wasserfilm auf der Wärmedämmung wirkt wie eine Dampfsperre.



Typ B2  
Umkehrdach

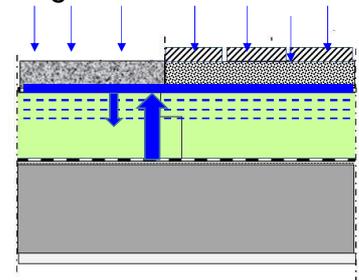
© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 8.1 Flachdachkonstruktion auf Betondecke

### Warmdach mit Abdichtungsebene unterhalb der Wärmedämmung

- Die Schichten über der Wärmedämmung sollen die Wasserdampfdiffusion nicht behindern (keine dampfdichten Bahnen; kein dauernd stehendes Wasser, ...).
- Eine Wasserableitung sollte schon im Bereich des Filtervlieses erfolgen, u.a. um die Wärmeverluste durch unterströmendes Wasser zu vermeiden.
- Das Vlies sollte wasserabweisend eingestellt und diffusionsoffen sein.



Typ B2  
Umkehrdach

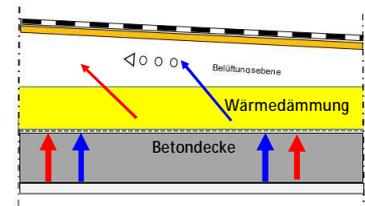
© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 8.1 Flachdachkonstruktion auf Betondecke

### Kaltdach

- Über der Wärmedämmung befindet sich eine Belüftungsebene, die - wenn sie ausreichend funktionsfähig ist (ausreichend große Lüftungsöffnungen; ausreichend Luftbewegung (Querlüftung) – ausdiffundierende Feuchte aus dem Innenbereich sicher abführt.
- Die Konstruktion weist einen guten sommerlichen Wärmeschutz auf.
- Nachteilig ist die große Aufbauhöhe.
- Funktioniert die Belüftungsebene nicht, so besteht die Gefahr das es an der Holzschalung auf Dauer zu tauwasserbedingten Feuchte- und Pilzschäden kommt. Ferner kann die Wärmedämmung auffeuchten.



Typ B3

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 8. Zu den einzelnen Bauweisen



### 8.2

## Flachdachkonstruktion aus Holz

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 8.2 Flachdächer in Holzbauweise



### Nicht belüftete Flachdächer aus Holz

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar

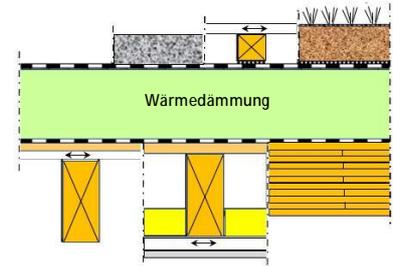


## 8.2 Flachdächer in Holzbauweise

### Typ I

Wärmedämmung oberhalb der Tragebene (Aufdachdämmung)

- Aufdachdämmung auf Balkentragwerk oder fläch. Tragkonstrukt.
- Deckschicht als Terrassenbelag, Bekiesung, extensive Begrünung
- Tragkonstruktion befindet sich im Bereich des warmen und trockenen Innenraumklimas.
- Diffusionssperre unterhalb der oberen Wärmedämmung übernimmt Aufgaben der Notabdichtung, was zusätzliche Sicherheit für die Konstruktion bringt.
- Überdämmung  $\Rightarrow$  Bauphysikalische Vorteile



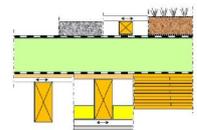
© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 8.2 Flachdächer in Holzbauweise

### Typ I - Vorteile

- Uneingeschränkte Dachflächennutzung – auch bei späterer Nutzungsänderung.
- Erhöhte Sicherheit durch 2 Abdichtungsebenen.
- Feuchteschutz i.d.R. nachweisfrei  
(immer im Einzelfall prüfen) – Tragkonstruktion nicht tauwassergefährdet.
- Dachuntersichten als Sichtoberfläche herstellbar.
- Auch für Gründach geeignet.



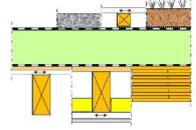
© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 8.2 Flachdächer in Holzbauweise

### Typ I - Nachteile

- Hoher Dachaufbau.
- Druckfeste Dämmstoffe erforderlich  $\Rightarrow$  Erhöhte Brandlast.
- Luftdichtheitsebene befindet sich oberhalb der Tragkonstruktion und erfordert somit im Anschlussbereich erhöhte Aufmerksamkeit.



© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar

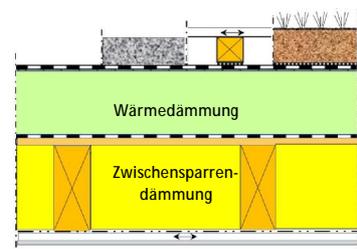


## 8.2 Flachdächer in Holzbauweise

### Typ II

Wärmedämmung in der Tragebene mit Überdämmung

- Balkentragwerk mit Voldämmung und zusätzlicher Überdämmung der Konstruktion
- Dicke der Überdämmung muss bauphysikalisch bemessen werden.
- Überdämmung  $\Rightarrow$  Bauphysikalische Vorteile  $\Rightarrow$  Konstruktion bleibt warm + trocken
- Diffusionssperre unterhalb der oberen Wärmedämmung übernimmt Aufgaben der Notabdichtung, was zusätzliche Sicherheit für die Konstruktion bringt.



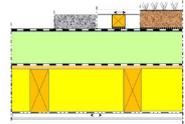
© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 8.2 Flachdächer in Holzbauweise

### Typ II - Vorteile

- Gute Querschnittsausnutzung durch Dämmung der Tragebene  
⇒ Geringerer Schichtenaufbau.
- Erhöhte Sicherheit durch 2 Abdichtungsebenen.
- Die Luftdichtheitsebene ist raumseitig angeordnet.



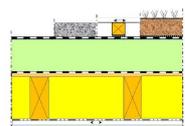
© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 8.2 Flachdächer in Holzbauweise

### Typ II - Nachteile

- Gründach, Bekiesung, Terrassen etc. müssen bauphysikalisch geplant und nachgewiesen werden, da diese den trocknungsfördernden Effekt der Rückdiffusion durch die feuchte- und wärmespeichernden Deckschichten reduzieren.
- Nicht belüftete und außen dampfdichte Konstruktionen sind nach DIN 68800-2 bzw. DIN 4108-3 mittels hygrothermischer Simulation nachzuweisen.



© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar

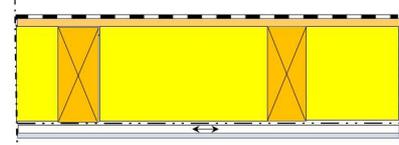


## 8.2 Flachdächer in Holzbauweise

Typ III (Sonderkonstruktion) Wärmedämmung in der Tragebene

- Balkentragwerk mit Volldämmung ausschließlich in der Tragkonstruktion und nur einer Abdichtungslage
- Ausschließlich als werkseitige vorgefertigte Sonderkonstruktion!
- Nur 1 Abdichtungsebene ⇒ keine bis geringe Fehlertoleranz
- Bei zusätzlichen Deckschichten oder Aufbauten (Verschattung) wird die zwingend notwendige Rücktrocknung behindert/ reduziert.
- Konstruktionsbedingt ist diese Konstruktion sehr schadensträchtig!

Sonderkonstruktion!



© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar

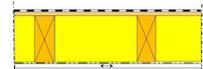


## 8.2 Flachdächer in Holzbauweise

Typ III (Sonderkonstruktion) – Theoretische Vorteile

- Geringe Aufbauhöhe durch gute Querschnittsausnutzung (Dämmung in der Tragebene)
- Einfachere Anschlussdetails aufgrund der raumseitig angeordneten Luftdichtheitsebene.

Sonderkonstruktion!



© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar

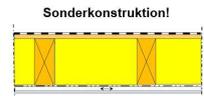


## 8.2 Flachdächer in Holzbauweise



### Typ III (Sonderkonstruktion) – Nachteile

- Geringe Fehlertoleranz aufgrund der fehlenden 2. Abdichtungsebene.
- Erhöhte Schadeneignung, da Holztragwerk und Schalung im Kaltbereich  $\Rightarrow$  Tauwassergefahr!  
Dadurch Gefahr für die Bildung von holzerstörenden Organismen, Feuchteschäden, Schimmelbefall und einer Dämmstoff-Auffeuchtung (Wasser in flüssiger Form).
- Verschattung durch Deckschichten, Solaranlagen, Bekiesung  
i.d.R. nicht möglich. – Gefahr bei späterer Änderung!



© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar

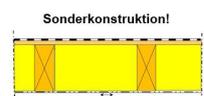


## 8.2 Flachdächer in Holzbauweise



### Typ III (Sonderkonstruktion) – Nachteile

- Monitoring und Leckdetektion notwendig!
- Regelmäßige Wartung und Reinigung zwingend notwendig.
- Nicht belüftete und außen dampfdichte Konstruktionen sind nach DIN 68800-2 bzw. DIN 4108-3 mittels hygrothermischer Simulation nachzuweisen.



© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 8.2 Flachdächer in Holzbauweise

### Typ III (Sonderkonstruktion)



Quelle: B. Dinger

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar

baurecht +  
sachverstand

## 8.2 Flachdächer in Holzbauweise

### Typ III (Sonderkonstruktion)



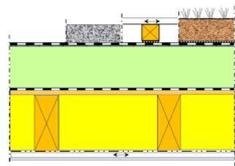
Quelle: B. Dinger

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar

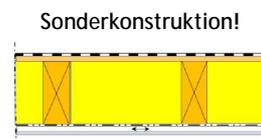
baurecht +  
sachverstand

## 8.2 Flachdächer in Holzbauweise

Zusammenfassend - Wichtige Hinweise!  
Nicht belüftete Flachdächer mit Vollandämmung  
Z.B. Typ II oder Typ III (Sonderkonstruktion)



Typ II



Typ III

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar

baurecht +  
sachverstand

## 8.2 Flachdächer in Holzbauweise

- Befeuchtung der Tragkonstruktion während der Bauzeit kann bei nicht belüfteten Dächern (Typ II + III) zu lang- bis mittelfristig schadensträchtigen Holzfeuchten führen. ⇒ Bauzeit- bzw. Behelfsabdichtung ist äußerst wichtig!
- Nicht belüftete Flachdächer (z.B. Typ II + III) ⇒ eingeschränkte Trocknungsmöglichkeiten  
⇒ maximale Einbaufeuchte von 15 % anstreben. (Ziel möglichst geringe Holzfeuchten)
  - Konstruktionsvollholz mit  $u = 15 \% \pm 3 \%$
  - Balken- oder Brettschichtholz mit  $u = 15 \%$

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar

baurecht +  
sachverstand

## 8.2 Flachdächer in Holzbauweise

- Verwendung von **trockenen Baustoffen** (z.B. Hölzern, Holzwerkstoffen) ist **verpflichtend**.

⇒ Bei beidseitig geschlossenen Konstruktionen (Typ II + III) muss die **Holzfeuchte** vor dem Schließen des Bauteile **kontrolliert und dokumentiert** werden.

- Bei nicht belüfteten Bauweisen ohne bzw. mit Teilüberdämmung (Typ II und Typ III) führt die Begrünung zu einer Einschränkung des Rücktrocknungspotentials, weil die Deckschichten durch die Verdunstungskälte des Wassers weniger und nur stark verzögert erwärmt wird.

⇒ **Muss bauphysikalisch überprüft und nachgewiesen werden!**

## 8.2 Flachdächer in Holzbauweise

- Bei nicht belüfteten Flachdächern des Typs II **sollte** im Bauzustand neben der visuellen Kontrolle der Luftdichtheitsebene zusätzlich eine Luftdichtheitsprüfung + Leckagesuche erfolgen.

- Bei nicht belüfteten Flachdächern des Typs III **muss** im Bauzustand neben der visuellen Kontrolle der Luftdichtheitsebene zusätzlich eine Luftdichtheitsprüfung + Leckagesuche erfolgen.

- **Feuchtemonitoring** wird

für wenig fehlertolerante Bauweisen (z.B. Typ III) **dringend empfohlen**.

## 8.2 Flachdächer in Holzbauweise

- Die Tauwassersicherheit muss für Typ II und Typ III mittels **hygrothermischer Simulation** nach DIN EN 15026 nachgewiesen werden.
- **Typ III** darf nur unter Einhaltung besonderer normativer Vorschriften gebaut werden und bedarf ein Höchstmaß an Perfektion bei der Planung und Ausführung, was in der Regel so durch handwerkliche Betriebe (ohne Vorfertigung) nicht erreicht wird.

Diese Konstruktion besitzt ein extrem hohes Schadensrisiko!!!

## 8.2 Flachdächer in Holzbauweise

### Belüftete Flachdächer aus Holz

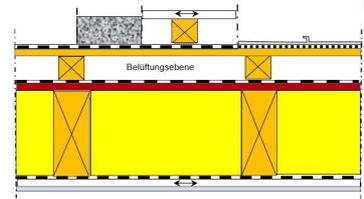
- Belüftete (bewegte) Luftschicht im Dachaufbau
- Steht mit Außenluft in Verbindung
- Dient insbesondere dem Feuchteabtransport

## 8.2 Flachdächer in Holzbauweise

### Typ IV

Vollgedämmte Konstruktion mit zusätzlicher Lüftungsebene.

- Deckschicht als Terrassenbelag, Bekiesung, Begrünung möglich.
- Tragebene ist voll ausgedämmt und oberseitig diffusionsoffen bzw. leicht diffusionsbremsend ( $s_{d,e} \leq 2 \text{ m}$ ) und feuchtegeschützt abgedeckt.
- Funktionsfähigkeit der Dachkonstruktion hängt maßgeblich von der Effektivität der Belüftung ab, an welche aufgrund fehlender/ geringer Dachneigung besondere Anforderungen gestellt wird.



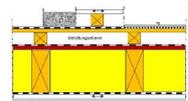
© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar

baurecht +  
sachverstand

## 8.2 Flachdächer in Holzbauweise

### Typ IV - Vorteile

- Bei fachgerechter Hinterlüftung  
⇒ diffusionsoffene + tauwasserfreie Konstruktion.
- Sicherheit durch diffusionsoffene Abdeckung bei Leckagen und Sekundärtauwasser  
(Sekundärtauwasser = Kondensat an der Unterseite der Dachschalung in einem Belüftungsraum)
- Tragkonstruktion allseitig geschlossen ⇒ Kein Zugang für Insekten!
- Gründach, Bekiesung, Terrasse als Aufbau prinzipiell möglich.



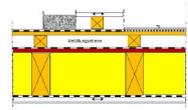
© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar

baurecht +  
sachverstand

## 8.2 Flachdächer in Holzbauweise

### Typ IV - Nachteile

- Durch zusätzliche Belüftungsebene hoher Bauteilaufbau.
- Kostenintensiv durch zusätzliche Konstruktionsebene.
- Deckschichten können das Feuchteverhalten negativ beeinflussen.



© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar

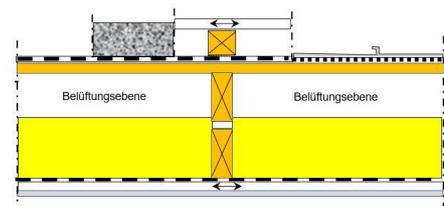
baurecht +  
sachverstand

## 8.2 Flachdächer in Holzbauweise

### Typ V

Voll gedämmte, flach geneigte ( $\geq 5^\circ$ ) Dachkonstruktion mit Belüftung im Dachraum

- Metaldach (ab  $7^\circ$  empfohlen) oder Abdichtung auf zusätzlicher Tragschale oberhalb der Lüftungsebene.
- Deckschicht als Terrassenbelag, Bekiesung, Begrünung möglich.
- Belüftungsebene in der Tragebene, oft bei geneigten Dächern mit großen Spannweiten.
- Funktionsfähigkeit der Dachkonstruktion hängt maßgeblich von der Effektivität der Belüftung ab, an welche aufgrund fehlender/ geringer Dachneigung besondere Anforderungen gestellt wird.

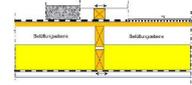


© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar

baurecht +  
sachverstand

## 8.2 Flachdächer in Holzbauweise

### Typ V – Vorteile



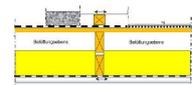
- Bei fachgerechter Hinterlüftung  $\Rightarrow$  diffusionsoffene + tauwasserfreie Konstruktion.
- Ausnutzung des vorhandenen Hohlraums.
- Gründach, Bekiesung, Terrasse als Aufbau möglich.

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 8.2 Flachdächer in Holzbauweise

### Typ V - Nachteile



- Nur 1 Abdichtungsebene  $\Rightarrow$  Hohes Risiko bei Versagen der AD oder Fehlstellen.
- Befeuchtung der Wärmedämmung durch Sekundärtauwasser an der Dachschalung möglich.
- Wärmedämmung ist nicht winddicht abgedeckt  $\Rightarrow$  Einströmung von Kaltluft möglich, was zu Wärmeverlusten führen kann.
- Schallimmissionen in Belüftungs- und Konstruktionsebene möglich.
- Die Tragkonstruktion ist für Insekten zugänglich  $\Rightarrow$  technisch getrocknetes Holz verwenden!

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 9. Untersuchungsmethoden

### 9.

## Untersuchungsmethoden

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 9. Untersuchungsmethoden

### Untersuchungsmethoden von außen

- Thermografie (in Ausnahmefällen)
- Rauch- oder Spürgas-Verfahren  
zur Auffindung von Leckstellen in der Abdichtung.



© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar

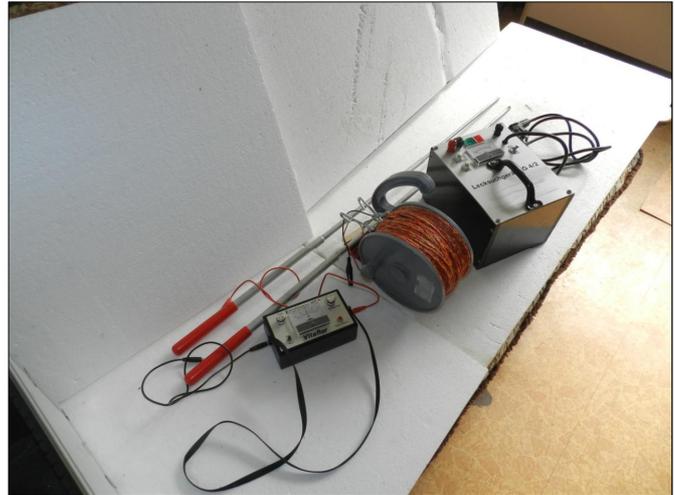


Spürgasverfahren mit Helium! – Quelle: W. Böttcher



## 9. Untersuchungsmethoden

- Impulsstrom-Messverfahren  
(Sender (Kabel) – Empfänger (Sonden))



Impulsstrom-Messverfahren – Quelle: W. Böttcher

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 9. Untersuchungsmethoden

- Partielles Öffnen und überprüfen von z.B. Anschlüssen ...  
sowie der Wärmedämmung unterhalb der Abdichtung  
auf Hinweise für Fehlstellen und Feuchtigkeit.
- Wässerungsversuche mit und ohne Farbstoffen  
(Achtung: Schadenausmaß kann deutlich größer werden!)



Quelle: Trotec

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 9. Untersuchungsmethoden

### Untersuchungsmethoden im Innenbereich

- Zerstörungsfreies Nachdenken.
- Feuchtemessungen, z.B. im Estrichrandstreifenbereich.
- Partielles Öffnen und Überprüfen der Konstruktion auf Hinweise für auffällig erhöhte Feuchtemesswerte bzw. versteckte Schäden.
- Selten, Rauch- oder Spürgas-Verfahren



© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar



## 9. Untersuchungsmethoden

- Thermografie
- Differenzdruck-Messverfahren (Blower-Door)  
inkl. Lecksuche mittels Thermoanemometer.
- Messen von Luftströmungen mittels Thermo-Anemometer

© Dipl.-Ing. (FH) O. Klar

