



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter

Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion – School of Engineering and Design - Department Civil and Environmental Engineering



©Klaus-Reiner Klebe, Munich

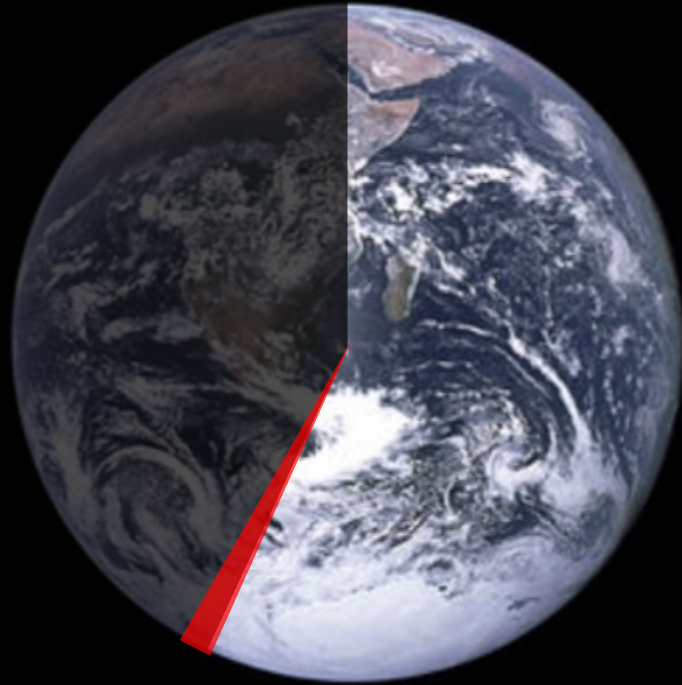




Erde

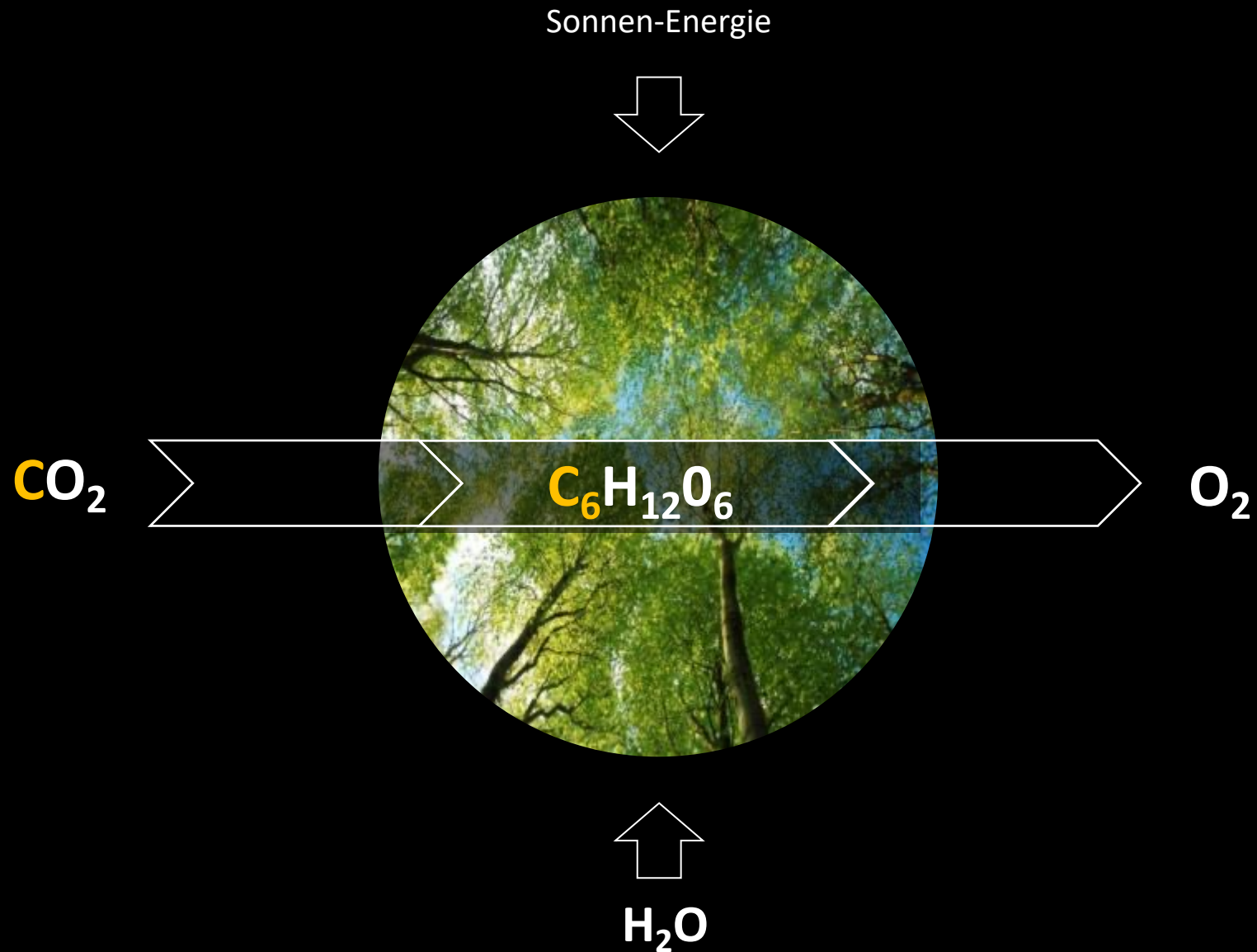


Rekordmenge CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre

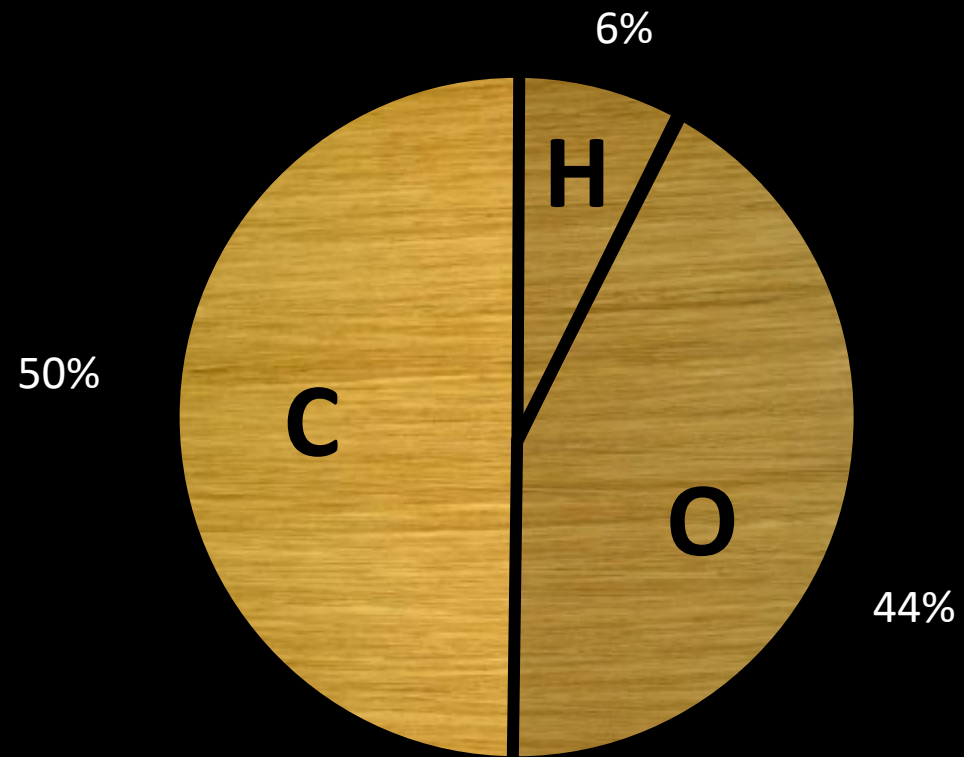


Rund 40% der Treibhausgasemissionen werden durch die gebaute Umwelt verursacht

Die Zementherstellung alleine verursacht 7% der globalen Treibhausgasemissionen



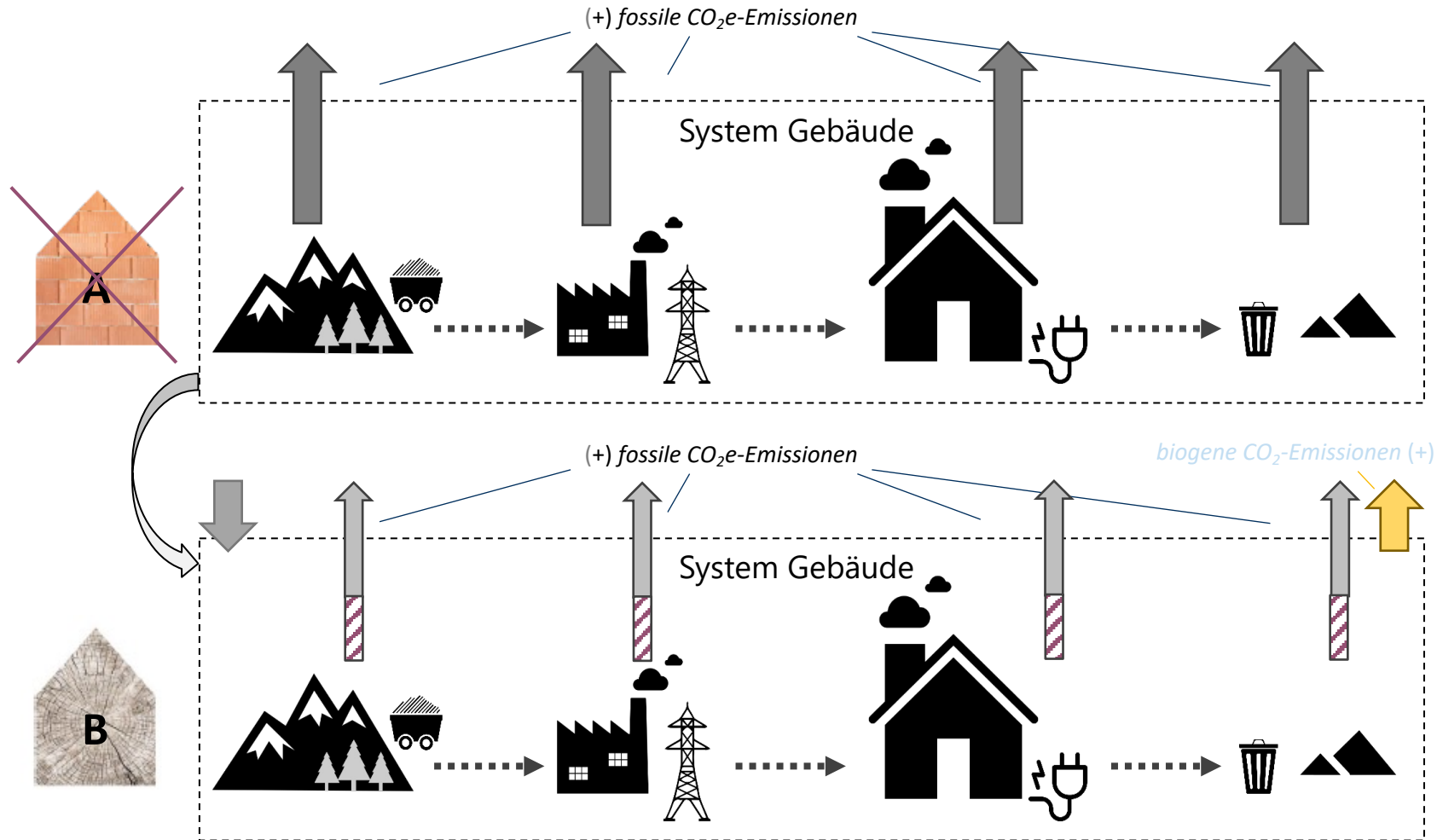
Unsere Wälder und Holz spielen eine vitale Rolle bei der Bekämpfung des Klimawandels



Die Hälfte des Holzes ist Kohlenstoff



# Substitution | Stofflich – Gebäudekonstruktion



Gibt es eine Chance, um den Klimawandel zu bekämpfen?

3 sat

**HANS JOACHIM SCHELLNHUBER**

Physiker

screenshot - 3sat mediathek - Bye-Bye Beton - first broadcast 23.03.2023

Re-forest the planet, Re-timber the cities!

Und was hat das jetzt alles mit Flachdächern zu tun ?

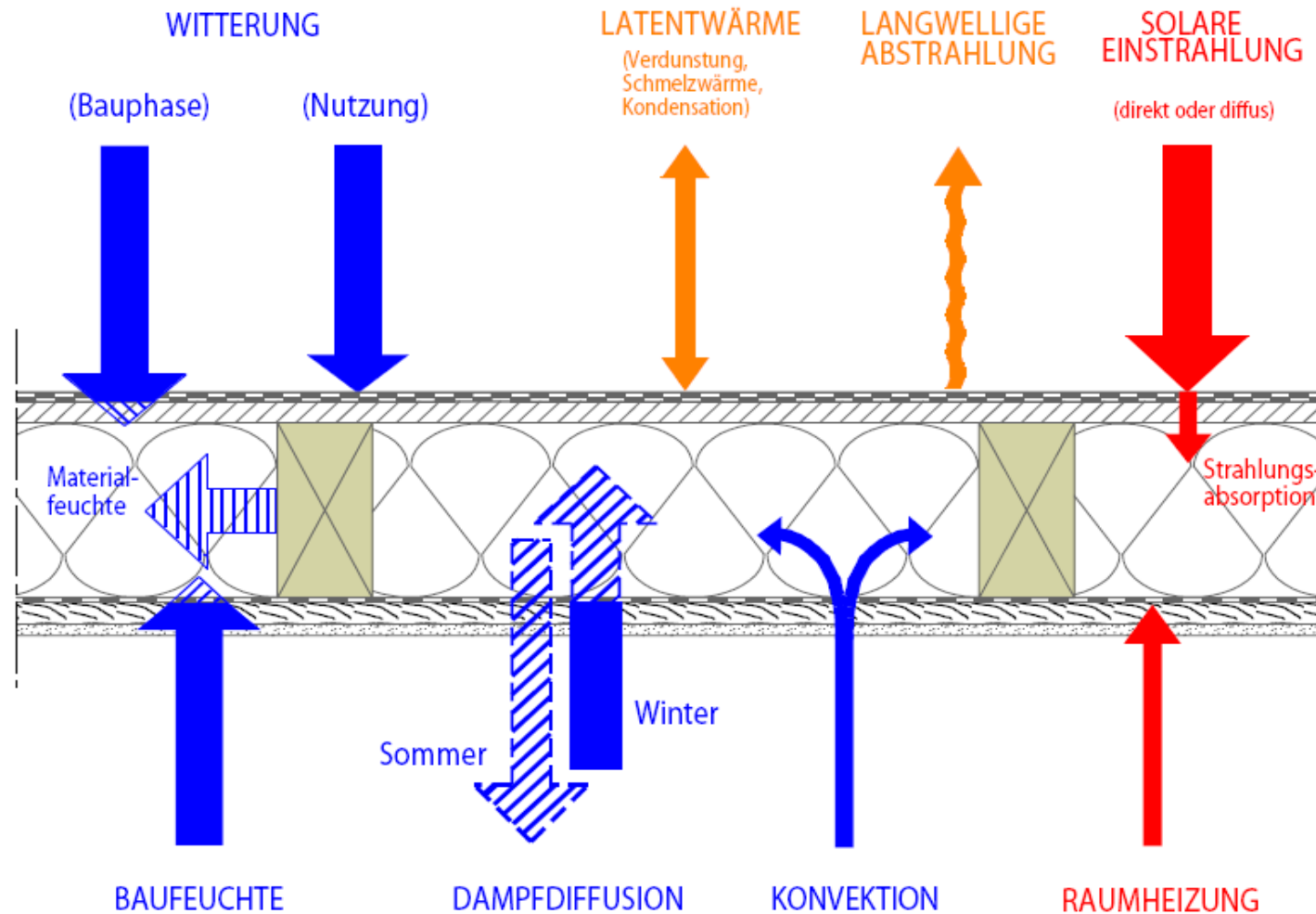




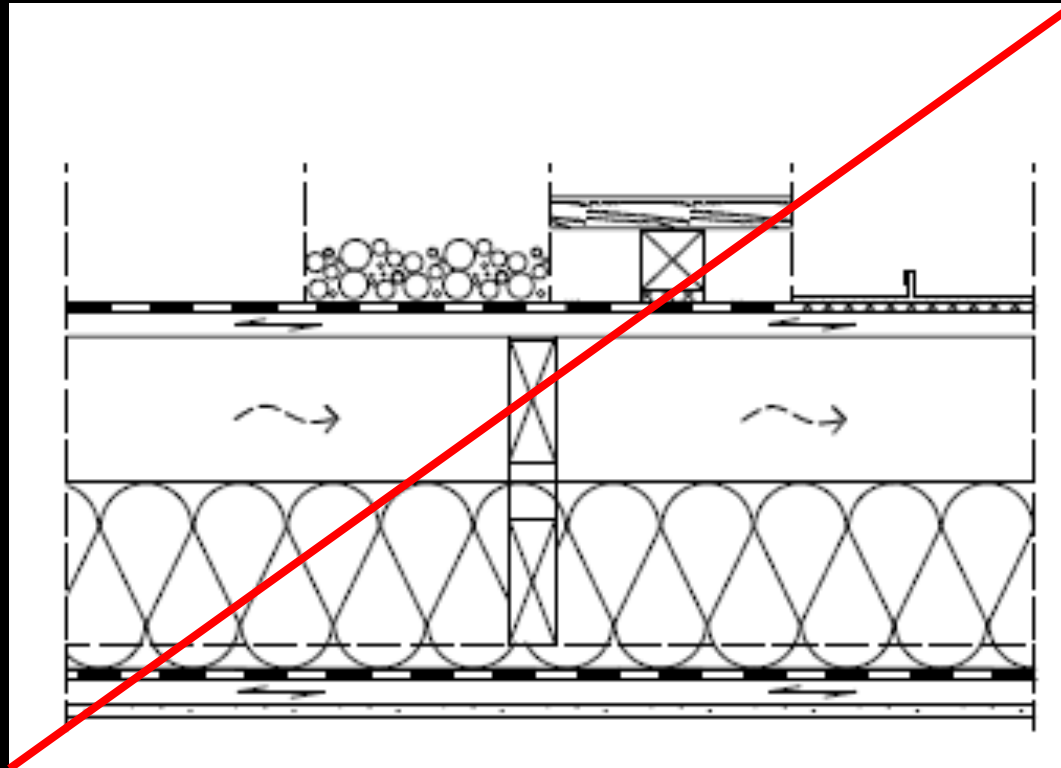
Weil die hervorragend aus großflächig vorgefertigten Holztafel-  
Elementen hergestellt werden können!



# Bauphysikalische Anforderungen sind vielfältig!

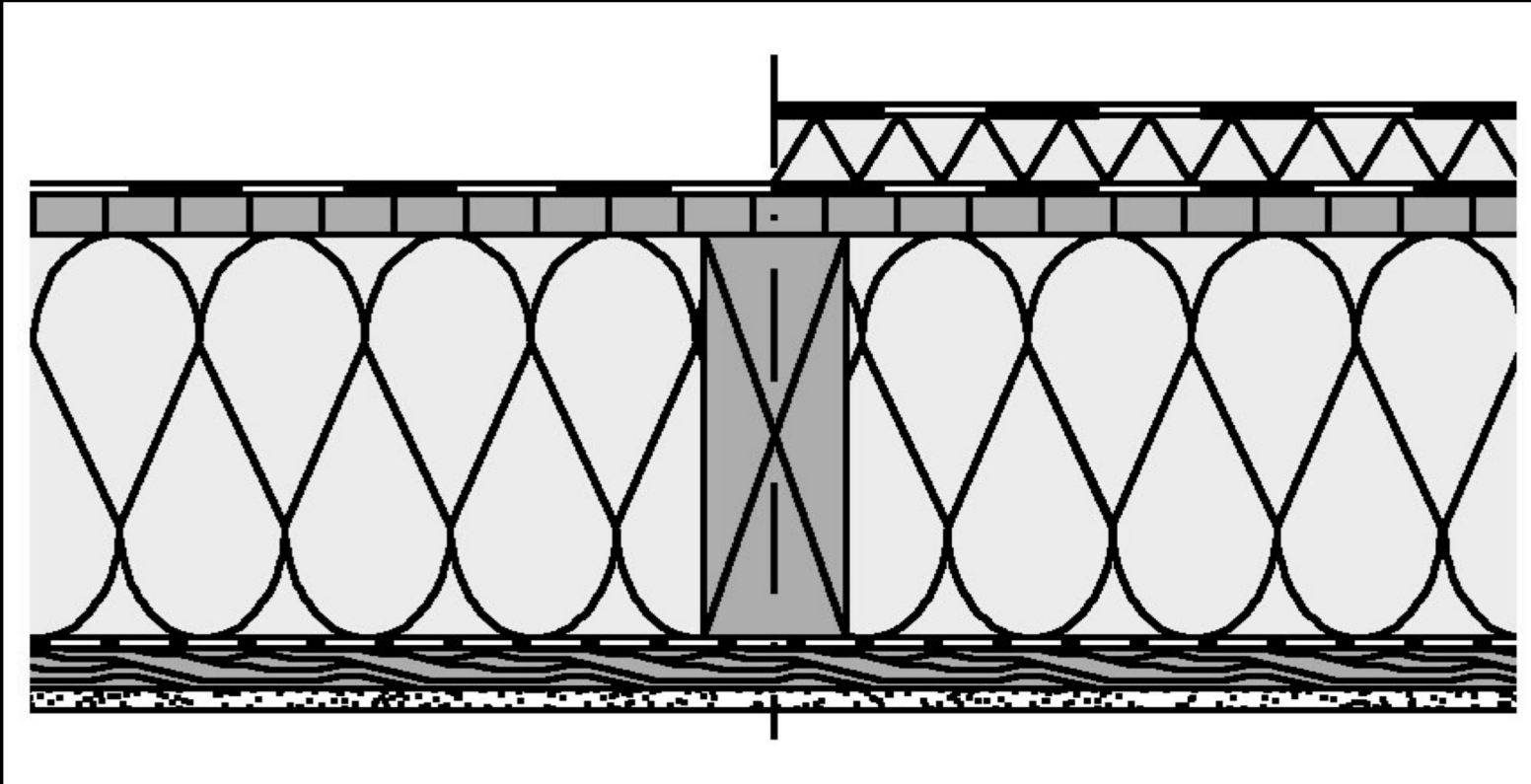


# Die Prinzipien belüftete Tragkonstruktion



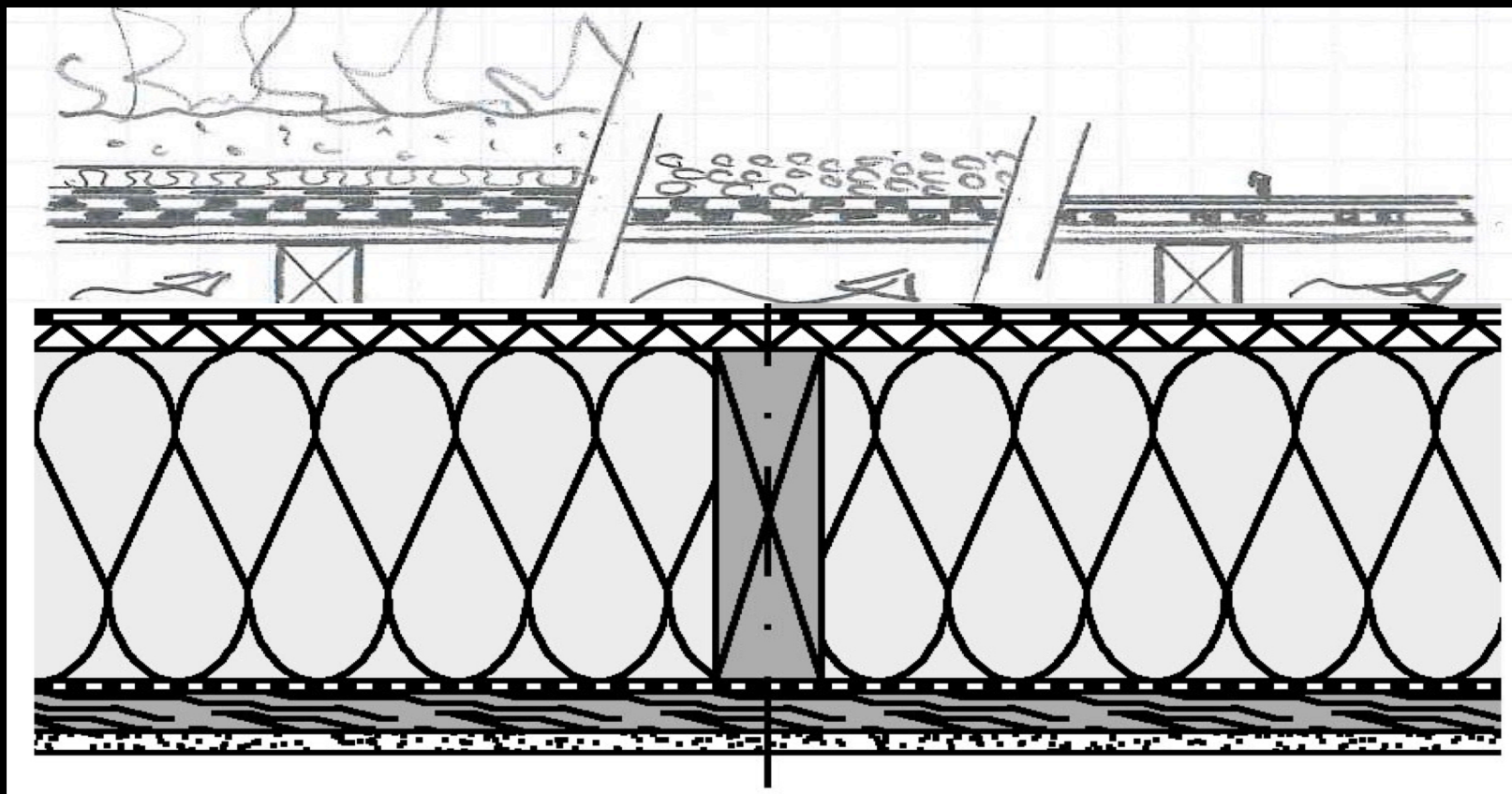
## Die Prinzipien

vollgedämmte Tragkonstruktion - direkt aufgelegte Dachhaut

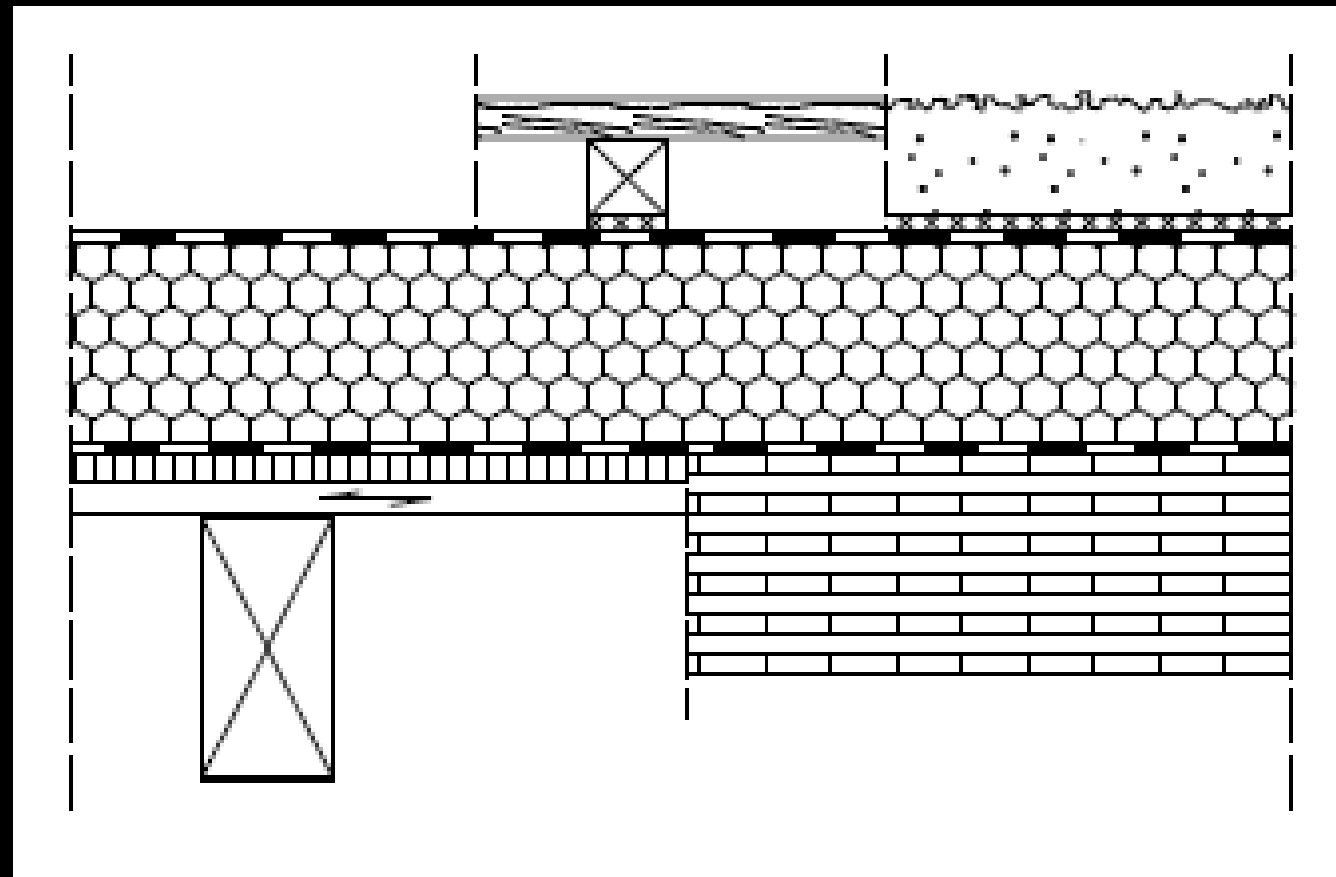




# Die Prinzipien voldämmte Tragkonstruktion - unterlüftete Dachhaut



# Die Prinzipien überdämmte Tragkonstruktion



# Projektbeispiel



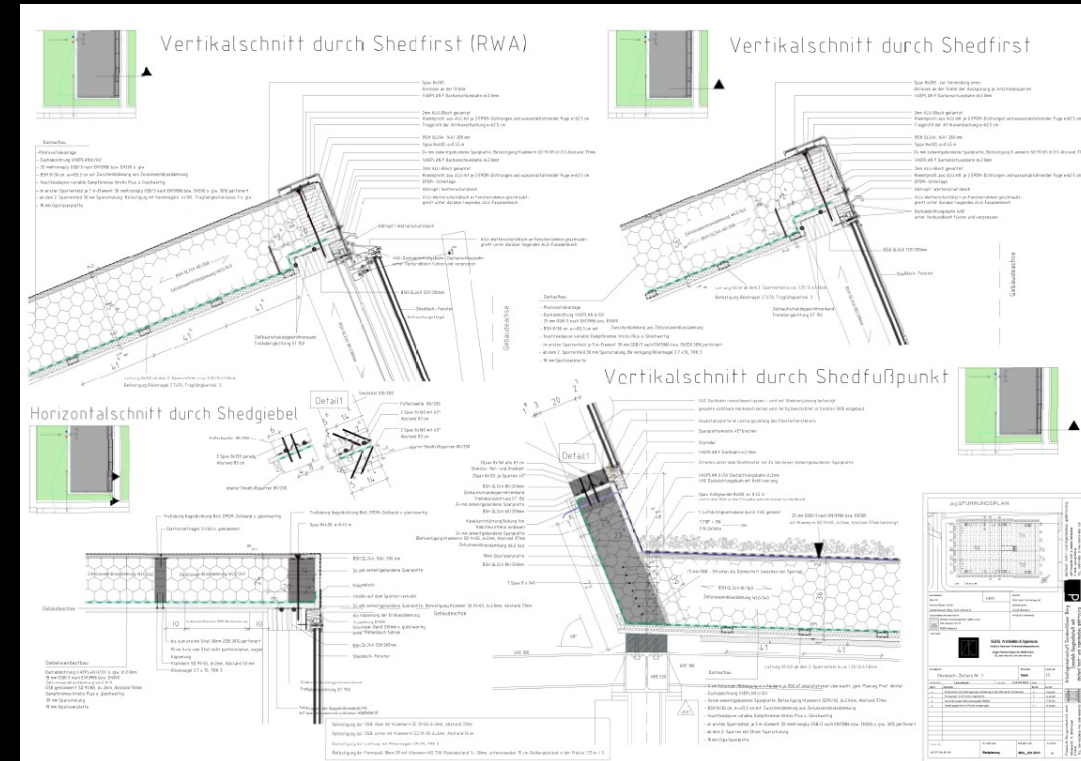
SMA, Geb. 70 Repair Center, Niestetal, GER, 2011

# Projektbeispiel



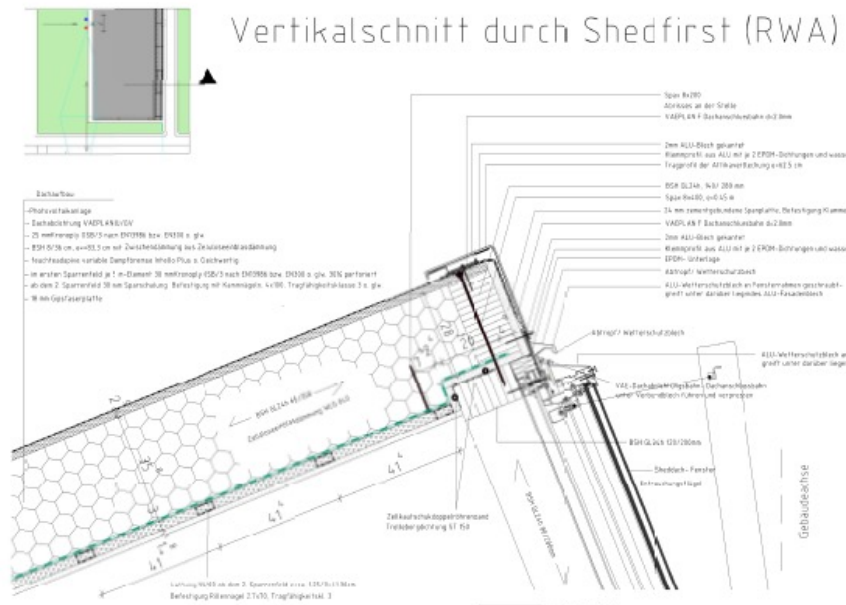
# Projektbeispiel

- Gesamtdachfläche ca. 24.000 m<sup>2</sup>
- Dachelemente aus
  - 360 mm hohen Brettschichtholzträgern,
  - voll ausgedämmt mit Gefachdämmung aus Zellulosefaser
  - oberseitige Beplankung aus 25 mm OSB
  - Raumseitig feuchtevariable Dampfbremse über einer 25 mm dicken Sparschalung aus Fichtenholz
  - Bekleidung durch 18 mm Gipsfaserplatte und bereichsweise Holzwolle-Leichtbauplatte
  - Dachabdichtung aus diffusionshemmender Kunststoffabdichtungsbahn ( $s_d = ca. 30 m$ )
  - Entwässerung über innenliegende Dachwassereinläufe
- Gliederung in Flachdachbereiche 1,7° Dachneigung und Sheddachbereiche ca. 30° DN
- PV-Anlagen auf den nach Süden orientierten Sheddachflächen, Abstand ca. 200 mm zur DOF
- Wandkonstruktion aus einer durch Glasflächen unterbrochenen Holzständerkonstruktion mit Zelloosedämmung und hinterlüfteter Aluminiumfassade

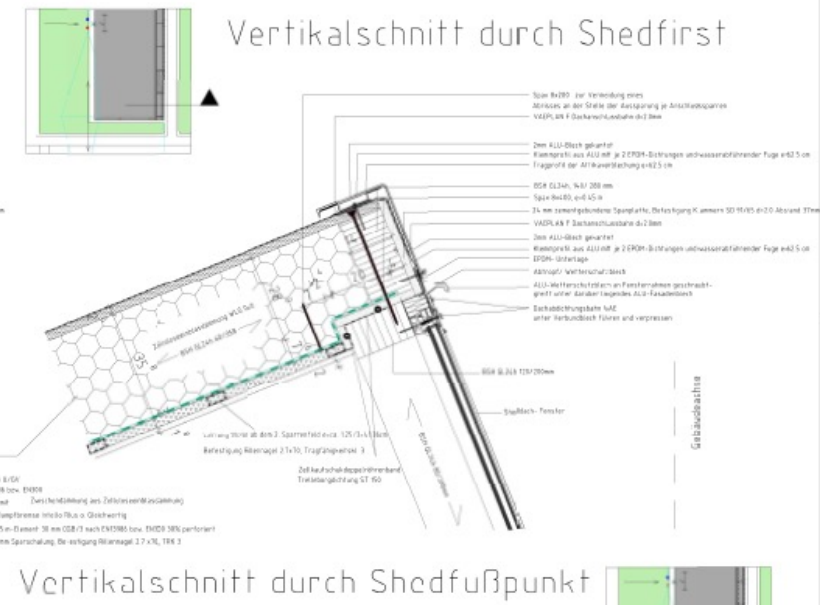


# Projektbeispiel

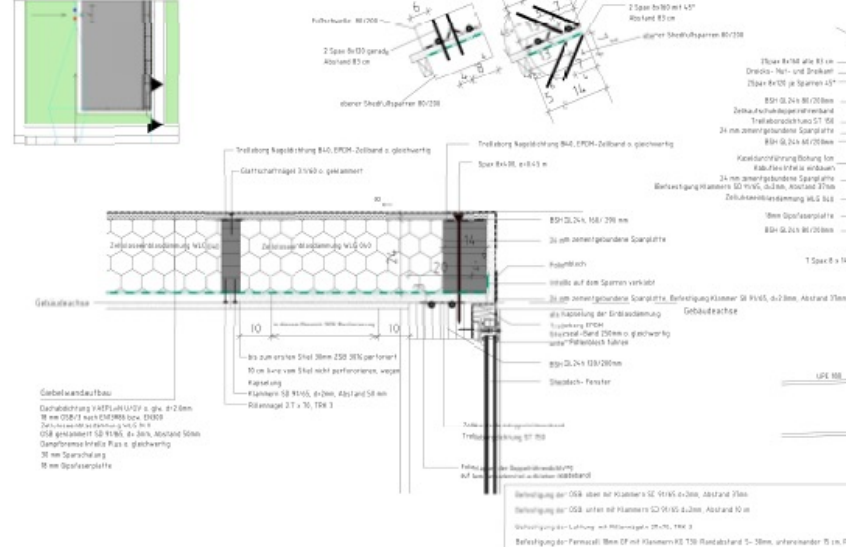
## Vertikalschnitt durch Shedfirst (RWA)



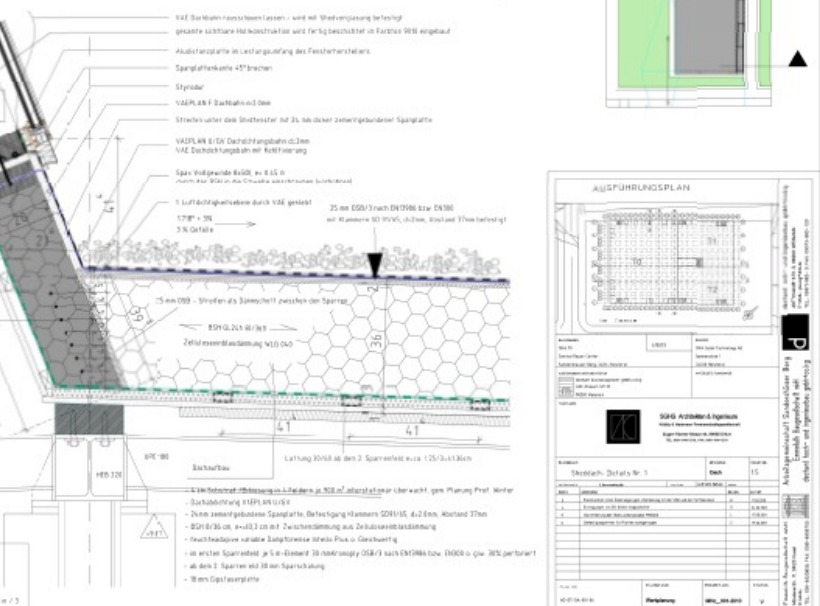
## Vertikalschnitt durch Shedfirst



## Horizontalschnitt durch Shedgiebel



## Vertikalschnitt durch Shedfußpunkt



**AUSFÜHRUNGSPLAN**

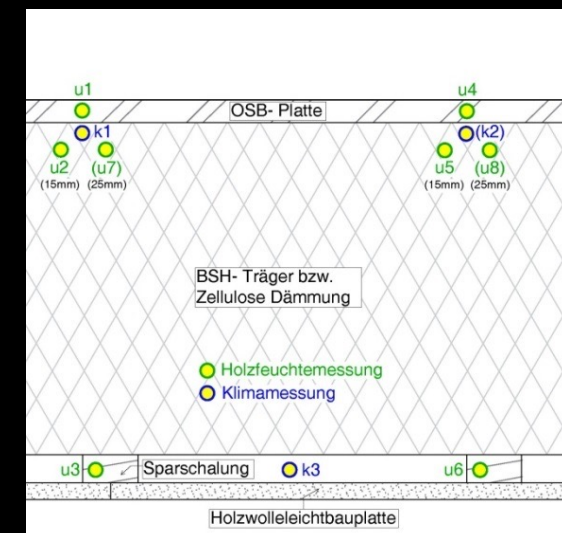
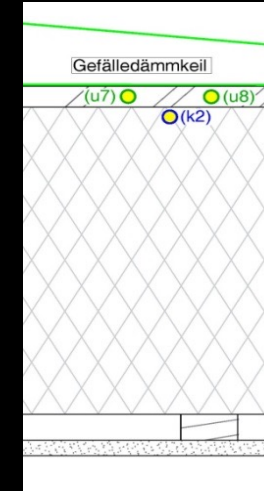
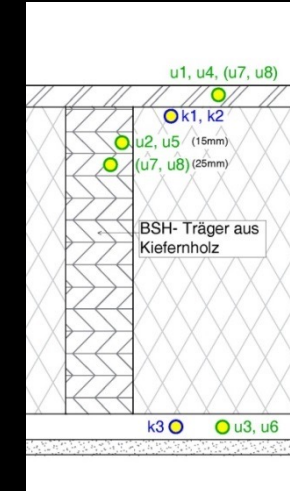
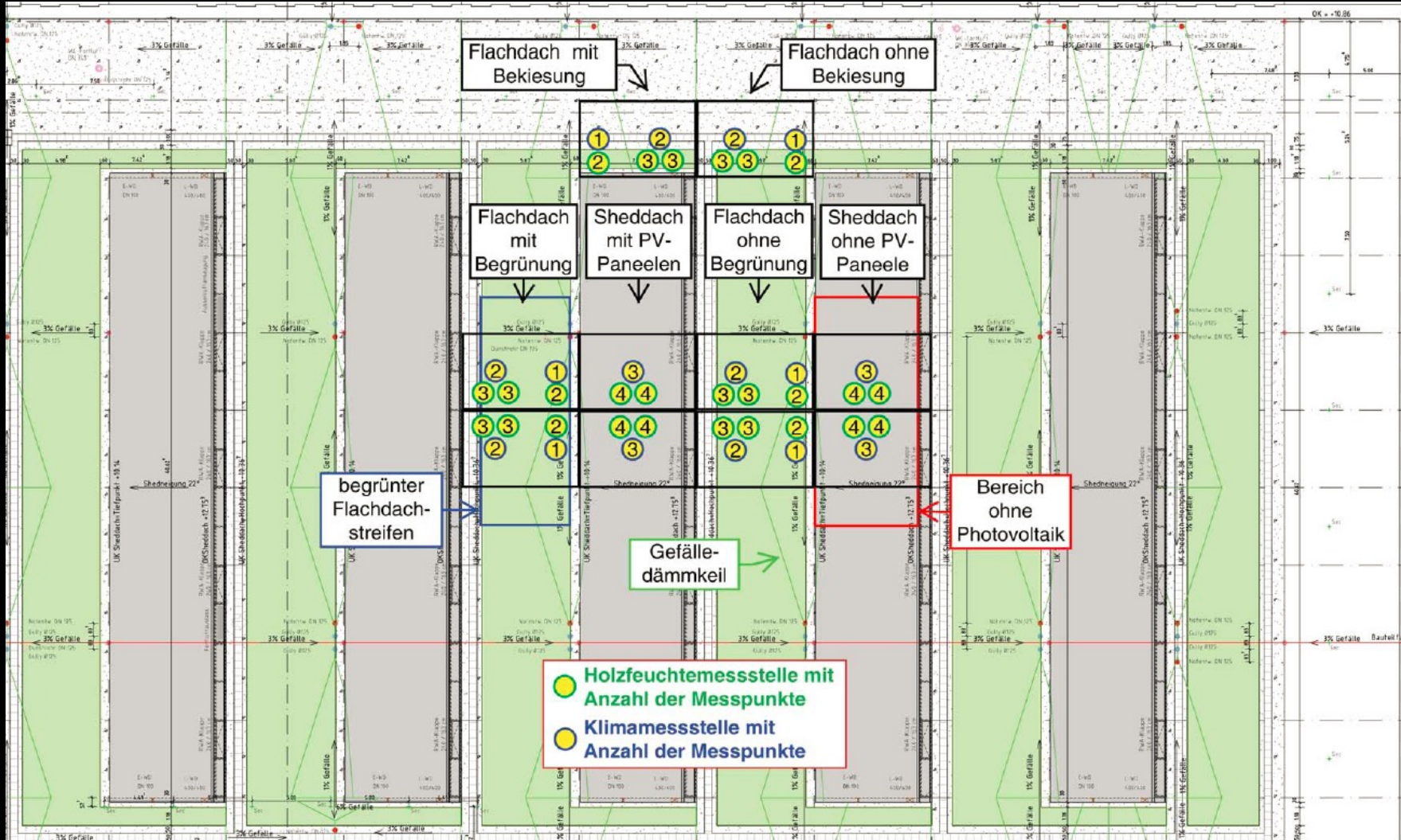
SHEDDACH - Details Nr. 1

**SHEDDACH - Details Nr. 1**

Bestandteil	Material	Abstand	Abstand	Abstand
1	Photoaktanlage	25 mm	25 mm	25 mm
2	Dachabstärkung VADP AN 6/24	25 mm	25 mm	25 mm
3	25 mm EPS 50 nach DIN 1916 bzw. EN 1250 o. g.w.	25 mm	25 mm	25 mm
4	hochreaktive variable Dampfsperre Intello Plus o. Gleichwertig	25 mm	25 mm	25 mm
5	38 mm EPS 7 nach EN 12980 bzw. EN 1250 o. g.w. 30% perforiert	38 mm	38 mm	38 mm
6	38 mm Sparnhölzung, Befestigung Klammern 27 x 10, TR 3	38 mm	38 mm	38 mm
7	18 mm Gipsfaserplatte	18 mm	18 mm	18 mm

# Projektbeispiel

## Aufteilung des Versuchsfeldes und Anordnung der Mess-Sonden



# Projektbeispiel





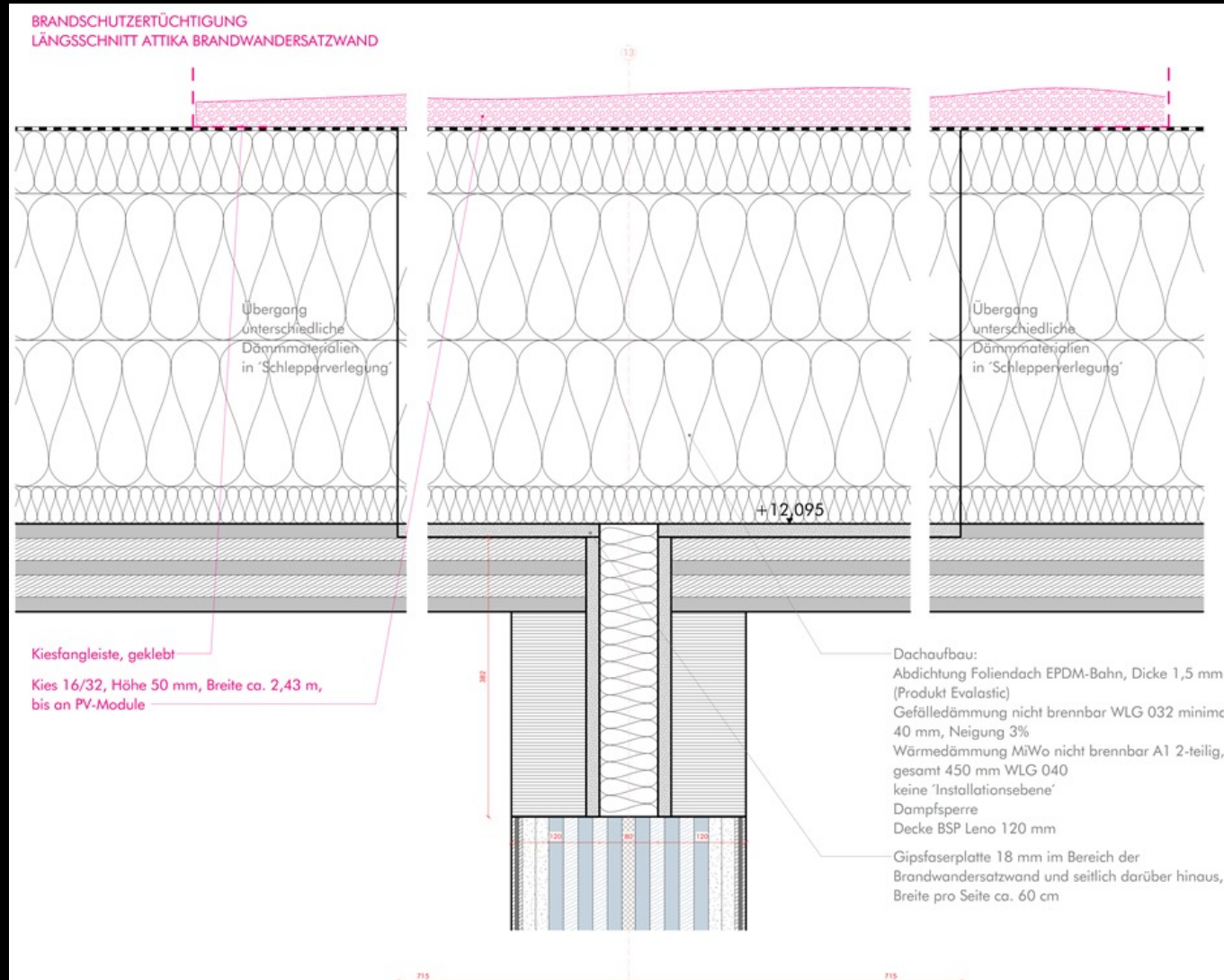
## **Bewertung der bisherigen Messergebnisse (2011 – 2023)**

- Holzfeuchten der oberen OSB-Dachschalung im bisher ausgewerteten Zeitraum (2011 -2023) in den meisten Fällen dauerhaft weit unter dem generellen Grenzwert von 18 % Materialfeuchte
- Für den bisherigen Untersuchungszeitraum kann sowohl für die Flachdachbauteile mit Bekiesung oder Begrünung als auch für die Sheddachbereiche mit und ohne PV-Anlage die hygrothermische Funktionstauglichkeit als gegeben betrachtet werden.
- Generell sind keine kritischen Entwicklungen der Bauteilfeuchten erkennbar.
- Punktuell waren erhöhte Feuchtwerte festzustellen, wahrscheinlich durch
  - lokale Einschlüsse von Niederschlagswasser in der Bauzeit
  - punktuelle Schädigungen der Dachhaut
- mittlerweile ist eine Rücktrocknung und Konsolidierung auf relative Normalwerte der Materialfeuchten erfolgt
- fortgesetzte Messung der Feuchte- und Klimabedingungen in den Messfeldern sowie die halbjährliche Auswertung der Messergebnisse zur Absicherung weiterer Prognosen läuft

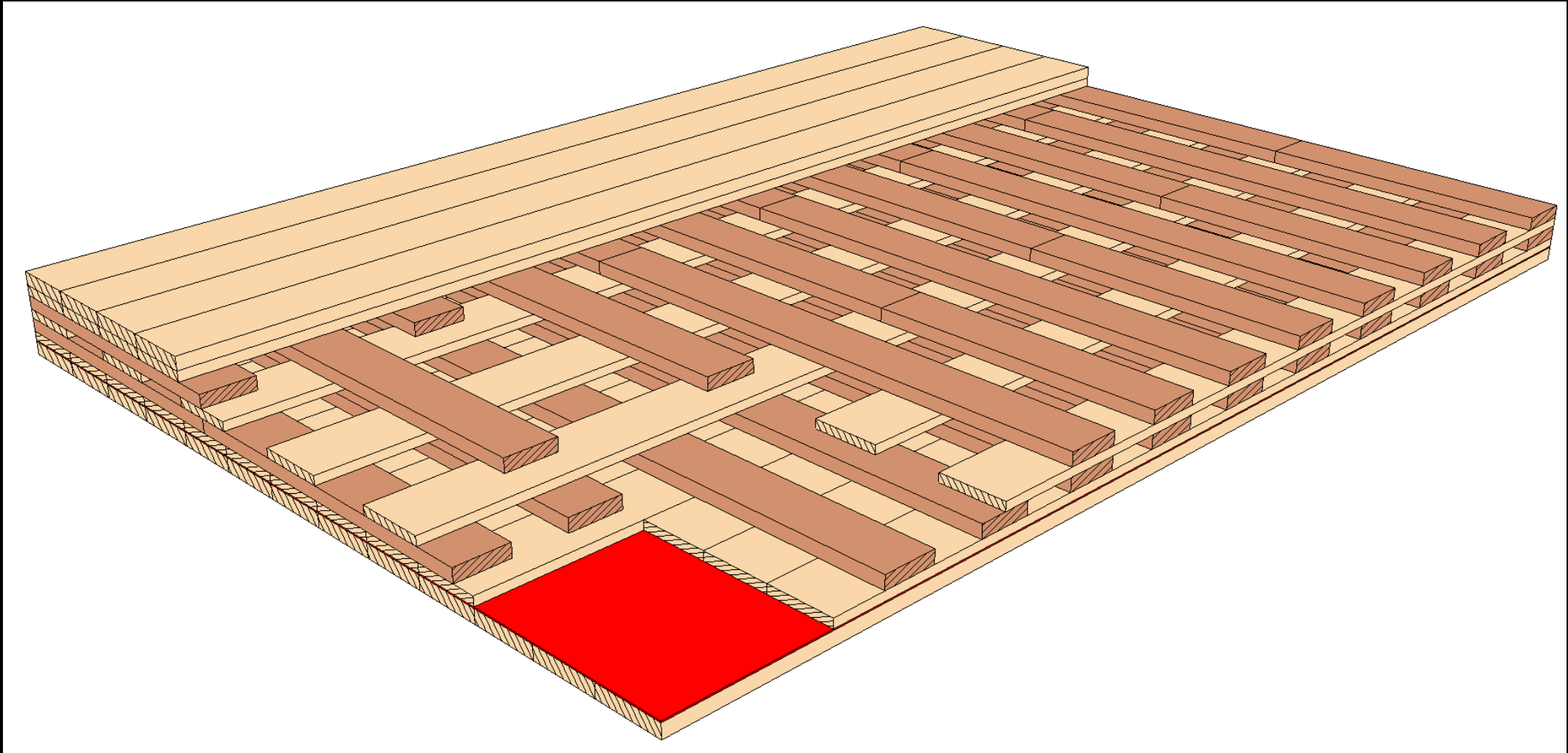
Weil die hervorragend aus großflächig vorgefertigten  
**Massivholz-Elementen** hergestellt werden können!



# Weil die hervorragend aus großflächig vorgefertigten **Massivholz-Elementen** hergestellt werden können!



Und die Entwicklung geht weiter!



# Und der Brandschutz ?

Fachkommission Bauaufsicht der Bauministerkonferenz

**Muster-Richtlinie über den baulichen Brandschutz im Industriebau<sup>1</sup>**  
**(Muster-Industriebau-Richtlinie – MIndBauRL)**

Stand Mai 2019



# M-IndBauRL:2019

## 5.13 Dächer

5.13.1 Zusammenhängende Dachflächen von mehr als 2.500 m<sup>2</sup> sind so auszubilden, dass eine Brandweiterleitung innerhalb eines Brandabschnitts oder eines Brandbekämpfungsabschnitts über das Dach behindert wird. Dies gilt im Sinne dieser Richtlinie z. B. als erfüllt bei Dächern

- nach DIN 18234-1/DIN 18234-2 (Verzeichnis von Dächern),
- mit tragender Dachschale aus mineralischen Baustoffen (z. B. Stahl- und Porenbeton) oder
- aus geschlossenen Stahltrapezprofilen mit einer Mindestblechdicke  $t_N = 0,75$  mm und harter Bedachung aus nicht bituminöser Dampfsperre, nicht brennbaren Dämmstoffen und Kunststoff-Dachbahnen.

5.13.2 Im Bereich von Dachdurchdringungen ist bei Dächern nach 5.13.1 durch konstruktive Maßnahmen eine Brandweiterleitung bei einer Einwirkung eines Entstehungsbrandes von unten zu behindern. Dies gilt z. B. als erfüllt bei Dächern nach DIN 18234-1 und -2, wenn die Durchdringungen nach DIN 18234-3/DIN 18234-4 (Verzeichnis von Durchdringungen) ausgebildet werden.

# Und der Brandschutz ? Forschen hilft!

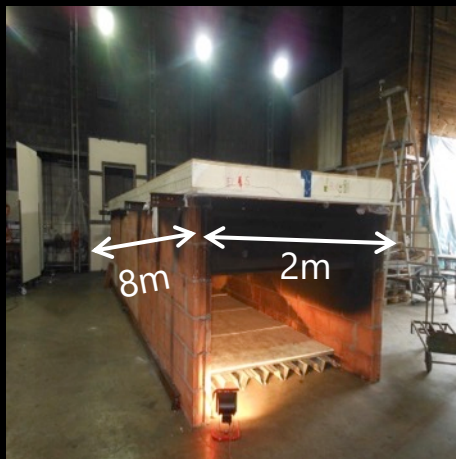
## Großbrandversuche

### Prüfung vier verschiedener flächiger Konstruktionsvarianten

Aufbau (Gefachdämmung + Bekleidung)

Versuch 1:	Glaswolle	+ Glasfaservlies	15 mm Gipsfaserplatte
Versuch 2:	Zellulose	-	10 mm + 15 mm Gipsfaserplatte
Versuch 3:	Glaswolle	-	18 mm Gipsfaserplatte
Versuch 4:	Zellulose	-	12,5 mm + 15 mm Gipsfaserplatte

Prüfkörper bestanden aus zwei vorgefertigten Elementen



Prüfbeginn



2 min

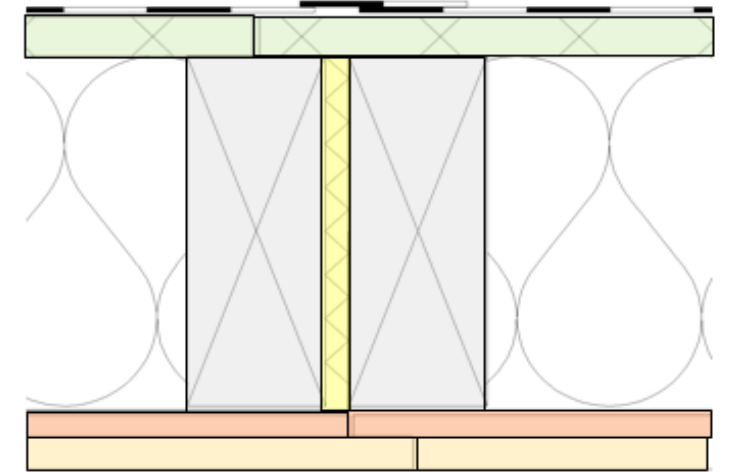
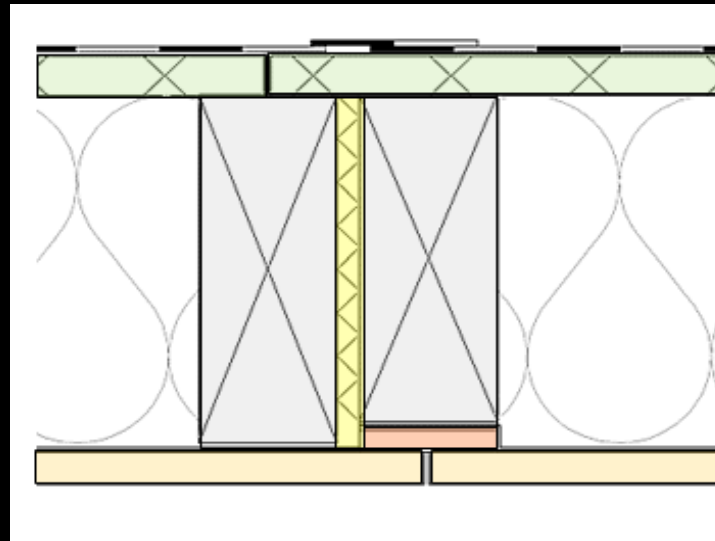
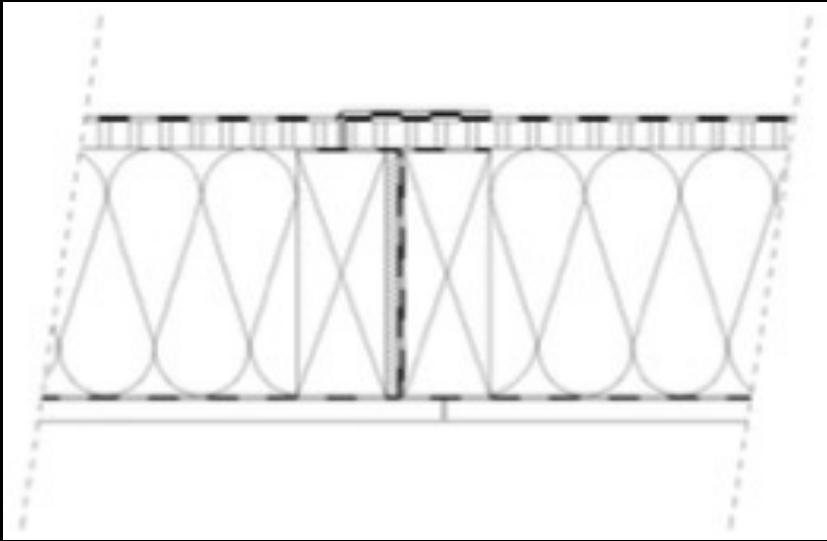


25 min



35 min

# Und der Brandschutz ? Forschen hilft!



Ausschluss von Hohlräumen und durchgehenden Fugen erforderlich!



# Und der Brandschutz ? Forschen hilft!

## Großbrandversuche

### Durchdringungen / Gully - Rückbau:

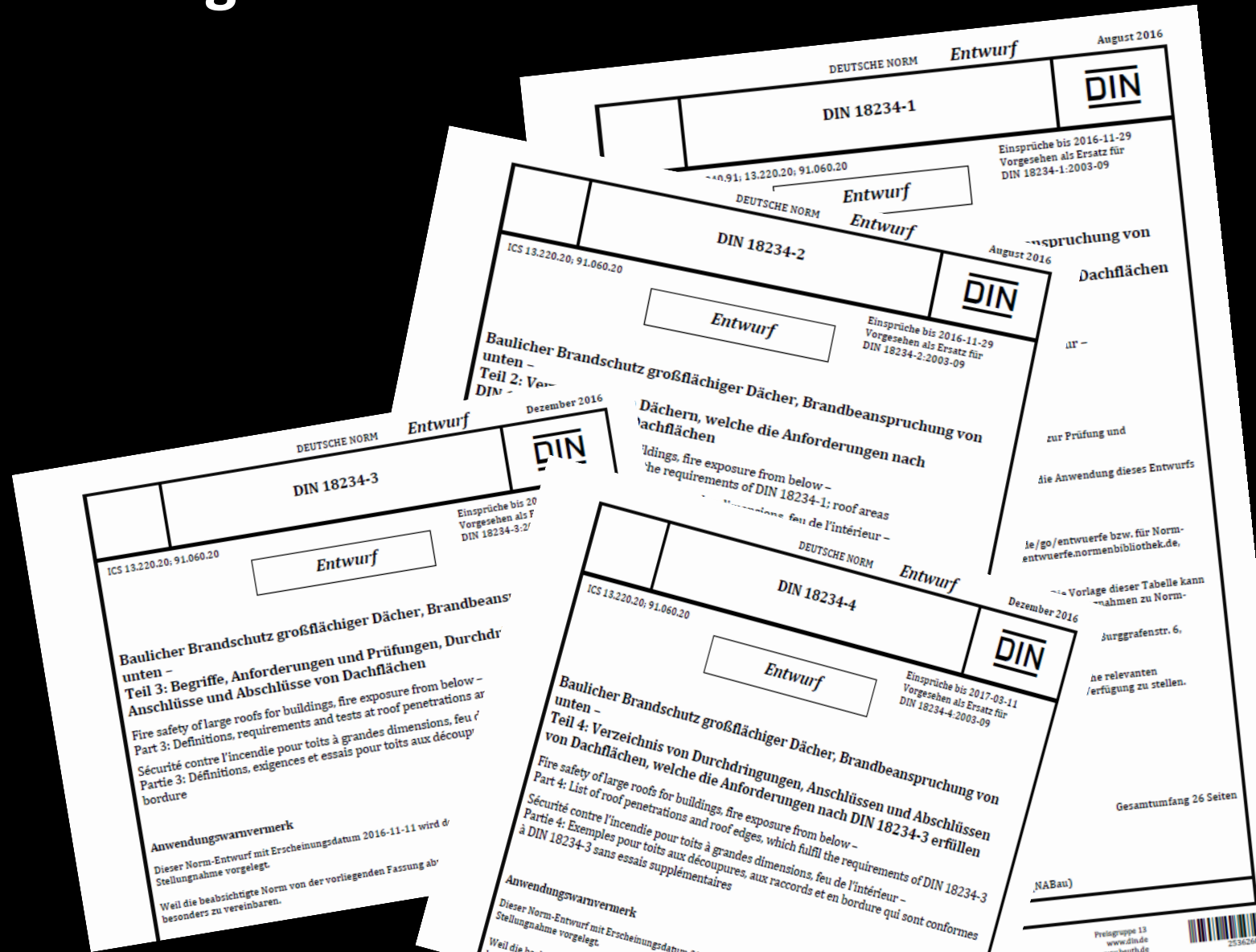
- Abschmelzen des Rohres im Brandraum nach ca. 6 min
- Flammen kurzzeitig an Dachoberseite durch Rohr ersichtlich
- Brandschutzmanschette schließt nach ca. 7 min
- Ausschließlich Wasserdampf und Rauch verlässt Durchdringung



# DIN 18234-x:2022-12

## Baulicher Brandschutz großflächiger Dächer

- vier neue Normenteile
- nachgewiesene flächige Holzdachelemente mit/ohne biogene Dämmstoffe
- Nachweise für kleine und mittlere Durchdringungen in Holzbaukonstruktionen (Gully, Lichtkuppel,...)



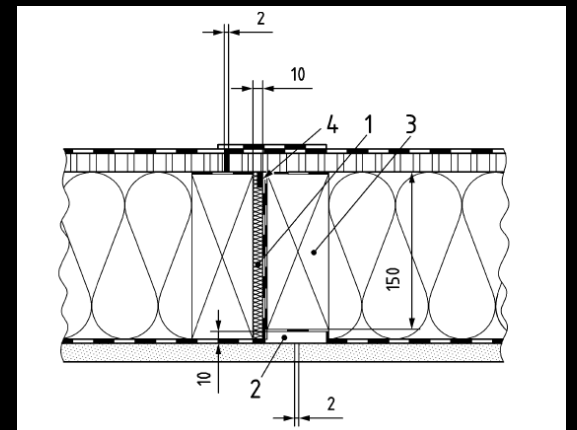
# Angewandte Forschung

- Forschungsergebnisse erweitern Lösungsvarianten für großflächige Industriedächer in Holzbauweise
- Nachgewiesenen Aufbauten und Details stellen geregelte Anwendung sicher
- Aufbereitung über Bauteil- und Detailkatalog
- Ansätze des Brandingenieurwesens ermöglichen weitere Ausführungsvarianten



Quelle: ·Huber·&·Sohn·GmbH·&·Co·KG

untere Beleidung	Funktionsschicht	Dämmstoff	obere Beplankung	Dachabdichtung
min. 15 mm Gipsfaserplatte DIN EN 15283-2	feuchtevariable Dampfbremse + lagesicherndes Glasfasergewebe	min. 160 mm Mineralwolle DIN EN 13162	mind. 18 mm OSB 3 Platte DIN EN 300	gegen Flugfeuer und strahlende Wärme widerstandsfähige Bedachung
min. 18 mm Gipsfaserplatte DIN EN 15283-2	feuchtevariable Dampfbremse	min. 160 mm Mineralwolle DIN EN 13162		
min. 15 mm Gipsfaserplatte + min. 12,5 mm Gipsfaserplatte DIN EN 15283-2	feuchtevariable Dampfbremse	min. 160 mm Zellulosedämmstoff DIN EN 15101		



## Angewandte Forschung - Wiederverwendung





Source: Reinhard Kropf, helenhard architects, NOR – Bjergsted Financial Park, Stavanger, NOR

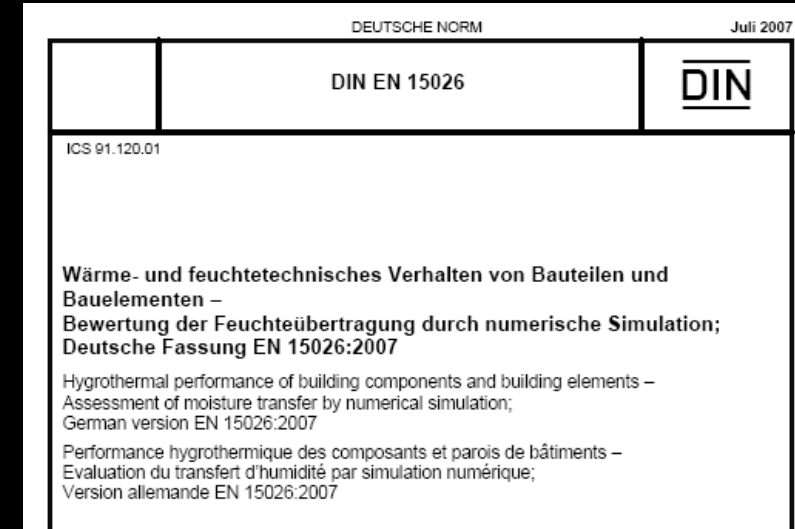
# Hygrothermische Bauteilsimulation

## Hygrothermische Bauteilsimulation

- Grundlage DIN EN 15026: 2007-07
- Berücksichtigung instationärer, realer Klimarandbedingungen für verschiedene Standorte
- Berücksichtigung von Einbaufeuchten feuchtevariable Materialeigenschaften
- Ermittlung der Feuchtezustände einzelner Bauteile und Schichten (Feuchte-Akkumulation, Sommerkondensation, Oberflächenkondensation)
- Berücksichtigung von Leckagen im Aufbau (konvektiver Feuchteintrag)

### Nachteile:

- hoher Eingabeaufwand
- Klimadaten und Materialkennwerte erforderlich
- Genauigkeit abhängig von Qualität der Eingabe



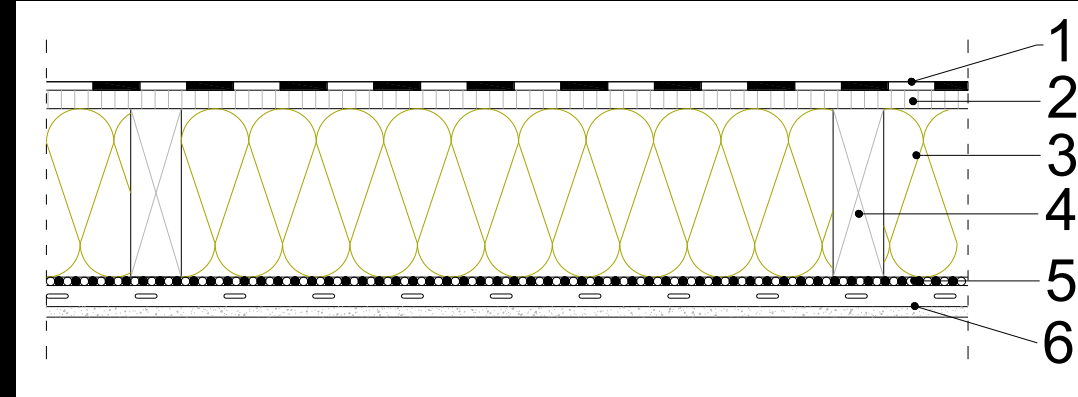
# Beispiel

## Flachaufbau hygrothermische Simulation

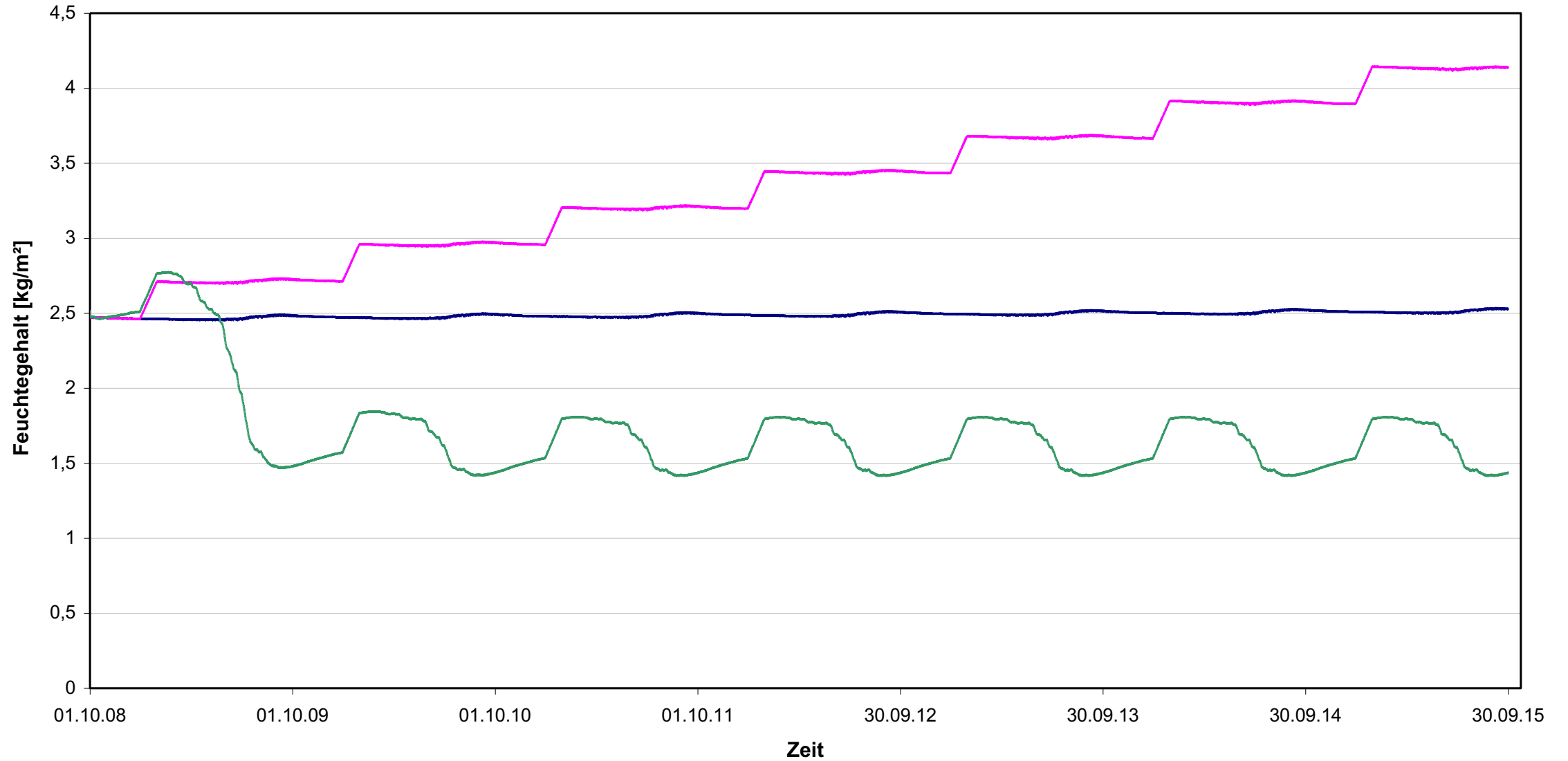
- 1) Bitumendachbahn  $s_d = 300 \text{ m}$  (schwarz)
- 2) OSB/3 Platte 22 mm,  $\rho = 615 \text{ kg/m}^3$   
 $u = 18\%$
- 3) Dämmung - Mineralwolle 200 mm,  
 $\rho = 30 \text{ kg/m}^3$ ,  $u = 1\%$
- 4) Tragkonstruktion KVH 60 / 200 mm
- 5) - Var. 1 und 2: PE Folie  $s_d = 100 \text{ m}$  (diffusionshemmend, luftdicht)  
- Var. 3: feuchtevariable Dampfbremse  $s_d = 0,25 - 10 \text{ m}$
- 6) Unterkonstruktion + Gipskartonplatte 12,5 mm

### Randbedingung:

- Außenklimabedingungen Holzkirchen
- Innenklimabedingung normale Feuchtelast ( $21^\circ\text{C} \pm 1$  ;  $50 \% \text{ RF} \pm 10$ )
- Var. 2 und 3: konvektiver Feuchteintrag  $250 \text{ g/m}^2$  pro Jahr
- Berechnung ab 01.10.2008 bis 01.10.2015 mit Wufi<sup>®</sup> Pro 4.1



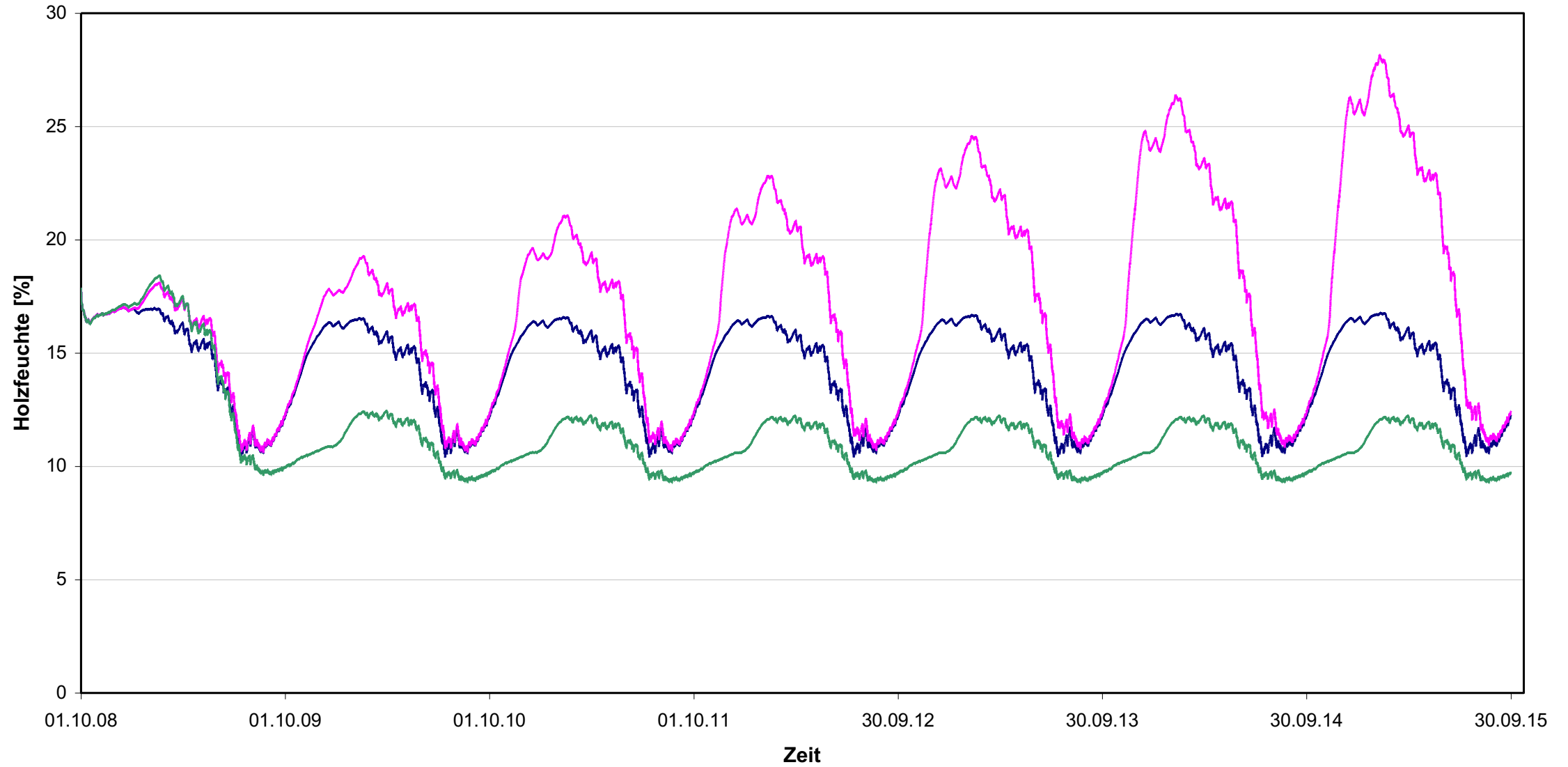
# Gesamtfeuchtegehalt der Konstruktion



- Var 1 (raumseitige Dampfsp.)
- Var 2 (raumseitige Dampfsp. + 250 g/m² p.a Feuchteeintrag)
- Var 3 (feuchtevar. Dampfbr. + 250 g/m² p.a Feuchteeintrag)



# Feuchteverhalten OSB Platte



- Var 1 (raumseitige Dampfsp.)
- Var 2 (raumseitige Dampfsp. + 250 g/m<sup>2</sup> p.a Feuchteeintrag)
- Var 3 (feuchtevar. Dampfbr. + 250 g/m<sup>2</sup> p.a Feuchteeintrag)

# Feuchtekette Holzbau

