

Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung

4. IFB-Symposium Flachdachbau & Bauwerksabdichtung
2008-03-13



Dipl.-Ing. Kalwoda
Zivilingenieur für Hochbau
Ingenieurkonsulent für Bauphysik

Stationäre – instationäre Berechnungsverfahren



Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung

Stationäre Berechnung
(ÖN B 8110-2 bzw. ÖN EN ISO 13788)
– „Glaserverfahren“

- ◆ Berechnung des Wärmeverlaufes im Bauteil und damit Bestimmung von p_{sat}
- ◆ Graphische Darstellung von p gegen s_d -Wert erlaubt ein direktes Ablesen der Tauwassergefährdung innerhalb eines Bauteils
- ◆ Einschränkung:
 - nur stationäre Berechnung
 - nur Diffusionsprozesse
 - keine Koppelung der Temperatur mit Feuchtigkeit

Instationäre Berechnung
(WUFI = **W**ärme- **U**nd **F**euchte **I**nstationär)

- ◆ Berechnung des gekoppelten Wärme- und Feuchtigkeitstransportes unter Berücksichtigung
 - von λ -feuchtigkeitsabhängig
 - der Strahlungseinflüsse
 - der Materialfeuchtigkeit
 - der Niederschläge
 - der Diffusionsvorgänge
 - der Flüssigwassertransportvorgänge
 - ▼ kapillares Saugen
 - ▼ kapillare Weiterverteilung
 - ▼ Sorptionsfeuchtigkeitstransport
- ◆ Instationäre Berechnung

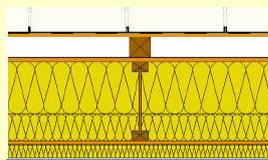
2008-03-13

2

Beispiel 1 (5 Jahre): Pulldachkonstruktion mit Blechdeckung

● Fragestellung:

Kann das Blechdach auch ohne Unterlüftung zur Ausführung gelangen?



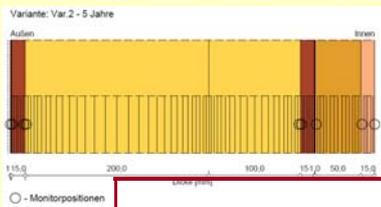
S	cm
-,-	Blecheindeckung
-,-	Trennlage (zB. Strukturmatte + diffusionsoffene USB)
1,5	OSB-Holzwerkstoffplatte
20,0	Mineralwolle (zB. Isover UNI 20) zwischen Holzstegträger
10,0	Mineralwolle (zB. Isover UNI 10) zwischen Holzstegträger
1,5	OSB-Holzwerkstoffplatte
-	Dampfbremse (d.μ = 60 m, zB. Isover Flammex)
5,0	Mineralwolle (zB. Isover TW-KF 50) zwischen Lattung
1,5	Gipskartonplatte (GKF)

2008-03-13

Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung

3

Beispiel 1.1 (5 Jahre): Pulldachkonstruktion mit Blechdeckung Variante 1: ohne Unterlüftung



Ergebnisse der letzten Rechnung

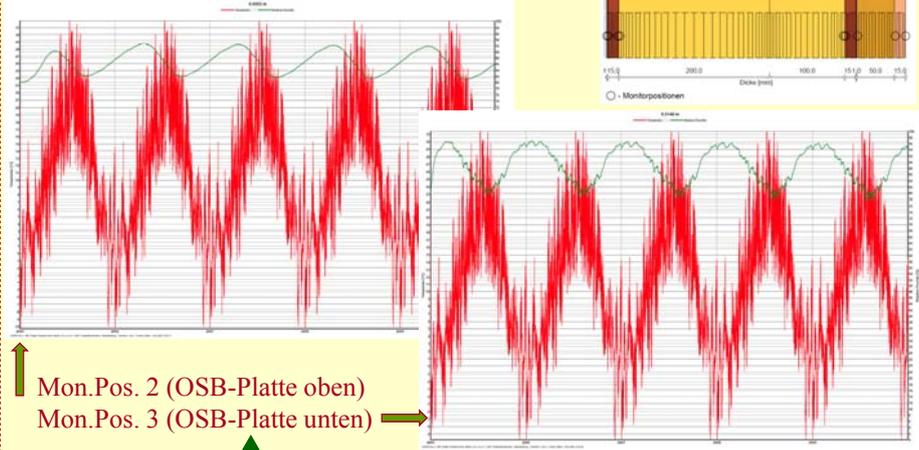
Schicht / Material	Wassergehalt [kg/m³]			
	Anfang Rechn.	Ende Rechn.	Min.	Max.
Diffusionsoffene USB (Difuplan Bit)	0,00	0,00	0,00	0,01
OSB-Platte (680 kg/m²)	95,00	139,13	95,00	159,07
Glaswolle (zB. isover UNI 20)	1,86	1,84	1,51	2,90
Glaswolle (zB. isover UNI 10)	1,86	0,55	0,31	1,86
OSB-Platte (680 kg/m²)	95,00	47,49	38,31	95,00
Dampfbremse (s _d = 60 m, zB. isover Flammex)	0,00	0,00	0,00	0,00
Glaswolle (zB. isover TW-KF 50)	1,86	0,40	0,36	1,86
Gipskartonplatte (GKF 15 mm)	6,30	3,14	2,93	6,30

2008-03-13

Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung

4

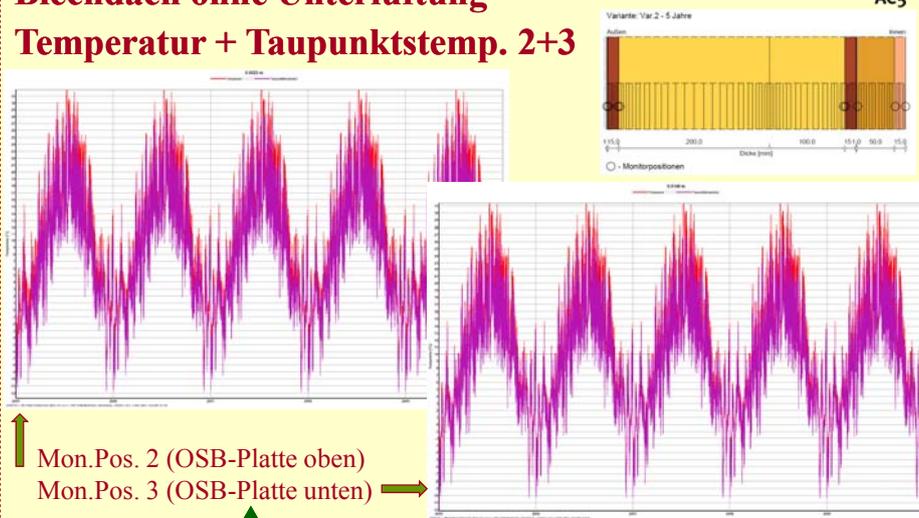
Beispiel 1.1 (5 Jahre):
Blechdach ohne Unterlüftung
Temperatur + rel.LF. Mon.Pos. 2+3



2008-03-13

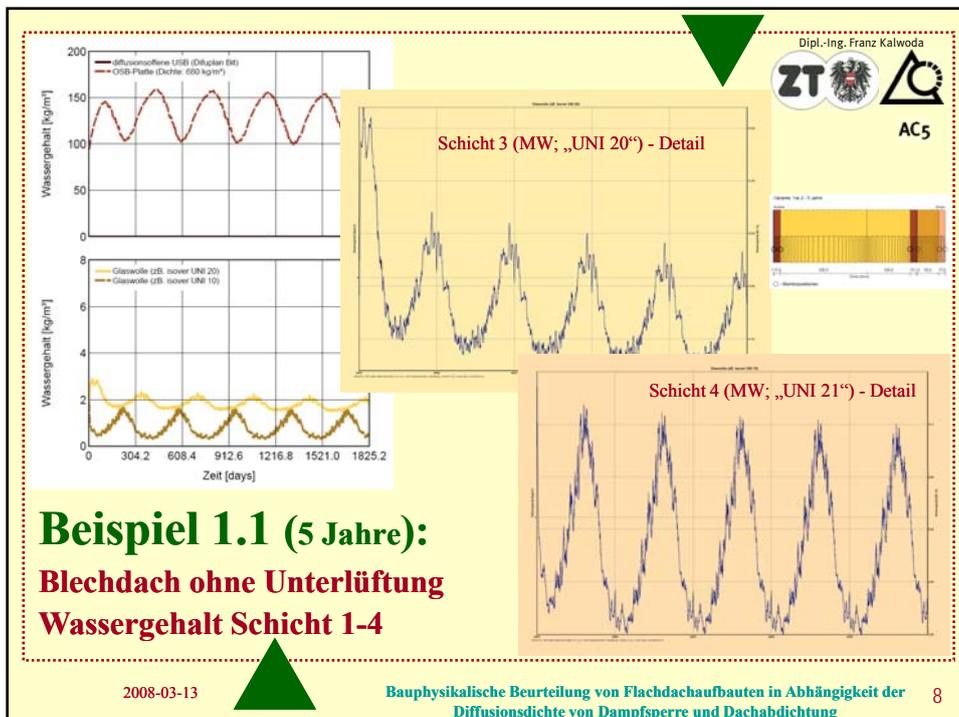
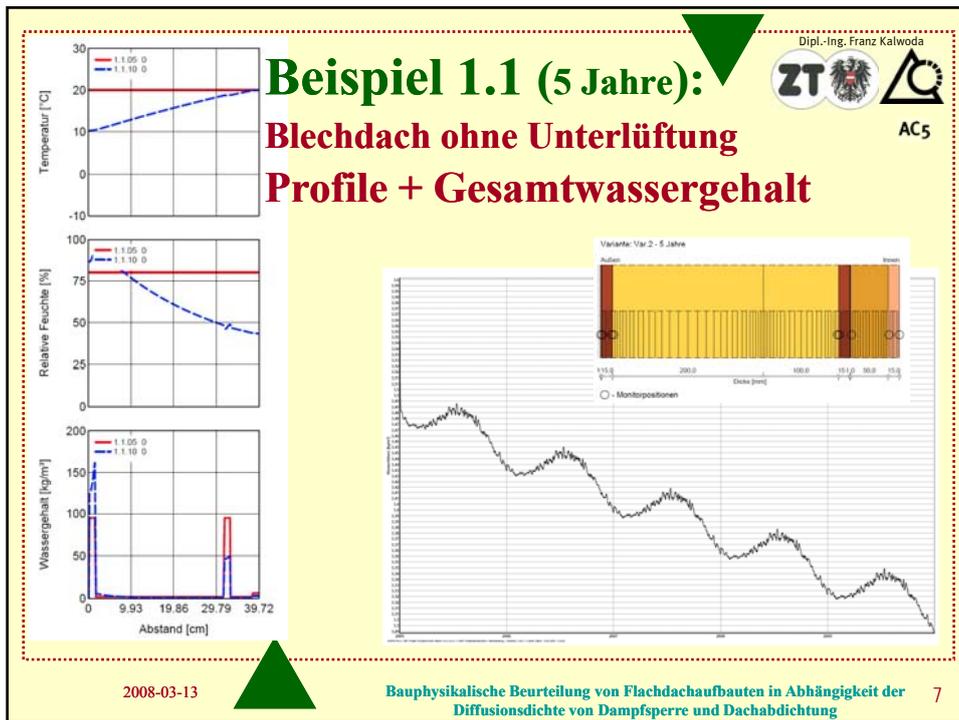
Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung 5

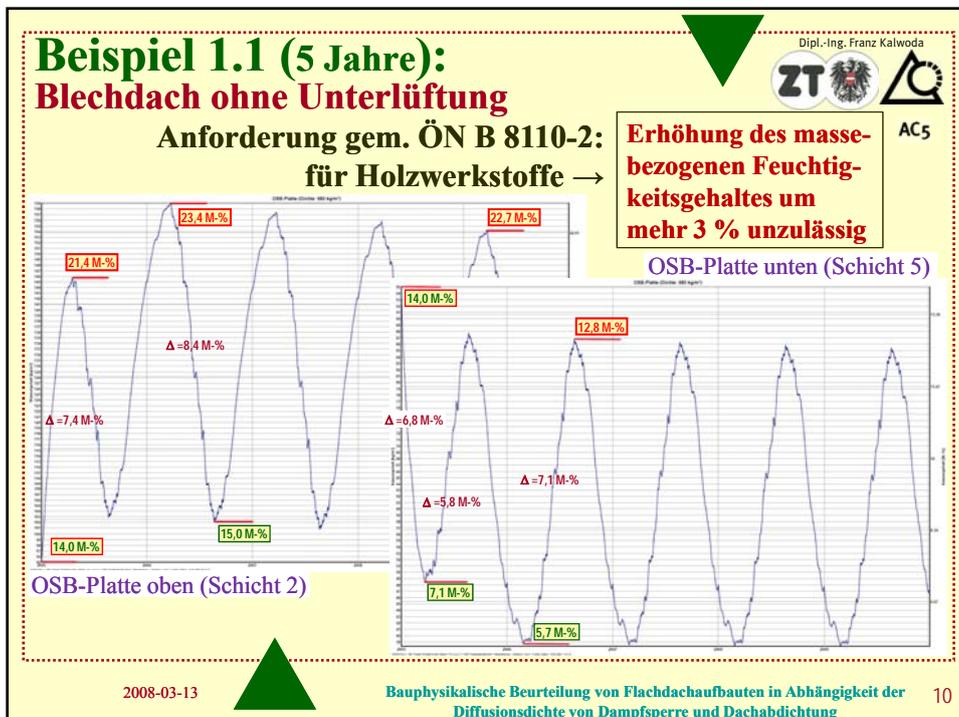
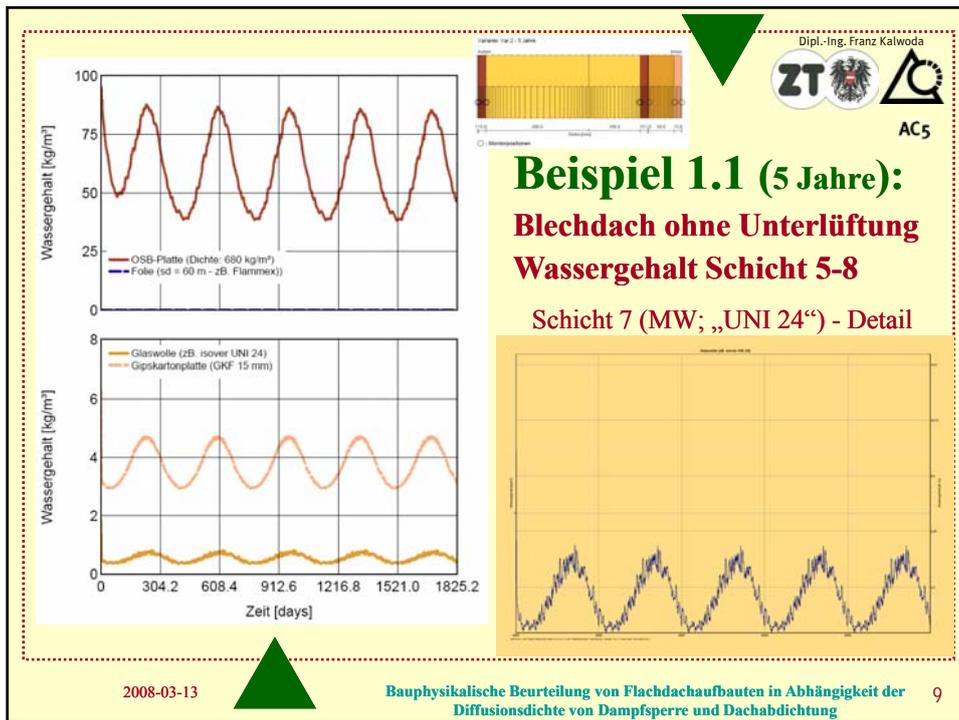
Beispiel 1.1 (5 Jahre):
Blechdach ohne Unterlüftung
Temperatur + Taupunktstemp. 2+3



2008-03-13

Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung 6

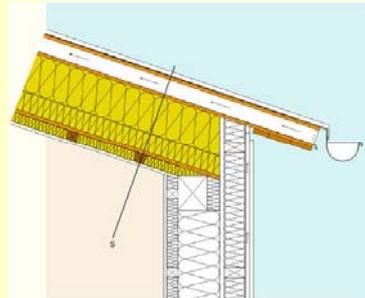




Beispiel 1.2 (5 Jahre): Pultdachkonstruktion mit Blechdeckung Variante 2: mit Unterlüftung

S	cm
-,-	Blecheindeckung
-,-	Trennlage (zB. Strukturmatte)
1,5	OSB-Holzwerkstoffplatte
8,0	Konterlattung 8/8
-,-	diffusionsoffene USB (d.μ = 0,1 m, zB. Difuplan Bit)
1,5	OSB-Holzwerkstoffplatte
20,0	Mineralwolle (zB. Isover UNI 20) zwischen Holzstegträger
10,0	Mineralwolle (zB. Isover UNI 10) zwischen Holzstegträger
1,5	OSB-Holzwerkstoffplatte
-	Dampfbremse (d.μ = 60 m, zB. Isover Flammex)
5,0	Mineralwolle (zB. Isover TW-KF 50) zwischen Lattung
1,5	Gipskartonplatte (GKF)

● Fragestellung:
 Bringt die Unterlüftung diffusions-
 technische Vorteile?

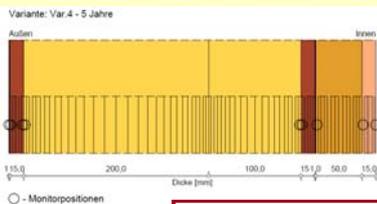


2008-03-13

Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung

11

Beispiel 1.2 (5 Jahre): Pultdachkonstruktion mit Blechdeckung Variante 2: mit Unterlüftung



Ergebnisse der letzten Rechnung unbelüftet

Schicht / Material	Wassergehalt [kg/m³]			
	Anfang Rechn.	Ende Rechn.	Min.	Max.
Diffusionsoffene USB (Difuplan Bit)	0,00	0,00	0,00	0,01
OSB-Platte (680 kg/m²)	95,00	139,13	95,00	159,07
Glaswolle (zB. Isover UNI 20)	1,86	1,84	1,51	2,90
Glaswolle (zB. Isover UNI 10)	1,86	0,55	0,31	1,86
OSB-Platte (680 kg/m²)	95,00	47,49	38,31	95,00
Dampfbremse (s _d = 60 m, zB. Isover Flammex)	0,00	0,00	0,00	0,00
Glaswolle (zB. Isover TW-KF 50)	1,86	0,40	0,36	1,86
Gipskartonplatte (GKF 15 mm)	6,30	3,14	2,93	6,30

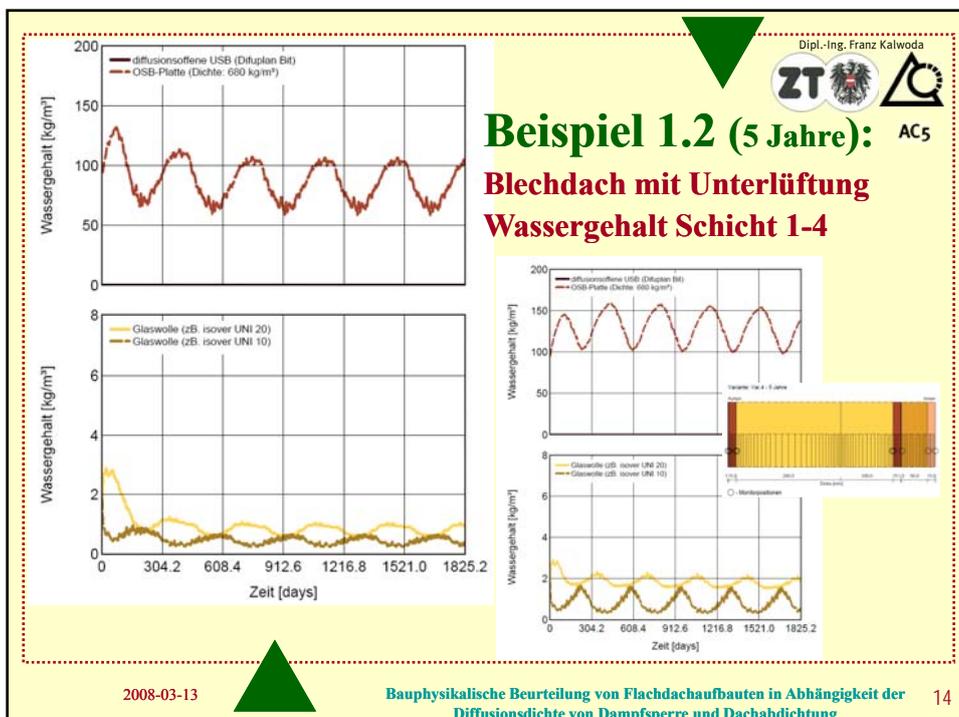
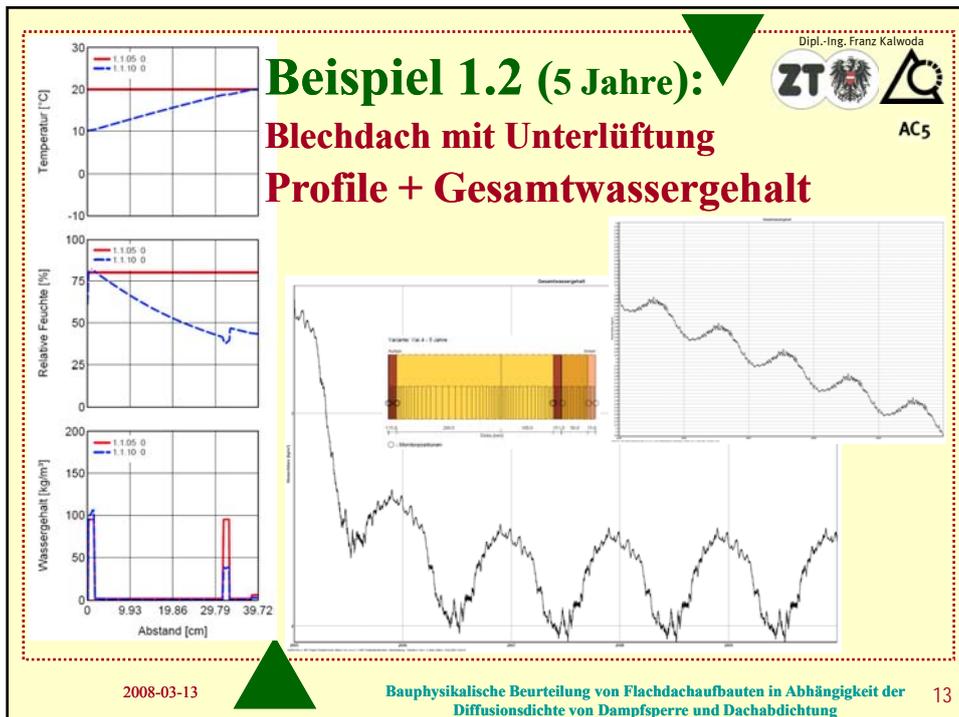
Ergebnisse
 der letzten
 Rechnung
 mit
 Unterlüftung

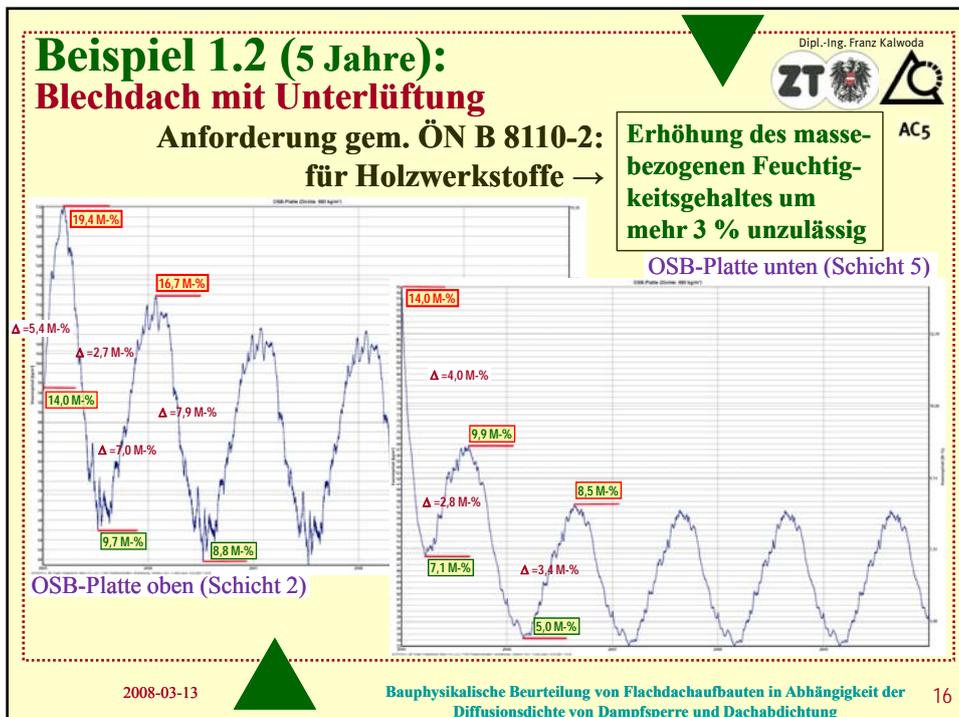
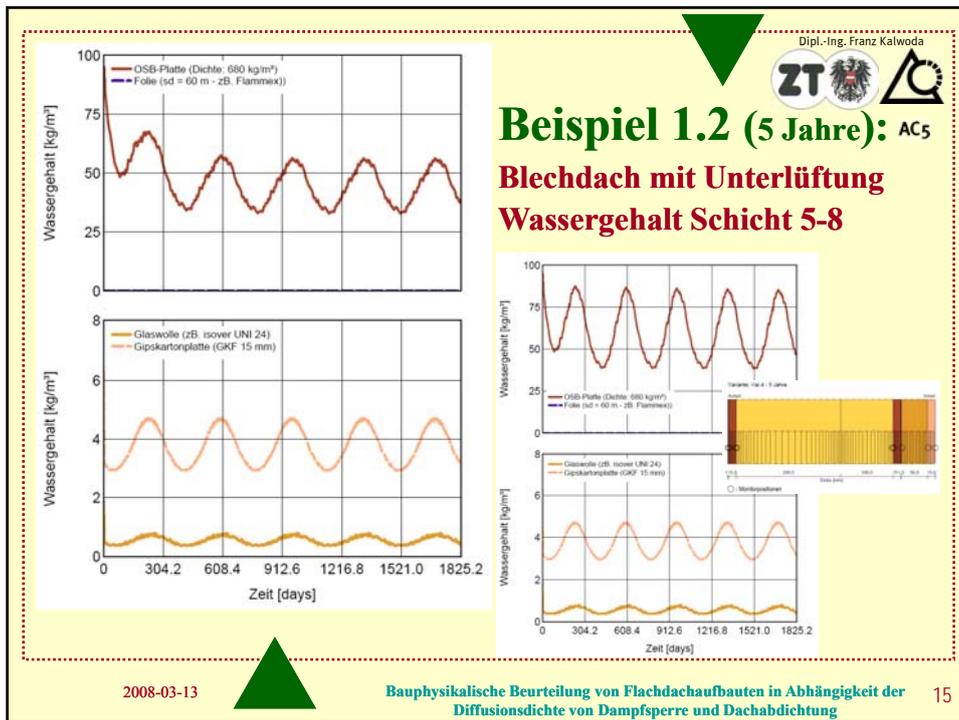
Schicht / Material	Wassergehalt [kg/m³]			
	Anfang Rechn.	Ende Rechn.	Min.	Max.
Diffusionsoffene USB (Difuplan Bit)	0,00	0,00	0,00	0,05
OSB-Platte (680 kg/m²)	95,00	101,40	58,89	132,14
Glaswolle (zB. Isover UNI 20)	1,86	0,95	0,58	2,90
Glaswolle (zB. Isover UNI 10)	1,86	0,41	0,25	1,86
OSB-Platte (680 kg/m²)	95,00	38,57	32,90	95,00
Dampfbremse (s _d = 60 m, zB. Isover Flammex)	0,00	0,00	0,00	0,00
Glaswolle (zB. Isover TW-KF 50)	1,86	0,40	0,36	1,86
Gipskartonplatte (GKF 15 mm)	6,30	3,14	2,93	6,30

2008-03-13

Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung

12





Beispiel 1 (5 Jahre):

Pulldachkonstruktion mit Blechdeckung

◆ Einfluß der Feuchtigkeit auf die Wärmedämmung

Schicht	λ [W/mK]	ρ_{tr} [kg/m³]	1.1: Blechd. unbel.		1.2: Blechd. belüftet	
			max. WG [kg/m³]	u_v / ψ_2	max. WG [kg/m³]	u_v / ψ_2
OSB _{oben}	0,13	680	159,07	0,15907	132,14	0,13214
MW _{oben}	0,04	14	2,90	0,00290	2,90	0,00290
OSB _{unten}	0,13	680	95,00	0,09500	95,00	0,09500
MW _{unten}	0,04	14	1,86	0,00186	1,86	0,00186

$$F_m = e^{f_{\psi} \cdot (\psi_2 - \psi_1)}$$

$$\lambda_f = \lambda_{tr} \cdot F_m$$

ÖN EN ISO 10456

MW: $f_{\psi} = 4 \text{ m}^3/\text{m}^3$

WG ... Wassergehalt
 u_v ... volumbezogener Feuchtigkeitsgeh.
 F_m ... Umrechnungsfaktor für den Feuchtigkeitsgehalt
 f_{ψ} ... volumsbez. Feuchte-Umrechnungskoeffizient
 ψ ... volumbezogener Feuchtigkeitsgeh.

MW_{oben}: $\psi_1 = 0$; $\psi_2 = 0,0029$; $F_m = 1,011668$

$\lambda_{tr} = 0,04 \text{ W/mK}$; $\lambda_f = \mathbf{0,040467 (\approx +1,17 \%)}$

MW_{unten}: $\psi_1 = 0$; $\psi_2 = 0,00186$; $F_m = 1,007468$

$\lambda_{tr} = 0,04 \text{ W/mK}$; $\lambda_f = \mathbf{0,040299 (\approx +0,75 \%)}$

2008-03-13

Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung

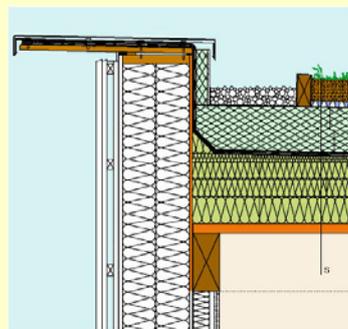
17

Beispiel 2:

Duodach mit extensiver Begrünung

- S
- Extensive Begrünung
 - 8,0 Substratmischung für extensive Begrünung (im Randbereich Kies 16/32)
 - 3,0 Drainschicht (gew. Rundkies)
 - 0,2 Filterschicht (Geotextil 140 g/m²)
 - 20,0 Extr. Polystyrol (zB. Styrodur 3035 CS)
 - 0,5 PVC Wurzelschutzbahn (bitumenbeständig)
 - 1,0 zwei Lagen Polymerbitumen-Dachbahnen vollflächig verklebt Ausgleichsschichte (Lochglasvliesbahn)
 - 4,0 (i.M.) MW-Gefälledämmplatten (zB. isover ORSIL A-SD 2/4)
 - 8,0 MW-Dachdämmplatte (zB. isover ORSIL A-T 8)
 - 8,0 MW-Dachdämmplatte (zB. isover ORSIL A-T 8)
 - 12,0 MW-Dachdämmplatte (zB. isover ORSIL A-T 12)
 - PA-Dampfbremse DIFUNORM VARIO
 - 4,0 Brandschutzschalung (2 x 15 mm GKF + 10 mm Gipsfaserplatten)

- Fragestellung:
Funktioniert die Konstruktion diffusionstechnisch?



2008-03-13

Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung

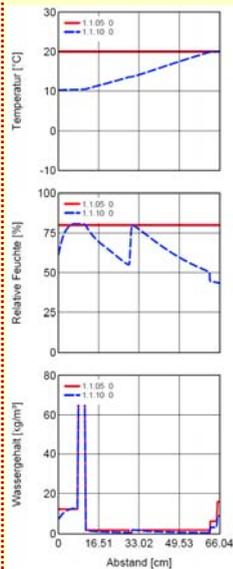
18

Beispiel 2.1: Duodach mit extensiver Begrünung Variante 1: Berechnung über 5 Jahre

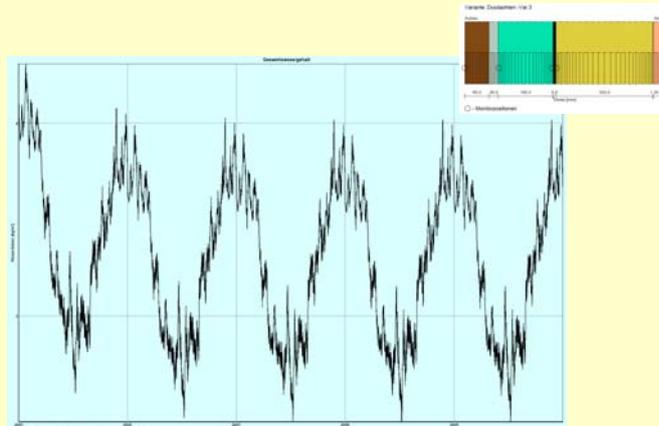


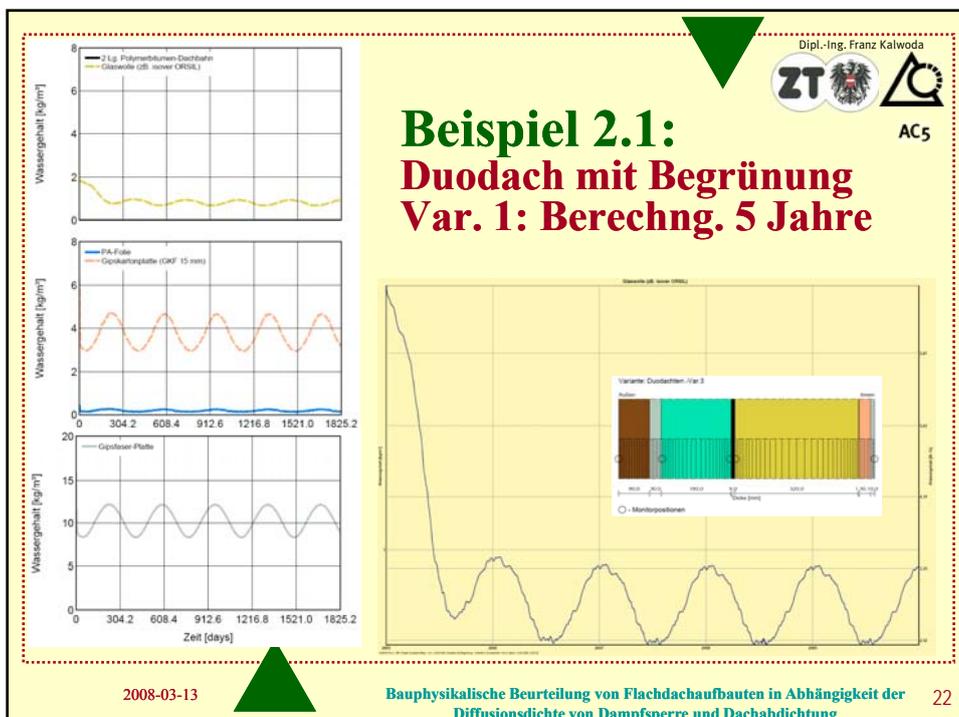
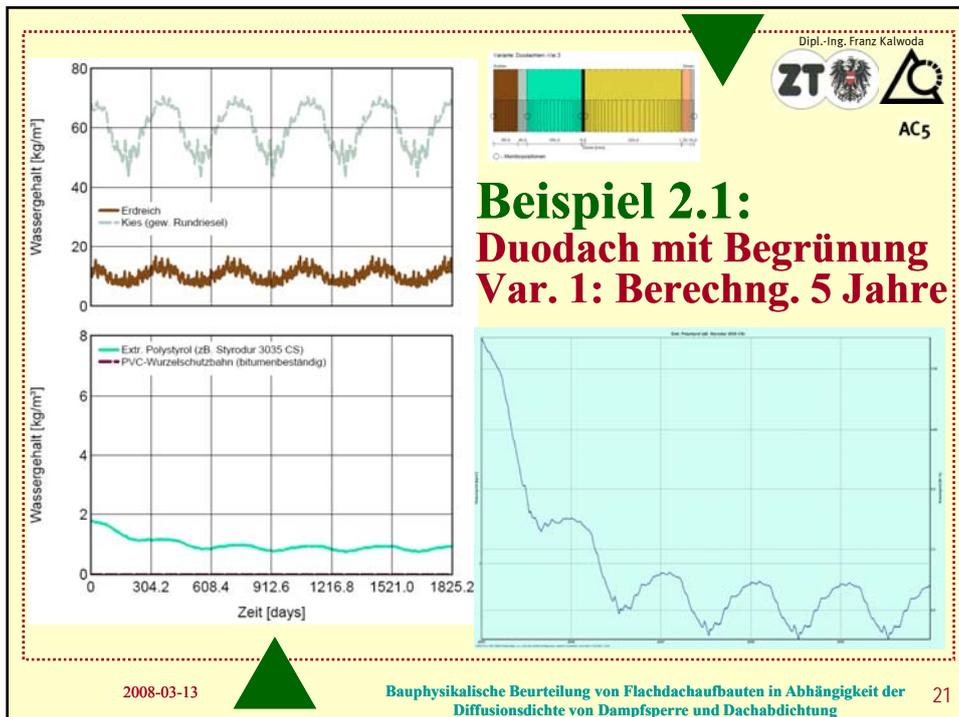
Ergebnisse der letzten Rechnung

Schicht / Material	Wassergehalt [kg/m³]			
	Anfang Rechn.	Ende Rechn.	Min.	Max.
Erdreich	12,00	11,38	6,30	16,72
Kies (gewaschener Rundkies)	68,00	70,36	43,73	70,47
Extr. Polystyrol (zB. Styrodur 3035 CS)	1,79	0,93	0,74	1,79
PVC Wurzelschutzbahn (bitumenbeständig)	0,00	0,00	0,00	0,00
2 Lg. Polymerbitumen-Dachbahnen	0,00	0,00	0,00	0,00
Glaswolle (zB. isover ORSIL)	1,86	0,94	0,69	1,86
PA-Dampfbremse (zB. isover Difunorm Vario)	0,44	0,17	0,14	0,44
Gipskartonplatten (2 x GKF 15 mm)	6,30	3,18	2,94	6,30
Gipsfaserplatte	15,80	8,97	8,34	15,80

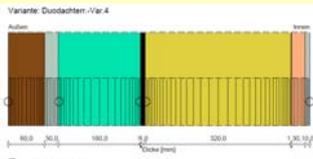


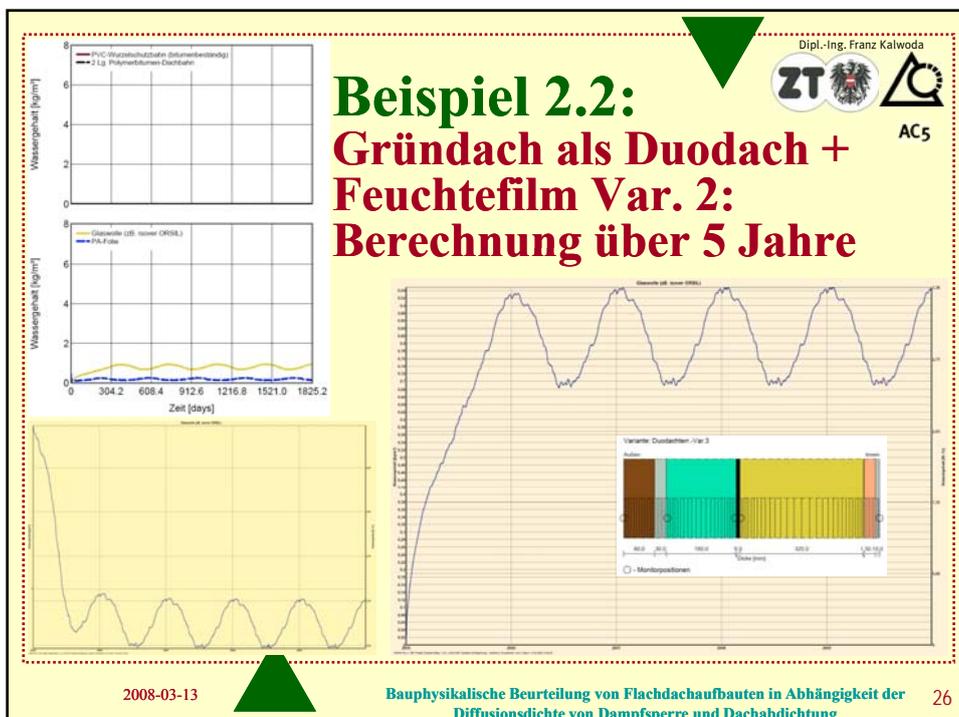
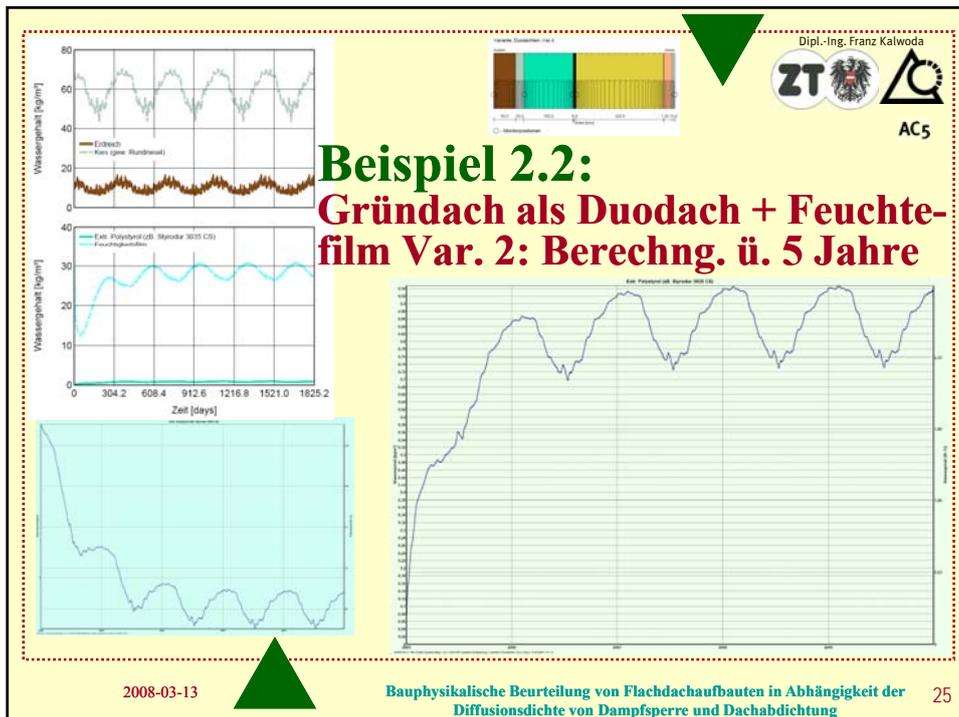
Beispiel 2.1: Duodach mit extensiver Begrünung Var. 1: Berechnung über 5 Jahre



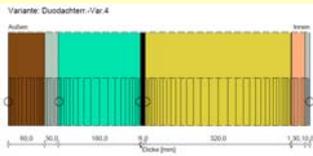


Beispiel 2.2: Gründach als Duodach + Feuchtefilm Var. 2: Berechnung über 5 Jahre





Beispiel 2.3: Gründach als Duodach + Feuchtefilm Var. 3: Berechnung über 10 Jahre



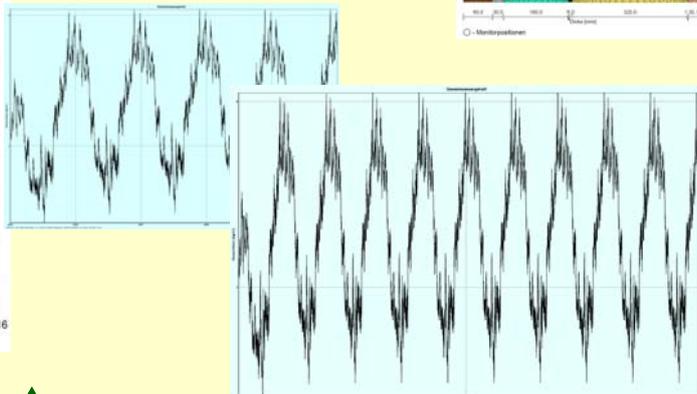
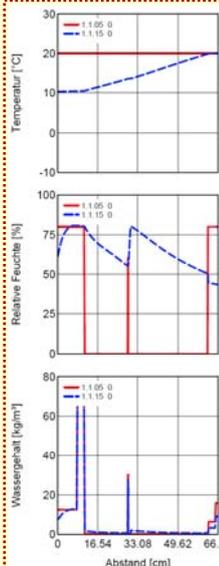
Ergebnisse der letzten Rechnung

Schicht / Material	Wassergehalt [kg/m³]			
	Anfang Rechn.	Ende Rechn.	Min.	Max.
Erdreich	12,40	11,39	6,30	16,69
Kies (gewaschener Rundkies)	68,00	70,36	43,59	70,38
Extr. Polystyrol (zB. Styrodur 3035 CS)	0,00	0,94	0,00	0,95
Feuchtigkeitsfilm	30,00	27,60	12,61	30,79
PVC Wurzelschutzbahn (bitumenbeständig)	0,00	0,00	0,00	0,00
2 Lg. Polymerbitumen-Dachbahnen	0,00	0,00	0,00	0,00
Glaswolle (zB. isover ORSIL)	0,00	0,94	0,00	0,95
PA-Dampfbremse (zB. isover Difunorm Vario)	0,44	0,17	0,10	0,44
Gipskartonplatten (2 x GKF 15 mm)	6,30	3,18	2,87	6,30
Gipsfaserplatte	15,80	8,97	8,28	15,80

2008-03-13

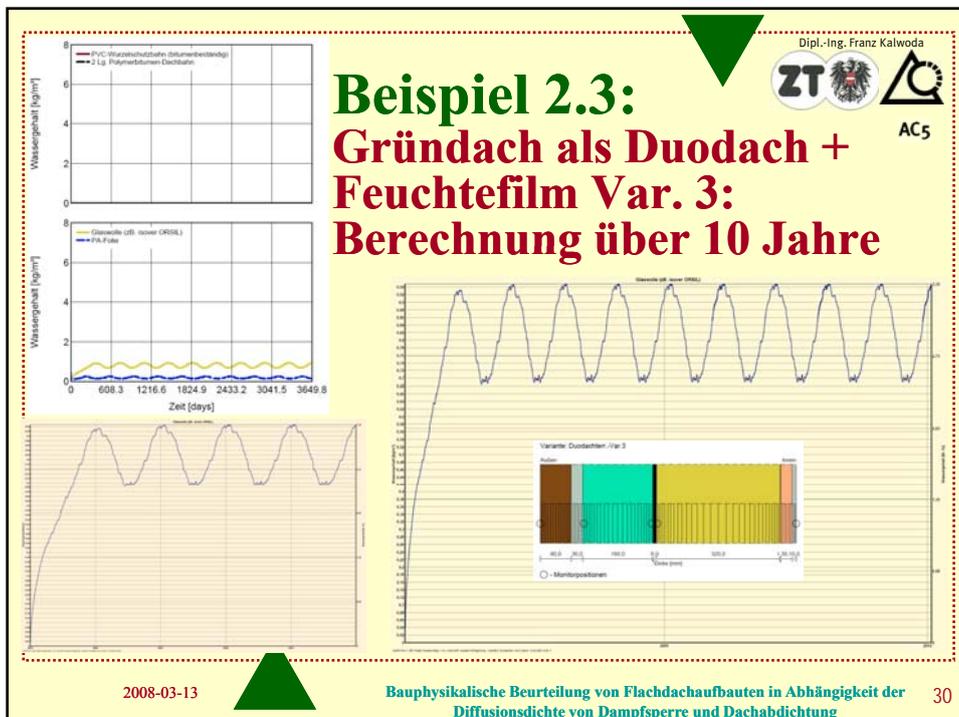
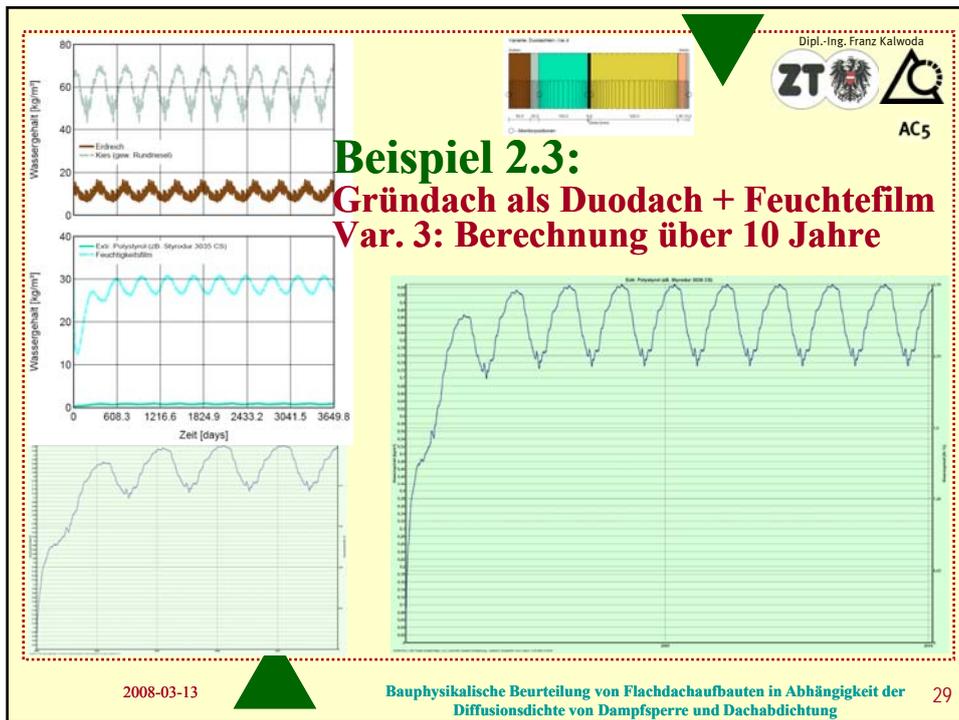
Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung 27

Beispiel 2.3: Gründach als Duodach + Feuchtefilm Var. 3: Berechn. 10 Jahre

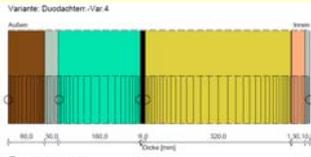


2008-03-13

Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung 28



Beispiel 2.4: Gründach als Duodach + Feuchtefilm Var. 4: Berechn. 10 J. – niedr. Feuchtelast

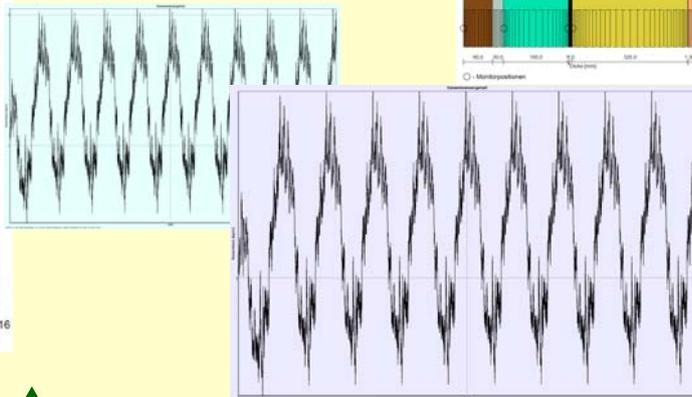
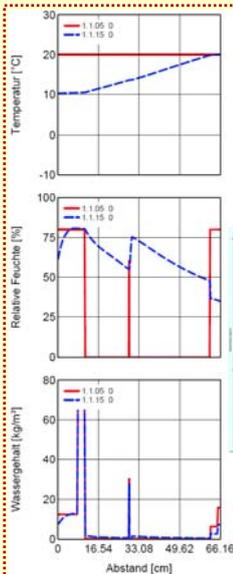


Ergebnisse der letzten Rechnung

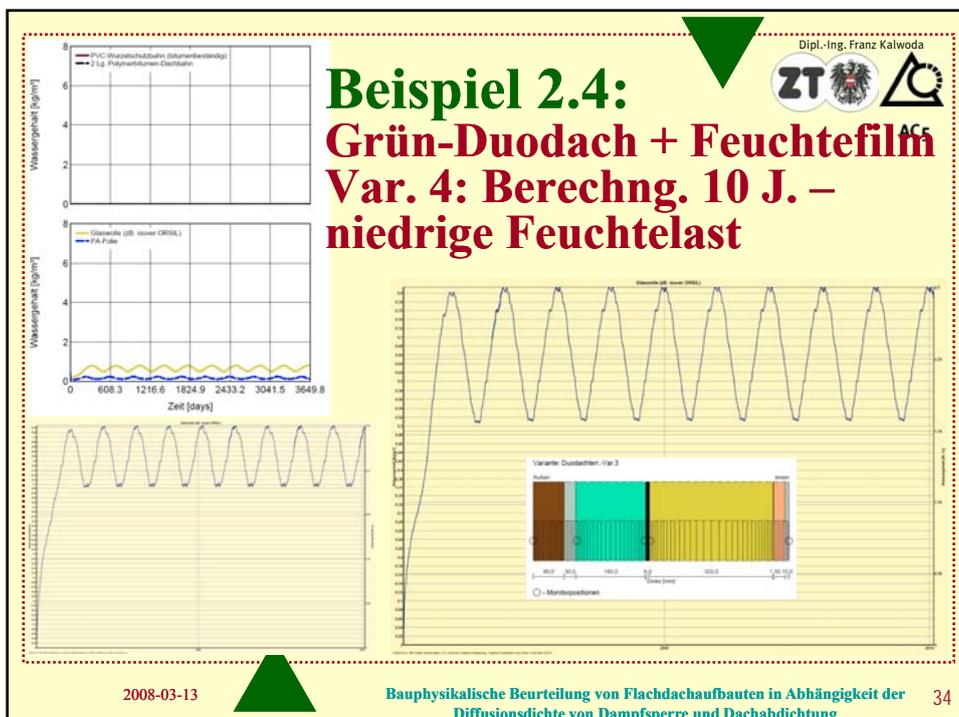
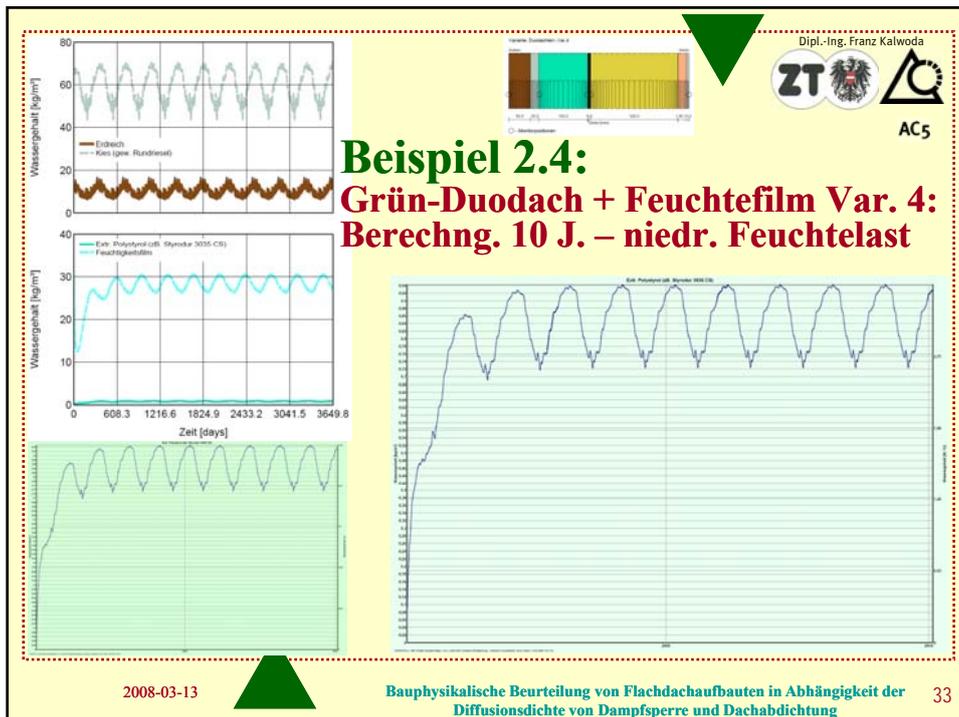
Schicht / Material	Wassergehalt [kg/m³]			
	Anfang Rechn.	Ende Rechn.	Min.	Max.
Erdreich	12,40	11,39	6,30	16,69
Kies (gewaschener Rundkies)	68,00	70,36	43,59	70,38
Extr. Polystyrol (zB. Styrodur 3035 CS)	0,00	0,93	0,00	0,94
Feuchtigkeitsfilm	30,00	27,46	12,54	30,54
PVC Wurzelschutzbahn (bitumenbeständig)	0,00	0,00	0,00	0,00
2 Lg. Polymerbitumen-Dachbahnen	0,00	0,00	0,00	0,00
Glaswolle (zB. isover ORSIL)	0,00	0,79	0,00	0,81
PA-Dampfbremse (zB. isover Difunorm Vario)	0,44	0,15	0,08	0,44
Gipskartonplatten (2 x GKF 15 mm)	6,30	2,60	2,16	6,30
Gipsfaserplatte	15,80	7,24	6,22	15,80

2008-03-13

Beispiel 2.4: Grün-Duodach + Feuchtefilm Var. 4: Berechn. 10 J. niedrige Feuchtelast



2008-03-13



Beispiel 2 (5 + 10 Jahre): Grün-Duodach (extensive Begrünung)



◆ Einfluß der Feuchtigkeit auf die Wärmedämmung

Schicht	2.1: norm. Feuchte (5 J.)		2.2: norm. F. + Feuchtef. (5 J.)		2.3: norm. F. + Feuchtef. (10 J.)		2.4: niedr. F. + Feuchtef. (10 J.)			
	λ [W/mK]	ρ_{tr} [kg/m³]	max. WG [kg/m³]	uV / ψ_2	max. WG [kg/m³]	uV / ψ_2	max. WG [kg/m³]	uV / ψ_2		
XPS-G	0,023	30	1,79	0,00179	0,95	0,00095	0,95	0,00095	0,94	0,00094
MW	0,039	28	1,86	0,00186	0,95	0,00095	0,95	0,00095	0,81	0,00081

XPS-G / 2.1: $f_v = 2,5 \text{ m}^3/\text{m}^3$; $\psi_1 = 0$; $\psi_2 = 0,00179$; $F_m = 1,004485$; $\lambda_{tr} = 0,04 \text{ W/mK}$; $\lambda_f = 0,023103$ ($\approx +0,45 \%$)
 XPS-G / 2.2 + 2.3: $f_v = 2,5 \text{ m}^3/\text{m}^3$; $\psi_1 = 0$; $\psi_2 = 0,00095$; $F_m = 1,002378$; $\lambda_{tr} = 0,04 \text{ W/mK}$; $\lambda_f = 0,023055$ ($\approx +0,24 \%$)
 XPS-G / 2.4: $f_v = 2,5 \text{ m}^3/\text{m}^3$; $\psi_1 = 0$; $\psi_2 = 0,00094$; $F_m = 1,002353$; $\lambda_{tr} = 0,04 \text{ W/mK}$; $\lambda_f = 0,023054$ ($\approx +0,24 \%$)

MW / 2.1: $f_v = 4 \text{ m}^3/\text{m}^3$; $\psi_1 = 0$; $\psi_2 = 0,00186$; $F_m = 1,007468$; $\lambda_{tr} = 0,039 \text{ W/mK}$; $\lambda_f = 0,039291$ ($\approx +0,75 \%$)
 MW / 2.2 / 2.3: $f_v = 4 \text{ m}^3/\text{m}^3$; $\psi_1 = 0$; $\psi_2 = 0,00095$; $F_m = 1,003807$; $\lambda_{tr} = 0,039 \text{ W/mK}$; $\lambda_f = 0,039148$ ($\approx +0,38 \%$)
 MW / 2.4: $f_v = 4 \text{ m}^3/\text{m}^3$; $\psi_1 = 0$; $\psi_2 = 0,00081$; $F_m = 1,003245$; $\lambda_{tr} = 0,039 \text{ W/mK}$; $\lambda_f = 0,039127$ ($\approx +0,32 \%$)

$$F_m = e^{f_v \cdot (\psi_2 - \psi_1)}$$

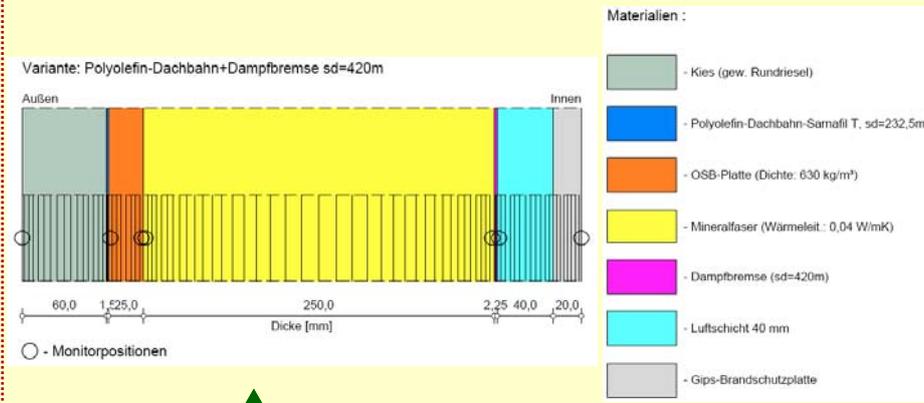
$$\lambda_f = \lambda_{tr} \cdot F_m$$

2008-03-13

Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung

35

Beispiel 3.1 (5 Jahre): Dach-Leichtkonstruktion mit MW-Dämmung – Var. 1: Dampfbremse PE-Folie ($s_d = 420 \text{ m}$)

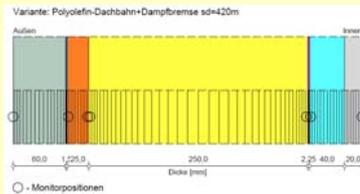


2008-03-13

Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung

36

Beispiel 3.1 (5 Jahre): Dach-Leichtkonstr + MW – Var. 1: PE-Folie ($s_d = 420 \text{ m}$)



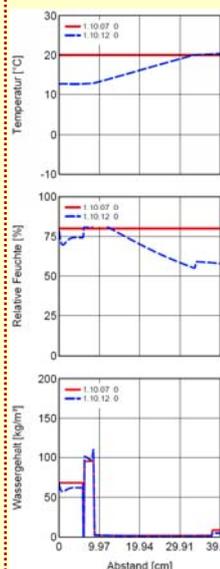
Ergebnisse der letzten Rechnung

Schicht / Material	Wassergehalt [kg/m³]			
	Anfang Rechn.	Ende Rechn.	Min.	Max.
Kies (gewaschener Rundkies)	68,00	60,68	39,03	79,64
Polyolefin-Dachbahn (zB. Sarnafil T), $s_d = 232,5 \text{ m}$	0,00	0,00	0,00	0,00
OSB-Platte (630 kg/m³)	95,00	100,38	95,00	106,75
Mineralfaser-WD ($\lambda = 0,04 \text{ W/mK}$)	1,79	1,17	0,60	1,79
PE-Dampfbremse ($s_d = 420 \text{ m}$)	0,00	0,00	0,00	0,00
Luftschicht (40 mm)	1,88	0,69	0,35	1,88
Gips-Brandschutzplatte	8,65	5,01	3,53	8,65

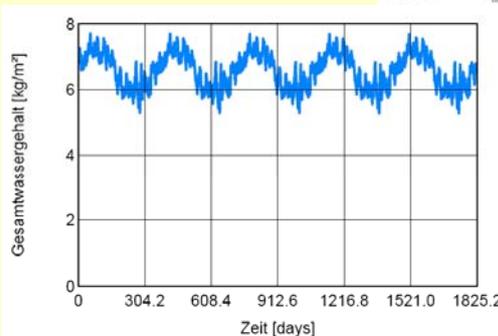
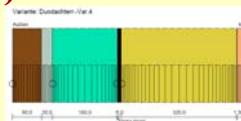
2008-03-13

Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung

37



Beispiel 3.1 (5 Jahre): Dach-Leichtkonstr. +MW – Var. 1: PE-Folie ($s_d = 420 \text{ m}$)

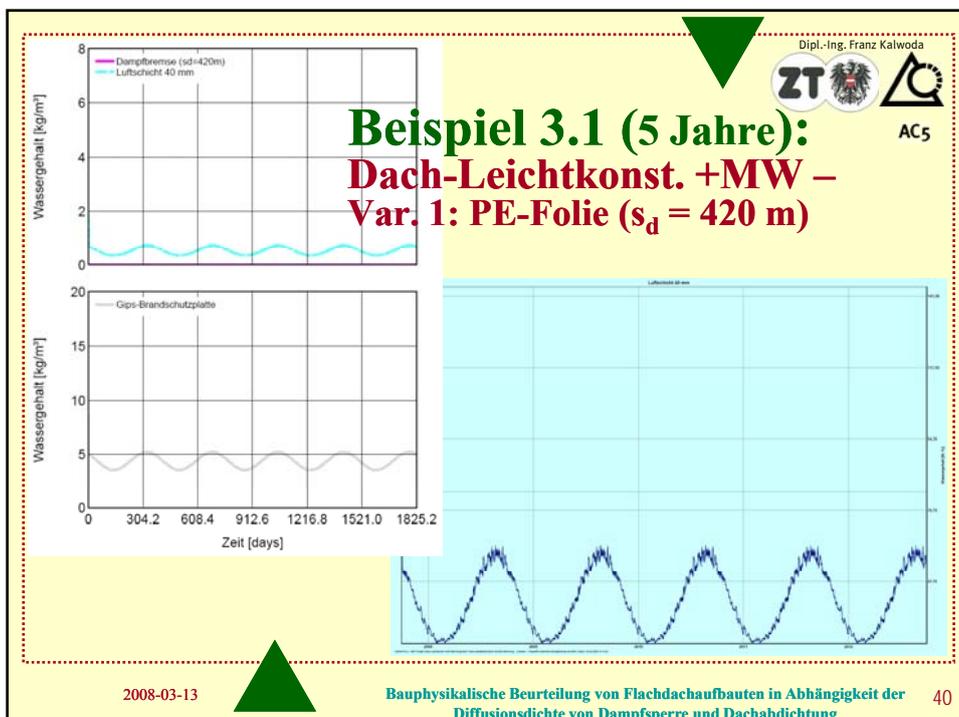
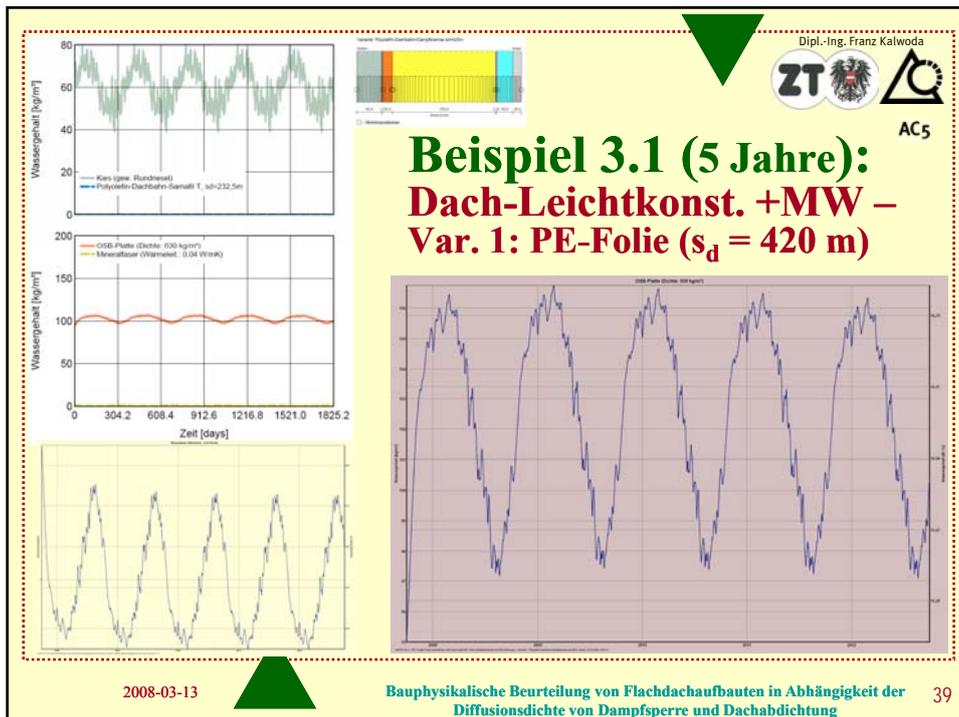


2008-03-13

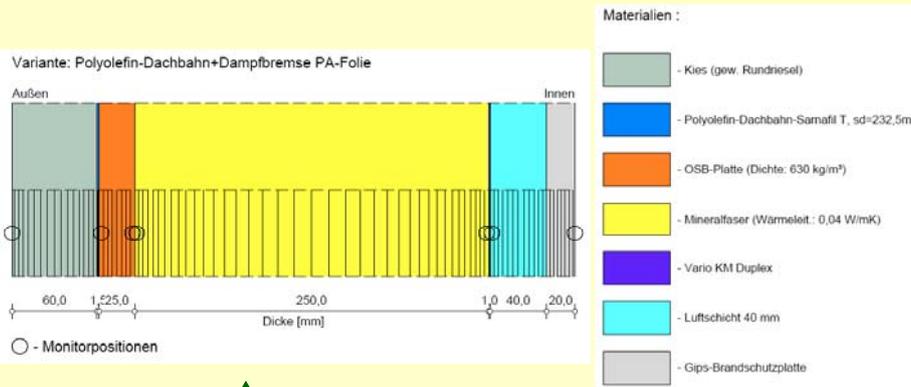
Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung

38





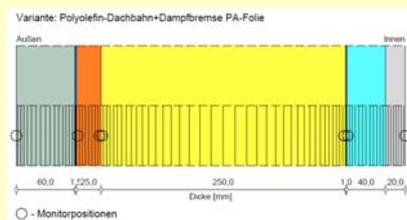
Beispiel 3.2 (5 Jahre): Dach-Leichtkonstruktion mit MW-Dämmung – Var. 2: Dampfbremse PA-Folie



2008-03-13

Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung 41

Beispiel 3.2 (5 Jahre): Dach-Leichtkonstr + MW – Var. 2: PA-Folie

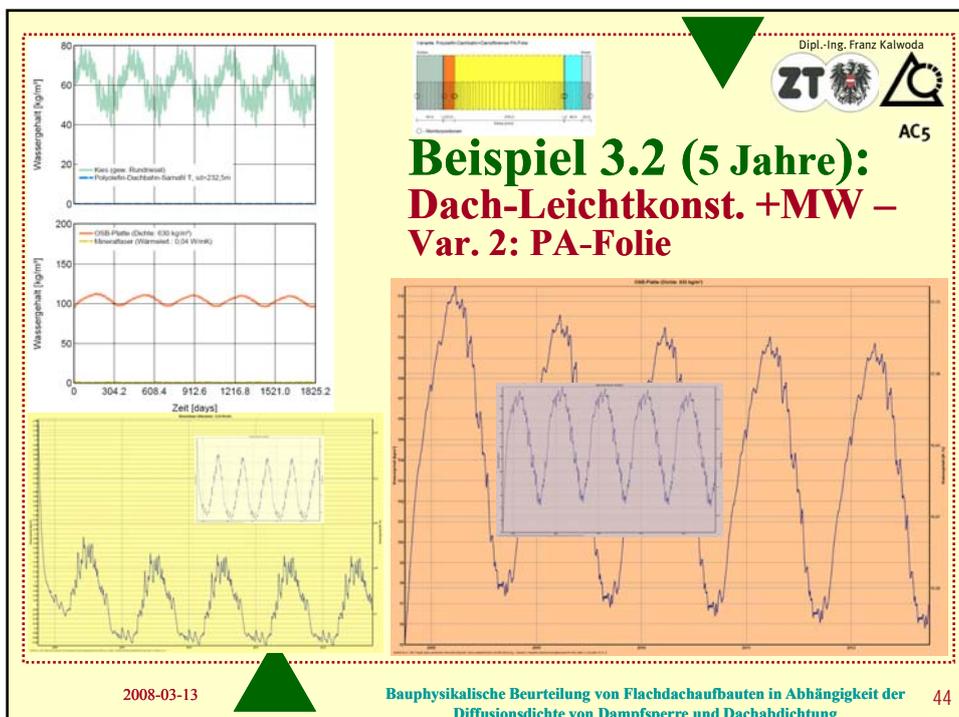
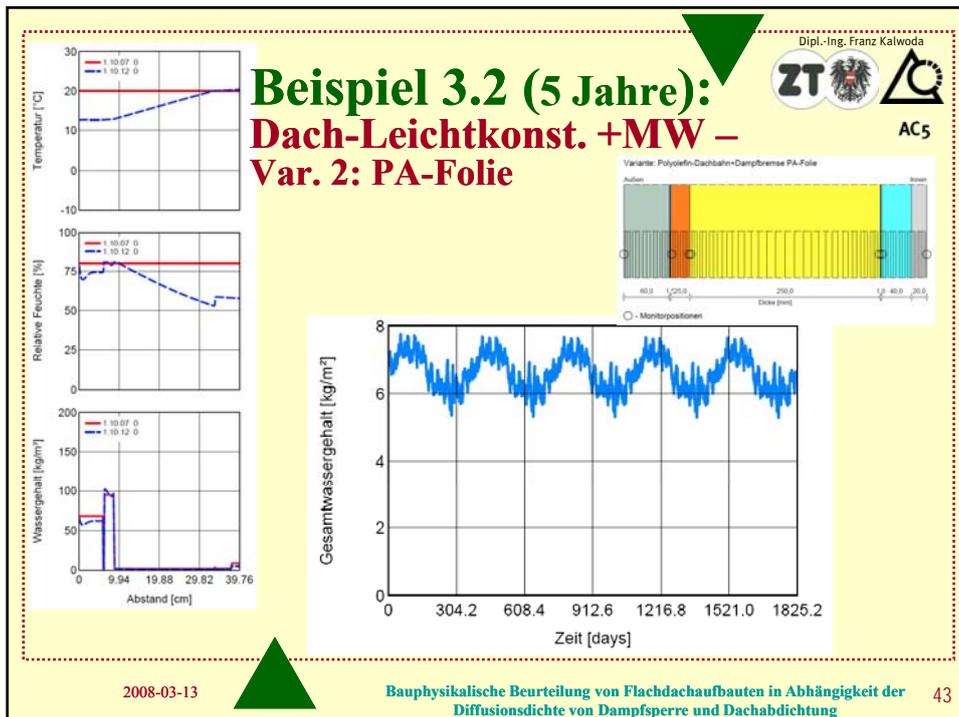


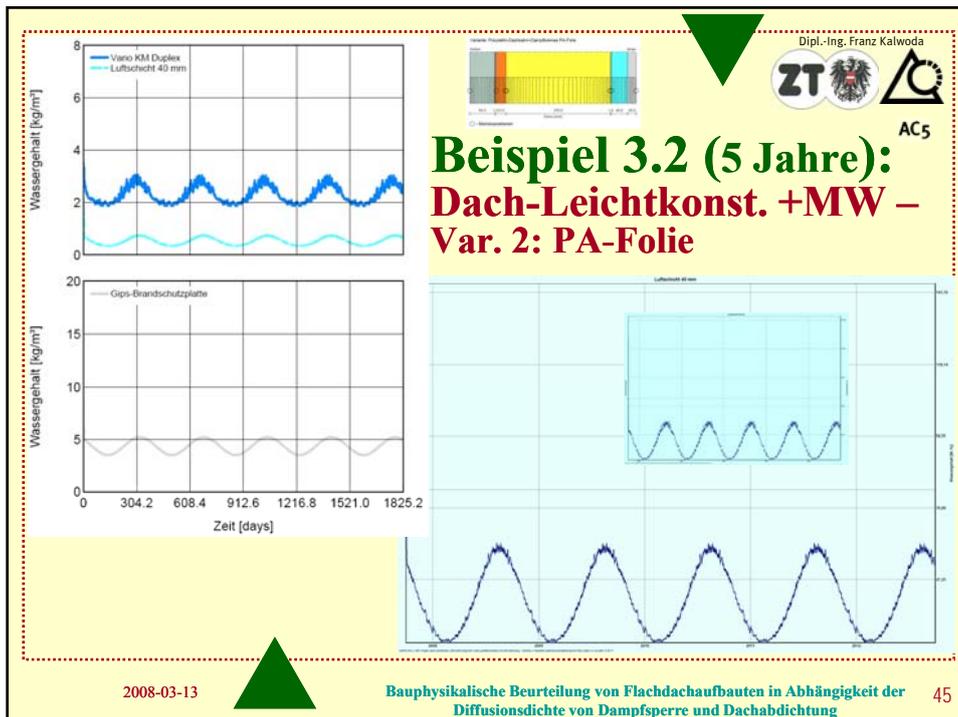
Ergebnisse der letzten Rechnung

Schicht / Material	Wassergehalt [kg/m ³]			
	Anfang Rechn.	Ende Rechn.	Min.	Max.
Kies (gewaschener Rundkies)	68,00	60,68	39,05	79,60
Polyolefin-Dachbahn (zB. Sarnafil T), $s_d = 232,5$ m	0,00	0,00	0,00	0,00
OSB-Platte (630 kg/m ³)	95,00	97,05	95,00	112,46
Mineralfaser-WD ($\lambda = 0,04$ W/mK)	1,79	0,98	0,83	1,79
PE-Dampfbremse ($s_d = 420$ m)	3,50	2,43	1,87	3,51
Luftschicht (40 mm)	1,88	0,68	0,34	1,88
Gips-Brandschutzplatte	8,65	5,00	3,52	8,65

2008-03-13

Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung 42





Dipl.-Ing. Franz Kalwoda
 

Beispiel 3 (5 Jahre): Dach-Leichtkonstr. mit MW-Dämmung

◆ Einfluß der Feuchtigkeit auf die Wärmedämmung

Schicht	λ [W/mK]	ρ_{tr} [kg/m³]	3.1: PE-Dampfbremse		3.2: PA-Dampfbremse	
			max. WG [kg/m³]	u_v / ψ_2	max. WG [kg/m³]	u_v / ψ_2
OSB	0,13	630	106,75	0,10675	112,46	0,11246
MW	0,04	30	1,79	0,00179	1,79	0,00179

MW: $\psi_1 = 0$; $\psi_2 = 0,00179$; $F_m = 1,007186$; $\lambda_{tr} = 0,04$ W/mK; $\lambda_f = 0,040287$ ($\approx + 0,72$ %)

$$F_m = e^{f_\psi \cdot (\psi_2 - \psi_1)}$$

$$\lambda_f = \lambda_{tr} \cdot F_m$$

MW: $f_\psi = 4$ m³/m³
 WG ... Wassergehalt
 u_v ... volumbezogener Feuchtigkeitsgehalt
 F_m ... Umrechnungsfaktor für den Feuchtigkeitsgehalt
 f_ψ ... volumbezogener Feuchte-Umrechnungskoeffizient
 ψ ... volumbezogener Feuchtigkeitsgehalt

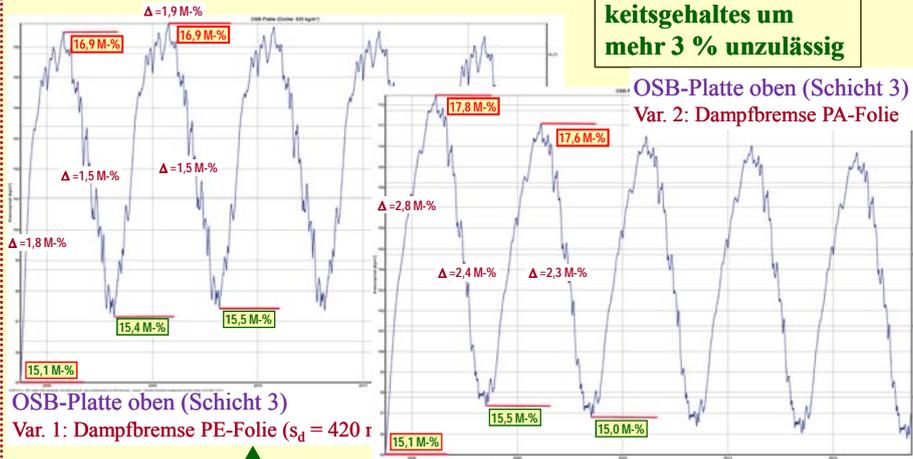
2008-03-13 Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung 46

Beispiel 3 (5 Jahre):

Dach-Leichtkonstruktion mit MW-Dämmung

Anforderung gem. ÖN B 8110-2:
für Holzwerkstoffe →

Erhöhung des masse-
bezogenen Feuchtig-
keitsgehaltes um
mehr 3 % unzulässig

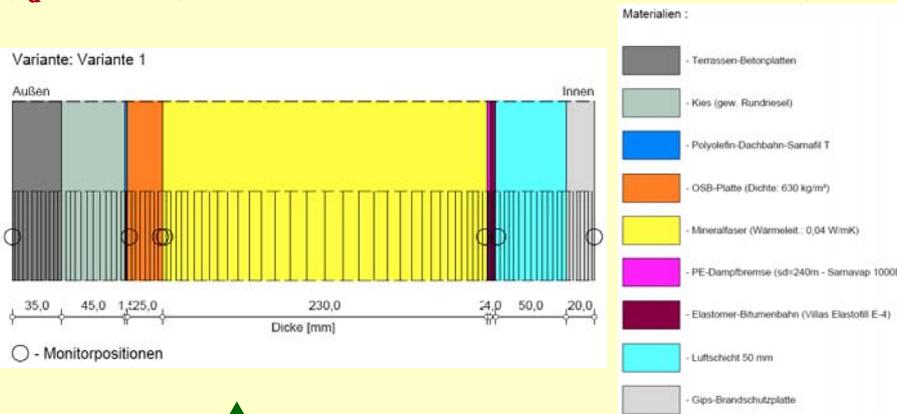


2008-03-13

Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung 47

Beispiel 4.1 (3 Jahre):

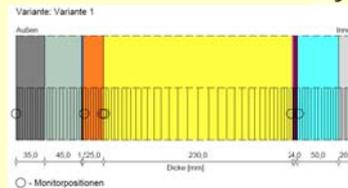
Terrassen-Leichtkonstruktion mit MW-Dämmung – Var. 1: Dampfbremse PE-Folie ($s_d = 240 \text{ m}$) + Elastomerbitumenbahn ($s_d = 120 \text{ m}$)



2008-03-13

Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung 48

Beispiel 4.1 (3 Jahre): Terr.-Leichtkonstr + MW – Var.. 1: PE-F. (sd = 240 m) + E-KV (sd = 120 m)



Ergebnisse der letzten Rechnung

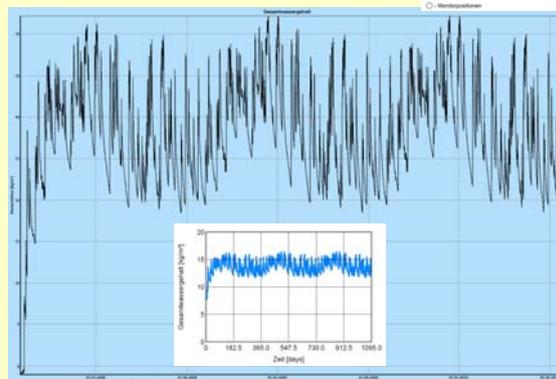
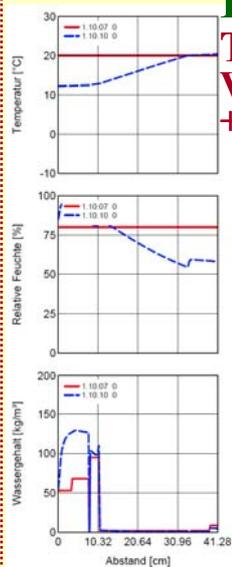
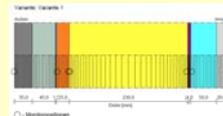
Schicht / Material	Wassergehalt [kg/m³]			
	Anfang Rechn.	Ende Rechn.	Min.	Max.
Terrassen-Betonplatten	53,00	109,36	51,22	174,87
Kies (gewaschener Rundkies)	68,00	128,09	67,93	164,72
Polyolefin-Dachbahn (zB. Sarnafil T), $s_d = 232,5$ m	0,00	0,00	0,00	0,00
OSB-Platte (630 kg/m³)	95,00	101,85	95,00	106,82
Mineralfaser-WD ($\lambda = 0,04$ W/mK)	1,79	1,13	0,58	1,79
PE-Dampfbremse ($s_d = 240$ m)	0,00	0,00	0,00	0,00
Elastomer-Bitumenbahn (E-KV, $s_d = 120$ m)	0,00	0,00	0,00	0,00
Luftschicht (50 mm)	1,88	0,69	0,35	1,88
Gips-Brandschutzplatte	8,65	5,02	3,54	8,65

2008-03-13

Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung 49



Beispiel 4.1 (3 Jahre): Terr.-Leichtkonstr. + MW – Var. 1: PE-F. (sd = 240 m) + E-KV (sd = 120 m)



2008-03-13

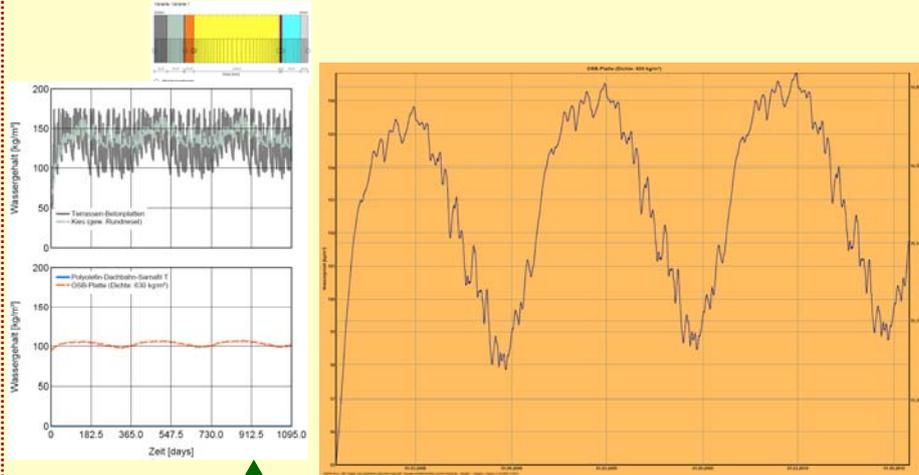
Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung 50



Beispiel 4.1 (3 Jahre):

Terr.-Leichtkonstr + MW –

Var. 1: PE-F. (sd = 240 m) + E-KV (sd = 120 m)



2008-03-13

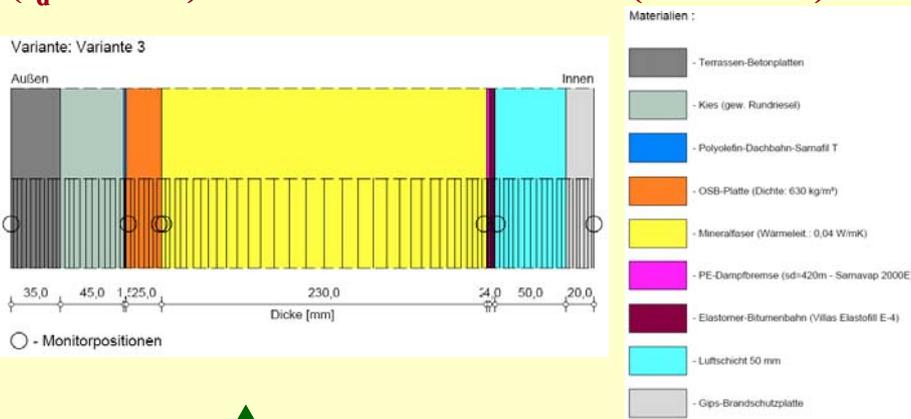
Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung

51

Beispiel 4.2 (10 Jahre):

Terrassen-Leichtkonstruktion mit

MW-Dämmung – Var. 2: Dampfbremse PE-Folie (s_d = 420 m) + Elastomerbitumenbahn (sd = 120 m)

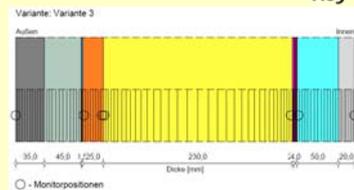


2008-03-13

Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung

52

Beispiel 4.2 (10 Jahre): Terr.-Leichtkonstr + MW – Var. 2: PE-F. (sd = 420 m) + E-KV (sd = 120 m)



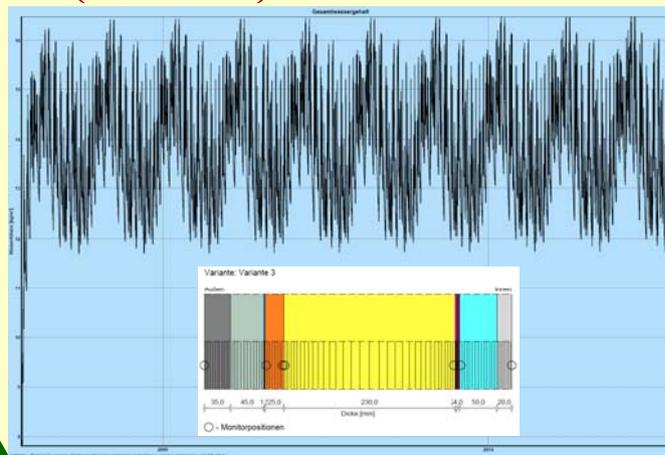
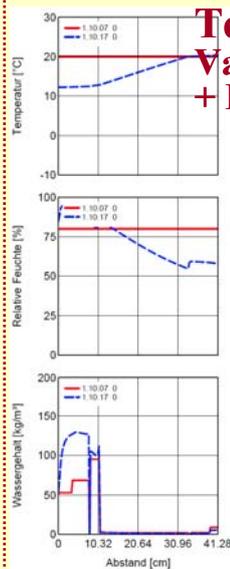
Ergebnisse der letzten Rechnung

Schicht / Material	Wassergehalt [kg/m³]			
	Anfang Rechn.	Ende Rechn.	Min.	Max.
Terrassen-Betonplatten	53,00	109,36	51,22	174,87
Kies (gewaschener Rundkies)	68,00	128,10	67,93	164,72
Polyolefin-Dachbahn (zB. Sarnafil T), $s_d = 232,5$ m	0,00	0,00	0,00	0,00
OSB-Platte (630 kg/m³)	95,00	103,31	95,00	108,37
Mineralfaser-WD ($\lambda = 0,04$ W/mK)	1,79	1,15	0,58	1,79
PE-Dampfbremse ($s_d = 240$ m)	0,00	0,00	0,00	0,00
Elastomer-Bitumenbahn (E-KV, $s_d = 120$ m)	0,00	0,00	0,00	0,00
Luftschicht (50 mm)	1,88	0,69	0,35	1,88
Gips-Brandschutzplatte	8,65	5,02	3,54	8,65

2008-03-13

Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung 53

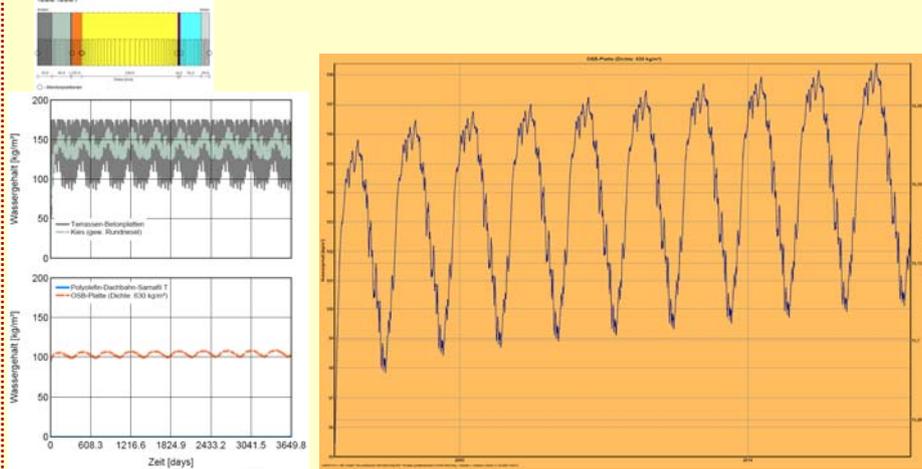
Beispiel 4.2 (10 Jahre): Terr.-Leichtkonstr + MW – Var. 2: PE-F. (sd = 420 m) + E-KV (sd = 120 m)



2008-03-13

Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung 54

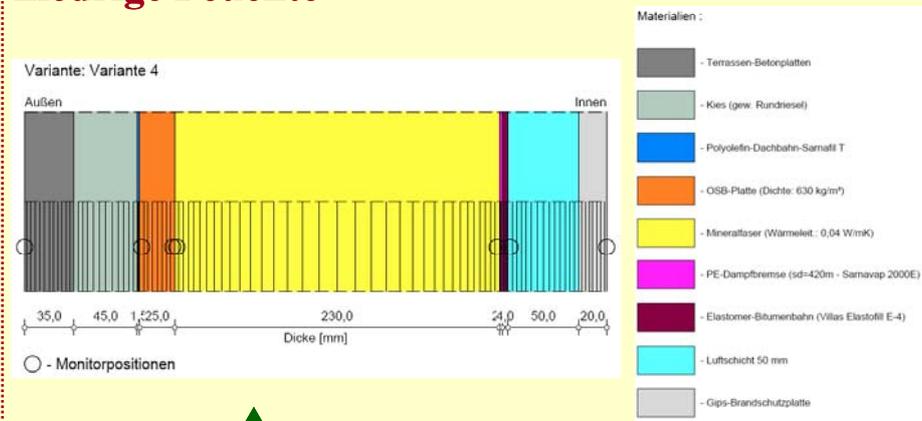
Beispiel 4.2 (10 Jahre): Terr.-Leichtkonstr + MW – Var. 2: PE-F. (sd = 420 m) + E-KV (sd = 120 m)



2008-03-13

Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung 55

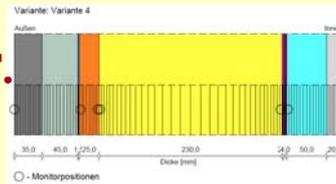
Beispiel 4.3 (10 Jahre): Terrassen-Leichtkonstruktion mit MW – AC5 Var. 3: PE-Folie ($s_d = 420 \text{ m}$) + E-KV ($s_d = 120 \text{ m}$) niedrige Feuchte



2008-03-13

Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung 56

Beispiel 4.3 (10 Jahre): Terr.-Leichtkonstr + MW – Var. 3: PE-F. (sd = 420 m) + E-KV (sd = 120 m) – niedr. F.

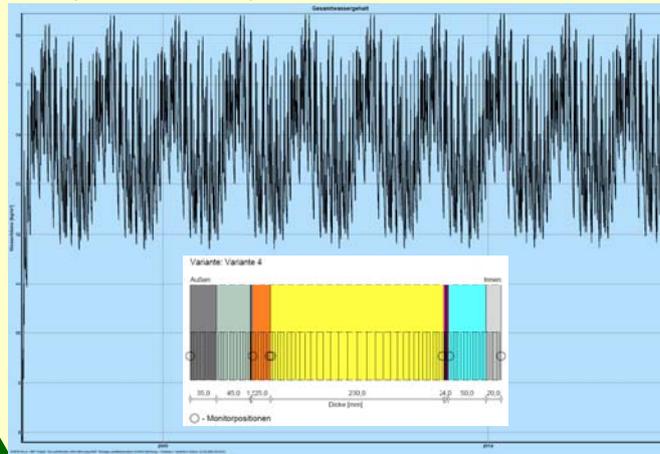
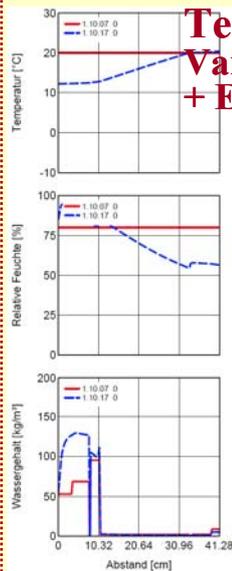


Ergebnisse der letzten Rechnung

Schicht / Material	Wassergehalt [kg/m³]			
	Anfang Rechn.	Ende Rechn.	Min.	Max.
Terrassen-Betonplatten	53,00	109,36	51,22	174,87
Kies (gewaschener Rundkies)	68,00	128,10	67,93	164,72
Polyolefin-Dachbahn (zB. Sarnafil T), $s_d = 232,5$ m	0,00	0,00	0,00	0,00
OSB-Platte (630 kg/m³)	95,00	102,80	95,00	107,86
Mineralfaser-WD ($\lambda = 0,04$ W/mK)	1,79	1,14	0,57	1,79
PE-Dampfbremse ($s_d = 240$ m)	0,00	0,00	0,00	0,00
Elastomer-Bitumenbahn (E-KV, $s_d = 120$ m)	0,00	0,00	0,00	0,00
Luftschicht (50 mm)	1,88	0,65	0,23	1,88
Gips-Brandschutzplatte	8,65	4,90	2,67	8,65

2008-03-13

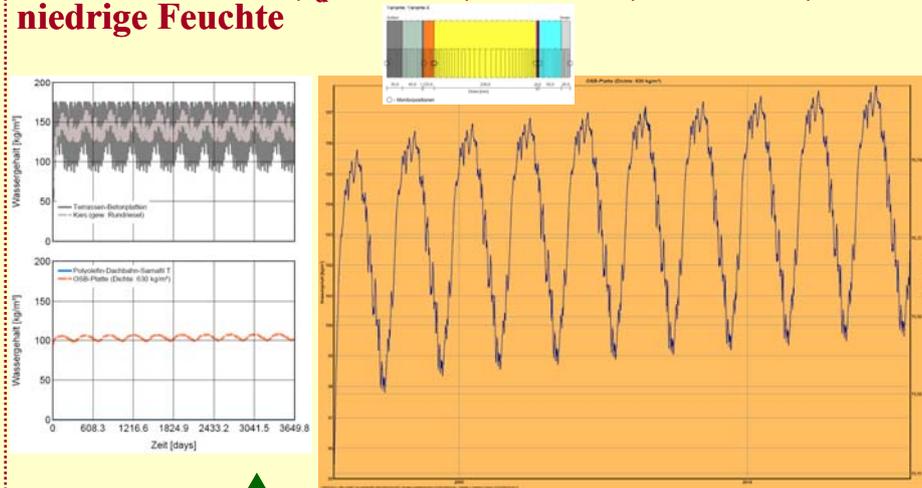
Beispiel 4.3 (10 Jahre): Terr.-Leichtkonstr + MW – Var. 3: PE-F. (sd = 420 m) + E-KV (sd = 120 m) – niedr. F.



2008-03-13

Beispiel 4.3 (10 Jahre):

**Terrassen-Leichtkonstruktion mit MW –
Var. 3: PE-Folie ($s_d = 420 \text{ m}$) + E-KV ($s_d = 120 \text{ m}$)
niedrige Feuchte**

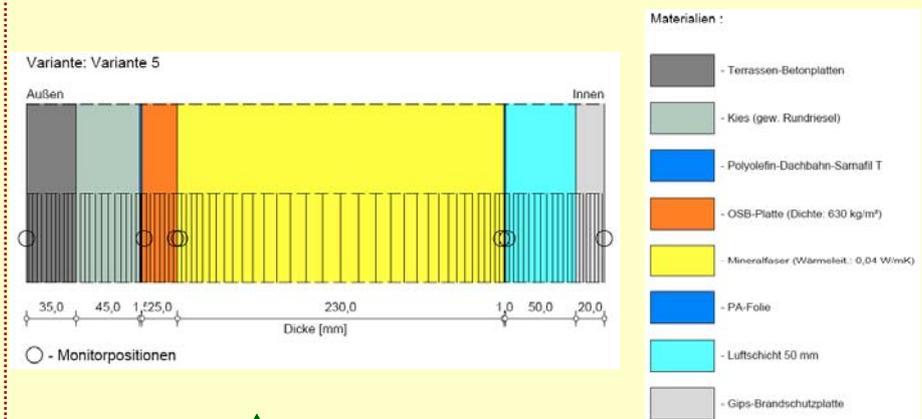


2008-03-13

Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung 59

Beispiel 4.4 (10 Jahre):

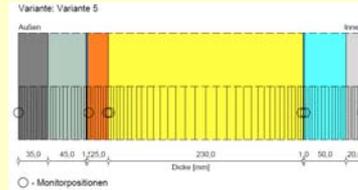
**Terrassen-Leichtkonstruktion mit MW –
Var. 4: PA-Folie – niedrige Feuchte**



2008-03-13

Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung 60

Beispiel 4.4 (10 Jahre): Terr.-Leichtkonstr + MW – Var. 4: PA-Folie – niedrige Feuchte



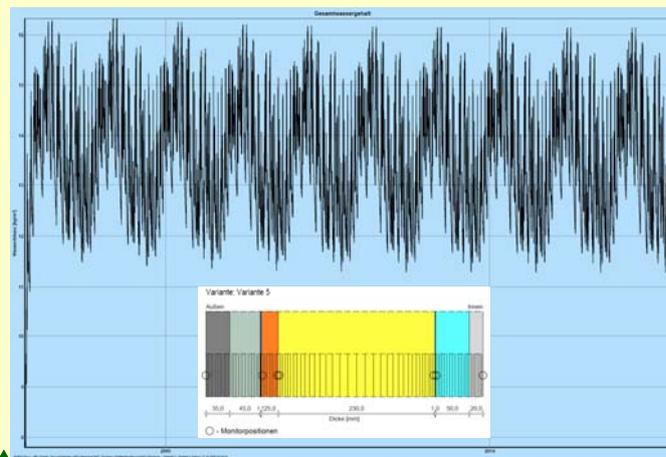
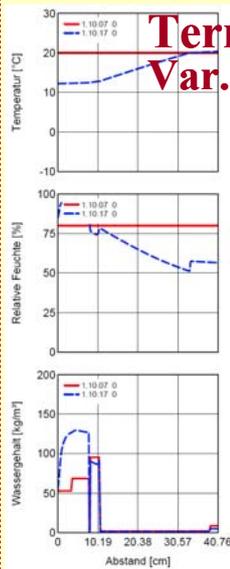
Ergebnisse der letzten Rechnung

Schicht / Material	Wassergehalt [kg/m³]			
	Anfang Rechn.	Ende Rechn.	Min.	Max.
Terrassen-Betonplatten	53,00	109,35	51,22	174,87
Kies (gewaschener Rundkies)	68,00	128,09	67,93	164,51
Polyolefin-Dachbahn (zB. Sarnafil T), $s_d = 232,5$ m	0,00	0,00	0,00	0,00
OSB-Platte (630 kg/m³)	95,00	88,20	86,49	108,03
Mineralfaser-WD ($\lambda = 0,04$ W/mK)	1,79	0,86	0,60	1,79
PA-Folie (Dampfbremse)	0,44	0,21	0,09	0,44
Luftschicht (50 mm)	1,88	0,64	0,23	1,88
Gips-Brandschutzplatte	8,65	4,88	2,66	8,65

2008-03-13

Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung 61

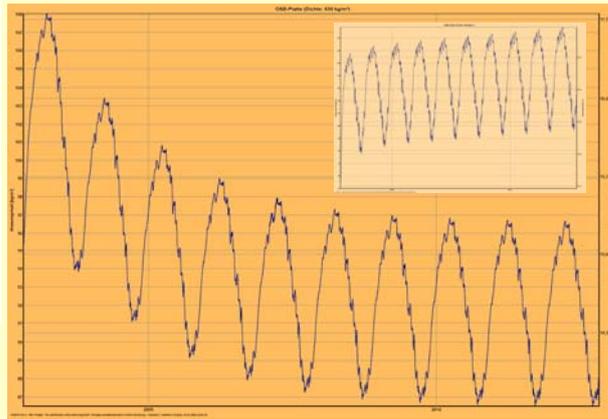
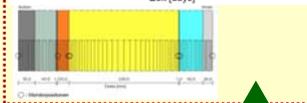
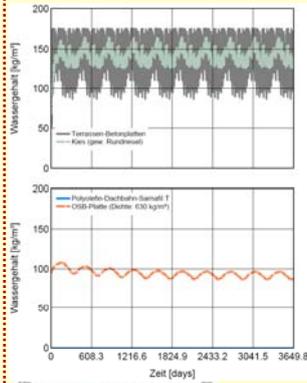
Beispiel 4.4 (10 Jahre): Terr.-Leichtkonstr + MW – Var. 4: PA-Folie – niedrige Feuchte



2008-03-13

Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung 62

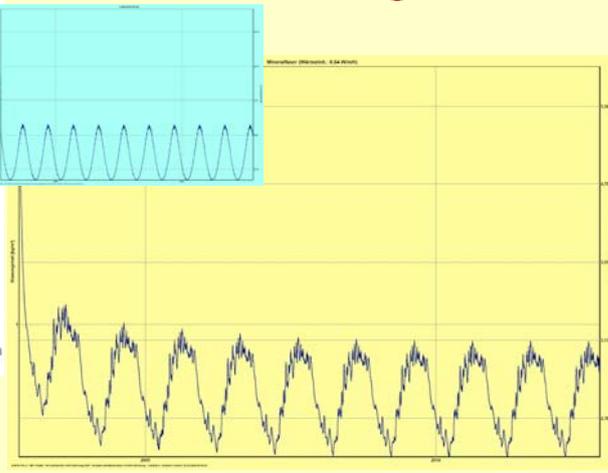
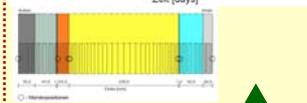
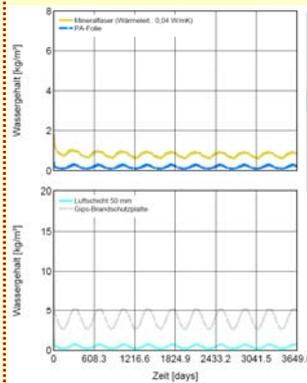
Beispiel 4.4 (10 Jahre): Terrassen-Leichtkonstruktion mit MW – Var. 4: PA-Folie – niedrige Feuchte



2008-03-13

Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung 63

Beispiel 4.4 (10 Jahre): Terrassen-Leichtkonstruktion mit MW – Var. 4: PA-Folie – niedrige Feuchte



2008-03-13

Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung 64

Beispiel 4 (3 + 10 Jahre): Terrassen-Leichtkonstr. + MW-Dämmung

◆ Einfluß der Feuchtigkeit auf die Wärmedämmung

Schicht	λ [W/mK]	ρ_{tr} [kg/m³]	4.1: norm. F. + PE-Dampfbf. ($s_d = 240$ m) (3 Jahre)		4.2: norm. F. + PE-Dampfbf. ($s_d = 420$ m) (10 Jahre)		4.3: niedr. F. + PE-Dampfbf. ($s_d = 420$ m) (10 Jahre)		4.4: niedr. F. + PA-Dampfbremse (10 Jahre)	
			max. WG [kg/m³]	u_V / ψ_2	max. WG [kg/m³]	u_V / ψ_2	max. WG [kg/m³]	u_V / ψ_2	max. WG [kg/m³]	u_V / ψ_2
OSB	0,13	630	106,82	0,10682	108,37	0,10837	107,86	0,10786	108,03	0,10803
MW	0,04	30	1,79	0,00179	1,79	0,00179	1,79	0,00179	1,79	0,00179

$$F_m = e^{f_\psi \cdot (\psi_2 - \psi_1)}$$

$$\lambda_f = \lambda_{tr} \cdot F_m$$

MW / 4.1 ... 4.4: $f_\psi = 4 \text{ m}^3/\text{m}^3$; $\psi_1 = 0$; $\psi_2 = 0,00179$; $F_m = 1,007186$;
 $\lambda_{tr} = 0,04 \text{ W/mK}$; $\lambda_f = 0,040287$ ($\approx + 0,72 \%$)

WG ... Wassergehalt
 u_V ... volumbezogener Feuchtigkeitsgehalt
 F_m ... Umrechnungsfaktor für den Feuchtigkeitsgehalt
 f_ψ ... volumbezogener Feuchte-Umrechnungskoeffizient
 ψ ... volumbezogener Feuchtigkeitsgehalt

2008-03-13

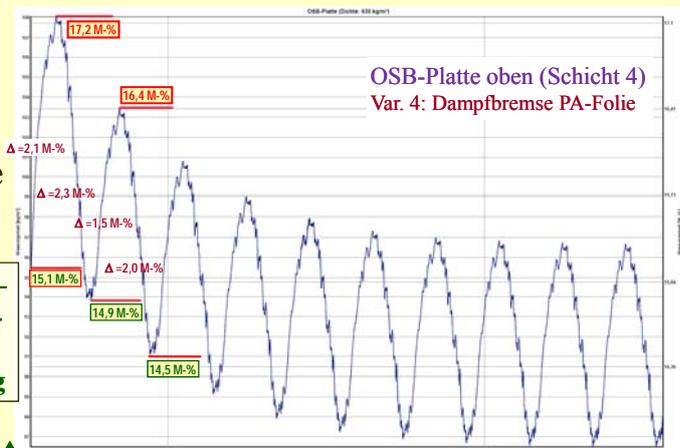
Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der
 Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung 65

Beispiel 4.4 (10 Jahre): Terrassen-Leichtkonstr. + MW-Dämmung

Anforderung
 gem. ÖN
 B 8110-2: für
 Holzwerkstoffe



Erhöhung des masse-
 bezogenen Feuchtig-
 keitsgehaltes um
 mehr 3 % unzulässig



2008-03-13

Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der
 Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung 66

Normen, Literatur und Berechnungsgrundlage (1)



- (1) **ÖN B 6000: Werkmäßig hergestellte Dämmstoffe für den Wärme- und/oder Schallschutz im Hochbau – Arten und Anwendung**
- (2) **ÖN B 6015-2: Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit mit dem Plattengerät – Teil 2: Ermittlung der baustoffspezifischen Wärmeleitfähigkeit und der Referenz-Wärmeleitfähigkeit für homogene Baustoffe**
- (3) **ÖN B 6035: Dämmstoffe für den Wärme- und/oder Schallschutz im Hochbau – Gebundene Mineralwolle MW**

2008-03-13

Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung 68

Normen, Literatur und Berechnungsgrundlage (2)



- (4) **ÖN B 6053: Dämmstoffe für den Wärme- und/oder Schallschutz im Hochbau – Extrudierter Polystyrol-Schaumstoff XPS**
- (5) **ÖN B 8110-2: Wärmeschutz im Hochbau – Teil 2: Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz**
- (6) **ÖN EN ISO 6946: Bauteile – Wärmedurchlaßwiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren**

2008-03-13

Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung 69

Normen, Literatur und Berechnungsgrundlage (3)



- (7) **ÖN EN ISO 13788: Wärme- und feuchtigkeits-technisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen – raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren**
- (8) **EN ISO 10456: Baustoffe und -produkte – Verfahren zur Bestimmung der wärmeschutztechnischen Nenn- und Bemessungswerte**
- (9) **ÖN EN 13162: Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus Mineralwolle (MW) - Spezifikation**
- (10) **ÖN EN 13164: Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus extrudiertem Polystyrolschaum (XPS) - Spezifikation**

2008-03-13

Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung

70

Normen, Literatur und Berechnungsgrundlage (5)



- (11) **[1]: Spilker, R. / Oswald, R.: Flachdachsanieung über durchfeuchteter Dämmschicht (Bauforschung für die Praxis, Band 61), Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag 2003**
- (12) **[2]: Künzel, H.M.: Simultaneous Heat and Moisture Transport in Building Components. One- and two-dimensional calculation using simple parameters. IRB Verlag 1995**
- (13) **[3]: Holm, A. / Krus, M. / Künzel, H.M.: Feuchtetransport über Materialgrenzen im Mauerwerk, Bauinstandsetzen 2 (1996), H. 5, 375-396.**

2008-03-13

Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung

71

Normen, Literatur und Berechnungsgrundlage (6)



- (14) [4]: Krus, M.: **Moisture Transport and Storage Coefficients of Porous Mineral Building Materials. Theoretical Principles and New Test Methods.** Fraunhofer IRB Verlag, 1996
- (15) [5]: Krus, M. / Künzel H.M.: **Flüssigtransport im Übersättigungsbereich.** IBP-Mitteilung 22 (1995), Nr. 270.
- (16) [6]: Erhorn, H. / Szerman, M.: **Überprüfung der Wärme- und Feuchteübergangskoeffizienten in Außenwandecken von Wohnbauten.** Gesundheitsingenieur 113 (1992), H. 4, S. 177-186
- (17) **WUFI-pro Vers. 4.01 : Programm zur Berechnung des instationären gekoppelten Wärme- und Feuchtigkeits- transports in eindimensionalen mehrschichtigen Bauteilen**

2008-03-13

Bauphysikalische Beurteilung von Flachdachaufbauten in Abhängigkeit der Diffusionsdichte von Dampfsperre und Dachabdichtung

72