

Ökonomische Flachdachsanieierung – Beibehalten der durchfeuchteten Wärmedämmstoffe

1. IFB-Symposium Flachdachbau
& Bauwerksabdichtung
2006-03-02



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

Ökonomische Flachdachsanieierung – Beibehalten der durchfeuchteten Wärmedämmstoffe

Stationäre – instationäre Berechnungsverfahren

Dipl.-Ing. Franz Kalwoda



AC5

Stationäres 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)

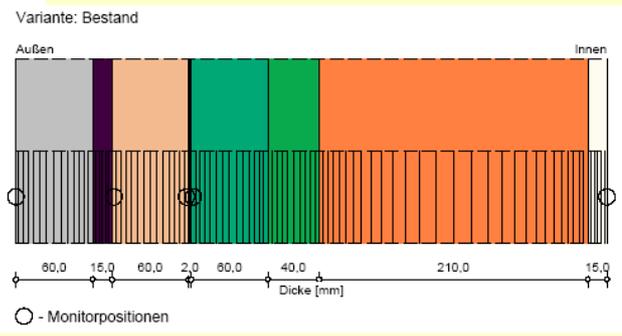
- ◆ Berechnung des gekoppelten Wärme- und Feuchtigkeitstransportes unter Berücksichtigung
 - von λ -feuchtigkeitsabhängig
 - der Strahlungseinflüsse
 - Der Materialfeuchtigkeit
 - der Niederschläge
 - der Diffusionsvorgänge
 - der Flüssigwassertransportvorgänge
 - ▼ kapillares Saugen
 - ▼ kapillare Weiterverteilung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

2006-03-02

2

Beispiel 1 (5 Jahre): (vor der Sanierung - Aufbau)

- Materialien :
-  - Kies
 -  - bitum. Abdichtung
 -  - EPS (Wärmeleit.: 0,038 W/mK - Dichte: 20 kg/m³)
 -  - bitum. Dachbahn (Dampfbremse)
 -  - Gefällebeton
 -  - Aufbeton
 -  - Ziegel-Decke
 -  - Innenputz (Kalk-Gips)



2006-03-02

3

Beispiel 1 (5 Jahre): (vor der Sanierung - Rechenergebnisse)

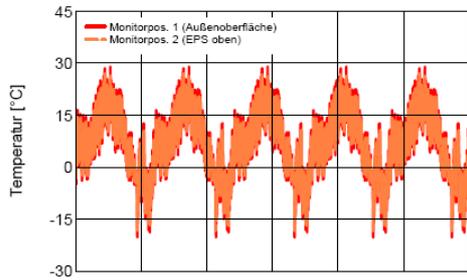
Ergebnisse der letzten Rechnung

Wassergehalt [kg/m²]

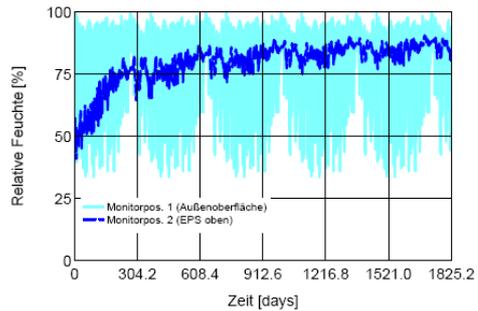
Schicht/Material	Anfang Rech.	Ende Rech.	Min.	Max.
Kies	10,00	13,33	6,39	24,54
bitum. Abdichtung	0,00	0,00	0,00	0,00
EPS (Wärmeleit.: 0,038 W/mK - Dichte: 20 kg/m³)	0,40	2,84	0,40	2,84
bitum. Dachbahn (Dampfbremse)	0,00	0,00	0,00	0,01
Gefällebeton	150,00	85,36	85,36	150,84
Aufbeton	150,00	82,68	82,68	150,97
Ziegel-Decke	100,00	29,42	28,96	100,00
Innenputz (Kalk-Gips)	8,00	8,46	3,99	67,90

2006-03-02

4

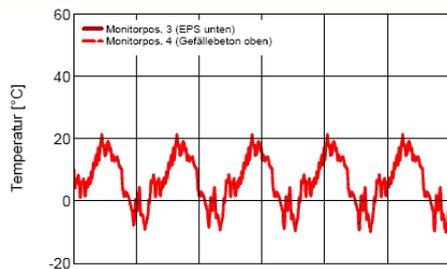


Beispiel 1 (5 Jahre): (vor der Sanierung) – Lufttemperatur + rel.LF. Pos. 1+2

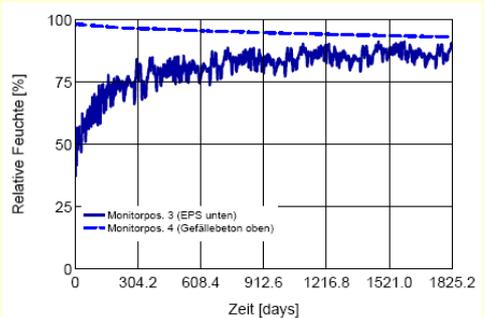


2006-03-02

5

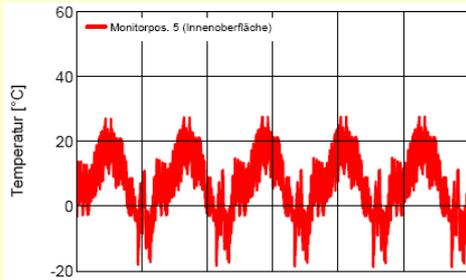


Beispiel 1 (5 Jahre): (vor der Sanierung) – Lufttemperatur + rel.LF. Pos. 3+4

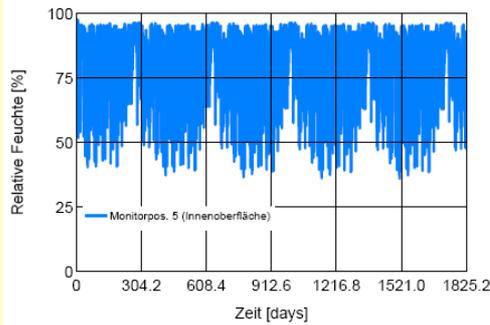


2006-03-02

6



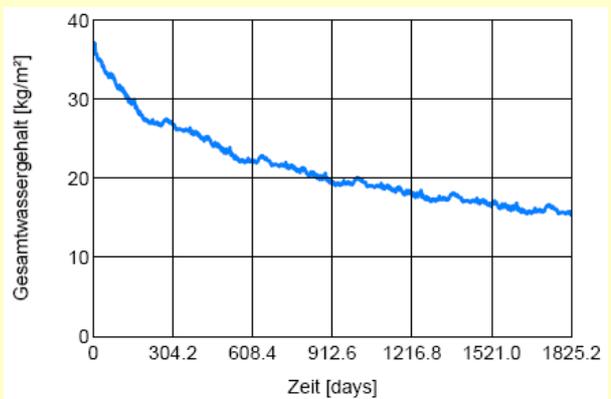
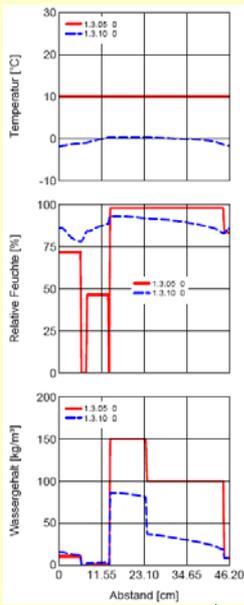
Beispiel 1 (5 Jahre): (vor der Sanierung) – Lufttemperatur + rel.LF. Pos. 5



2006-03-02

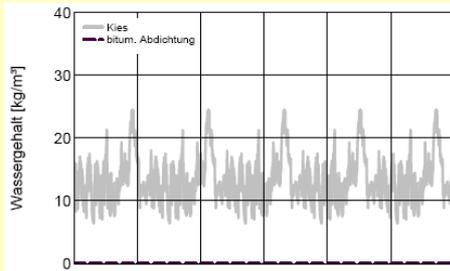
7

Beispiel 1 (5 Jahre): (vor der Sanierung) Profile + Gesamtwassergehalt

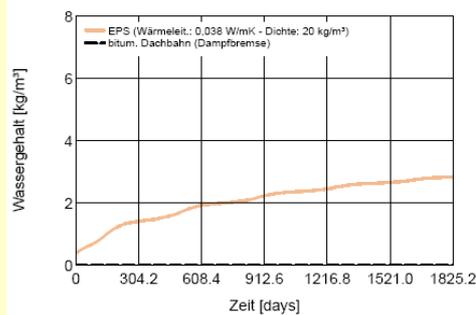


2006-03-02

8

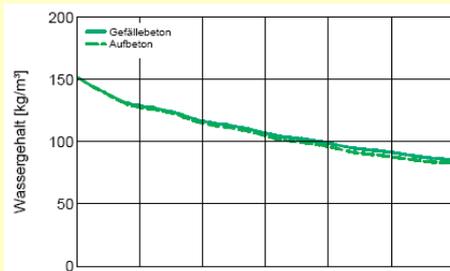


**Beispiel 1
(5 Jahre):
(vor der Sanierung) –
Wassergehalt
Schicht 1-4**

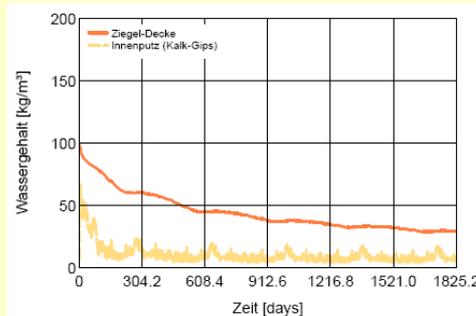


2006-03-02

9



**Beispiel 1
(5 Jahre):
(vor der Sanierung) –
Wassergehalt
Schicht 5-8**



2006-03-02

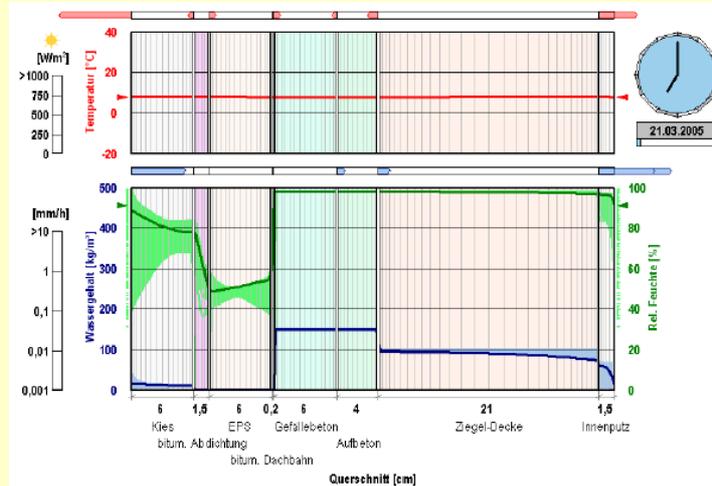
10

Beispiel 1 (5 Jahre): (vor der Sanierung – Film 21. März)

Dipl.-Ing. Franz Kalwoda



AC5



2006-03-02

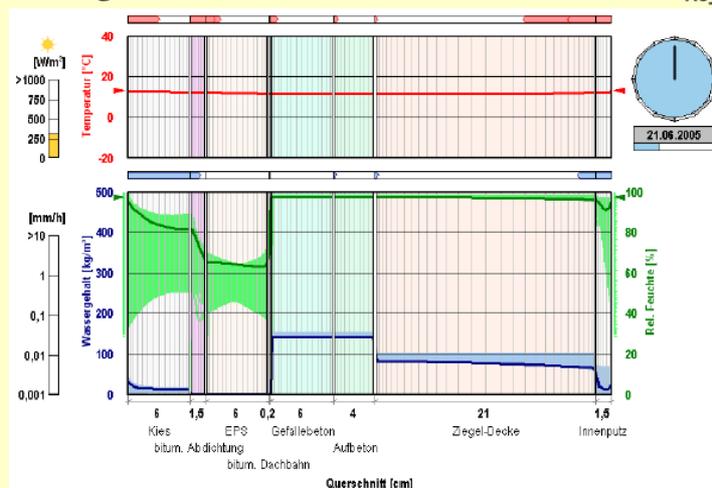
11

Beispiel 1 (5 Jahre): (vor der Sanierung – Film 21. Juni)

Dipl.-Ing. Franz Kalwoda



AC5



2006-03-02

12

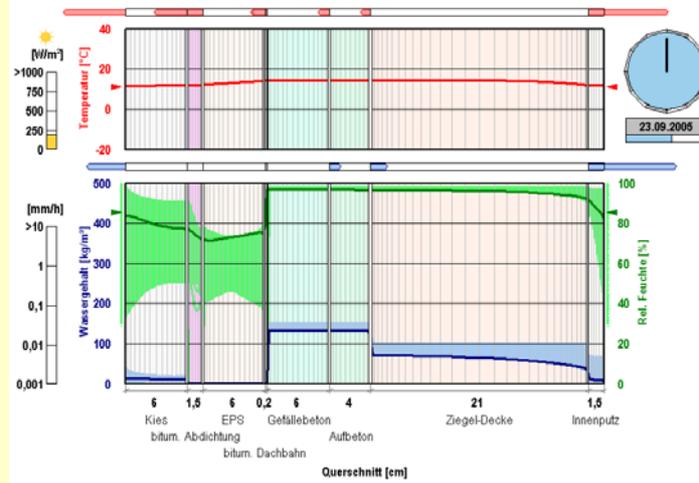
Ökonomische Flachdachsanieierung – Beibehalten der durchfeuchteten Wärmedämmstoffe

Beispiel 1 (5 Jahre): (vor der Sanierung – Film 23. September)

Dipl.-Ing. Franz Kalwoda



AC5



2006-03-02

13

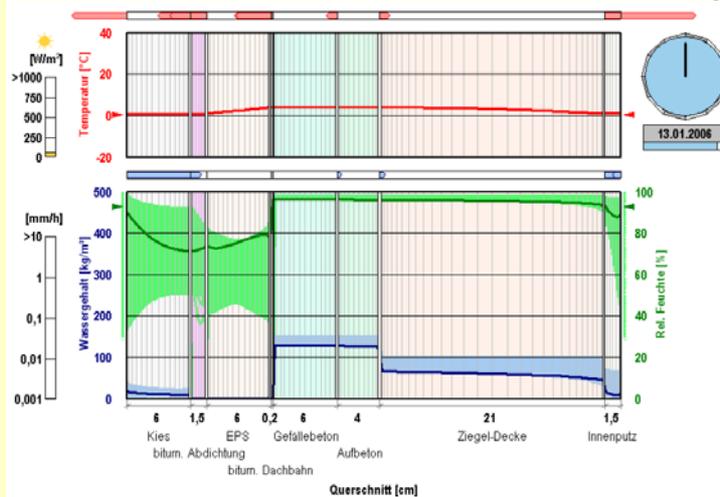
Ökonomische Flachdachsanieierung – Beibehalten der durchfeuchteten Wärmedämmstoffe

Beispiel 1 (5 Jahre): (vor der Sanierung – Film 13. Jänner)

Dipl.-Ing. Franz Kalwoda



AC5

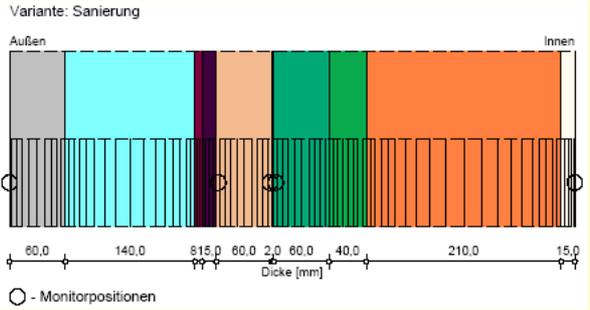


2006-03-02

14

Beispiel 1 (5 Jahre): (nach der Sanierung - Aufbau)

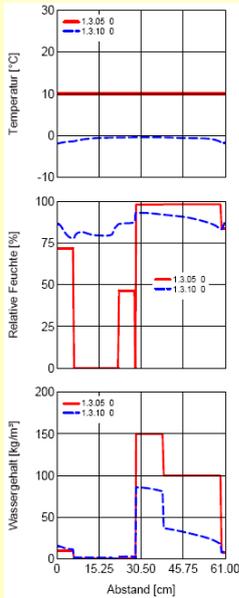
- Materialien:
- Kies
 - Extr. Polystyrol FCKW-frei (XPS-G gem. ON B 8053)
 - Polymer-Bitumendachbahnen
 - bitum. Abdichtung
 - EPS (Wärmeleit.: 0,038 W/mK - Dichte: 20 kg/m³)
 - bitum. Dachbahn (Dampfbremse)
 - Gefällebeton
 - Aufbeton
 - Ziegel-Decke
 - Innenputz (Kalk-Gips)



2006-03-02

15

Beispiel 1 (5 Jahre): (nach der Sanierung - Aufbau)

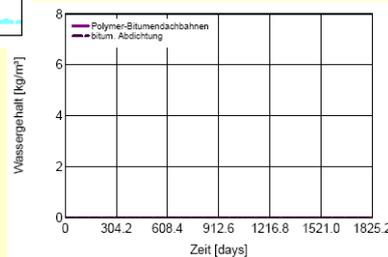
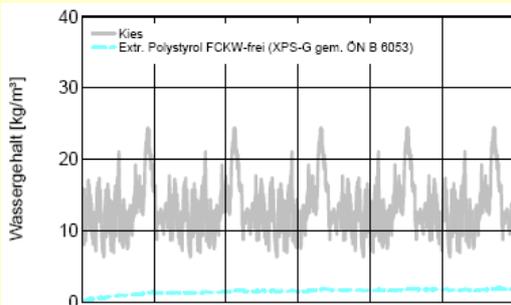


Wassergehalt [kg/m³]

Schicht/Material	Anfang Rech.	Ende Rech.	Min.	Max.
Kies	10,00	13,24	6,30	24,47
Extr. Polystyrol FCKW-frei (XPS-G gem. ON B 8053)	0,00	1,80	0,00	1,97
Polymer-Bitumendachbahnen	0,00	0,00	0,00	0,00
bitum. Abdichtung	0,00	0,00	0,00	0,00
EPS (Wärmeleit.: 0,038 W/mK - Dichte: 20 kg/m ³)	0,40	2,87	0,40	2,87
bitum. Dachbahn (Dampfbremse)	0,00	0,00	0,00	0,01
Gefällebeton	150,00	85,30	85,30	150,83
Aufbeton	150,00	82,62	82,62	150,98
Ziegel-Decke	100,00	29,45	29,03	100,00
Innenputz (Kalk-Gips)	8,00	8,80	3,99	86,93

2006-03-02

16



**Beispiel 1 (5 Jahre):
(nach der Sanierung) – Wassergehalt Schicht 1-4**

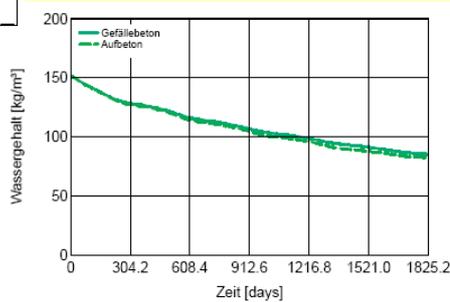
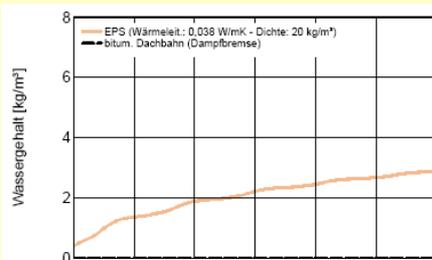
2006-03-02

17

Dipl.-Ing. Franz Kalwoda



AC5



**Beispiel 1 (5 Jahre):
(nach der Sanierung) – Wassergehalt Schicht 5-8**

2006-03-02

18

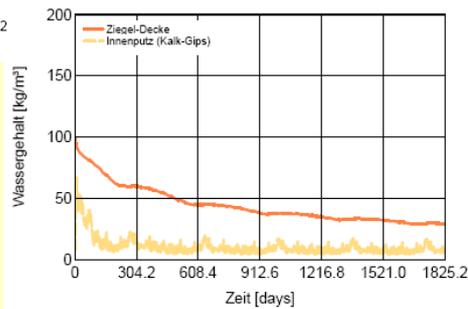
Dipl.-Ing. Franz Kalwoda



AC5



Gesamtwassergehalt



Beispiel 1 (5 Jahre): (nach der Sanierung) – Wassergehalt Schicht 9-10

2006-03-02

19

Beispiel 1 (10 und 15 Jahre): (nach der Sanierung - Aufbau)

Wassergehalt [kg/m ³]				
Schicht/Material	Anfang Rech.	Ende Rech.	Min.	Max.
Kies	10,00	13,24	6,30	24,47
Extr. Polystyrol FCKW-frei (XPS-G gem. 4	0,00	1,86	0,00	2,02
Polymer-Bitumendachbahnen	0,00	0,00	0,00	0,00
bitum. Abdichtung	0,00	0,00	0,00	0,00
EPS (Wärmeleit.: 0,038 W/mK - Dichte: 2	0,40	3,21	0,40	3,23
bitum. Dachbahn (Dampfbremse)	0,00	0,00	0,00	0,01
Gefällebeton	150,00	64,97	64,97	150,83
Aufbeton	150,00	63,39	63,35	150,96
Ziegel-Decke	100,00	20,55	19,51	100,00
Innenputz (Kalk-Gips)	8,00	8,18	3,81	66,93

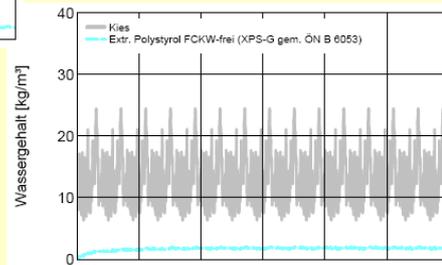
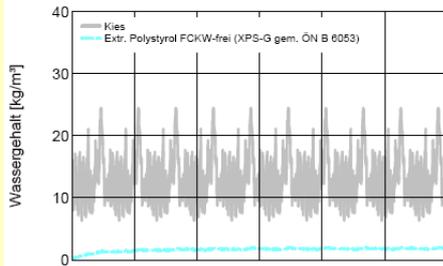
10 Jahre

Wassergehalt [kg/m ³]				
Schicht/Material	Anfang Rech.	Ende Rech.	Min.	Max.
Kies	10,00	13,24	6,30	24,47
Extr. Polystyrol FCKW-frei (XPS-G gem. 4	0,00	1,86	0,00	2,02
Polymer-Bitumendachbahnen	0,00	0,00	0,00	0,00
bitum. Abdichtung	0,00	0,00	0,00	0,00
EPS (Wärmeleit.: 0,038 W/mK - Dichte: 2	0,40	2,90	0,40	3,23
bitum. Dachbahn (Dampfbremse)	0,00	0,00	0,00	0,01
Gefällebeton	150,00	54,65	54,65	150,83
Aufbeton	150,00	54,34	54,31	150,96
Ziegel-Decke	100,00	17,24	16,29	100,00
Innenputz (Kalk-Gips)	8,00	8,07	3,77	66,93

15 Jahre

2006-03-02

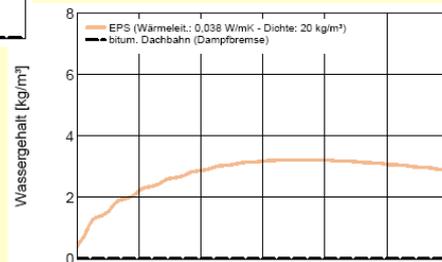
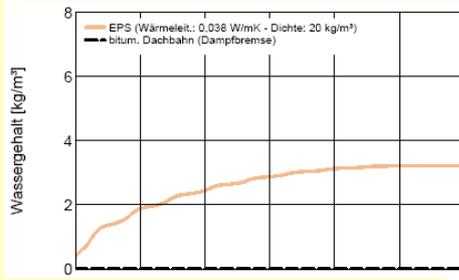
20



**Beispiel 1 (10 und 15 Jahre):
 (nach der Sanierung) – Wassergehalt Schicht 1+2**

2006-03-02

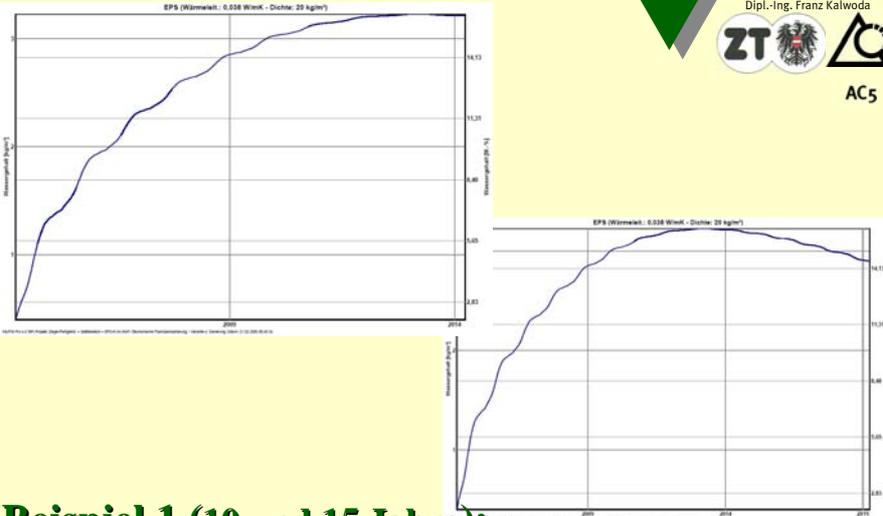
21



**Beispiel 1 (10 und 15 Jahre):
 (nach der Sanierung) – Wassergehalt Schicht 5+6**

2006-03-02

22



Beispiel 1 (10 und 15 Jahre): (nach der Sanierung) – Wassergehalt Schicht 5 (Detail)

2006-03-02

23

Beispiel 1 (Ziegel-Fertigteildecke + EPS-Dämmung + XPS-Zusatzdämmung)

◆ Einfluß der Feuchtigkeit auf die Wärmedämmung

EPS ($\lambda = 0,038 \text{ W/mK}$)	Anfang	Sanierung				Wassergeh. [kg/m^3]
		Bestand	5 Jahre	10 Jahre	15 Jahre	
EPS (20 kg/m^3)	0,40	2,84	2,87	3,21	2,90	
u_v	0,00040	0,00284	0,00287	0,00321	0,00290	$\rho_{tr} = 20 \text{ kg/m}^3$

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

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

$f_\psi = 4 \text{ m}^3/\text{m}^3$
 $\psi_1 = 0$
 $\psi_2 = 0,00321$
 $F_m = 1,01292$
 $\lambda_{tr} = 0,038 \text{ W/mK}$
 $\lambda_f = 0,03849 (\approx + 1,3 \%)$

u_v ... volumbezogener Feuchtigkeitsgehalt
 F_m ... Umrechnungsfaktor für den Feuchtigkeitsgehalt
 f_ψ ... volumbezogener Feuchte-Umrechnungskoeffizient
 ψ ... volumbezogener Feuchtigkeitsgehalt

2006-03-02

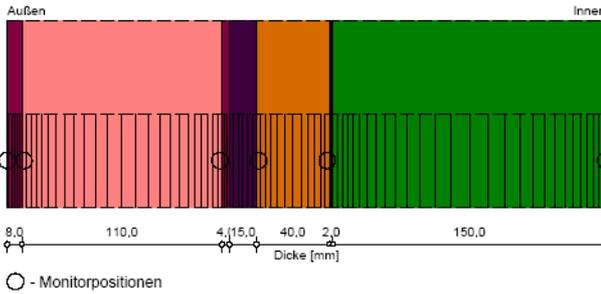
24

Beispiel 2 (5 Jahre): (nach der Sanierung - Aufbau)

Materialien:

- Polymer-Bitumendachbahnen
- EPS (Wärmeleit.: 0.04 W/mK - Dichte: 20 kg/m³)
- Polymer-Bitumendachbahnen
- bitum. Abdichtung (Bit.-GV-Bahnen)
- PU (Wärmeleit.: 0.025 W/mK)
- bitum. Dachbahn (Dampfbremse)
- Stahlbeton (WZ=0.5)

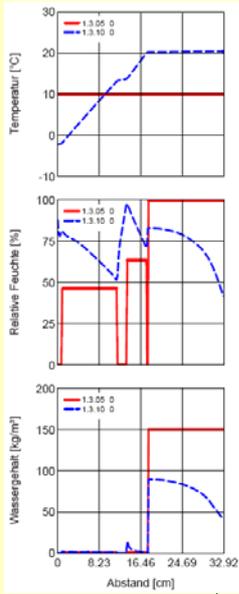
Variante: Zusatzdämmung mit EPS-Gefälleplatten



2006-03-02

25

Beispiel 2 (5 Jahre): (nach der Sanierung - Aufbau)

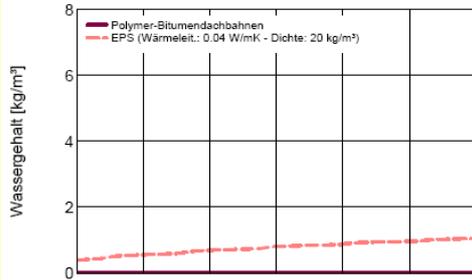


Wassergehalt [kg/m³]

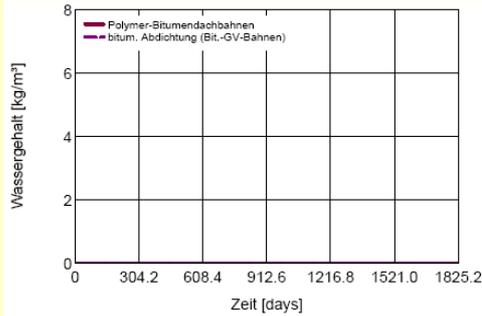
Schicht/Material	Anfang Rech.	Ende Rech.	Min.	Max.
Polymer-Bitumendachbahnen	0,00	0,00	0,00	0,01
EPS (Wärmeleit.: 0.04 W/mK - Dichte: 20)	0,40	1,05	0,40	1,05
Polymer-Bitumendachbahnen	0,00	0,00	0,00	0,00
bitum. Abdichtung (Bit.-GV-Bahnen)	0,00	0,00	0,00	0,00
PU (Wärmeleit.: 0,025 W/mK)	0,80	3,63	0,80	3,63
bitum. Dachbahn (Dampfbremse)	0,00	0,00	0,00	0,02
Stahlbeton (WZ=0.5)	150,00	76,68	76,68	150,00

2006-03-02

26



**Beispiel 2
(5 Jahre):
(vor der Sanierung) –
Wassergehalt
Schicht 1-4**

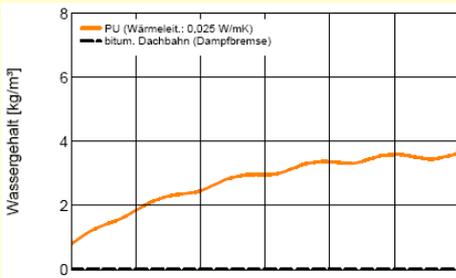


2006-03-02

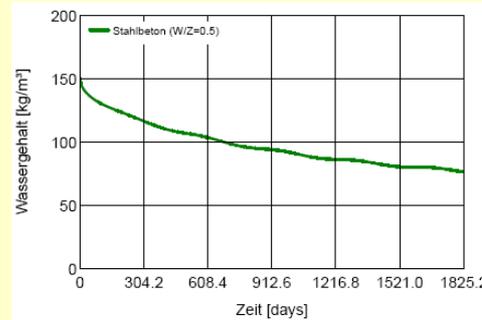
27



AC5



**Beispiel 2
(5 Jahre):
(vor der Sanierung) –
Wassergehalt
Schicht 5-7**



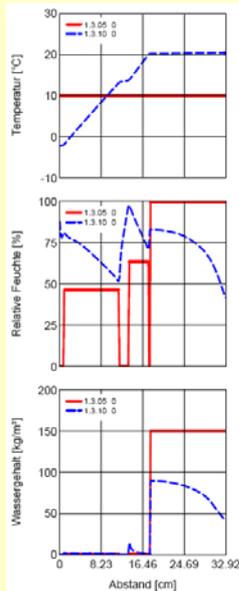
2006-03-02

28



AC5

Beispiel 2 (5 Jahre): (vor der Sanierung) Profile + Gesamtwassergehalt



2006-03-02

29

Beispiel 2 (10, 15 und 20 Jahre): (nach der Sanierung - Aufbau)

Wassergehalt [kg/m³]				
Schicht/Material	Anfang Rech.	Ende Rech.	Min.	Max.
Polymer-Bitumendachbahnen	0,00	0,00	0,00	0,01
EPS (Wärmeleit.: 0.04 W/mK - Dichte: 20)	0,40	1,37	0,40	1,37
Polymer-Bitumendachbahnen	0,00	0,00	0,00	0,00
bitum. Abdichtung (Bit.-GV-Bahnen)	0,00	0,00	0,00	0,00
PU (Wärmeleit.: 0.025 W/mK)	0,80	2,35	0,80	3,63
bitum. Dachbahn (Dampfbremse)	0,00	0,00	0,00	0,02
Stahlbeton (WZ=0.5)	150,00	62,45	62,45	150,00

10 Jahre

Wassergehalt [kg/m³]				
Schicht/Material	Anfang Rech.	Ende Rech.	Min.	Max.
Polymer-Bitumendachbahnen	0,00	0,00	0,00	0,01
EPS (Wärmeleit.: 0.04 W/mK - Dichte: 20)	0,40	1,46	0,40	1,47
Polymer-Bitumendachbahnen	0,00	0,00	0,00	0,00
bitum. Abdichtung (Bit.-GV-Bahnen)	0,00	0,00	0,00	0,00
PU (Wärmeleit.: 0.025 W/mK)	0,80	1,15	0,80	3,63
bitum. Dachbahn (Dampfbremse)	0,00	0,00	0,00	0,02
Stahlbeton (WZ=0.5)	150,00	55,63	55,63	150,00

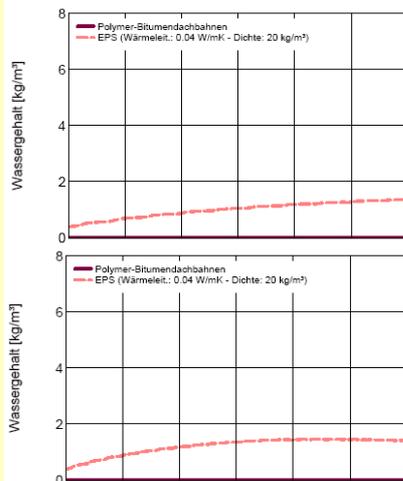
15 Jahre

20 Jahre

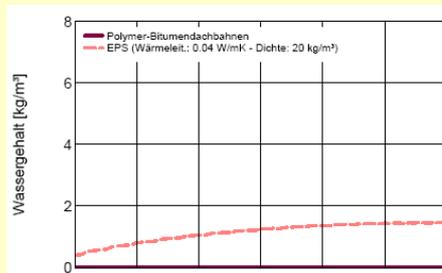
Wassergehalt [kg/m³]				
Schicht/Material	Anfang Rech.	Ende Rech.	Min.	Max.
Polymer-Bitumendachbahnen	0,00	0,00	0,00	0,01
EPS (Wärmeleit.: 0.04 W/mK - Dichte: 20)	0,40	1,42	0,40	1,47
Polymer-Bitumendachbahnen	0,00	0,00	0,00	0,00
bitum. Abdichtung (Bit.-GV-Bahnen)	0,00	0,00	0,00	0,00
PU (Wärmeleit.: 0.025 W/mK)	0,80	0,85	0,80	3,63
bitum. Dachbahn (Dampfbremse)	0,00	0,00	0,00	0,02
Stahlbeton (WZ=0.5)	150,00	51,91	51,91	150,00

2006-03-02

30



10 Jahre



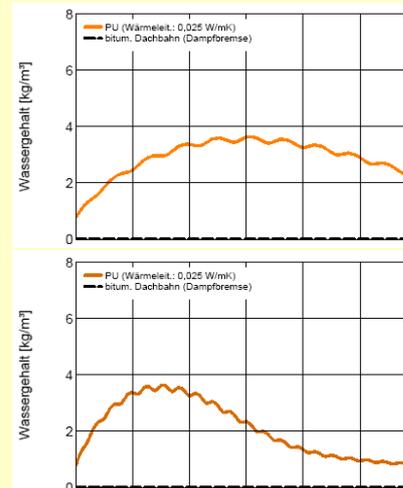
15 Jahre

20 Jahre

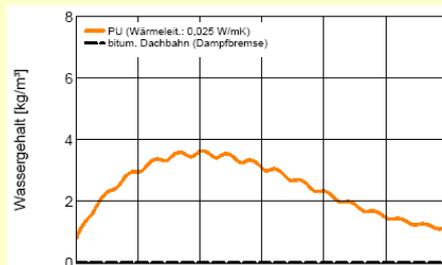
**Beispiel 2 (10, 15 und 20 Jahre):
(nach der Sanierung) – Wassergehalt Schicht 1+2**

2006-03-02

31



10 Jahre



15 Jahre

20 Jahre

**Beispiel 2 (10, 15 und 20 Jahre):
(nach der Sanierung) – Wassergehalt Schicht 5+6**

2006-03-02

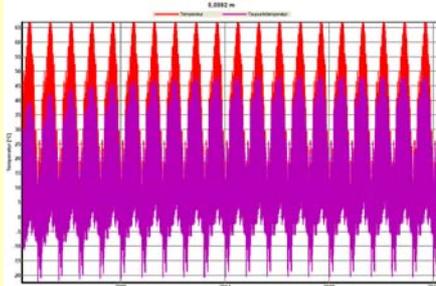
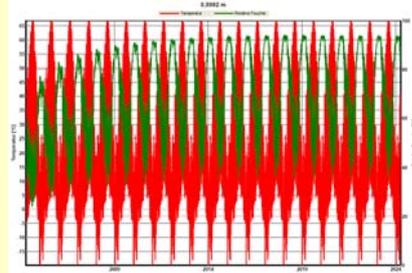
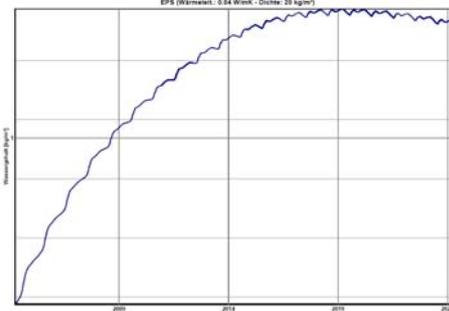
32



Wassergehalt

**Beispiel 2 (20 Jahre):
(nach der Sanierung) –
Schicht 2 (Detail)**

Temperatur, rel. LF + Taupunkttemp.
Schicht 2 (EPS oben, Mon.-Pos. 2)



2006-03-02

33



**Beispiel 2 (Betondecke +
PUR-Dämmung + EPS-Gefällepl.-Zusatzdäm.)**

◆ Einfluß der Feuchtigkeit auf die Wärmedämmung

	Anfang	Bestand	Sanierung				
		5 Jahre	5 Jahre	10 Jahre	15 Jahre	20 Jahre	
EPS ($\lambda=0,040\text{W/mK}$)	0,40	0,57	1,05	1,37	1,46	1,42	Wassergeh. [kg/m ³]
u_v	0,00040	0,00057	0,00105	0,00137	0,00146	0,00142	$\rho_{tr} = 20 \text{ kg/m}^3$
PUR ($\lambda=0,025\text{W/mK}$)	0,80	2,08	3,63	2,35	1,15	0,85	Wassergeh. [kg/m ³]
u_v	0,00040	0,00208	0,00363	0,00235	0,00115	0,00085	$\rho_{tr} = 40 \text{ kg/m}^3$

EPS

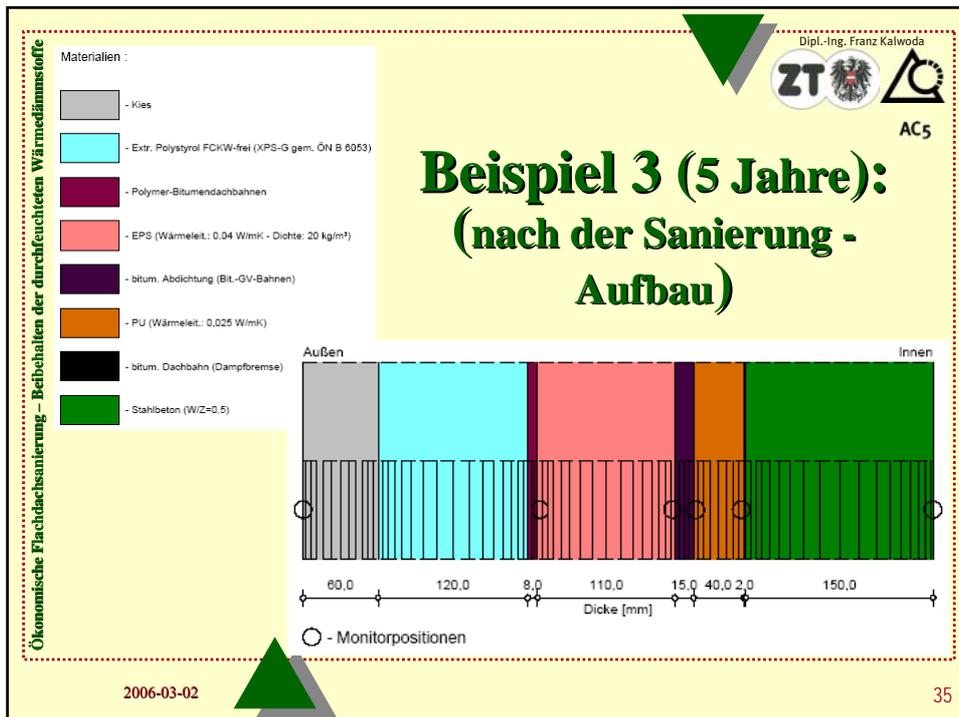
$f_v = 4 \text{ m}^3/\text{m}^3$ $F_m = 1,00586$
 $\psi_1 = 0$ $\lambda_{tr} = 0,040 \text{ W/mK}$
 $\psi_2 = 0,00146$ $\lambda_T = 0,040 \text{ 23 } (\approx + 0,6 \%)$

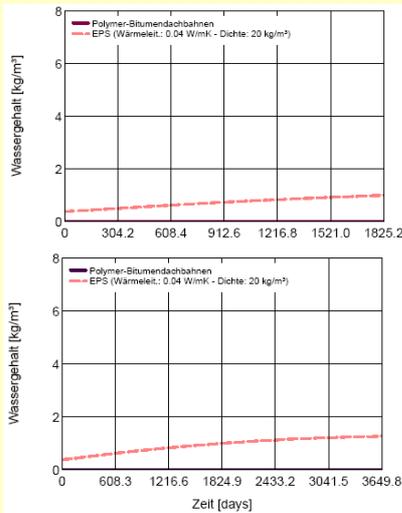
PUR

$f_v = 3 \text{ m}^3/\text{m}^3$ $F_m = 1,01095$
 $\psi_1 = 0$ $\lambda_{tr} = 0,025 \text{ W/mK}$
 $\psi_2 = 0,00363$ $\lambda_T = 0,025 \text{ 27 } (\approx + 1,1 \%)$

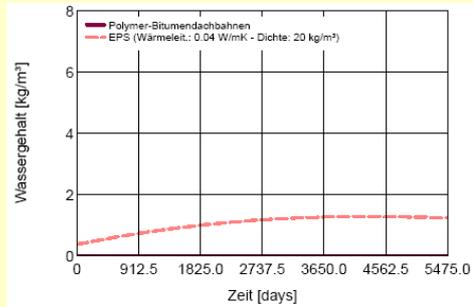
2006-03-02

34





5 Jahre



10 Jahre

15 Jahre

**Beispiel 3 (5, 10 und 15 Jahre):
(nach der Sanierung) – Wassergehalt Schicht 3+4**

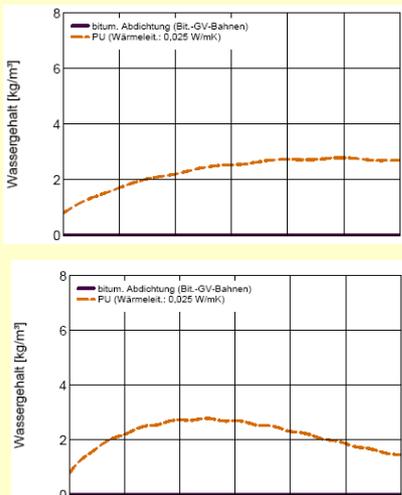
2006-03-02

37

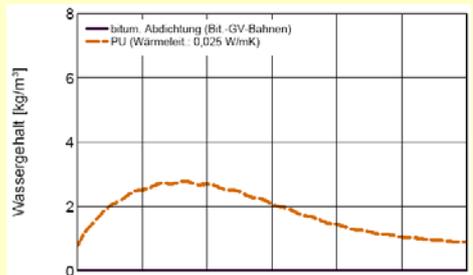
Dipl.-Ing. Franz Kalwoda



AC5



5 Jahre



10 Jahre

15 Jahre

**Beispiel 3 (5, 10 und 15 Jahre):
(nach der Sanierung) – Wassergehalt Schicht 5+6**

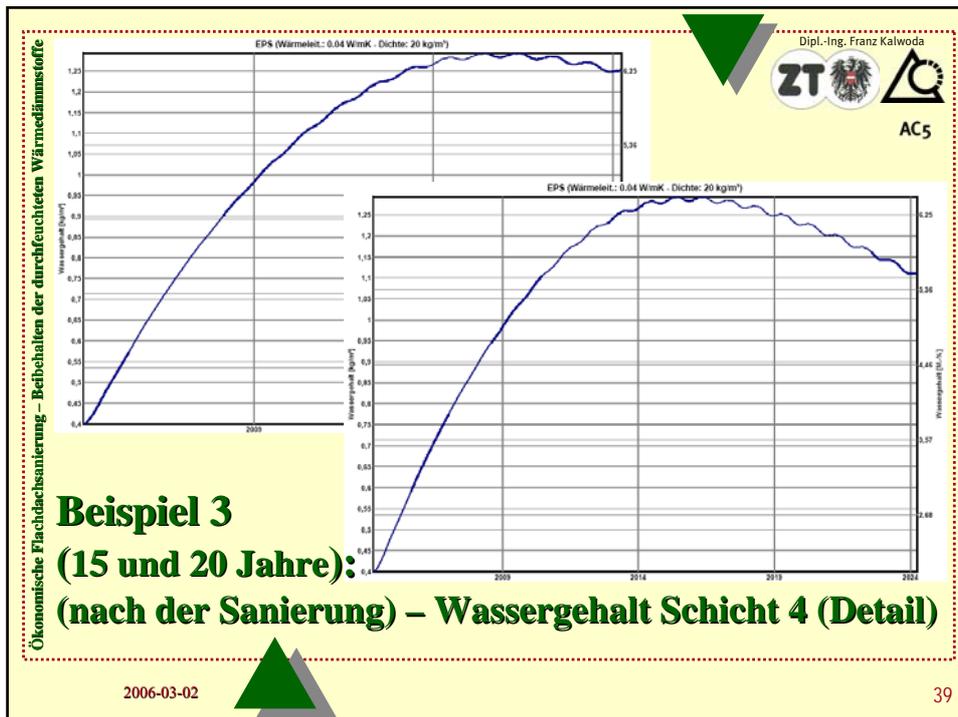
2006-03-02

38

Dipl.-Ing. Franz Kalwoda



AC5



Ökonomische Flachdachsaniierung – Beibehalten der durchfeuchteten Wärmedämmstoffe

Dipl.-Ing. Franz Kalwoda


AC5

Beispiel 3
(Betondecke + PUR-Dämmung +
EPS-Gefällepl.-Zusatzd. + XPS-Zusatzd.)
◆ Einfluß der Feuchtigkeit auf die Wärmedämmung

	Anfang	Bestand	Sanierung				
		5 Jahre	5 Jahre	10 Jahre	15 Jahre	20 Jahre	
EPS ($\lambda=0,040\text{W/mK}$)	0,40	0,57	1,01	1,28	1,25	1,11	Wassergeh. [kg/m ³]
u_v	0,00040	0,00053	0,00101	0,00128	0,00125	0,00111	$\rho_{tr} = 20\text{ kg/m}^3$
PUR ($\lambda=0,025\text{W/mK}$)	0,80	1,86	2,71	1,46	0,91	0,71	Wassergeh. [kg/m ³]
u_v	0,00080	0,00186	0,00271	0,00146	0,00091	0,00071	$\rho_{tr} = 40\text{ kg/m}^3$

EPS

$f_v = 4\text{ m}^3/\text{m}^3$ $F_m = 1,00513$

$\psi_1 = 0$ $\lambda_{tr} = 0,040\text{ W/mK}$

$\psi_2 = 0,00128$ $\lambda_r = \mathbf{0,040\ 21}$ ($\approx + 0,5\%$)

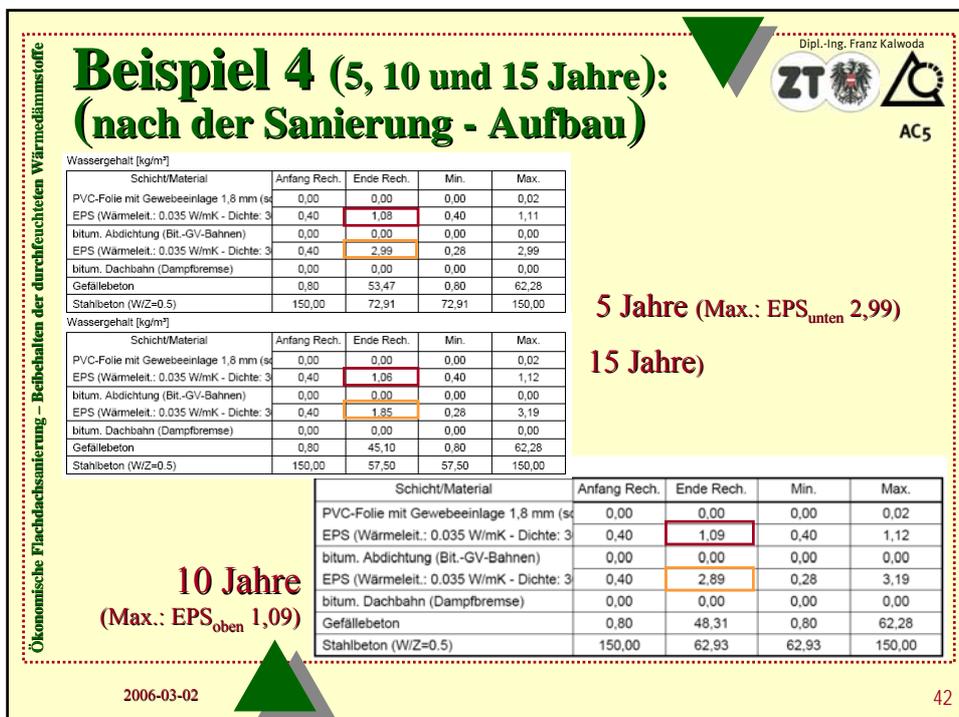
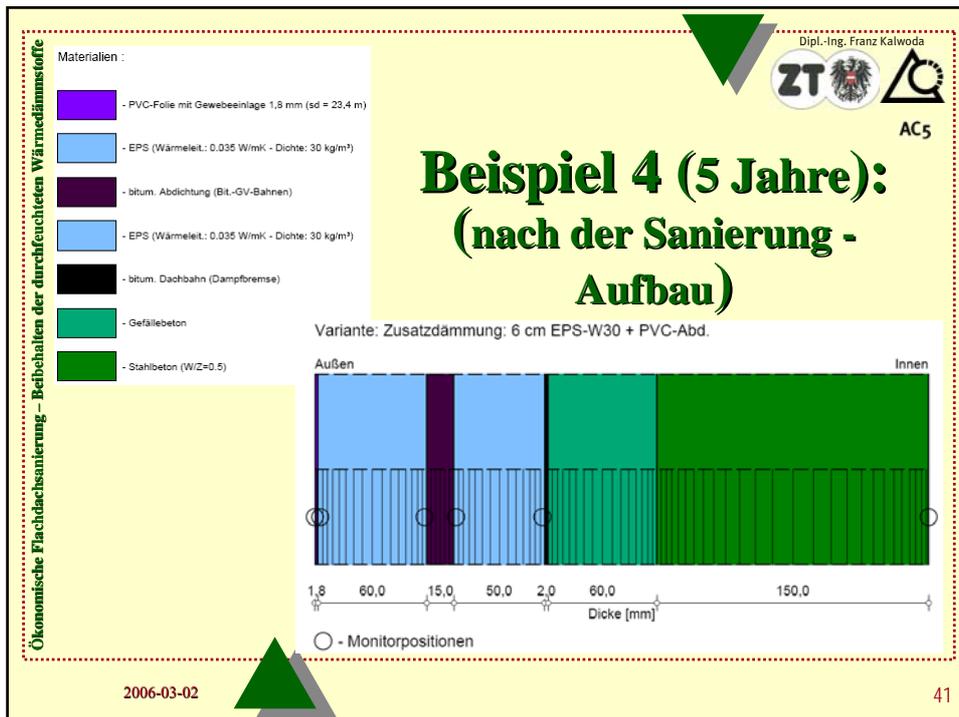
PUR

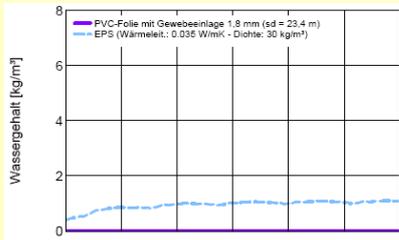
$f_v = 3\text{ m}^3/\text{m}^3$ $F_m = 1,00816$

$\psi_1 = 0$ $\lambda_{tr} = 0,025\text{ W/mK}$

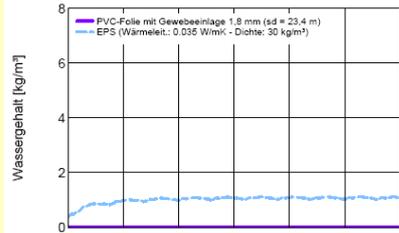
$\psi_2 = 0,00271$ $\lambda_r = \mathbf{0,025\ 20}$ ($\approx + 0,8\%$)

2006-03-02 40

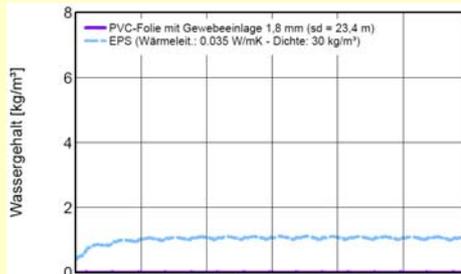




5 Jahre



10 Jahre

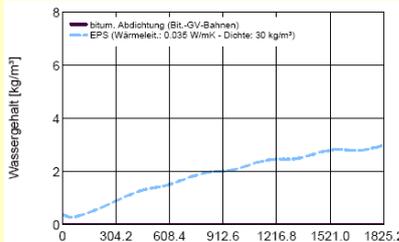


15 Jahre

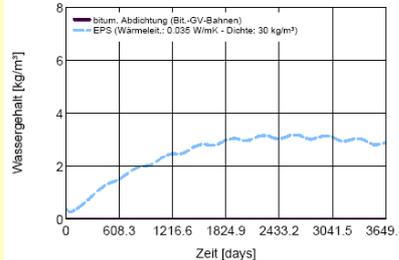
**Beispiel 4 (5, 10 und 15 Jahre):
(nach der Sanierung) – Wassergehalt Schicht 1+2**

2006-03-02

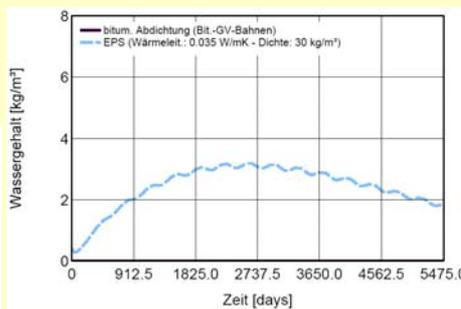
43



5 Jahre



10 Jahre

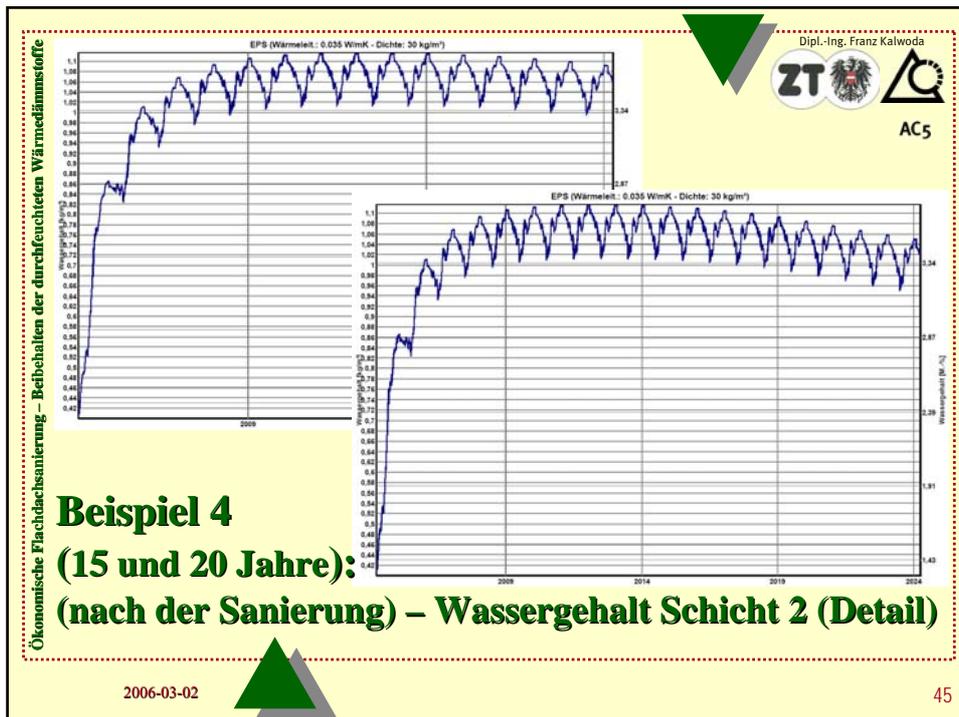


15 Jahre

**Beispiel 4 (5, 10 und 15 Jahre):
(nach der Sanierung) – Wassergehalt Schicht 3+4**

2006-03-02

44



Ökonomische Flachdachsaniierung – Beibehalten der durchfeuchteten Wärmedämmstoffe

Dipl.-Ing. Franz Kalwoda


 AC5

**Beispiel 4 (Betondecke
+ EPS W30-Dämmung +
EPS W30-Zusatzdämmung + PVC-Abdichtung)**
 ♦ **Einfluß der Feuchtigkeit auf die Wärmedämmung**

	Anfang	Bestand	Sanierung				
		5 Jahre	5 Jahre	10 Jahre	15 Jahre	20 Jahre	
EPS ($\lambda=0,035\text{W/mK}$)	0,40	0,85	1,08	1,09	1,06	1,02	Wassergeh. [kg/m³]
oben - u_V	0,00040	0,00085	0,00108	0,00109	0,00106	0,00102	$\rho_{tr} = 30\text{ kg/m}^3$
EPS ($\lambda=0,035\text{W/mK}$)	0,40	1,09	2,99	2,89	1,85	1,17	Wassergeh. [kg/m³]
unten - u_V	0,00040	0,00109	0,00299	0,00289	0,00185	0,00117	$\rho_{tr} = 30\text{ kg/m}^3$

EPS_{oben}
 $f_v = 4\text{ m}^3/\text{m}^3$
 $\psi_1 = 0$
 $\psi_2 = 0,00109$

$F_m = 1,00437$
 $\lambda_{tr} = 0,035\text{ W/mK}$
 $\lambda_T = \mathbf{0,035\ 15}$ ($\approx + 0,4\%$)

EPS_{unten}
 $f_v = 4\text{ m}^3/\text{m}^3$
 $\psi_1 = 0$
 $\psi_2 = 0,00299$

$F_m = 1,01203$
 $\lambda_{tr} = 0,035\text{ W/mK}$
 $\lambda_T = \mathbf{0,035\ 42}$ ($\approx + 1,2\%$)

2006-03-02 46

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 6050: Dämmstoffe für den Wärme- und/oder Schallschutz im Hochbau – Expandierter Polystyrol-Partikelschaumstoff**

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 6055: Dämmstoffe für den Wärme- und/oder Schallschutz im Hochbau – Polyurethan-Hartschaumstoff PUR**
- (6) **ÖN B 8110-2: Wärmeschutz im Hochbau – Teil 2: Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz**

Normen, Literatur und Berechnungsgrundlage (3)



- (7) **ÖN EN ISO 6946: Bauteile – Wärmedurchlaßwiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren**
- (8) **ÖN EN ISO 13788: Wärme- und feuchtigkeits-technisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen – raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren**
- (9) **EN ISO 10456: Baustoffe und –produkte – Verfahren zur Bestimmung der wärmeschutztechnischen Nenn- und Bemessungswerte**

2006-03-02

50

Normen, Literatur und Berechnungsgrundlage (4)



- (10) **ÖN EN 13163: Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus expandiertem Polystyrol - Spezifikation**
- (11) **ÖN EN 13164: Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus extrudiertem Polystyrolschaum - Spezifikation**
- (12) **ÖN EN 13165: Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus Polyurethan-Hartschaum - Spezifikation**

2006-03-02

51

Normen, Literatur und Berechnungsgrundlage (5)



- (13) [1]: Spilker, R. / Oswald, R.: Flachdachsanieerung über durchfeuchteter Dämmschicht (Bauforschung für die Praxis, Band 61), Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag 2003
- (14) [2]: Künzel, H.M.: Simultaneous Heat and Moisture Transport in Building Components. One- and two-dimensional calculation using simple parameters. IRB Verlag 1995
- (15) [3]: Holm, A. / Krus, M. / Künzel, H.M.: Feuchtetransport über Materialgrenzen im Mauerwerk, Bauinstandsetzen 2 (1996), H. 5, 375-396.

2006-03-02

52

Normen, Literatur und Berechnungsgrundlage (6)



- (16) [4]: Krus, M.: Moisture Transport and Storage Coefficients of Porous Mineral Building Materials. Theoretical Principles and New Test Methods. Fraunhofer IRB Verlag, 1996
- (17) [5]: Krus, M. / Künzel H.M.: Flüssigtransport im Übersättigungsbereich. IBP-Mitteilung 22 (1995), Nr. 270.
- (18) [6]: Erhorn, H. / Szerman, M.: Überprüfung der Wärme- und Feuchteübergangskoeffizienten in Außenwandecken von Wohnbauten. Gesundheitsingenieur 113 (1992), H. 4, S. 177-186
- (19) WUFI-pro Vers. 4.01 : Programm zur Berechnung des instationären gekoppelten Wärme- und Feuchtigkeits- transports in eindimensionalen mehrschichtigen Bauteilen

2006-03-02

53