

Bauphysikalische Anforderungen an konventionelle Kellerräume



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

Erdberührte Bauteile

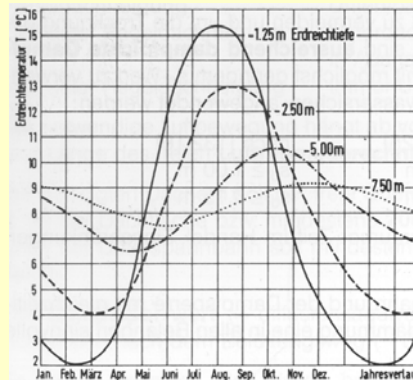
Außentemperatur (θ_e) = Erdreichtemperatur (θ_B)

◆ Erdreichtemperatur: zunehmende Erdreichtiefe

→ wachsende

- Temperaturamplituden-
dämpfung
- Phasenverschiebung

Jahresverlauf der
Erdreichtemperaturen



Erdberührte Bauteile



◆ Erdreichtemperatur:

- 1,0 m Tiefe → Tagesschwankungen nicht mehr feststellbar
- 2,5 m Tiefe → 4°C März
13°C September
- ab 7m Tiefe → 9°C ganzjährig konstant

◆ Wärmedämmung des Erdreiches:

- mit zunehmender Erdreichtiefe
- abnehmende Wärmestromdichte

2007-03-08

Bauphysikalische Anforderungen an konventionelle Kellerräume

Wärmeschutz Winter



◆ geringere Wärmedurchlaßwiderstände (R_t in m^2K/W) bzw. höhere Wärmedurchgangskoeffizienten (U in W/m^2K):

- der Bauteile als in Niveaunähe bzw. gegen Außenluft

	U [W/m ² K]			
	Außenwände	Erdberührte Wände	Decken gegen Außenluft	Erdberührte Fußböden
Burgenland	0,38	0,35	0,20	0,35
Kärnten	0,40	0,50	0,25	0,40
Niederösterreich	0,40	0,50	0,22	0,40
Oberösterreich	0,50	0,50	0,25	0,45
Salzburg	0,35	0,40	0,20	0,40
Steiermark	0,50	0,50	0,20	0,40
Tirol	0,35	0,40	0,20	0,40
Vorarlberg	0,35	0,50	0,25	0,40
Wien	0,50	0,50	0,25	0,45

Stand 2003-06-02

2007-03-08

Bauphysikalische Anforderungen an konventionelle Kellerräume

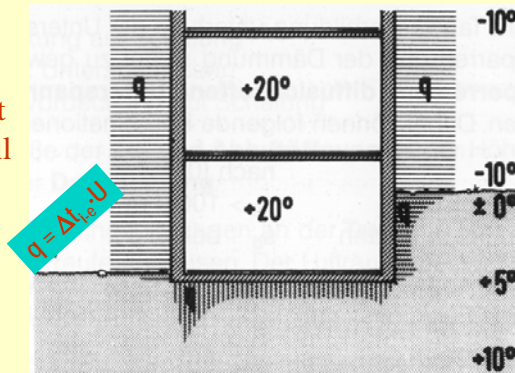
Wärmeschutz Winter



◆ große Bodenplatten :

- > in Randzonen höher gedämmt als in mittleren Bereichen

Die Wärmestromdichte q (Wärmeverlust/m².h) sinkt mit wachsender Erdreichtiefe, weil die Temperaturdifferenz innen/außen sinkt. Wegen der Wärmebrückengeometrie steigt die Wärmestromdichte zu den Randzonen hin an.



2007-03-08

Bauphysikalische Anforderungen an konventionelle Kellerräume

Wärmeschutz Winter



◆ durch Phasenverschiebung

- > größerer Heizenergiebedarf:

Verzögerung um etwa $\frac{1}{4}$ Jahr
gegenüber Räumen gegen Außenluft
→ Räume bis in den **Sommer** hinein
beheizen!

Stand 2003-06-02

2007-03-08

Bauphysikalische Anforderungen an konventionelle Kellerräume

Wärmeschutz Sommer

Für Aufenthaltsräume sind die Mindestanforderungen erdberührter Bauteile an den Wärmeschutz gleich denen, die an Außenwände zu stellen sind. Wegen der höheren Außentemperaturen im Winter ist die Gefährdung bezüglich Oberflächenkondensat aber geringer.

◆ **spezielle Überlegungen**

- wegen Verlauf der Erdreichtemperaturen:
 - erdberührte Bauteile in größerer Tiefe: besondere Oberflächentauwassergefährdung

2007-03-08

Bauphysikalische Anforderungen an konventionelle Kellerräume

Wärmeschutz Sommer

Im Sommer besteht aufgrund der hohen Außenluftfeuchten eine erhöhte Tauwassergefahr für die Innenflächen ungedämmter Kellerwände und -böden, wenn die Außenluft in die Kellerräume dringt. Die Gefahr wächst mit zunehmender Erdreichtiefe.

◆ **relativ feuchte Sommerluft → kühlt bei fehlender Raumheizung ab**

- Raumklima: $\theta_i = 12^\circ \dots 15^\circ\text{C}$
- $\varphi_i = 80 \dots 95\%$

2007-03-08

Bauphysikalische Anforderungen an konventionelle Kellerräume

Wärmeschutz Sommer



- ◆ ungedämmte Bauteile ($R_t < 0,3 \text{ m}^2\text{K/W}$ bzw. $U > 2,3 \text{ W/m}^2\text{K}$)
 - $\theta_{si} = 10^\circ \dots 13^\circ\text{C} \rightarrow 5 \dots 10 \text{ g/m}^2$ Kondensat
- ◆ Vermeidung von Oberflächenkondensat
 - Dämmstoffdicke $> 5 \text{ cm}$
 - kurzzeitige Klimaschwankungen (Tag/Nacht, Gewitter) \rightarrow Innendämmung
 - in Spitzenbelastungszeiten \rightarrow auch im Sommer heizen oder Luft entfeuchten

2007-03-08

Bauphysikalische Anforderungen an konventionelle Kellerräume

Wärmeschutz Sommer



- ◆ Innendämmung:
 - Kernkondensatgefahr (zwischen WD und Wand)
 - Vermeidung $\rightarrow s_d > 10 \text{ m}$ (Dämmung),
 - Vermeidung ohne gesonderten Nachweis \rightarrow Dampfbremse $s_d > 100 \text{ m}$

2007-03-08

Bauphysikalische Anforderungen an konventionelle Kellerräume

Innenliegende Wärme- dämmung und Dampfdichtigkeit – baupraktische Anwendungsregeln



- ◆ **Annahme: ungünstige Randbedingungen**
 - hohe Wärmeleitfähigkeit des Erdreiches (bindiger Boden)
 - geringe Grundwassertemperatur ($\theta_{GW} = 8^\circ\text{C}$)
 - niedrige Raumlufttemperatur (Sommer) $\theta_i = 20^\circ\text{C}$
- ◆ **Ergebnisse abhängig von**
 - Feuchtigkeitsproduktion im Raum
 - Luftwechsel
 - Grundwassertiefe

2007-03-08

Bauphysikalische Anforderungen an konventionelle Kellerräume

Innenliegende Wärmedämmung und Dampfdichtigkeit - **Schlußfolgerungen**



1. **Geringe Feuchtigkeitsproduktion im Raum**
(zB. beheizte Lagerräume, nicht ständig genutzte Hobbyräume u.dgl.)
 - Innendämmung unkritisch – unabhängig von Grundwassertiefe
 - Bei Dämmstoff mit hohem Diffusionswiderstand (zB. EPS, XPS) → keine Dampfbremse erforderlich
 - Bei Mineralwolle → Dampfbremse $s_d > 1 \text{ m}$

2007-03-08

Bauphysikalische Anforderungen an konventionelle Kellerräume

Innenliegende Wärmedämmung und Dampfdichtigkeit - Schlußfolgerungen



2. Kellerräume mit kontinuierlicher, aber nicht zu großer Feuchtigkeitsproduktion (zB. Wohnräume u.dgl.) feuchtigkeitstechnisch unproblematisch, wenn

- Grundwasser > 10 m unter Kellersohle
- Außenwand an jeder Stelle > 1 m unter Niveau
- Raum ausreichend gelüftet

2007-03-08

Bauphysikalische Anforderungen an konventionelle Kellerräume

Innenliegende Wärmedämmung und Dampfdichtigkeit - Schlußfolgerungen



3. Grundwasser < 10 m unter Kellersohle – erhöhte Feuchtigkeitsproduktion im Raum

- Berechnung der Feuchtigkeitsbilanz erforderlich:
 - a) Feuchtigkeitsbilanz ausgeglichen ($\Sigma g_{ev} \geq \Sigma g_c$)
 - b) Feuchtigkeitsbilanz negativ ($\Sigma g_{ev} \leq \Sigma g_c \rightarrow$ Aufschaukelung von Feuchtigkeit)
 - Dampfbremse \rightarrow **dampfdicht** oder
 - **dampfdichter Dämmstoff** (Schaumglas)

2007-03-08

Bauphysikalische Anforderungen an konventionelle Kellerräume

Innenliegende Wärmedämmung und Dampfdichtigkeit - Schlußfolgerungen



- 4. Feuchträume (zB. Küchen,
Schlafräume u.dgl.)**
→ dampfdichte Innendämmung
(Schaumglas)

2007-03-08

Bauphysikalische Anforderungen an konventionelle Kellerräume

Beispiele – zur feuchtigkeitstechnischen Funktionstüchtigkeit



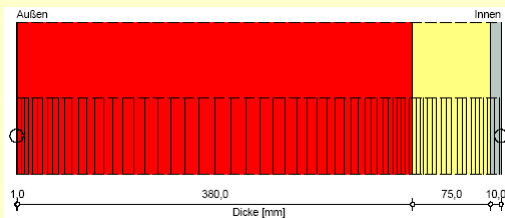
- ◆ Typische Kelleraußenwände
- ◆ Bereich 1 m unter Niveau
 - Tagesgang der Außentemperatur gedämpft
 - signifikanter Einfluß des Außenklimas
- ◆ Berechnung mittels thermisch-hygrischer Simulation:
 - EDV-Programm WUFI¹
 - Gekoppelter Wärme und Feuchtigkeitstransport
- ◆ Innenklima: mittlere Feuchtigkeitsbelastung (zB. Wohnräume)

¹ Wärme Und Feuchte Instationär

2007-03-08

Bauphysikalische Anforderungen an konventionelle Kellerräume

Variante 1 und 2 - Ziegelmauerwerk



Variante 1:
Berechnung über 1 Jahr

← Bauteilaufbau

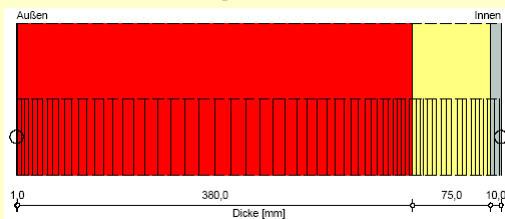
Schicht / Material	Wassergehalt [kg/m ²]			
	Anfang Rech.	Ende Rech.	Min.	Max.
Bituminöse Abdichtung	0,00	0,01	0,00	0,01
Vollziegel-Mauerwerk	4,50	6,30	4,50	6,30
Mineralwolle	1,86	1,87	0,97	2,09
Gipsfaser-Platte	15,80	9,10	8,45	15,80

- Materialien :
- Bitum. Abdichtung
 - Vollziegel, alt
 - Glaswolle
 - FERMACELL Gipsfaser-Platte

2007-03-08

Bauphysikalische Anforderungen an konventionelle Kellerräume

Variante 1 und 2 - Ziegelmauerwerk



Variante 2:
Berechnung über 5 Jahre

← Bauteilaufbau

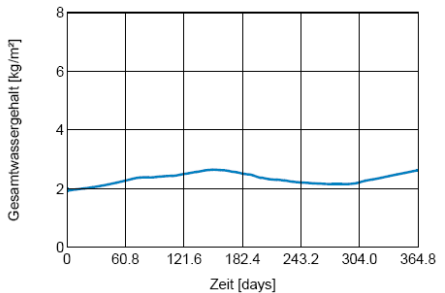
Schicht / Material	Wassergehalt [kg/m ²]			
	Anfang Rech.	Ende Rech.	Min.	Max.
Bituminöse Abdichtung	0,00	0,01	0,00	0,01
Vollziegel-Mauerwerk	4,50	8,80	4,50	6,62
Mineralwolle	1,86	1,96	0,97	2,37
Gipsfaser-Platte	15,80	9,11	8,45	15,80

- Materialien :
- Bitum. Abdichtung
 - Vollziegel, alt
 - Glaswolle
 - FERMACELL Gipsfaser-Platte

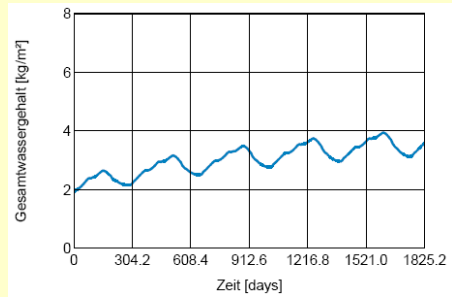
2007-03-08

Bauphysikalische Anforderungen an konventionelle Kellerräume

Variante 1 und 2 - Ziegelmauerwerk



← Berechnung über 1 Jahr

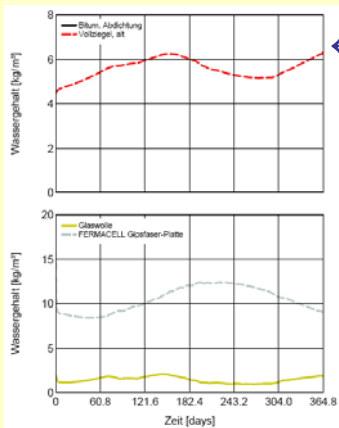


Berechnung über 5 Jahre →

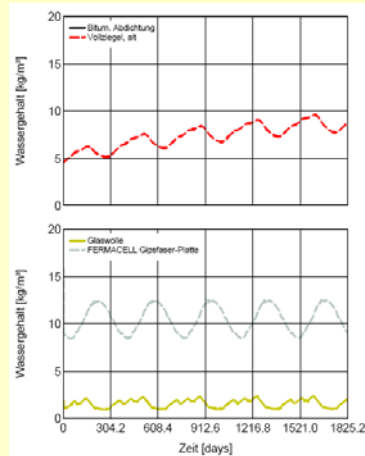
2007-03-08

Bauphysikalische Anforderungen an konventionelle Kellerräume

Variante 1 und 2 - Ziegelmauerwerk



← Berechnung über 1 Jahr

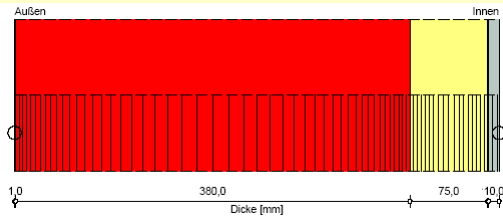


Berechnung über 5 Jahre →

2007-03-08

Bauphysikalische Anforderungen an konventionelle Kellerräume

Variante 3: Ziegelmauerwerk + Dampfbremse (PA-Folie)



Variante 3:
Berechnung über 5 Jahre

← Bauteilaufbau

Materialien :

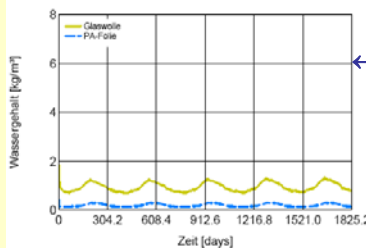
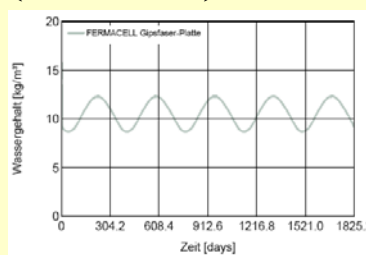
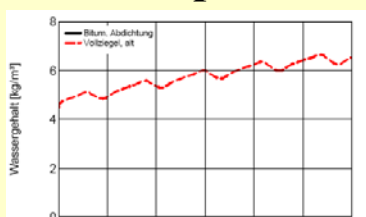
- Bitum. Abdichtung
- Vollziegel, alt
- Glaswolle
- PA-Folie
- FERMACELL Gipsfaser-Platte

Schicht / Material	Wassergehalt [kg/m ²]			
	Anfang Rech.	Ende Rech.	Min.	Max.
Bituminöse Abdichtung	0,00	0,01	0,00	0,01
Vollziegel-Mauerwerk	4,50	6,54	4,50	6,66
Mineralwolle	1,86	0,80	0,70	1,86
PA-Folie ($s_d \cong 0,1 - 4,4 \text{ m}$)	0,44	0,14	0,13	0,44
Gipsfaser-Platte	15,80	9,29	8,70	15,80

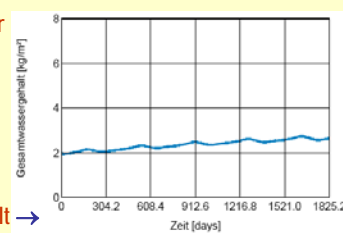
2007-03-08

Bauphysikalische Anforderungen an konventionelle Kellerräume

Variante 3: Ziegelmauerwerk + Dampfbremse (PA-Folie)



↑ Wassergehalt der Einzelschichten

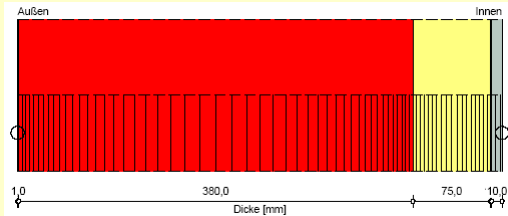
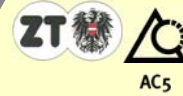


→ Gesamtwassergehalt

2007-03-08

Bauphysikalische Anforderungen an konventionelle Kellerräume

Variante 4: Ziegelmauerwerk + Dampfsperre ($s_d = 3.000 \text{ m}$)



Variante 4:
Berechnung über 5 Jahre

← Bauteilaufbau

Materialien :

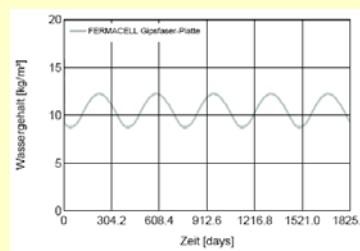
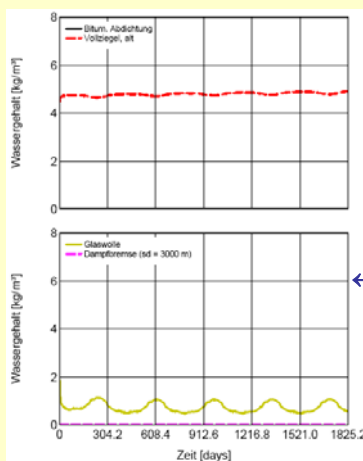
- Bitum. Abdichtung
- Vollziegel, alt
- Glaswolle
- Dampfbremse ($s_d = 3000 \text{ m}$)
- FERMACELL Gipsfaser-Platte

Schicht / Material	Wassergehalt [kg/m ³]			
	Anfang Rech.	Ende Rech.	Min.	Max.
Bituminöse Abdichtung	0,00	0,01	0,00	0,01
Vollziegel-Mauerwerk	4,50	4,91	4,50	4,91
Mineralwolle	1,86	0,57	0,48	1,86
Dampfsperre ($s_d \approx 3.000 \text{ m}$)	0,00	0,00	0,00	0,00
Gipsfaser-Platte	15,80	9,33	8,47	15,80

2007-03-08

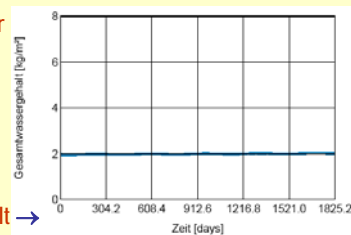
Bauphysikalische Anforderungen an konventionelle Kellerräume

Variante 4: Ziegelmauerwerk + Dampfsperre ($s_d = 3.000 \text{ m}$)



↑ Wassergehalt der Einzelschichten

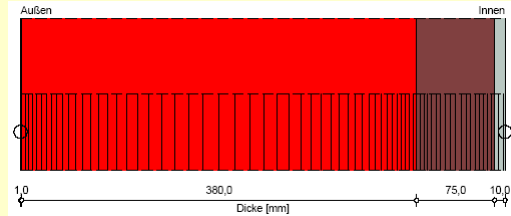
→ Gesamtwassergehalt →



2007-03-08

Bauphysikalische Anforderungen an konventionelle Kellerräume

Variante 5 – Ziegelmauerwerk + Schaumglasdämmung



Variante 5:
Berechnung über 5 Jahre

← Bauteilaufbau

Materialien :

- Bitum. Abdichtung
- Vollziegel, alt
- Schaumglas
- FERMACELL Gipsfaser-Platte

Schicht / Material	Wassergehalt [kg/m ²]			
	Anfang Rech.	Ende Rech.	Min.	Max.
Bituminöse Abdichtung	0,00	0,01	0,00	0,01
Vollziegel-Mauerwerk	4,50	4,67	4,50	4,67
Schaumglas	0,47	0,27	0,27	0,47
Gipsfaser-Platte	15,80	9,43	8,84	15,80

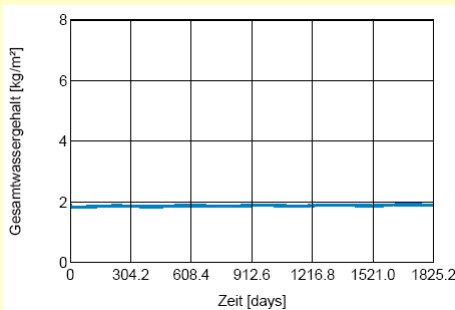
2007-03-08

Bauphysikalische Anforderungen an konventionelle Kellerräume

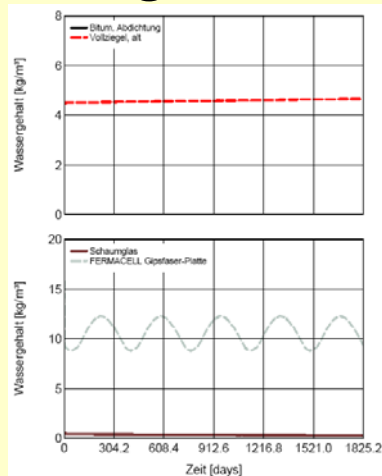
Variante 5 – Ziegelmauerwerk + Schaumglasdämmung



Wassergehalt der
Einzelschichten →



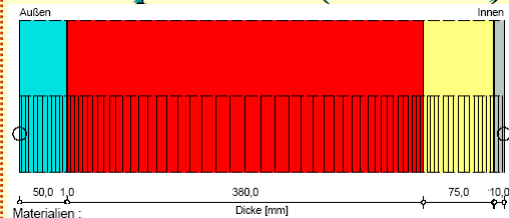
↑ Gesamtwassergehalt



2007-03-08

Bauphysikalische Anforderungen an konventionelle Kellerräume

Variante 6: Ziegelmauerwerk + Dampfbremse (PA-Folie) + Außendämmung



Variante 6:
Berechnung über 5 Jahre

← Bauteilaufbau

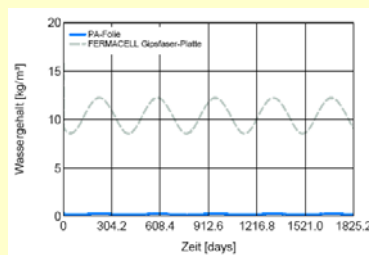
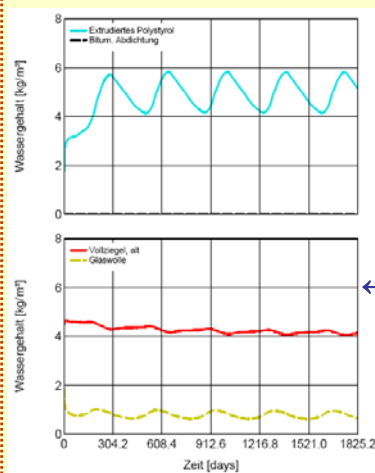
- Materialien:
- Extrudiertes Polystyrol
 - Bitum. Abdichtung
 - Vollziegel, alt
 - Glaswolle
 - PA-Folie
 - FERMACELL Gipsfaser-Platte

Schicht / Material	Wassergehalt [kg/m ²]			
	Anfang Rech.	Ende Rech.	Min.	Max.
Extrudiertes Polystyrol	1,79	5,15	1,79	5,82
Bituminöse Abdichtung	0,00	0,00	0,00	0,00
Vollziegel-Mauerwerk	4,50	4,13	4,05	4,64
Mineralwolle	1,86	0,66	0,61	1,86
PA-Folie ($S_d \approx 0,1 - 4,4 \text{ m}$)	0,44	0,15	0,14	0,44
Gipsfaser-Platte	15,80	9,13	8,55	15,80

2007-03-08

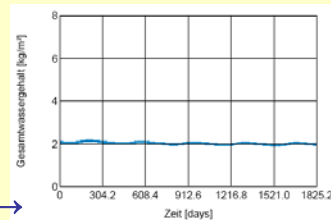
Bauphysikalische Anforderungen an konventionelle Kellerräume

Variante 6: Ziegelmauerwerk + Dampfbremse (PA-Folie) + Außendämmung



↑ Wassergehalt der
Einzelschichten

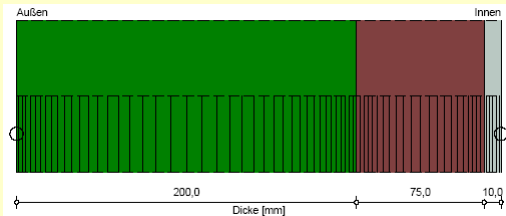
→ Gesamtwassergehalt →



2007-03-08

Bauphysikalische Anforderungen an konventionelle Kellerräume

Variante 7 – WU-Beton + Schaumglasdämmung



Variante 7:
Berechnung über 5 Jahre

← Bauteilaufbau

Materialien :

- WU-Beton WZ=0.5
- Schaumglas
- FERMACELL Gipsfaser-Platte

Schicht / Material	Wassergehalt [kg/m ³]			
	Anfang Rech.	Ende Rech.	Min.	Max.
WU-Beton	85,00	124,38	85,00	124,38
Schaumglas	0,47	0,42	0,37	0,47
Gipsfaser-Platte	15,80	9,61	9,02	15,80

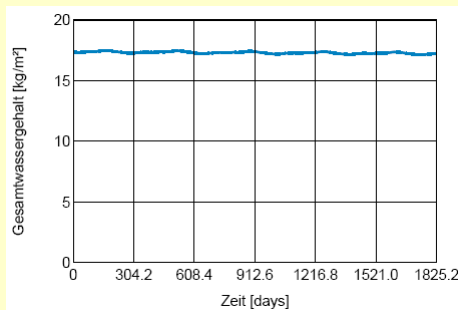
2007-03-08

Bauphysikalische Anforderungen an konventionelle Kellerräume

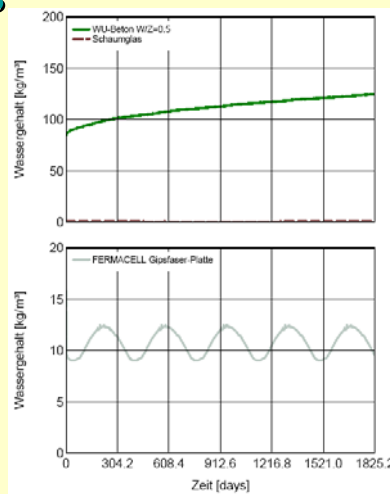
Variante 7 – WU-Beton + Schaumglasdämmung



Wassergehalt der
Einzelschichten →



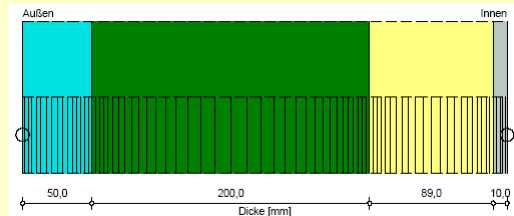
↑ Gesamtwassergehalt



2007-03-08

Bauphysikalische Anforderungen an konventionelle Kellerräume

Variante 8 – WU-Beton + Schaumglasinnendämmung + Außendämmung



Variante 8:
Berechnung über 5 Jahre

← Bauteilaufbau

Materialien :

- Extrudiertes Polystyrol
- WU-Beton W/Z=0.5
- Glaswolle
- FERMACELL Gipsfaser-Platte

Schicht / Material	Wassergehalt [kg/m ³]			
	Anfang Rech.	Ende Rech.	Min.	Max.
Extrudiertes Polystyrol	1,79	5,07	1,79	5,23
WU-Beton	85,00	84,08	83,47	85,35
Schaumglas	1,86	0,91	0,80	1,89
Gipsfaser-Platte	15,80	9,11	8,51	15,80

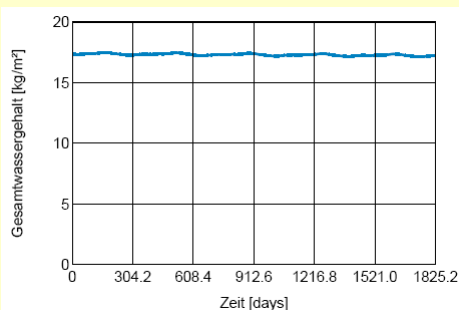
2007-03-08

Bauphysikalische Anforderungen an konventionelle Kellerräume

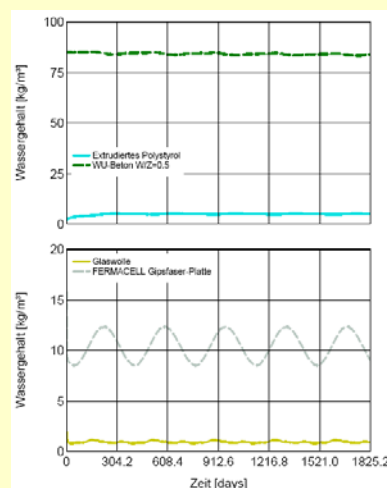
Variante 8 – WU-Beton + Schaumglasinnendämmung + Außendämmung



Wassergehalt der
Einzelschichten →



↑ Gesamtwassergehalt



2007-03-08

Bauphysikalische Anforderungen an konventionelle Kellerräume

Normen 1



- ◆ **Önorm B 8110-2 : Wärmeschutz im Hochbau – Teil 2: Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz (2003-07-01)**
- ◆ **Önorm B 8110-2 Beiblatt 2: Wärmeschutz im Hochbau – Massive Baukonstruktionen – Beispiele zur Vermeidung von Oberflächenkondensation (VN 1. April 1997)**
- ◆ **Önorm B 8110-2 Beiblatt 4: Wärmeschutz im Hochbau – Teil 2: Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz – Hinweise zur Vermeidung von Feuchtigkeitsschäden durch raumklimatische Einflüsse (2003-09-01)**
- ◆ **Önorm EN ISO 13788: Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen – Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren – Berechnungsverfahren (2002-01-01)**

2007-03-08

Bauphysikalische Anforderungen an konventionelle Kellerräume

Normen 2



- ◆ **Önorm EN ISO 10211-1: Wärmebrücken im Hochbau – Wärmeströme und Oberflächentemperaturen – Teil 1: Allgemeine Berechnungsverfahren (1. März 1996)**
- ◆ **Önorm EN ISO 10211-2: Wärmebrücken im Hochbau – Berechnung der Wärmeströme und Oberflächentemperaturen – Teil 2: Linienförmige Wärmebrücken (2001-09-01)**
- ◆ **Önorm EN ISO 6946: Bauteile – Wärmedurchlaßwiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren (1. Jän. 1997)**
- ◆ **DIN EN ISO 10456: Baustoffe und –produkte – Verfahren zur Bestimmung der wärmeschutztechnischen Nenn- und Bemessungswerte (Aug. 2000)**

2007-03-08

Bauphysikalische Anforderungen an konventionelle Kellerräume

Literatur 1



- ◆ Pohlenz, R.: Der schadenfreie Hochbau: Grundlagen zur Vermeidung von Bauschäden – Bd. 3: Wärmeschutz, Tauwasserschutz, Schallschutz; 2. Aufl., Köln: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller 1995
- ◆ Pfrommer, P.: Innenliegende Wärmedämmung erdberührter Wände – dampfdicht oder nicht? wksb – Zeitschrift für Wärmeschutz, Kälteschutz, Schallschutz, Brandschutz: Neue Folge Heft 40, 29-36 (42. Jhg., Dez. 1997)
- ◆ „WUFI“ (Wärme- und Feuchtetransport instationär), EDV-Programm zur Berechnung des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransports in mehrschichtigen Bauteilen (1 und 2-dimensional)
- ◆ Künzel, H.M.: Simultaneous Heat and Moisture Transport in Building Components. One- and two-dimensional calculation using simple parameters. IRB Verlag 1995

2007-03-08

Bauphysikalische Anforderungen an konventionelle Kellerräume

Literatur 2



- ◆ Holm, A. / Krus, M. / Künzel, H.M.: Feuchtetransport über Materialgrenzen im Mauerwerk, Bauinstandsetzen 2 (1996), H. 5, 375-396.
- ◆ Krus, M.: Moisture Transport and Storage Coefficients of Porous Mineral Building Materials. Theoretical Principles and New Test Methods. Fraunhofer IRB Verlag, 1996
- ◆ Krus, M. / Künzel H.M.: Flüssigtransport im Übersättigungsbereich. IBP-Mitteilung 22 (1995), Nr. 270.
- ◆ Erhorn, H. / Szerman, M.: Überprüfung der Wärme- und Feuchteübergangskoeffizienten in Außenwandecken von Wohnbauten. Gesundheitsingenieur 113 (1992), h. 4, S. 177-186

2007-03-08

Bauphysikalische Anforderungen an konventionelle Kellerräume