




Kaffeepause
8⁰⁰ – 12⁰⁰
Mittagspause
12⁰⁰ – 17⁰⁰
Zwischen den Pausen bitte nicht stören!

<http://im.bilderkiste.org/dffc74c48ac4b52f08eb537406ebb1a1/Kaffeepause.jpg>

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing



German Enclosures

Andreas Holm

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing



Sprechen Sie
Deutsch?

<http://i.telegraph.co.uk/>

a brief german lesson

<http://i.telegraph.co.uk/>

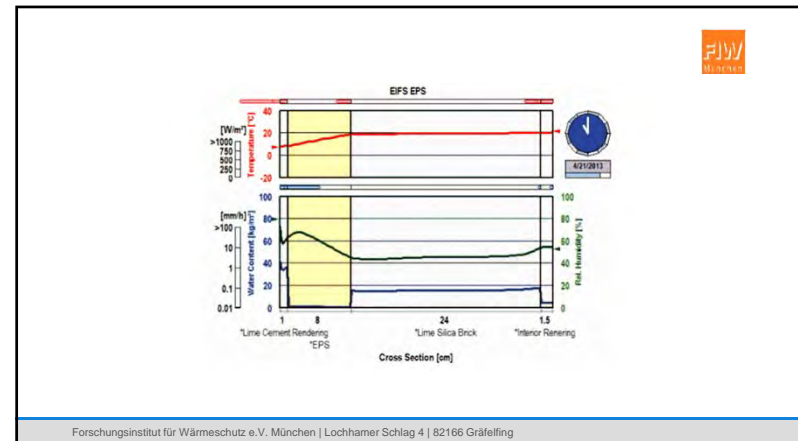
Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

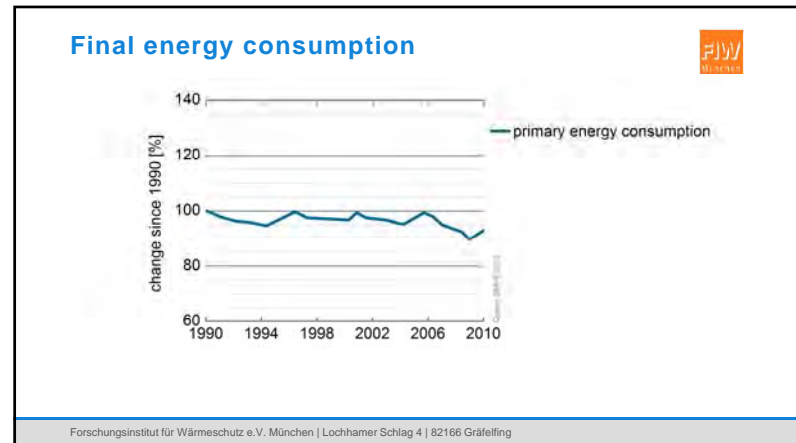
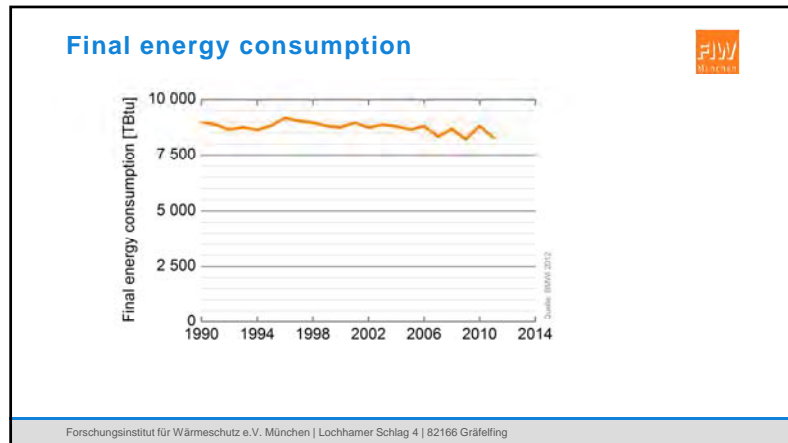
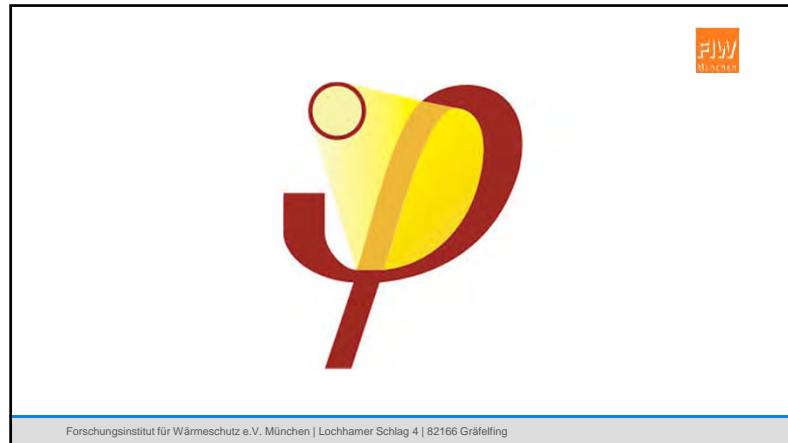


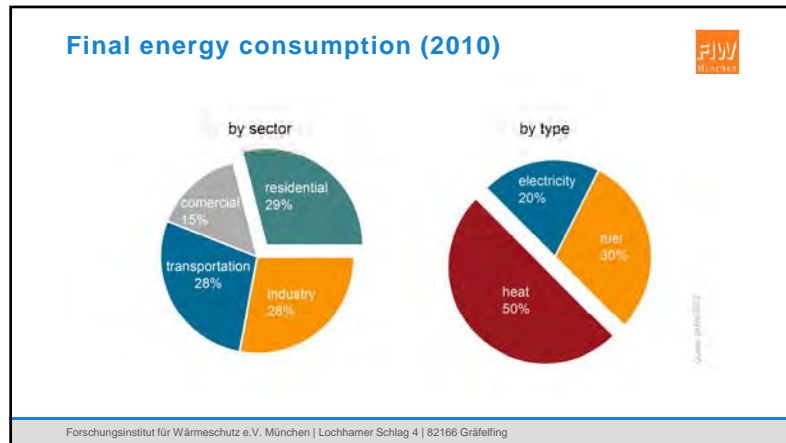
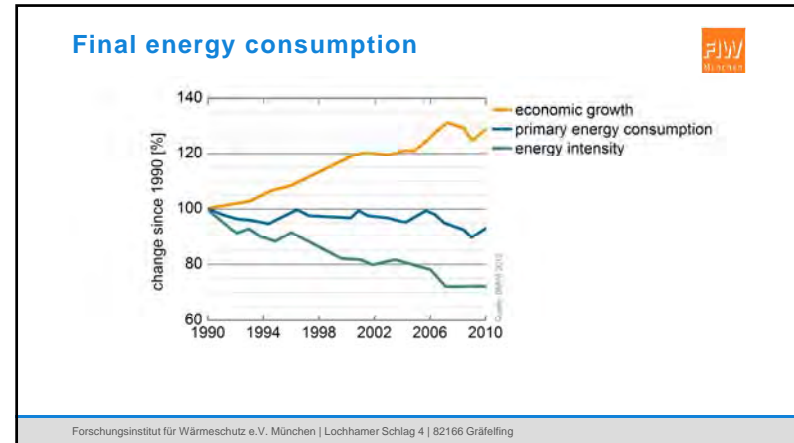
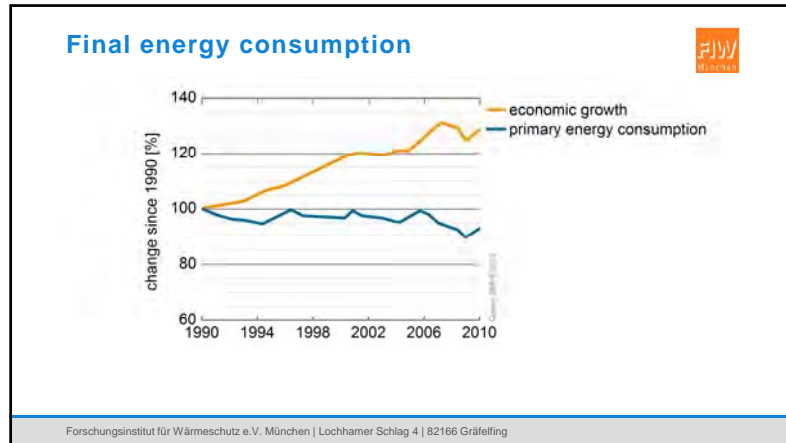
<http://www.bioprodukte.de/>

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing









2010: Federal Government's energy concept

- Sets out Germany's energy policy until 2050
- Adopted after Fukushima in March 2011
 - Nuclear power as a bridging technology

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

PV: High tech with great opportunities



Quelle: ForschungsVerbund Sonnenenergie / Fraunhofer ISE http://www.hschoetz-energie.de/images/photovoltaik_mittelspaltevollbild_jpg_180746.jpg

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Wind Energy: Key Technology



Quelle: Wind park in north-eastern Germany (Mecklenburg) Bild: Philipp Hertzog

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Building: "no-tech"



Source: commons.wikimedia.org

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing


Is this true ?



<http://tv.zcache.com/>

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Thermal comfort



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

German Building Stock



18,8 million buildings

http://d2lg1ac45z1vf.cloudfront.net/wp-content/uploads/2008/04/muenchen3d_1.png

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

German Building Stock

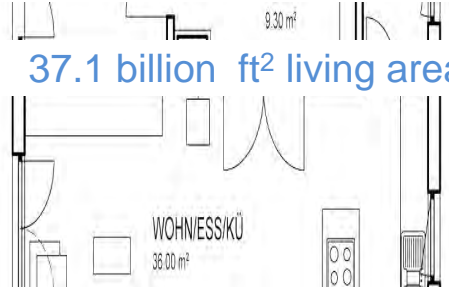


40 million dwellings

<http://www.immowelt24.org/>

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

German Building Stock



37.1 billion ft² living area

WOHNWESSKÜ
36.00 m²

9.30 m²

<http://www.immowelt24.org/>

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Thermal comfort



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Goal: comfort



<http://www.vdi.de/typo3temp/pics/1c4b7b72c4.jpg>

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

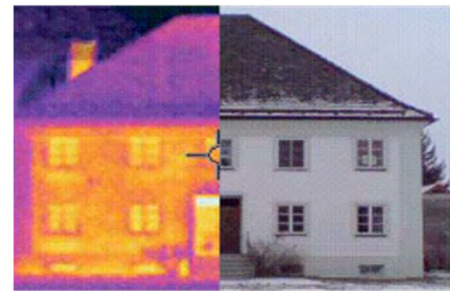
Heating Season: 8-9 months



<http://b-thrifty.com/wp-content/uploads/2012/12/Take-precautions-to-heat-your-home-during-Winter-season.png>

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Weaknesses in existing buildings



Quelle: IB Holm 2010

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Weaknesses in existing buildings



Source: Energieagentur NRW

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Weaknesses in existing buildings



Source: Energieagentur NRW

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Weaknesses in existing buildings



Source: Energieagentur NRW

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Weaknesses in existing buildings



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Weaknesses in existing buildings

Source: Energieagentur NRW

Source: Energieagentur NRW

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Weaknesses in existing buildings

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

German Building Stock

	% of the total stock	% of total energy consumption
	80 %	41 %
	16 %	24 %
	4 %	35 %

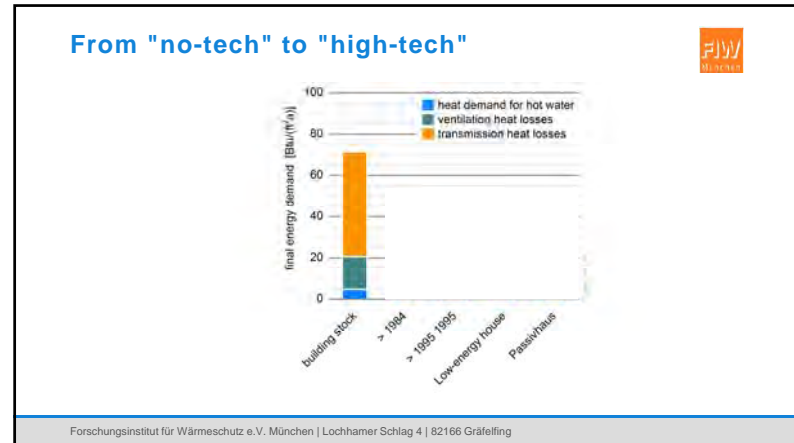
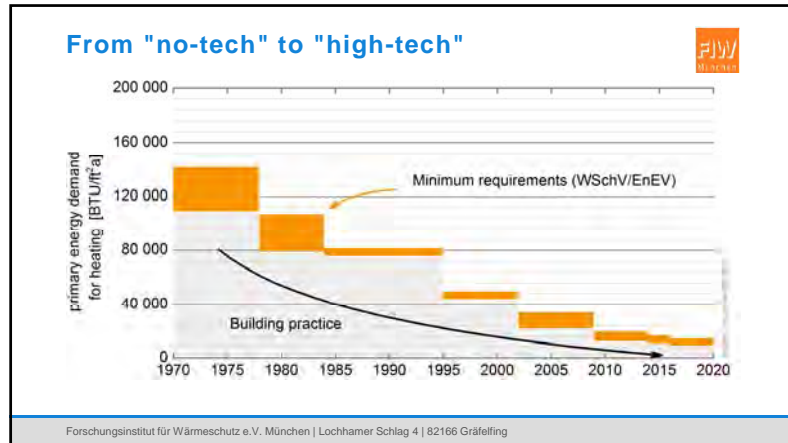
Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Energy standard

energy standard

- non
- with energy-saving regulations

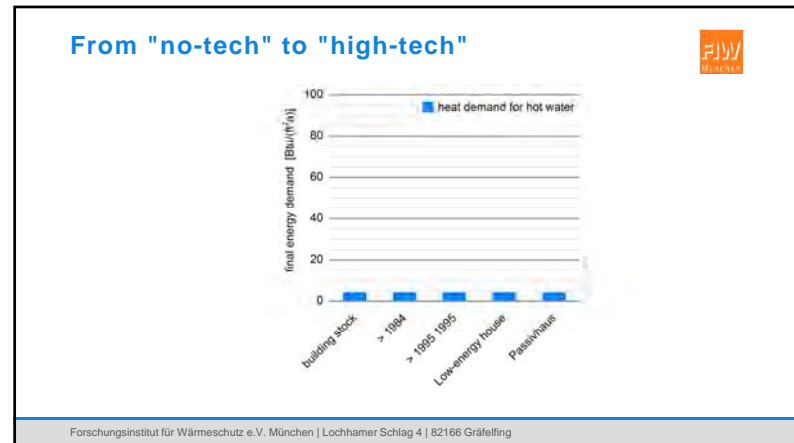
Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing



From "no-tech" to "high-tech"

www.paultaylorplumbingservices.co.uk/ <http://robertsonwindowwashing.com/> FIW München

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing



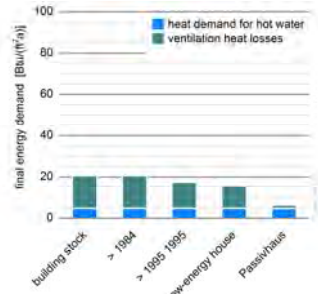
From "no-tech" to "high-tech"



www.paultaylorplumbingservices.co.uk/ http://robertsonwindowwashing.com/ FIW München

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

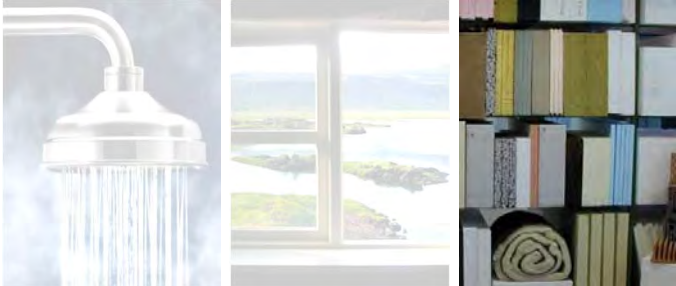
From "no-tech" to "high-tech"



Building Type	Heat demand for hot water	ventilation heat losses
building stock	~5	~15
> 1984	~5	~15
> 1985 1995	~5	~10
Low-energy house	~5	~5
Passivhaus	~5	~0

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

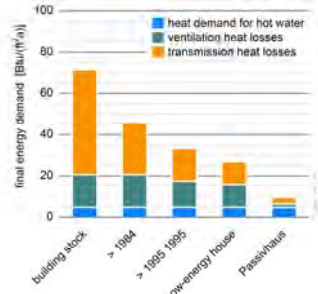
From "no-tech" to "high-tech"



www.paultaylorplumbingservices.co.uk/ http://robertsonwindowwashing.com/ FIW München

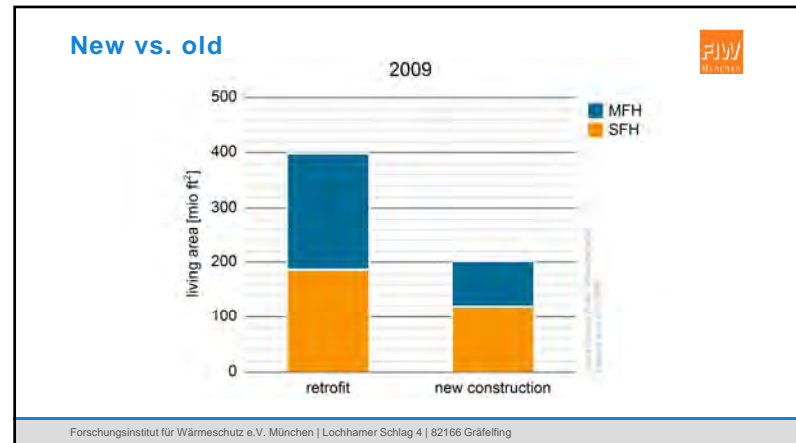
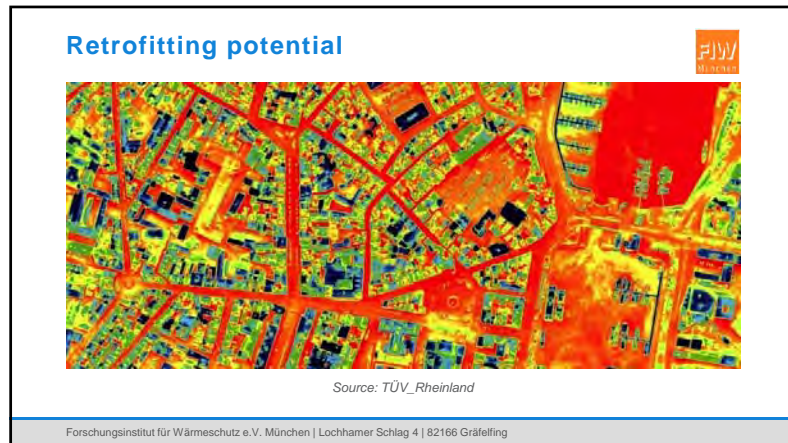
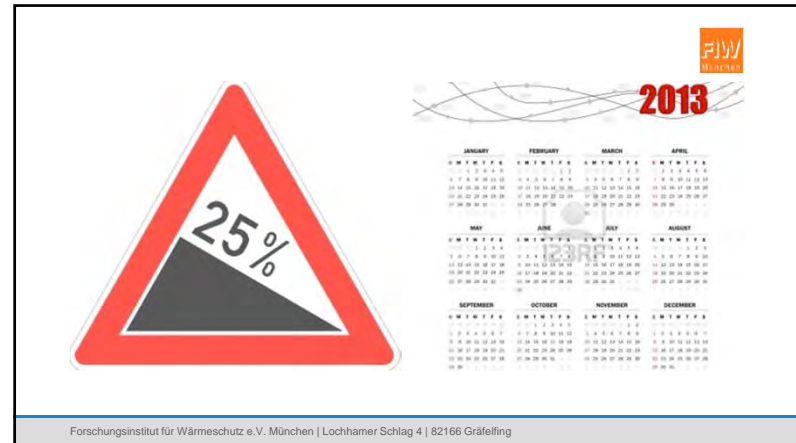
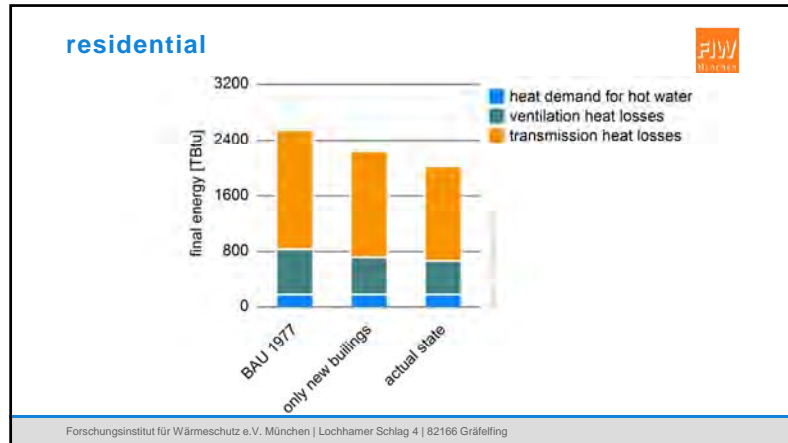
Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

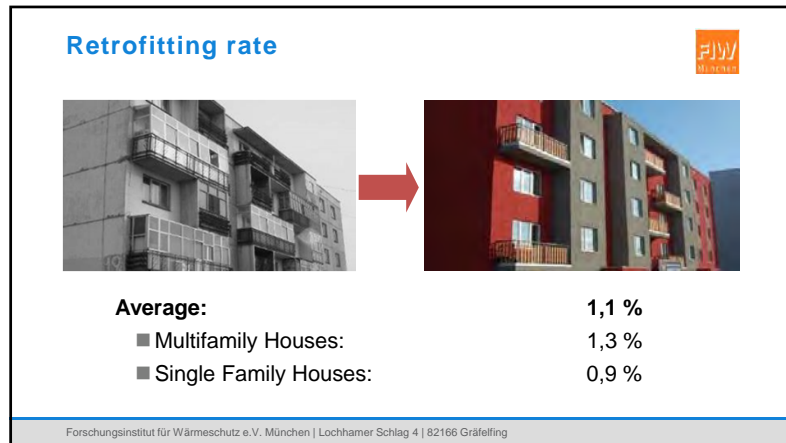
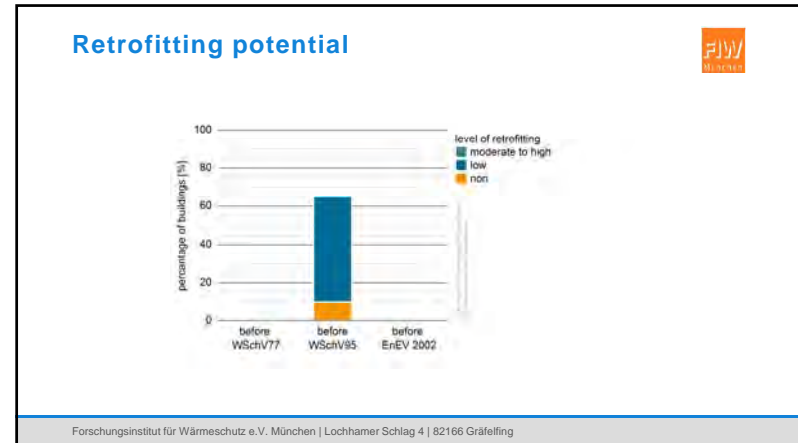
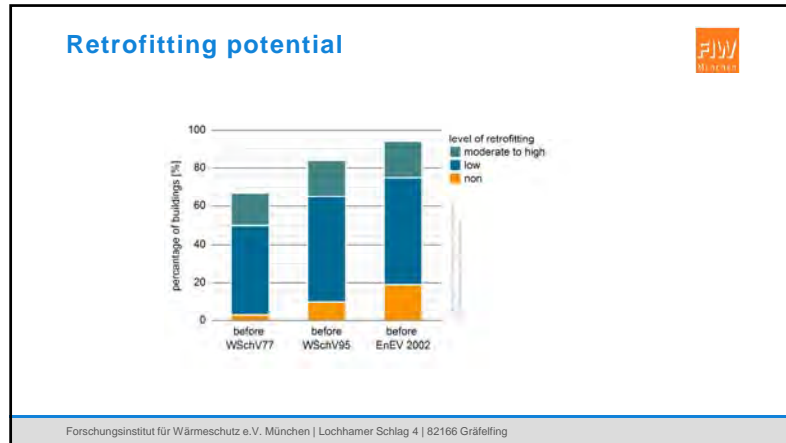
From "no-tech" to "high-tech"




Building Type	Heat demand for hot water	ventilation heat losses	transmission heat losses
building stock	~5	~15	~55
> 1984	~5	~15	~25
> 1985 1995	~5	~10	~15
Low-energy house	~5	~5	~5
Passivhaus	~5	~0	~0

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing





Thermal quality



60 % with R 1,3 or less
27 Mio. singel glazing (4 %)

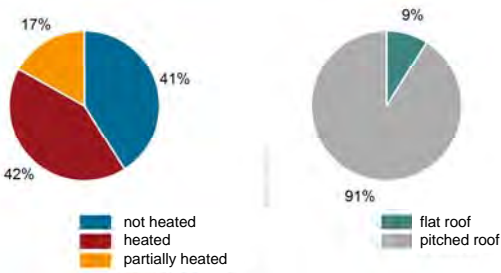
Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Thermal quality



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

The German Roof

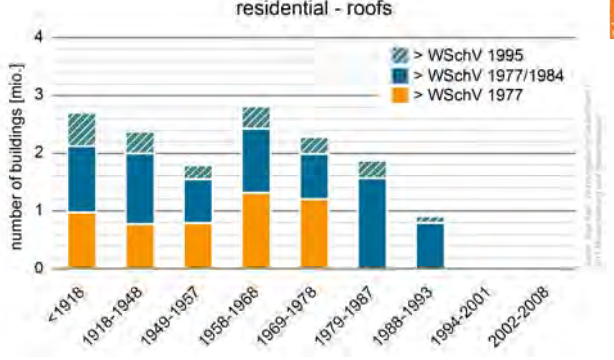


Heating Status	Percentage
not heated	41%
heated	42%
partially heated	17%

Roof Type	Percentage
pitched roof	91%
flat roof	9%

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

residential - roofs



Construction Period	> WSchV 1977	> WSchV 1977/1984	> WSchV 1995
<1918	1.0	1.0	0.5
1918-1948	0.8	1.2	0.4
1949-1957	0.8	0.7	0.2
1958-1968	1.3	1.1	0.4
1969-1978	1.2	0.8	0.3
1979-1987	1.5	0.3	0.2
1988-1993	0.8	0.1	0.1
1994-2001	0.8	0.1	0.1
2002-2008	0.8	0.1	0.1

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

The German Facade



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Brick



http://www.dako-pr.de/uploads/media/09-37_Rohbau.jpg

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

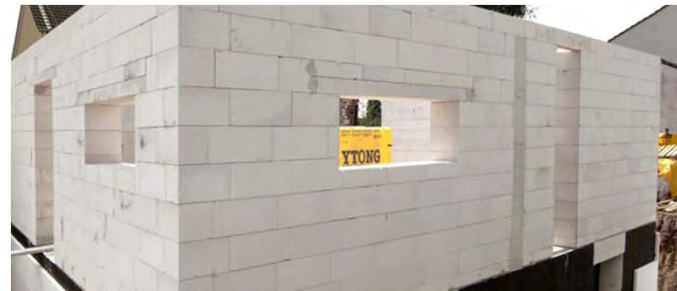
Lime silica brick



http://www.dako-pr.de/uploads/media/09-37_Rohbau.jpg

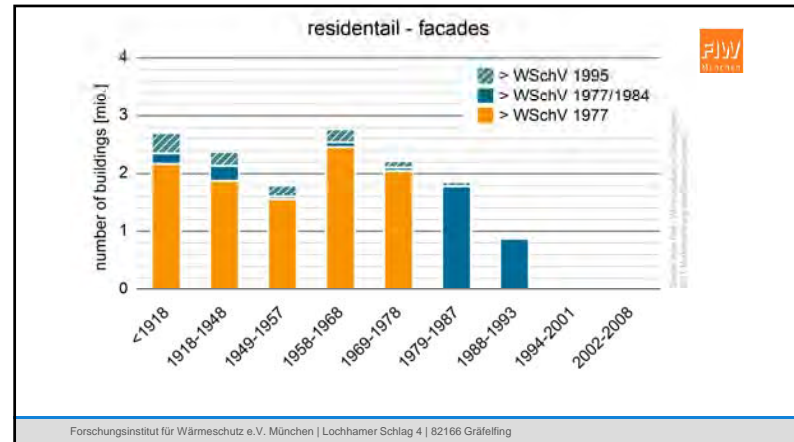
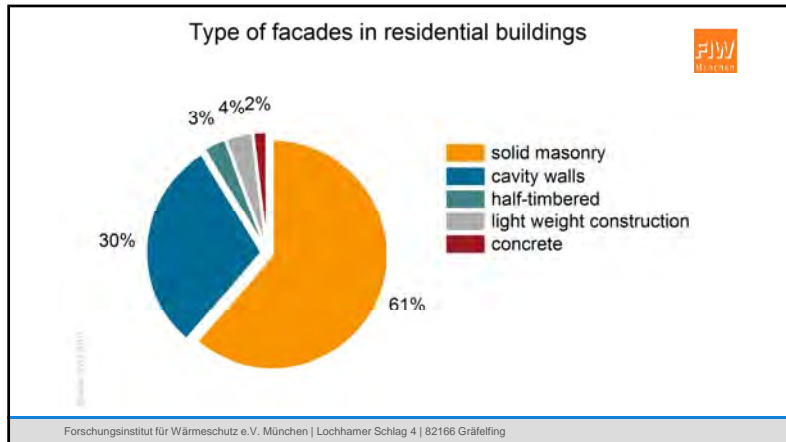
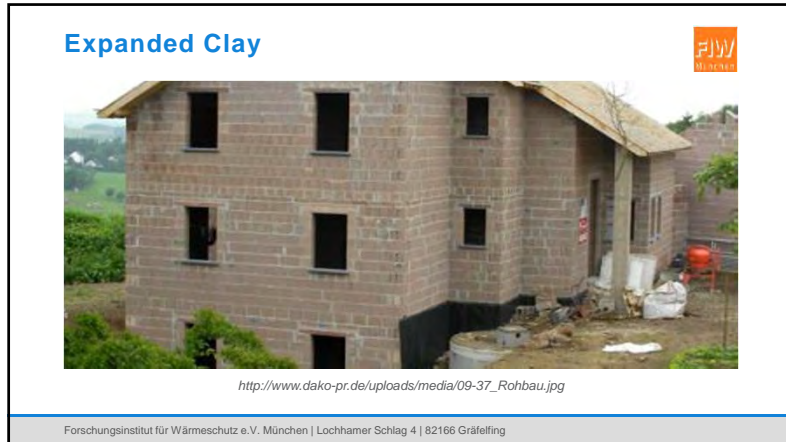
Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

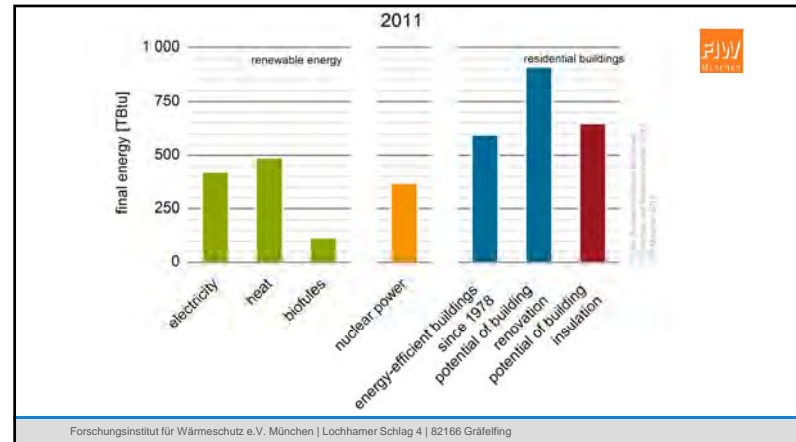
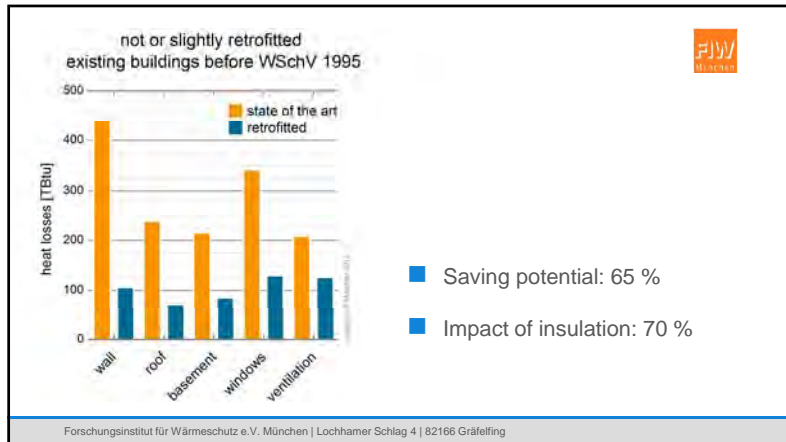
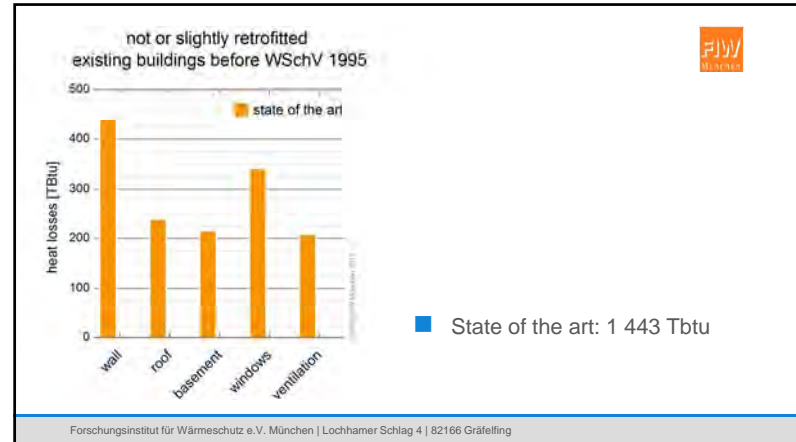
Aerated concrete



http://www.dako-pr.de/uploads/media/09-37_Rohbau.jpg

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing





Building: "no-tech"



Source: commons.wikimedia.org

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Building: "low-tech" with the greatest effect



Quelle: Solarhaus / Joseph D. / www.flickr.com

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Building: "low-tech" with the greatest effect



Quelle: Wahlplakat Bündnis 90 / Die Grünen

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Building: "low-tech" with the greatest effect



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing


Solar Decathlon 2007 und 2009



Quelle: US.Dept of Energy Solar Decathlon; 2009 Solar Decathlon; Stefano Pallera

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Solar Decathlon - Washington, D.C., 2007



Wall
R 57

Glazing North
R 18 & SHGC = 0.37

Roof
R 57

Glazing South
R 10 & SHGC = 0.51

bottom plate
R 14

Ventilation system with heat recovery and heat pump
PV with 15 / 11,4 kW_p
flat-plate collectors

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Solar Decathlon - Washington, D.C., 2009



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Solar Decathlon Europe 2010



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

University of Applied Sciences Rosenheim: 2nd



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Winner Virginia Polytechnic



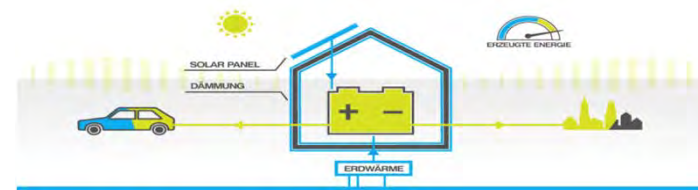
Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Next Step

<http://betriebsbuchtv>

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Building = small power plant



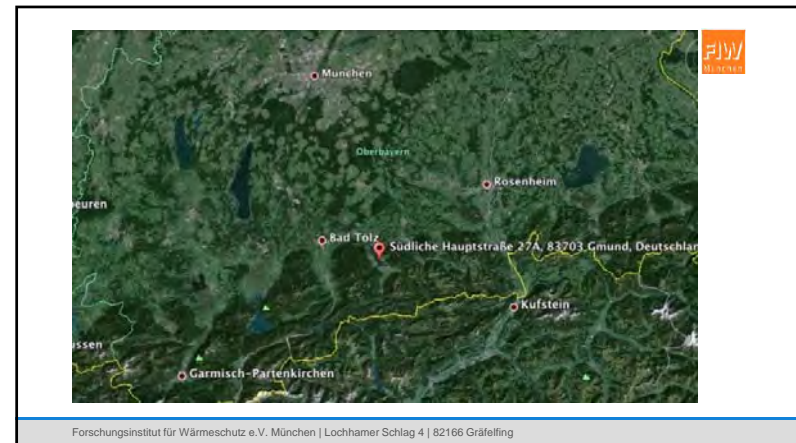
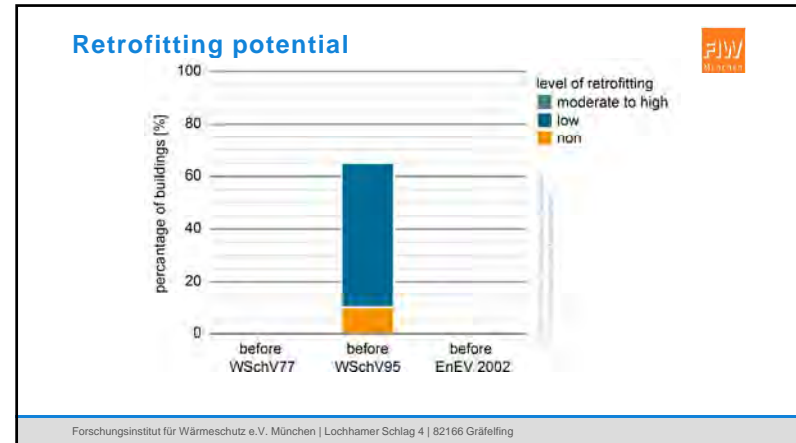
Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

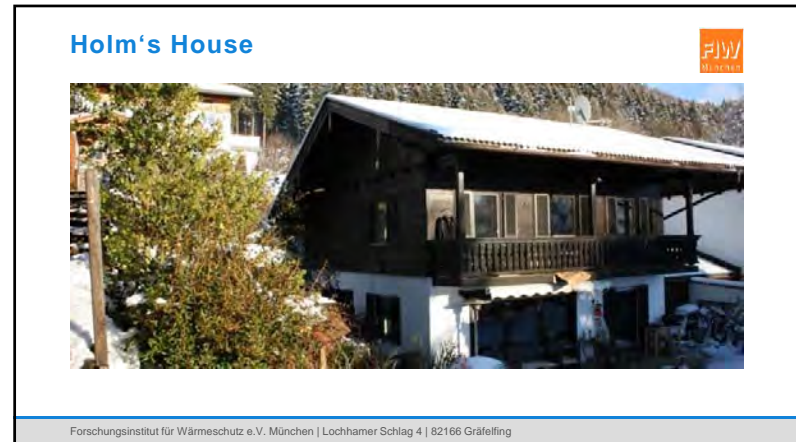
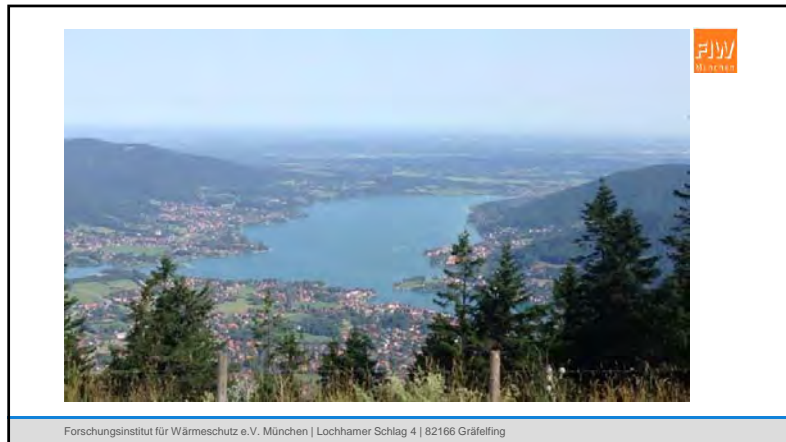
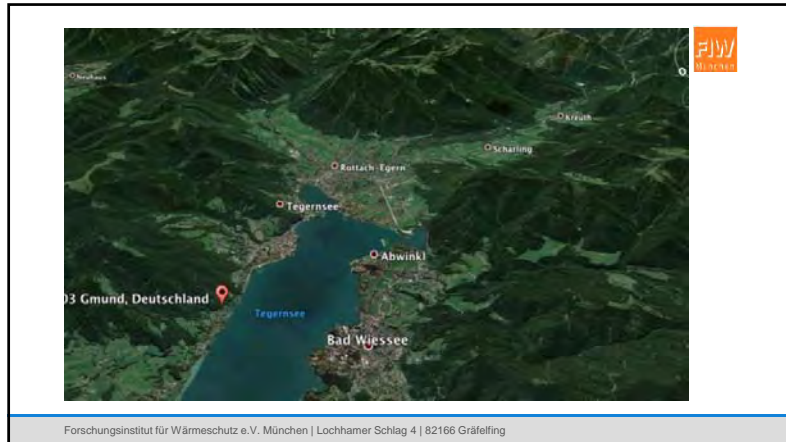
Effizienzhaus Plus

Source: BMVBS

Source: BMVBS

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing





Holm's House




Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Holm's House



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Holm's House

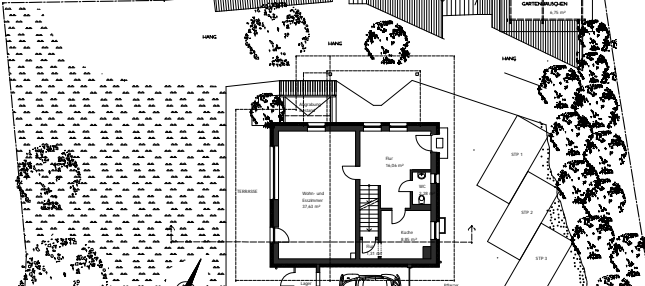


- Built in 1979
- Living area: 1722 ft²
- Orientation: north-south
- Masonry: brick
- 2 adults & 2 kids

extension needed !!!

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Holm's House



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Holm's House

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Holm's House

- Heating system
 - central heating with oil
 - 1995
 - Temperature: 131 / 113 °F
 - warm water

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Holm's House

date	amount of fuel		fuel cost		energy costs for oil [€/a]
	[gal]	[Mil. Btu]	[€/gal]	[€/Mil. Btu]	
10.01.07	938.6	121.2	0,14	16	1 896
30.01.08	528.3	68.2	0,18	20	1 354
25.09.08	281.6	36.3	0,22	24	887
15.05.09	405.0	52.4	0,13	15	782
30.09.10	553.2	71.4	0,18	20	1423
19.10.11	554.8	71.7	0,22	25	1 795
average consumption:			current price (gross):		energy costs @current price:
		2 469 24,7	0,9 0,09		2 622

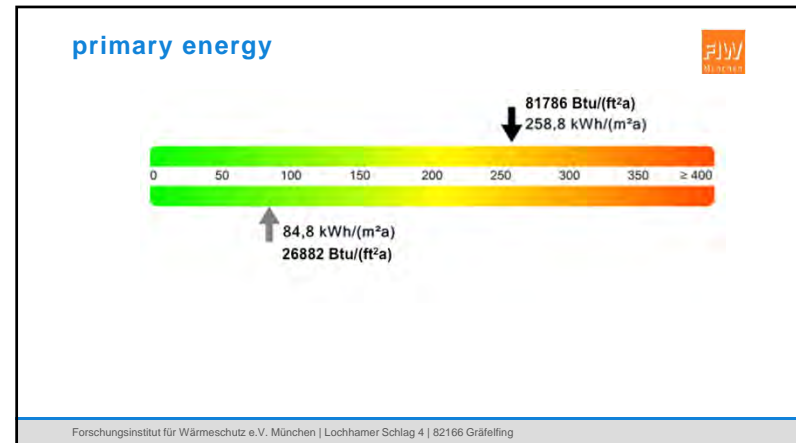
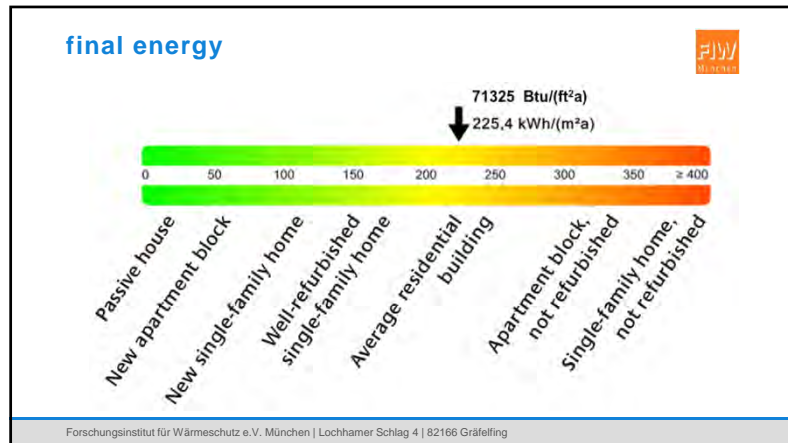
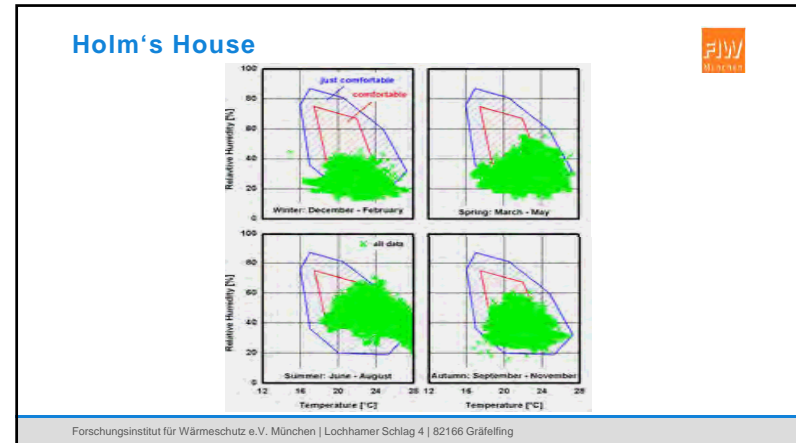
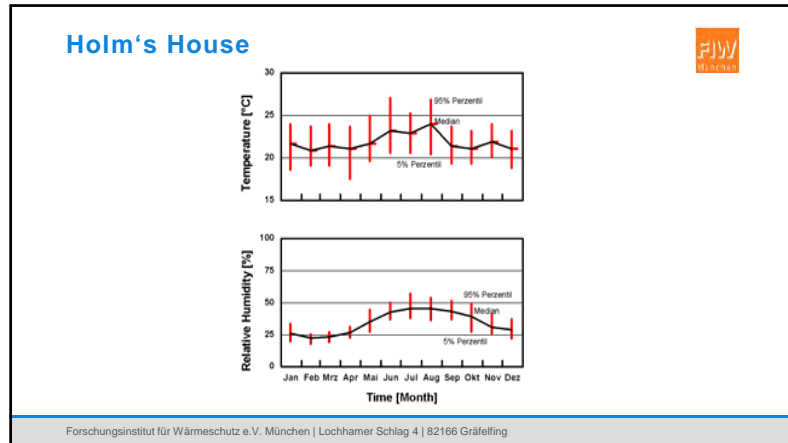
Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

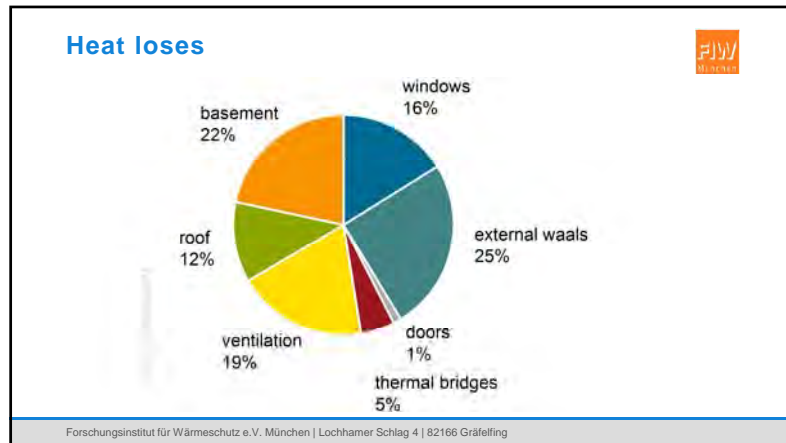
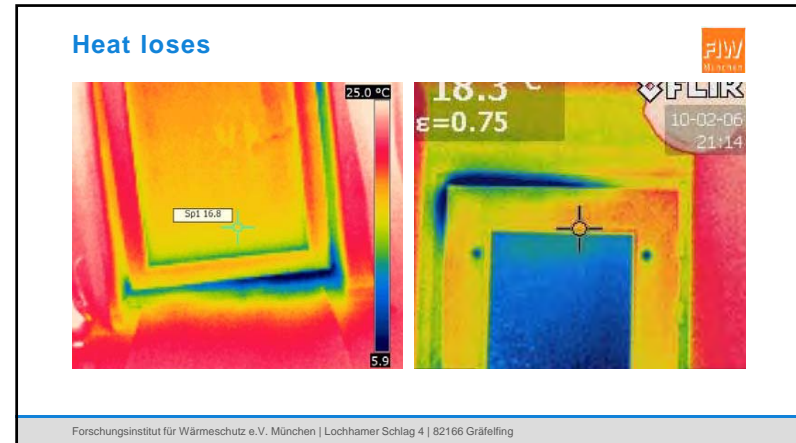
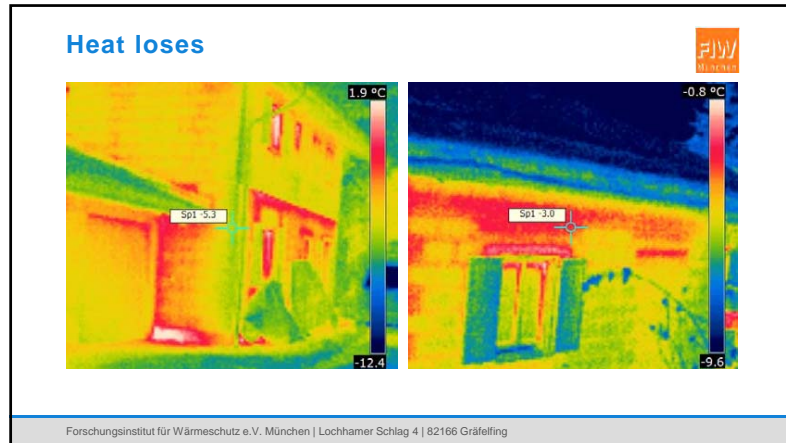
Holm's House

- ADDITIONAL !!!!!!!!!!!
 - + Firewood (beech): 177 ft³
 - 33 million Btu
 - 450 €/a
 - + plug electricity
 - + 3 963 Btu/ft²a for hot water

<http://www.bavaria-forstservice.de/>

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

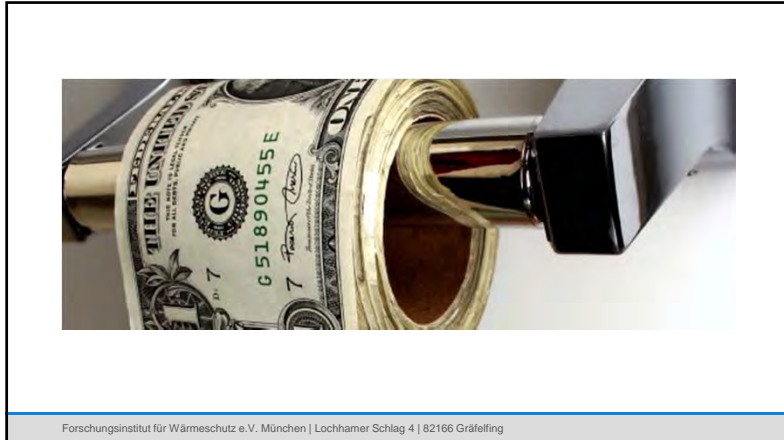




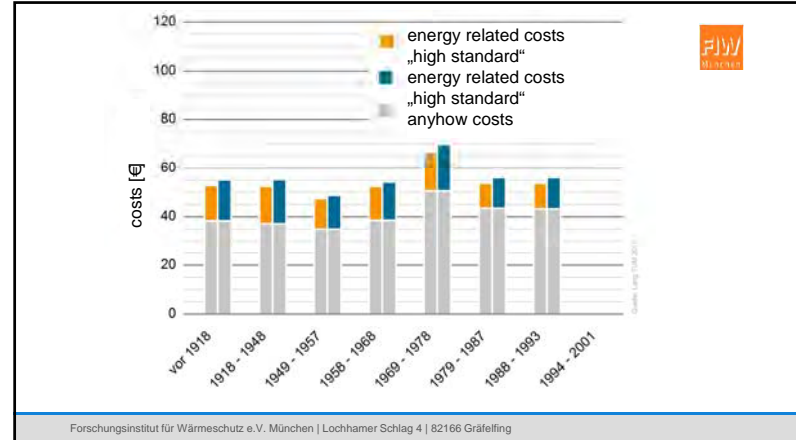
Envelope: target

assembly	R-Value	
	existing Building	EnEV requirement
wall	R7	R24
windows	R2	R4
roof	R11	R24
basement	R2	R19


Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing



- Building loan with interest rate of **1,0 %**
- Refurbishment into a "KfW Efficiency House"
- Individual measures

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing


KfW Efficiency House



- KfW Efficiency House 55
- KfW Efficiency House 70
- KfW Efficiency House 85
- KfW Efficiency House 100
- KfW Efficiency House 115
- KfW Efficiency House Monument


Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

% above reference house




	KfW 130	KfW 115	KfW 100	KfW 85	KfW 70	KfW 55
Q_p	130	115	100	85	70	55
H_T'	145	130	115	100	85	70

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing


- ### Individual measures
- 
- Thermal insulation of walls, roof and floor space
 - Renewal of windows and exterior doors
 - Installation/renewal of a ventilation system
 - Renewal of the heating system
 - Optimisation of heat distribution for existing heating systems
- Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

KfW – Loan Conditions



"KfW Efficiency House"	Individual measures
■ up to EUR 50,000 per housing unit	

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

- ### KfW – Loan Conditions
- 
- | | |
|--|-------------------------------------|
| "KfW Efficiency House" | Individual measures |
| ■ up to EUR 75,000 per housing unit | ■ up to EUR 50,000 per housing unit |
| ■ plus a repayment bonus | |
| ■ 12.5 % for KfW 55 | |
| ■ 10.0 % for KfW 70 | |
| ■ 7.5 % for KfW 85 | |
| ■ 5.0 % for KfW 100 | |
| ■ 2.5 % for KfW 115 | |
| ■ Grants for professional construction supervision by a technical expert | |
- Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

KfW – Loan Conditions



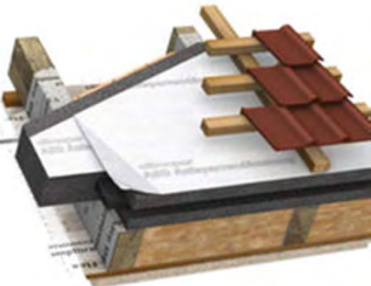
Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

KfW – Loan Conditions




Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Holm's House

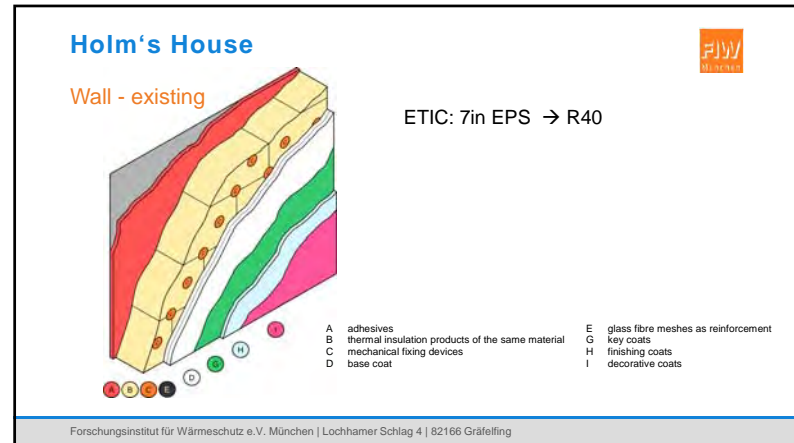
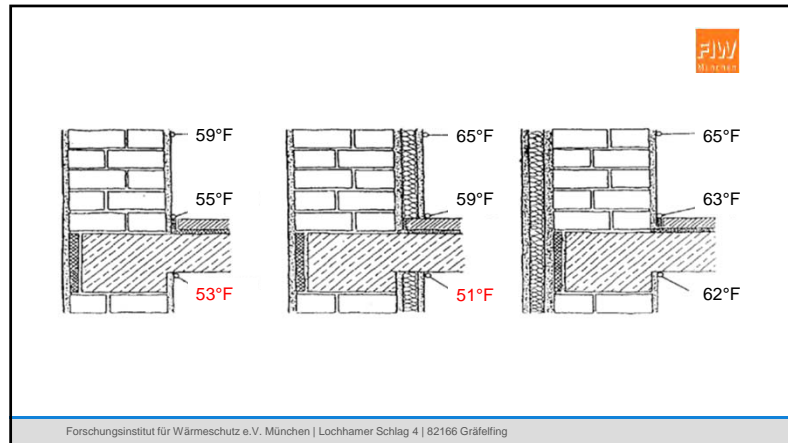
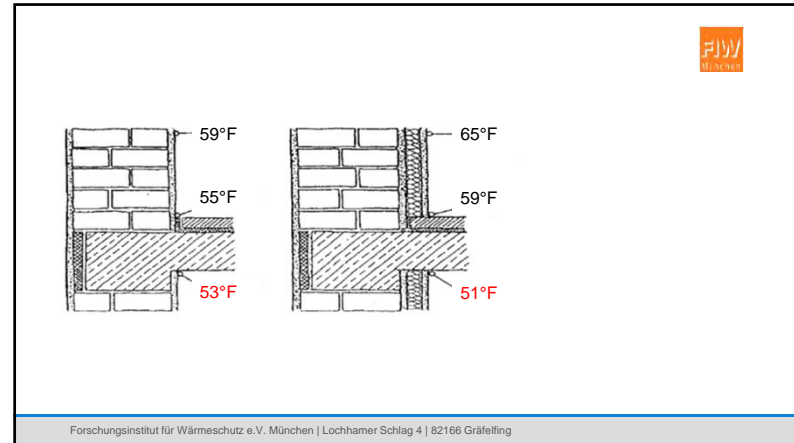
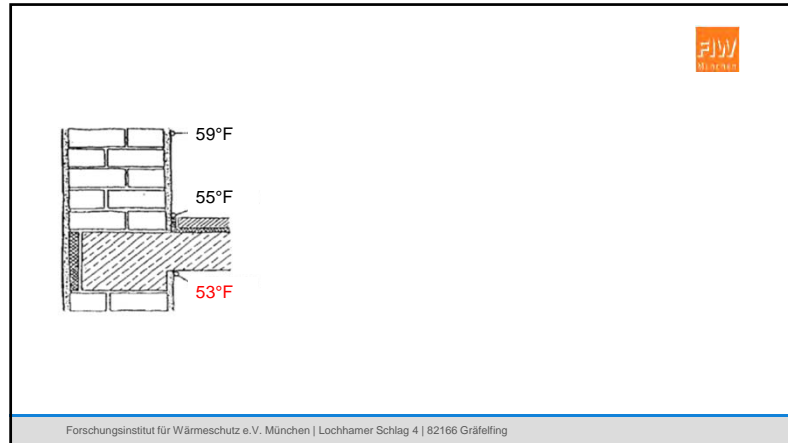


3% EPS + 5 MW → R44

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing



Holm's House

Wall - extension

6 1/2 in MW +
2 1/2 in WFB → R44

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Holm's House

Window

Triple glazing
R6
SHGC 0,7

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Holm's House

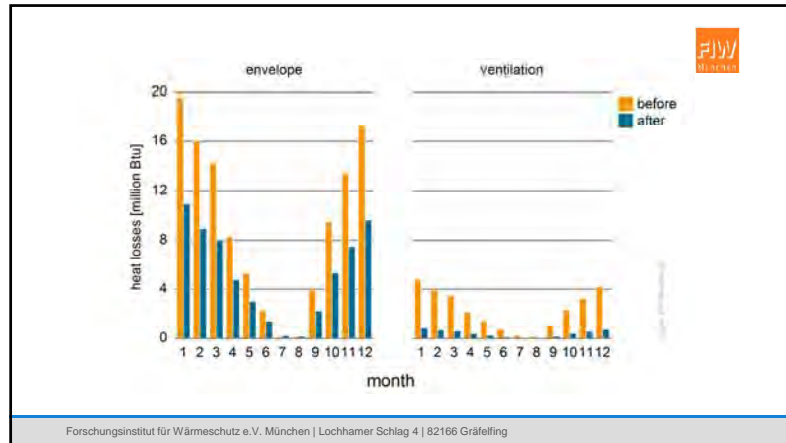
Ventilation System

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Holm's House

Ventilation System

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Holm's House

Heating System

The slide features three images. On the left, there are several yellow oil barrels with 'Oil' written on them. In the center, there is a pile of wood with a large red question mark overlaid on it. On the right, there is a white Panasonic heat pump unit outdoors.

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Holm's House

case	wall	roof	base.	wind.	ventilation	heating	renewables
1	R40	R44	-	R6	mechanical	oil	-


Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Holm's House

case	wall	roof	base.	wind.	ventilation	heating	renewables
1	R40	R44	-	R6	mechanical	oil	-
2	R40	R44	R21	R6	mechanical	oil	

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing


Holm's House



case	wall	roof	base.	wind.	ventilation	heating	renewables
1	R40	R44	-	R6	mechanical	oil	-
2	R40	R44	R21	R6	mechanical	oil	
3	R40	R44	-	R6	mechanical	heat pump	

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing


Holm's House



case	wall	roof	base.	wind.	ventilation	heating	renewables
1	R40	R44	-	R6	mechanical	oil	-
2	R40	R44	R21	R6	mechanical	oil	
3	R40	R44	-	R6	mechanical	heat pump	
4	R40	R44	R21	R6	mechanical	wood pellets	

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing


Holm's House



case	wall	roof	base.	wind.	ventilation	heating	renewables
1	R40	R44	-	R6	mechanical	oil	-
2	R40	R44	R21	R6	mechanical	oil	
3	R40	R44	-	R6	mechanical	heat pump	
4	R40	R44	R21	R6	mechanical	wood pellets	
5	R40	R44	R21	R6	mechanical	heat pump	PV

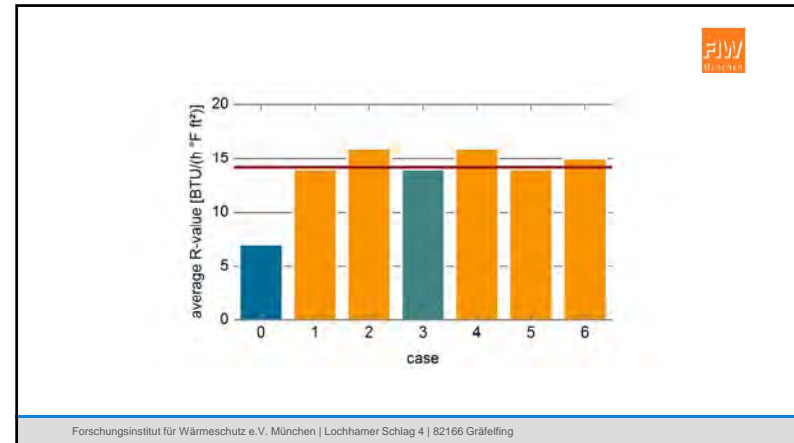
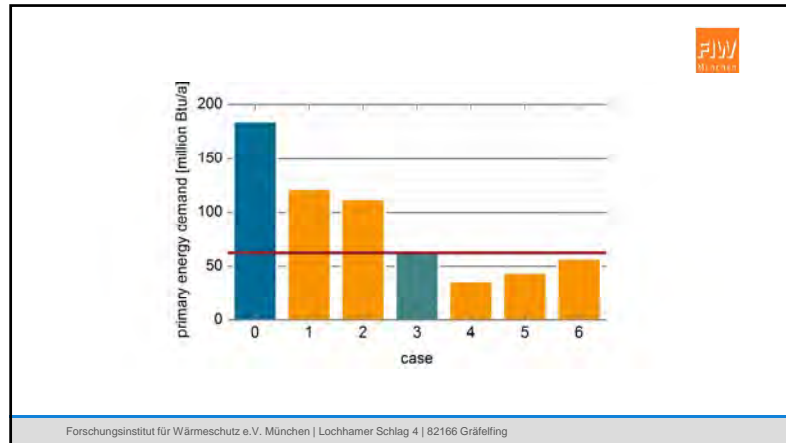
Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Holm's House



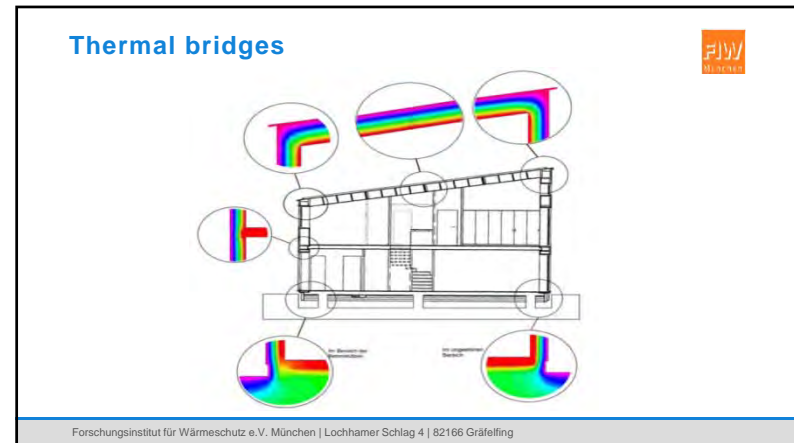
case	wall	roof	base.	wind.	ventilation	heating	renewables
1	R40	R44	-	R6	mechanical	oil	-
2	R40	R44	R21	R6	mechanical	oil	
3	R40	R44	-	R6	mechanical	heat pump	
4	R40	R44	R21	R6	mechanical	wood pellets	
5	R40	R44	R21	R6	mechanical	heat pump	PV
6	R40	R44	R21	R6	mechanical	heat pump	

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing



Holm's House

case	wall	roof	base.	wind.	ventilation	heating	renewables
1	R40	R44	-	R6	mechanical	oil	-
2	R40	R44	R21	R6	mechanical	oil	
3	R40	R44	-	R6	mechanical	heat pump	
4	R40	R44	R21	R6	mechanical	wood pellets	
5	R40	R44	R21	R6	mechanical	heat pump	PV
6	R40	R44	R21	R6	mechanical	heat pump	



Thermal bridges

19,0
18,4
18,0
17,6
17,2
16,8
16,4
16,0
15,5
15,1
14,7
14,3
13,9
13,5
13,1
12,0

18K: Thermografie/Messungsbau P.V.3/10khaus Kubelstraße 8 High BB200 München

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Thermal bridges

$$H_T = \sum (F_{xi} \cdot U_i \cdot A_i) + \Delta U_{WB} \cdot A$$

$$\Delta U_{WB} = \left\{ \begin{array}{l} 0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \text{ as flat rate} \\ 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \text{ if according to DIN 4108-BB2} \\ x,xx \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \text{ if } \Psi \text{ known} \end{array} \right\}$$

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Thermal bridges

ΔU _{WB} [W/m ² K]	Change in average R-value [BTU/(h·ft ²)]	Change in primary energy demand [million Btu/a]
0,035	-	-
0,05	-4%	3%
0,1	-16%	11%


Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Thermal bridges – DIN 4108 – BB2

DIN 4108 Beiblatt 2		DIN
ICS 91.120.10		Ersatz für DIN 4108 Beiblatt 2:1998-08
Dieses Beiblatt enthält Informationen zu DIN 4108, jedoch keine zusätzlich genannten Festlegungen.		
Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Wärmebrücken – Planungs- und Ausführungsbeispiele		
Thermal insulation and energy economy in buildings – Thermal bridges – Examples for planning and performance		

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Thermal bridges



Outsere	M	A	K	S	H
12	Bild 82	Bild 83			o
13					o
Türschwelle, Pfettendach					
14	Bild 84	Bild 85			o
15					o

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Thermal bridges


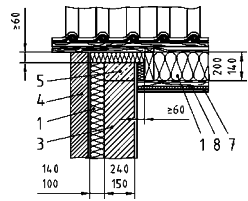


Bild 83 o Örtgang in kerndämmtem Mauerwerk




Bemerkungen:

Gilt bei gleichen Dämmeigenschaften auch für den Holzbau

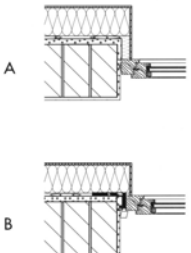
$\lambda = 0,06 \text{ W / (m \cdot K)}$

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

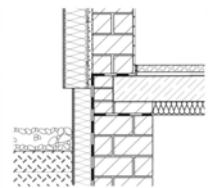
Connection details



window




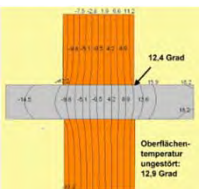
basement



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

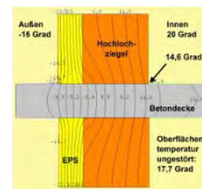
Connection details





12,4 Grad

Oberflächentemperatur ungestört: 12,9 Grad



Außen -16 Grad

Innen 20 Grad

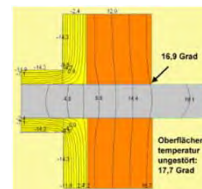
Hochlochziegel

Betondecke

EPS

14,6 Grad

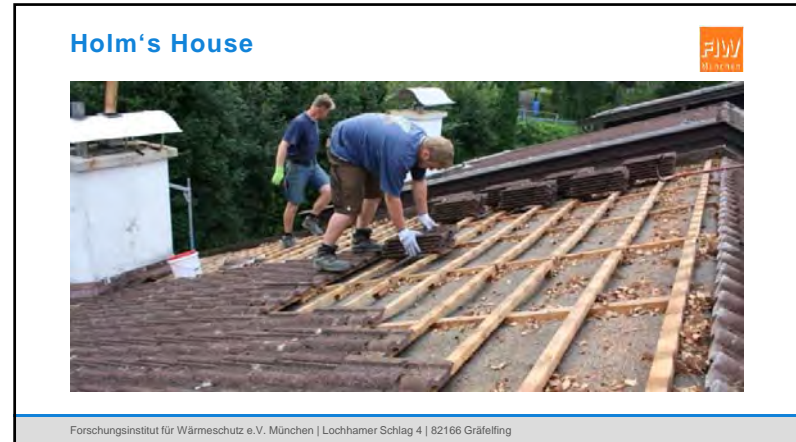
Oberflächentemperatur ungestört: 17,7 Grad

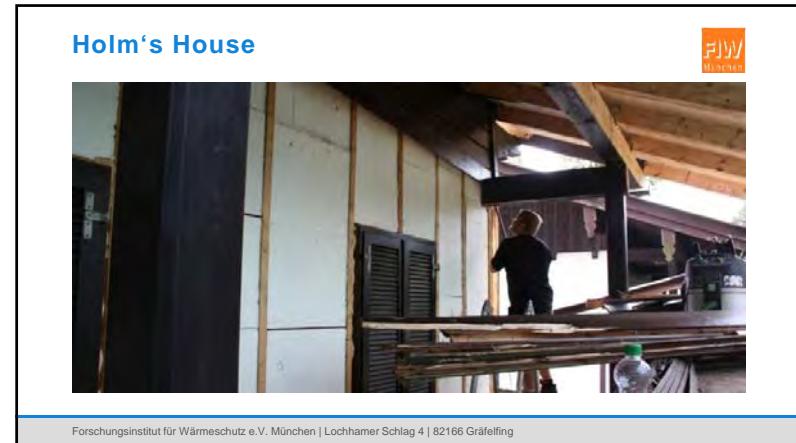


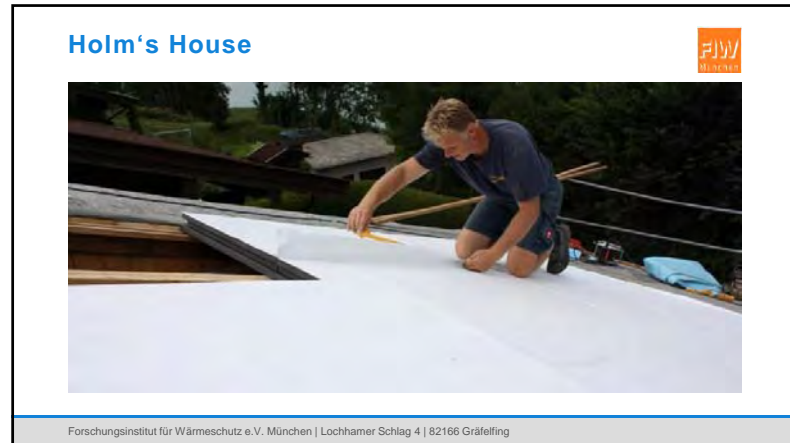
16,9 Grad

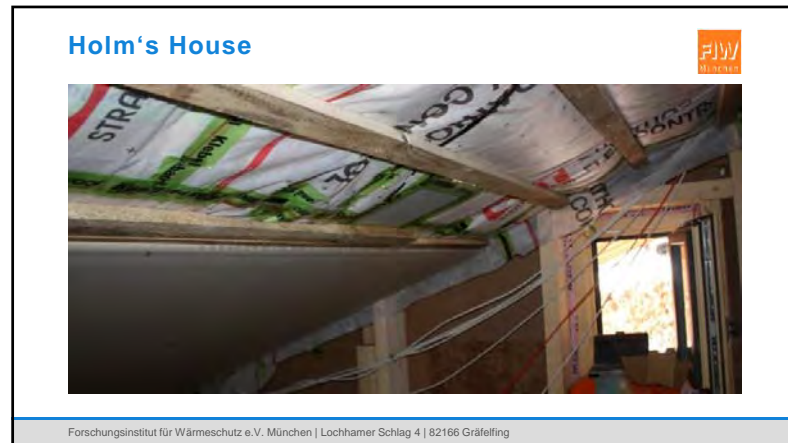
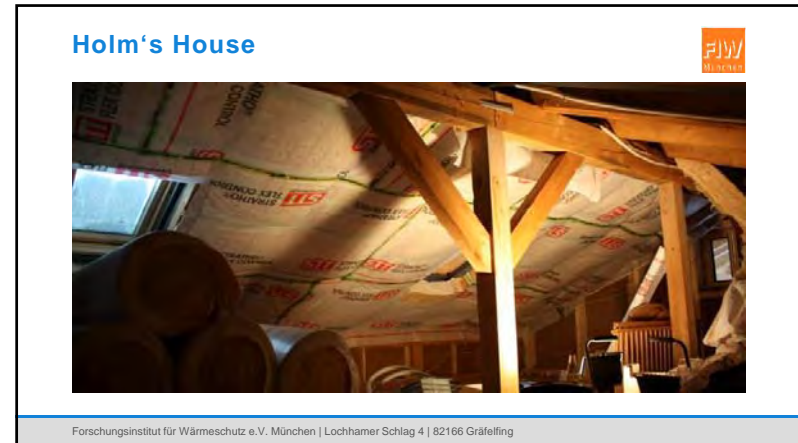
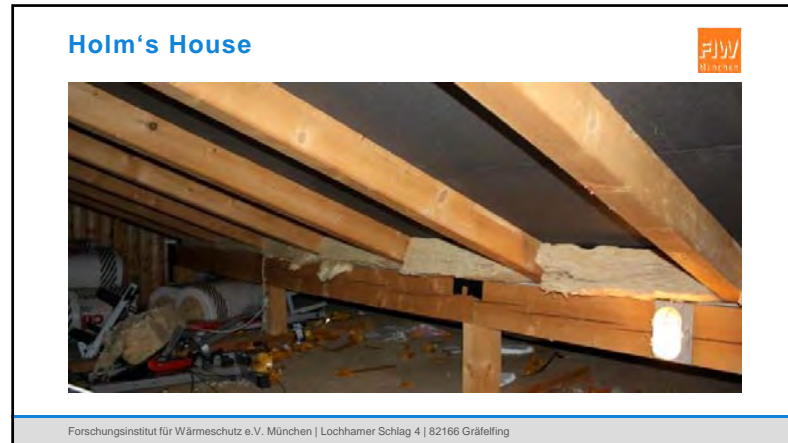
Oberflächentemperatur ungestört: 17,7 Grad

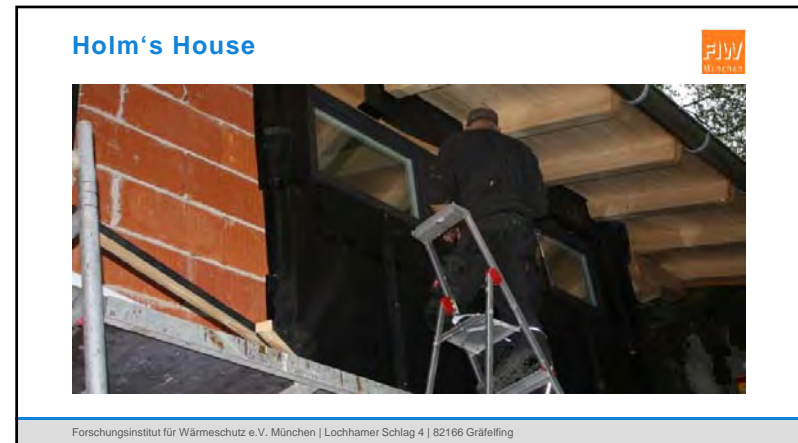
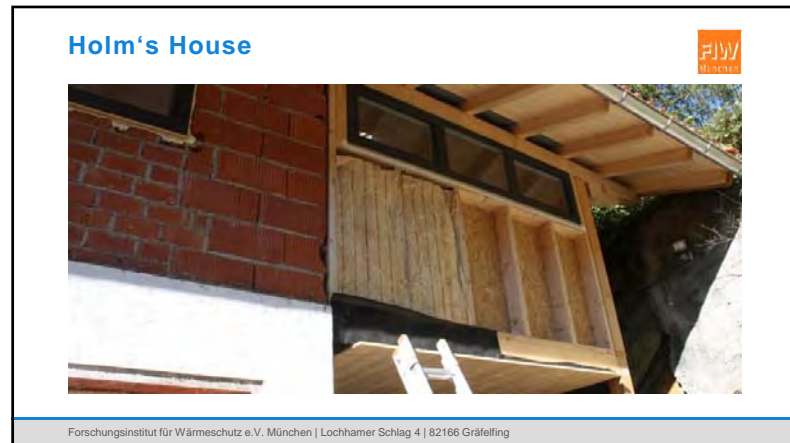
Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

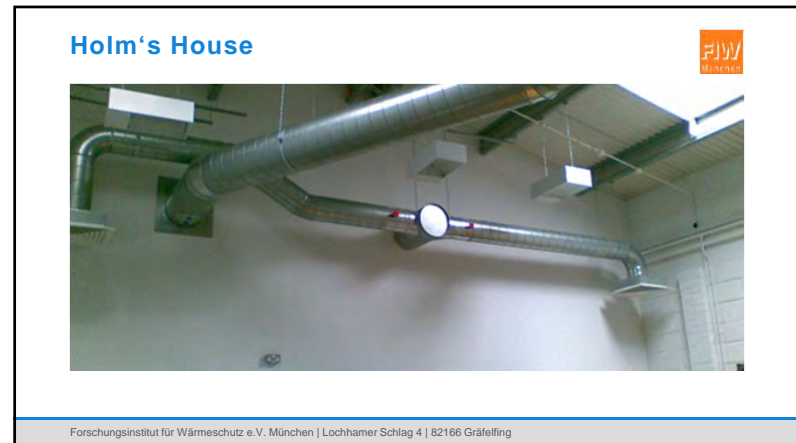
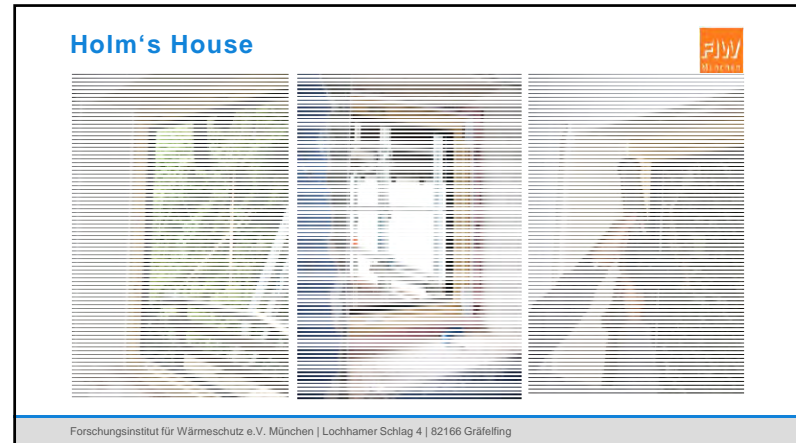













Holm's House



<http://media.2oceansvibe.com/wp-content/uploads/2011/06/Air-Duct1.jpg>


Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Holm's House



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

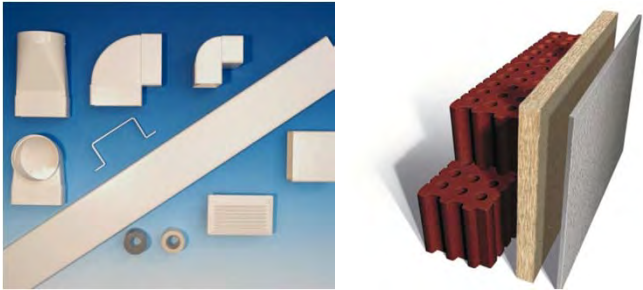
Holm's House



Come up with unique idea

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

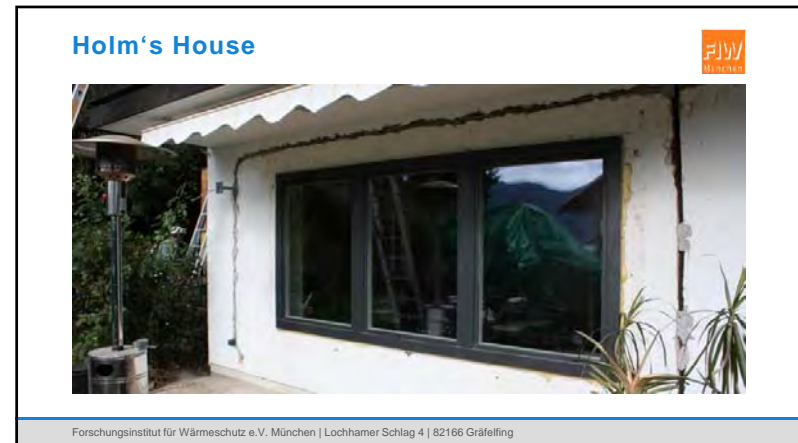
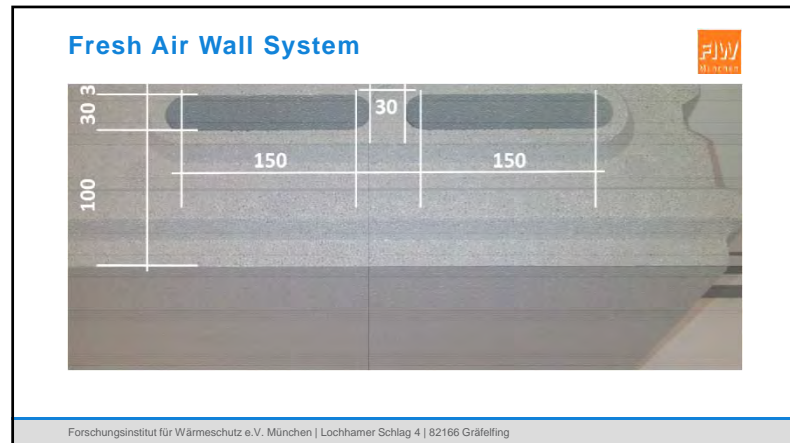
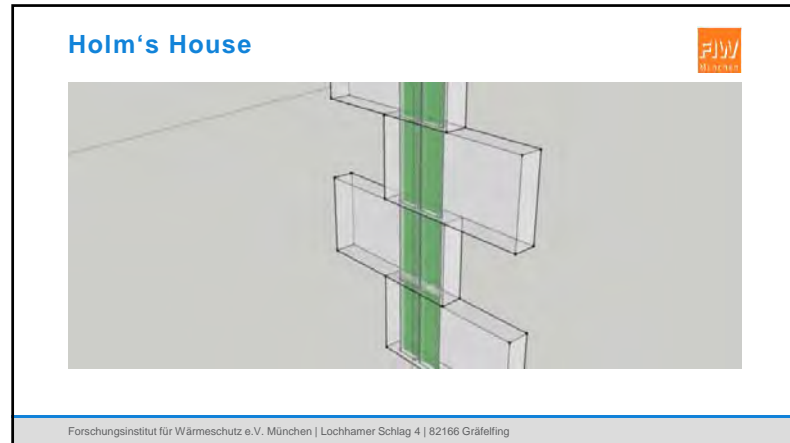
Holm's House

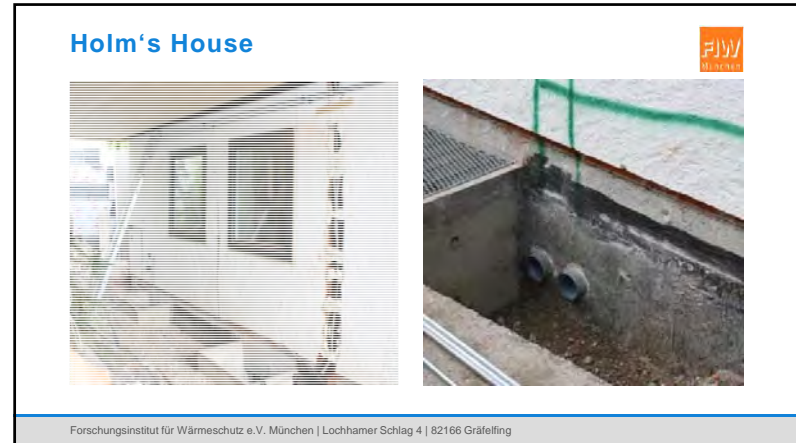
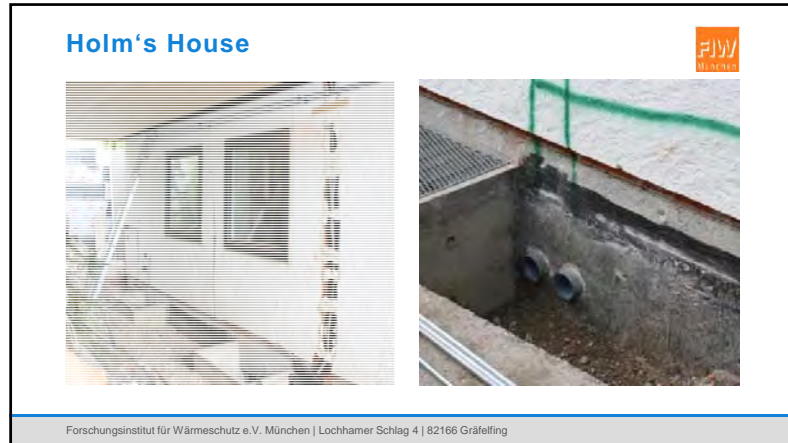


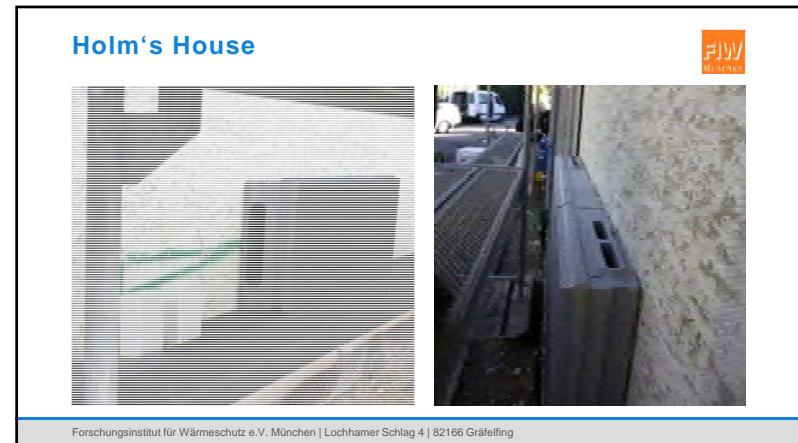
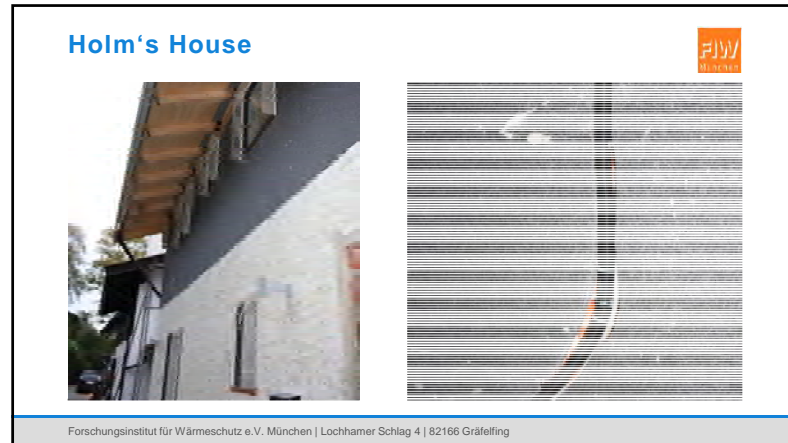
<http://www.gavo.net/beeldenbank/Media/producten/beelden/grootste/20e.jpg>

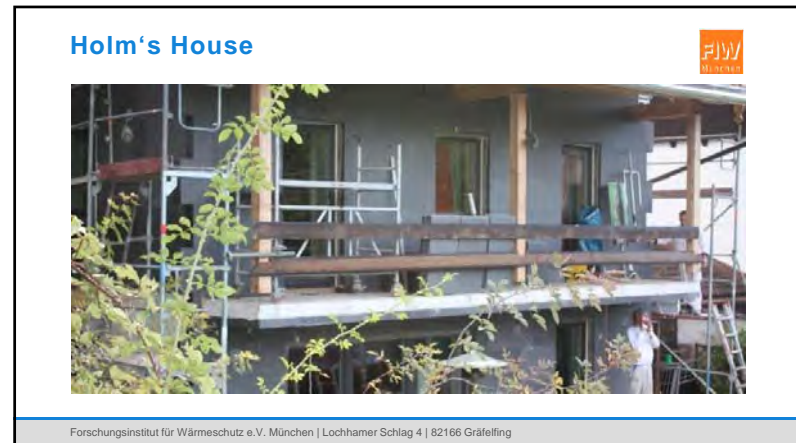
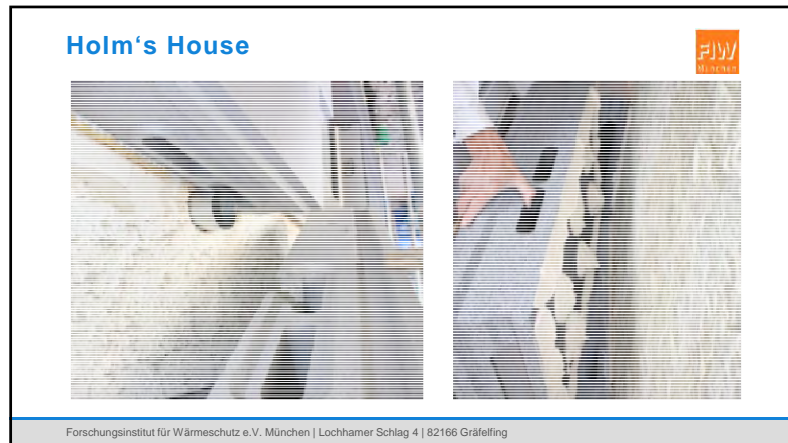
<http://www.lifepr.de/>

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing










Holm's House



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Holm's House




Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Holm's House



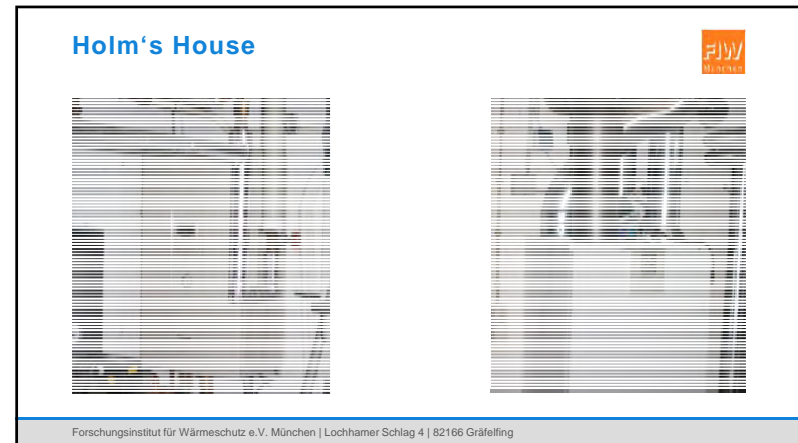
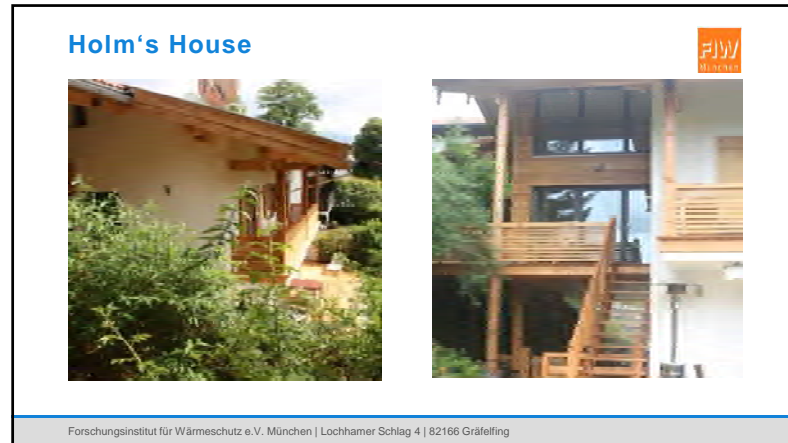
Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Holm's House




Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing



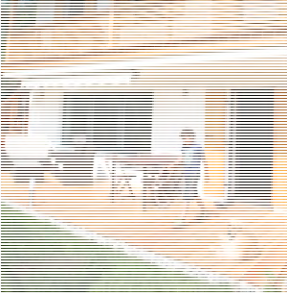


Holm's House



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Holm's House



Energy Costs:
 before: ca. 2600 €/a
 after: ca. 550 €/a

Retrofitting costs:
 Total: 140 000 €
 Energy related: 35 000 €


Value of the house:
 before: max. 525 000 €
 after: min. 850 000 €

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Holm's House

- financial support:
 - repayment bonus: € 5 625
 - technical expert: € 3 000
 - heat pump bonus: € 3 500

→ total: **€12 125**



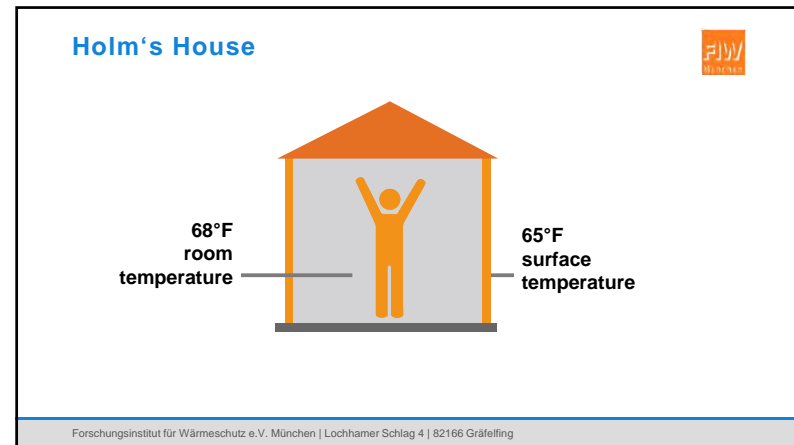
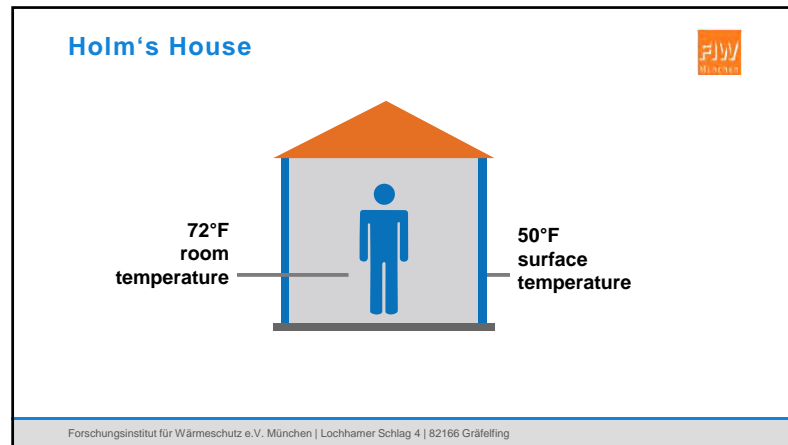
<http://www.ingenieur.de/>


Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Holm's House

	Cost for heating in 20 years with annual increase of energy costs of [€]		
	3 %	5 %	8 %
before	76 796	97 514	141 588
after	18 009	24 289	38 221

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing





interior insulation as an alternative

Quelle: FV WDV5 2012

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing



Ideal for:

- landmarked facades



Quelle: FV WDV5 2012

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

07.08.2013



Ideal for:

- structured facades



Quelle: FV WDV5 2012

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing



Ideal for:

- dense development



Quelle: FV WDV5 2012

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Ideal for:

■ buildings with a lack of eaves



Quelle: FV WDVS 2012

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Ideal for:

■ close to property border



Quelle: FV WDVS 2012

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

07.08.2013

Ideal for:

■ buildings, which are used only temporarily



Quelle: FV WDVS 2012

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Ideal for:

$\Sigma = 20$ % of all facades

Quelle: FV WDVS 2012

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Interior Insulation Challenges


Damage connected with interior insulation



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Interior Insulation Challenges

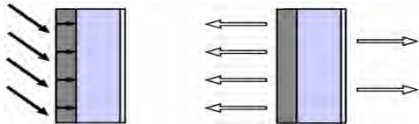
Damage connected with interior insulation



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Interior Insulation Challenges

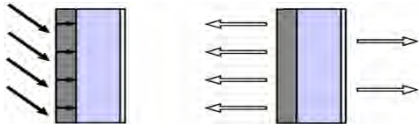
Before



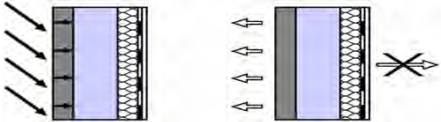
Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Interior Insulation Challenges

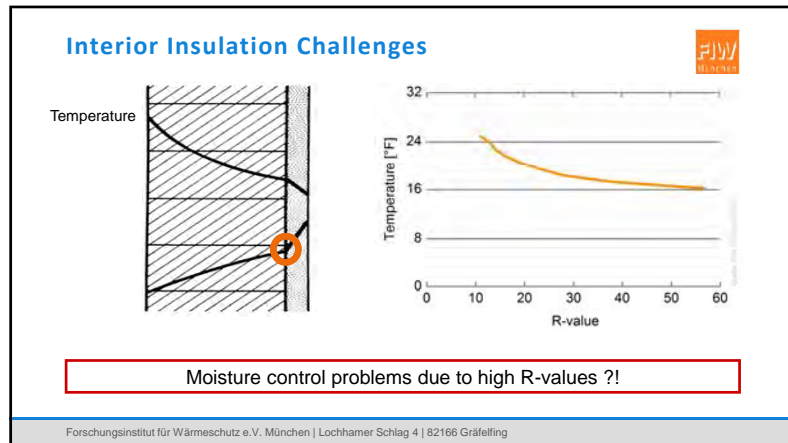
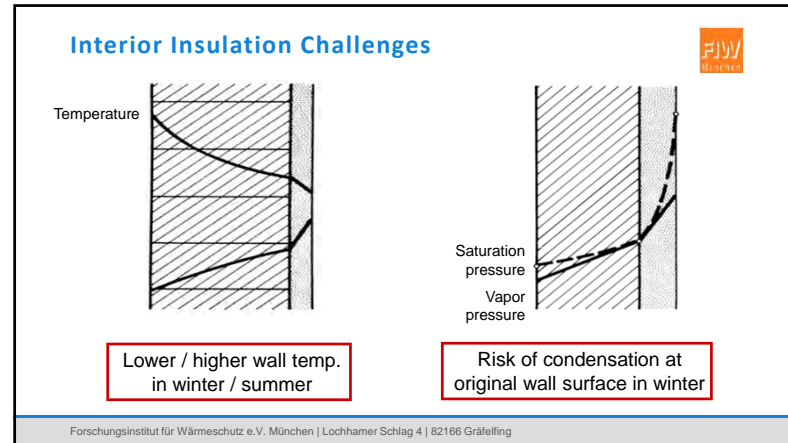
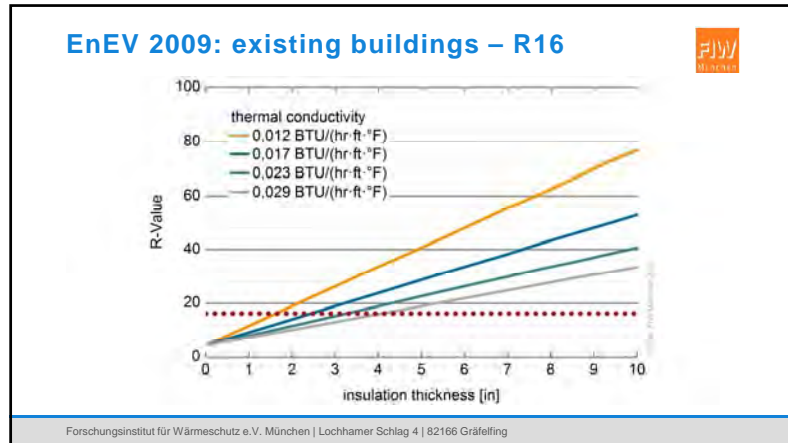
Before

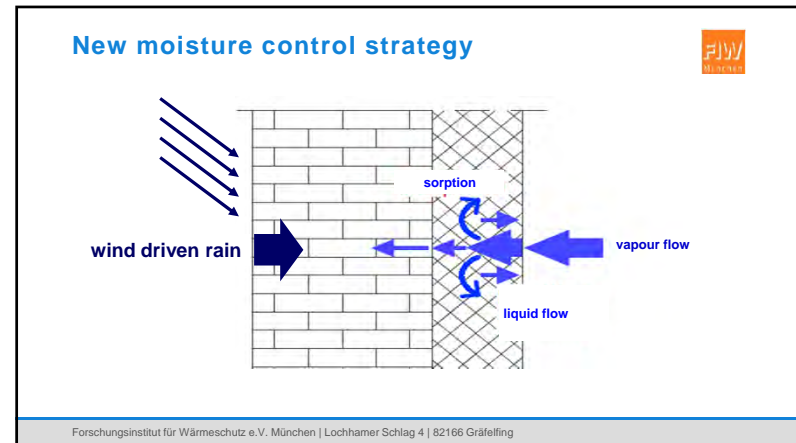
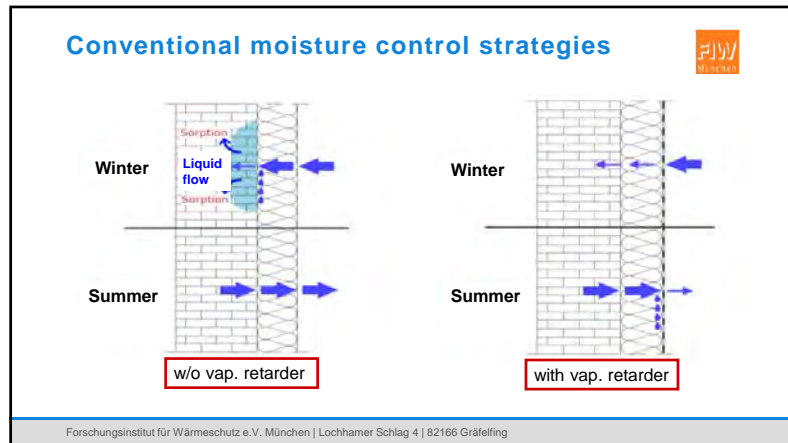
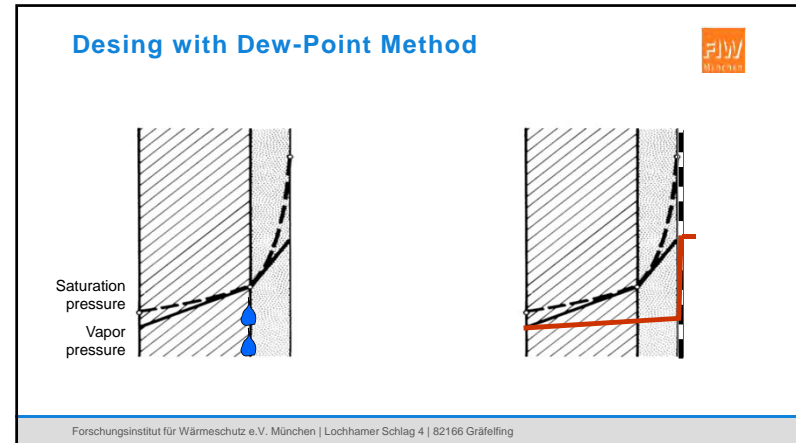
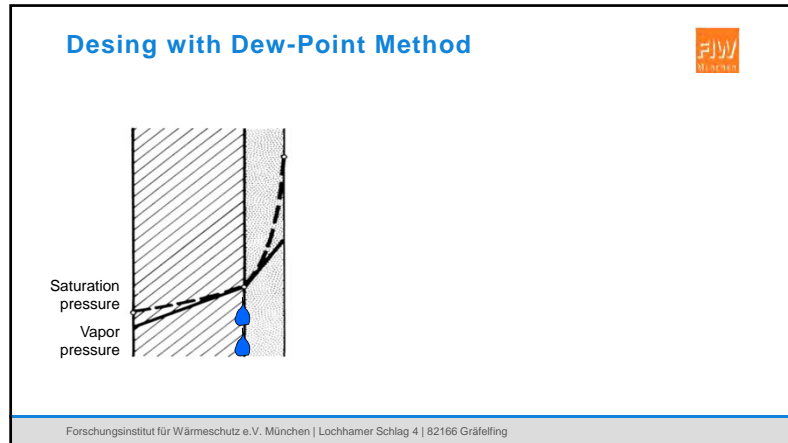


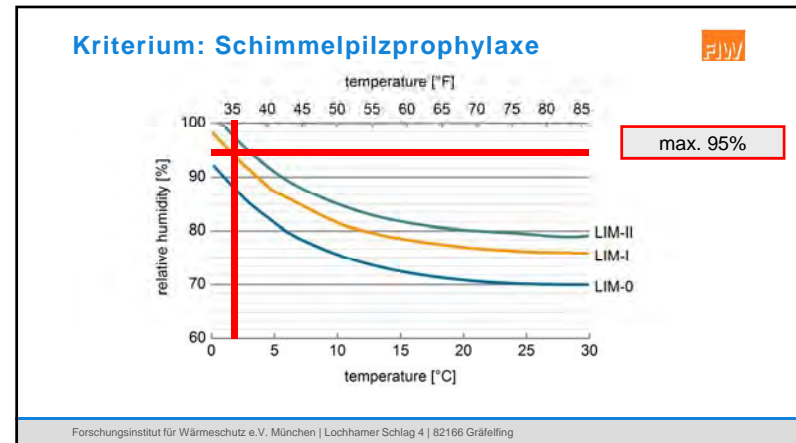
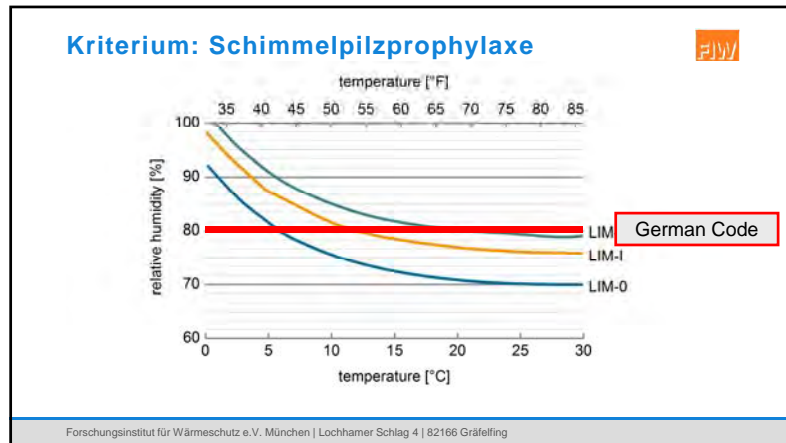
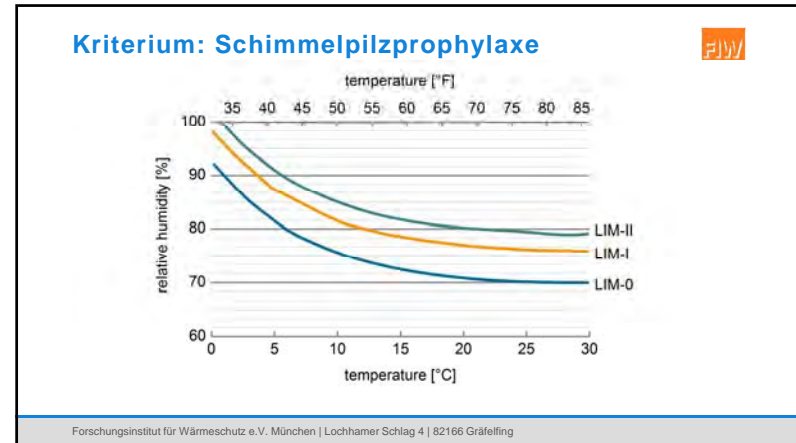
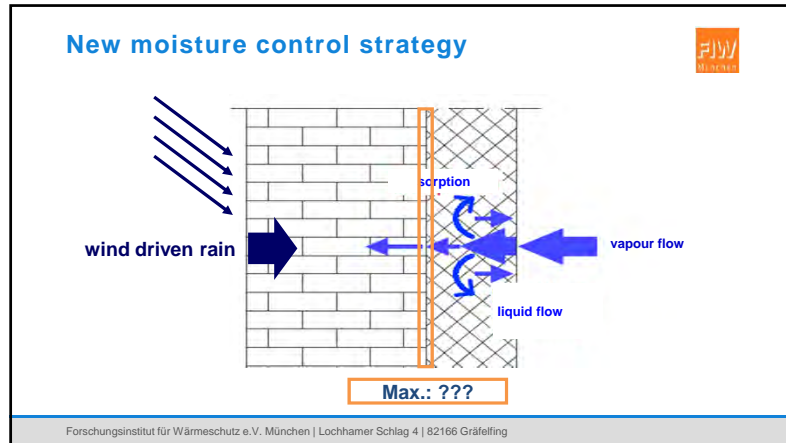
After

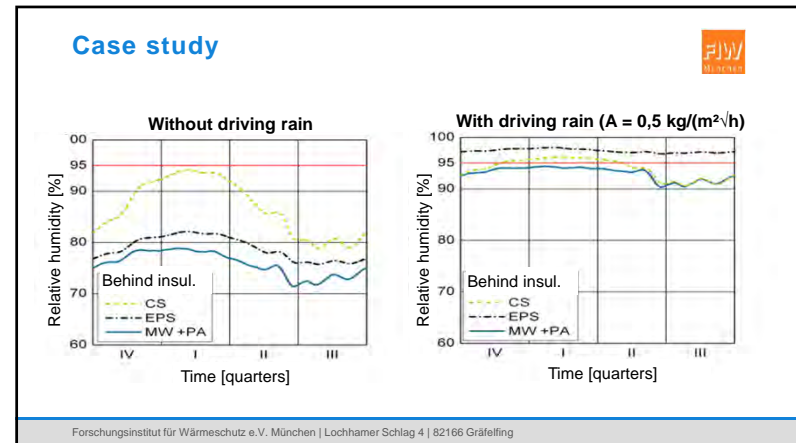
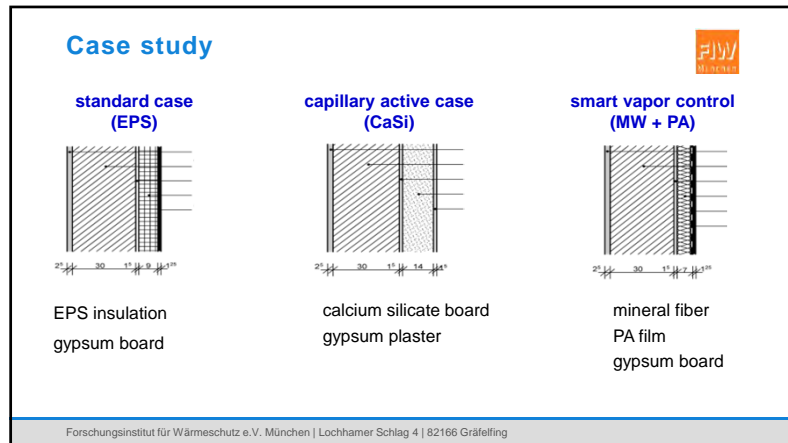
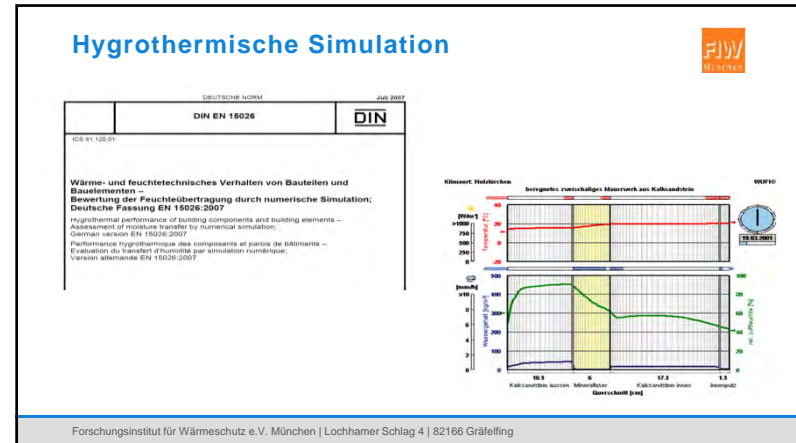
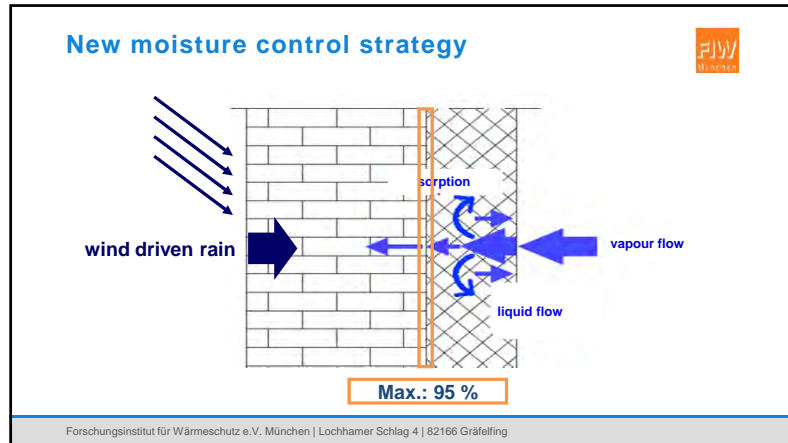


Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing









Wind driven rain protection

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Wind driven rain protection

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Wind driven rain protection

change of the total moisture content

rain incident

- B: wetting > drying
- A: wetting = drying
- C: wetting < drying
- D: wetting = 0

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Wind driven rain protection

Wetting

Measurement: water uptake

$$m_{\text{absorption}} = A \cdot \sqrt{t}$$

Amount of absorbed water per area

Square root of time

A-Value

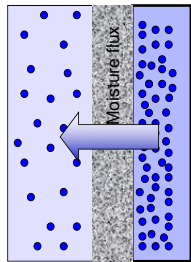
Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Wind driven rain protection

Drying

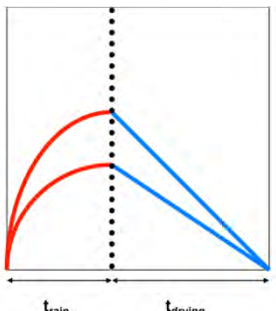
Vapour Diffusion $j = D_v \cdot \frac{\Delta c}{\Delta x} = \frac{\delta}{\mu} \cdot \frac{\Delta p}{\Delta x}$

- Vapour permeability in air
- μ -factor describes ratio between diffusion resistance of building material and air



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Wind driven rain protection



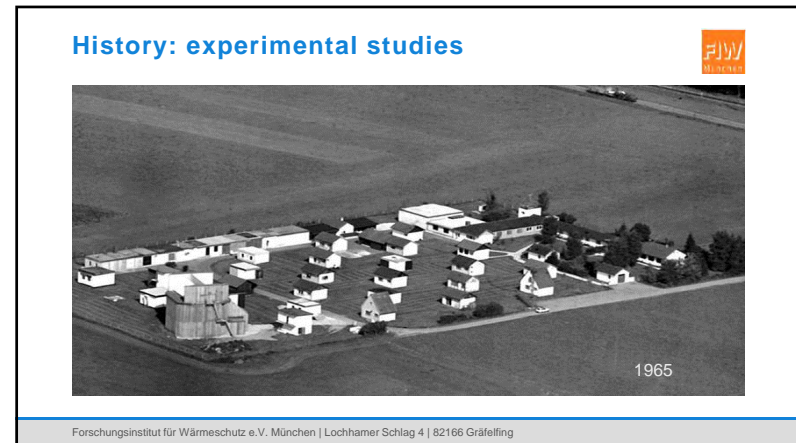
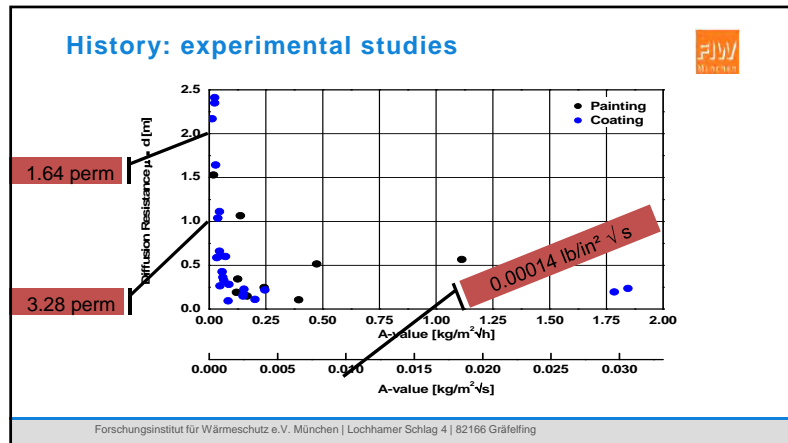
Wetting:
 $m_{rain} = A \cdot \sqrt{t_{rain}}$

Drying:
 $m_{drying} = \frac{\delta_{air}}{\mu \cdot s} \cdot \Delta p(\theta, \varphi) \cdot t_{drying}$

Requirement:
 $m_{drying} \geq m_{rain}$

or:
 $\frac{1}{\mu \cdot s} \geq \frac{1}{\delta_{air}} \cdot \frac{\sqrt{t_{rain}}}{\Delta p(\theta, \varphi) \cdot t_{drying}}$

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing



History: experimental studies

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

History: experimental studies

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

History: experimental studies

Diffusion Resistance μ [m]

A-value $[kg/m^2 \cdot vh]$

Efficient Rain Protection (●)

Inappropriate Rain Protection (○)

0.00014 lbin² √ s

1.64 perm

3.28 perm

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

History: experimental studies

Diffusion Resistance μ [m]

A-value $[kg/m^2 \cdot vh]$

Efficient Rain Protection (●)

Inappropriate Rain Protection (○)

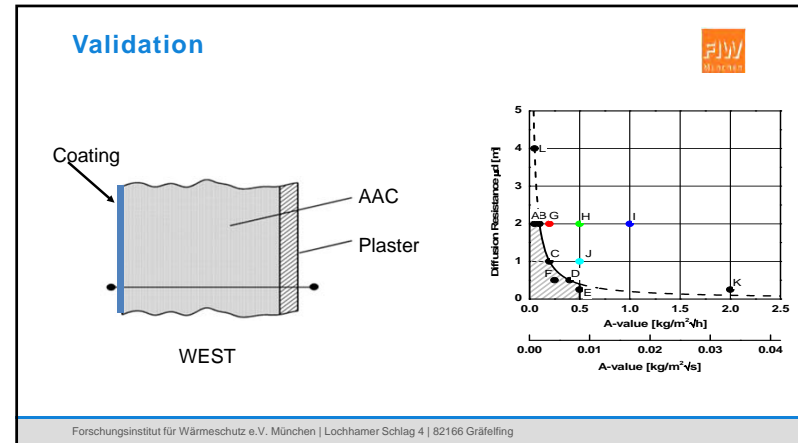
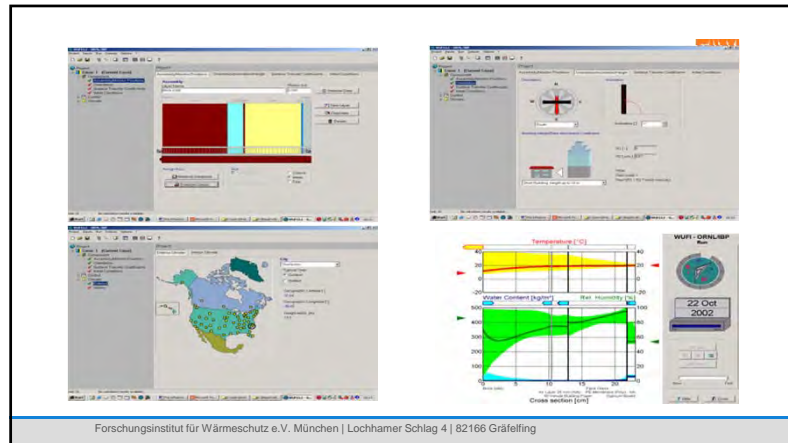
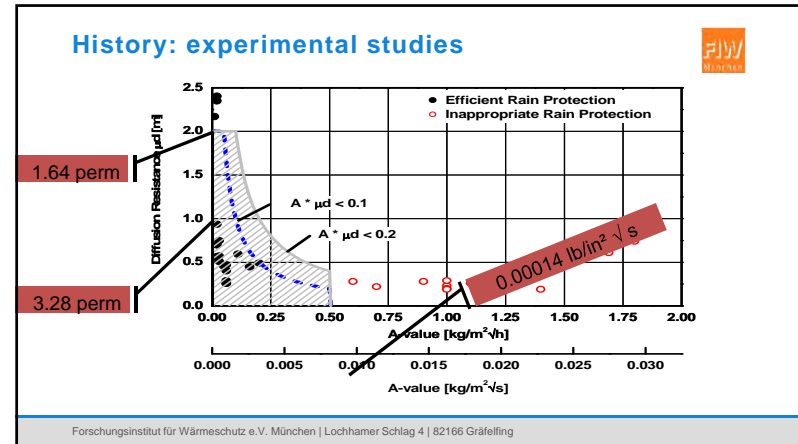
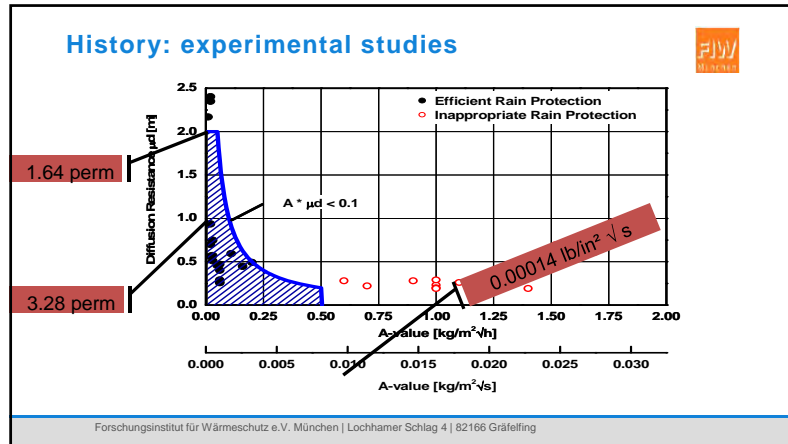
$A \cdot \mu < 0.1$

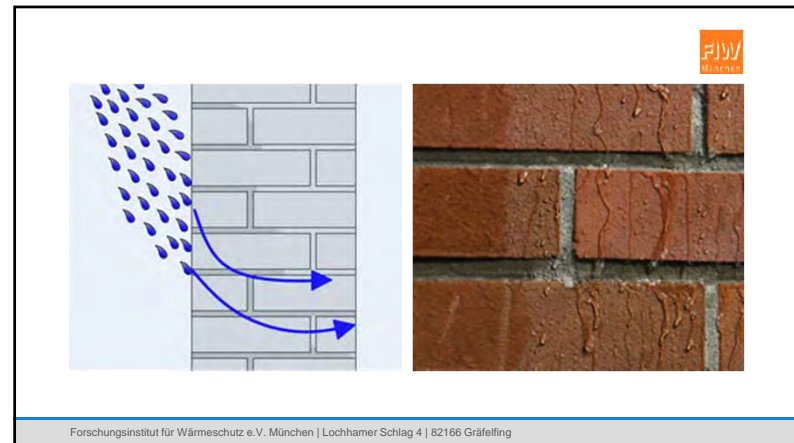
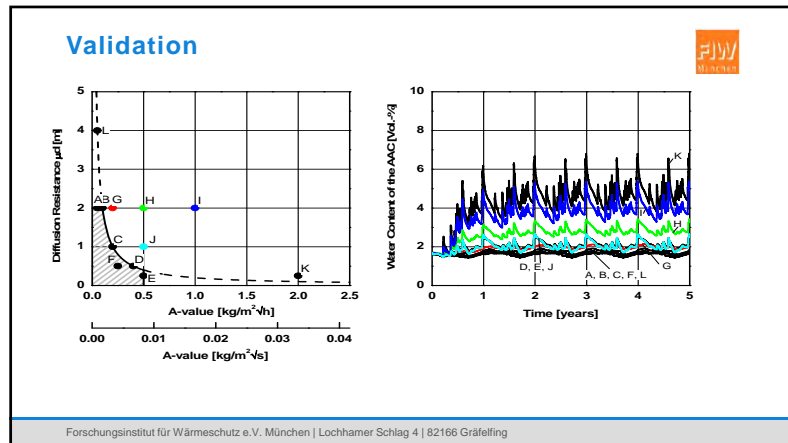
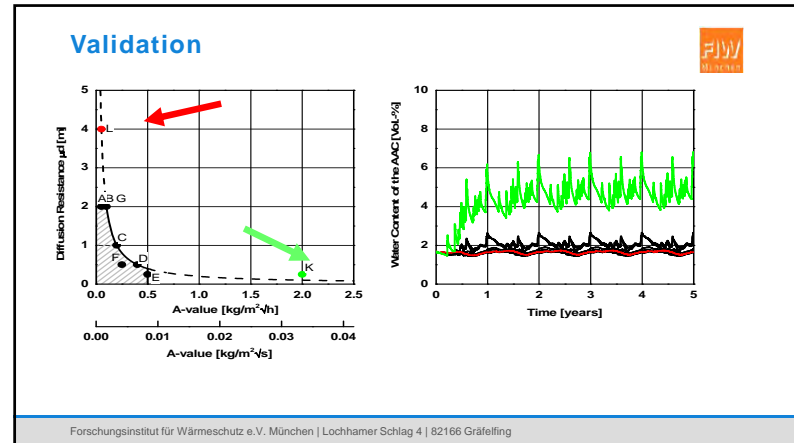
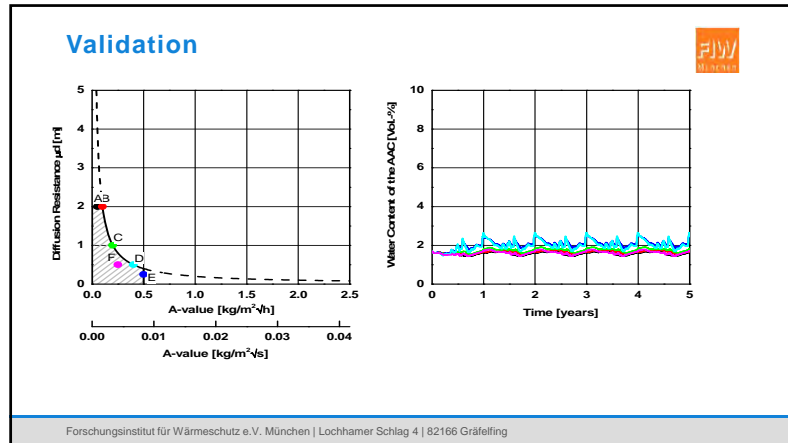
0.00014 lbin² √ s

1.64 perm

3.28 perm

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing







<http://www.innendaemmsysteme.de/content/pictures/bauherren/id-systeme/big/geschosdeckenauffliegern.jpg>

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

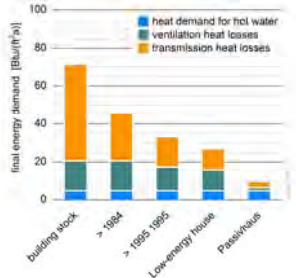


construction industry is not innovative !

http://www.appel-arcott.de/media/gallery_auto_bw.jpg

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Efficiency of buildings



Final energy demand [Btu/(ft²·h)]

- heat demand for hot water
- ventilation heat losses
- transmission heat losses

building stock, > 1984, > 1995 1995, Low-energy houses, Passivhaus

90%

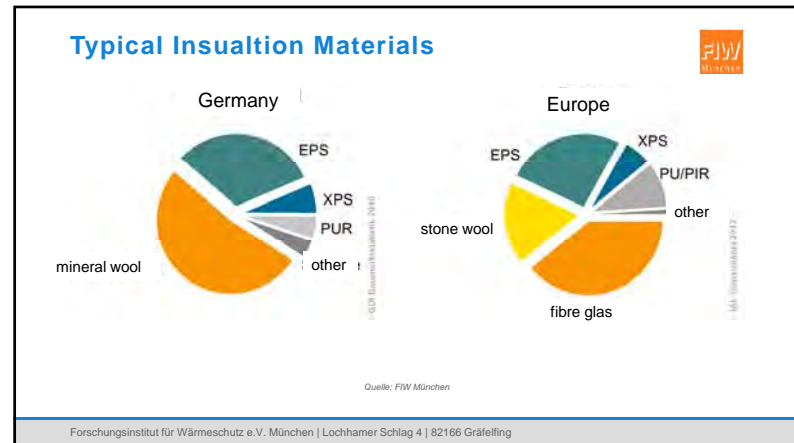
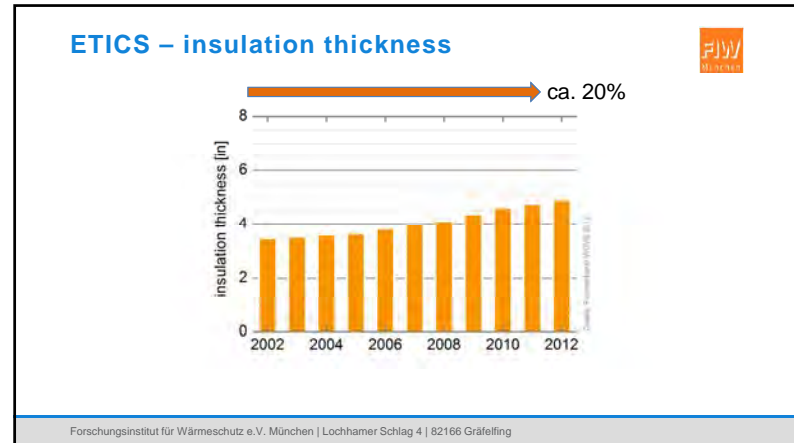
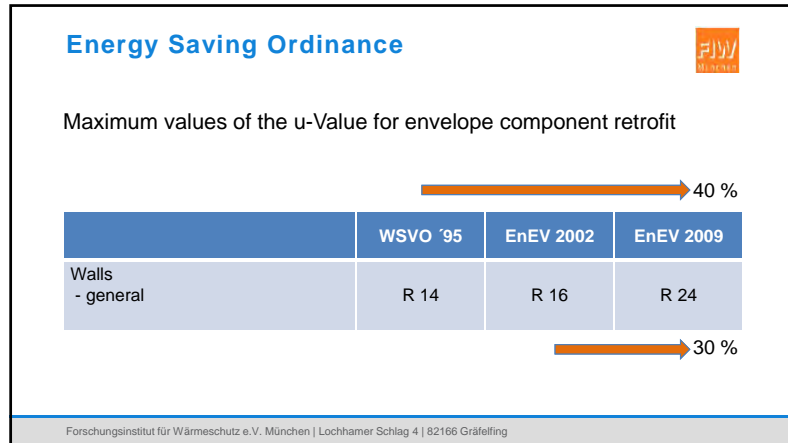
Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Energy Saving Ordinance

Maximum values of the u-Value for envelope component retrofit

	WSVO '95	EnEV 2002	EnEV 2009
Walls - general	R 14	R 16	R 24

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing



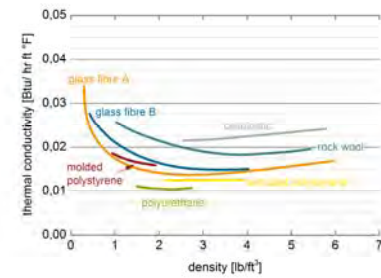


<http://www.planet-wissen.de/>

How can we improve


Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Physical Background



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Physical Background



\$ 1,50 online for 1 can

<http://www.stellen-persiel.de>

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Mechanism of thermal conductivity

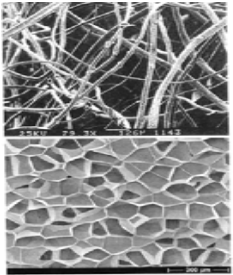
$$\lambda_{\text{Total}} = \lambda_{\text{convection}} + \lambda_{\text{solid}} + \lambda_{\text{cellgas}} + \lambda_{\text{radiation}}$$

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Efficient Thermal Insulation

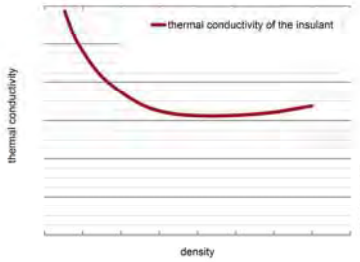
Fibrous Structure

Microcellular Structure



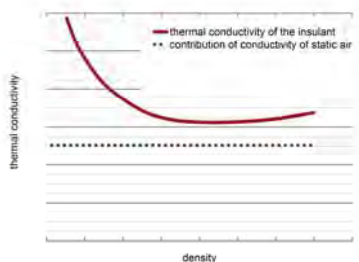
Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Physical Background



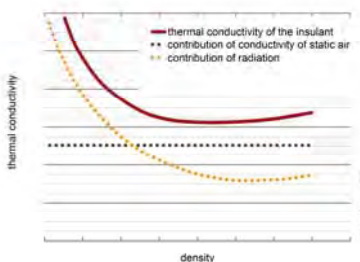
Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Physical Background

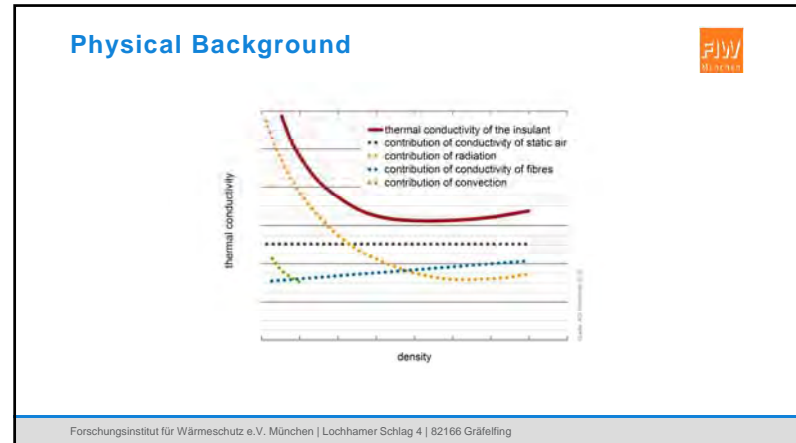
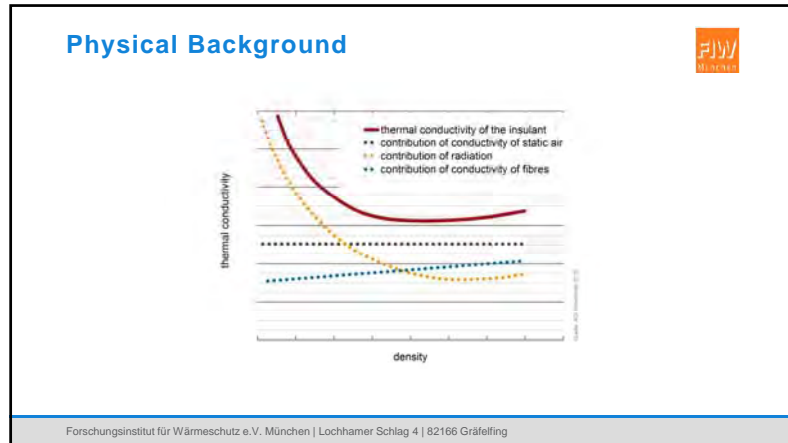


Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Physical Background



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing



Mechanism of thermal conductivity

$$\lambda_{\text{Total}} = \lambda_{\text{convection}} + \lambda_{\text{solid}} + \lambda_{\text{cellgas}} + \lambda_{\text{radiation}}$$

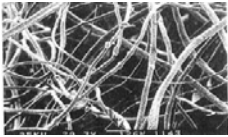

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Mineral wool

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Efficient Thermal Insulation

Fibrous Structure



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Glas wool



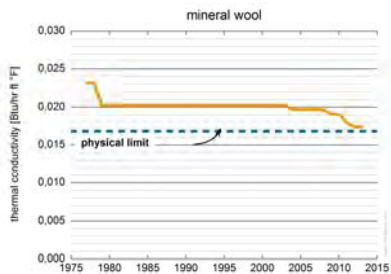

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Stone wool





Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Development of thermal conductivity





Year	Thermal conductivity [Btu·in/ft²·°F]
1975	0.022
1980	0.016
1985	0.016
1990	0.016
1995	0.016
2000	0.016
2005	0.016
2010	0.015
2015	0.015



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing



Development of thermal conductivity



- BAU 2013
- 0,0173 Btu / hr ft °F

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Development of thermal conductivity



<http://www.outdoorfreunde.net/>

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Development of thermal conductivity



<http://img.archiexpo.de> <http://www.baulinks.de/>

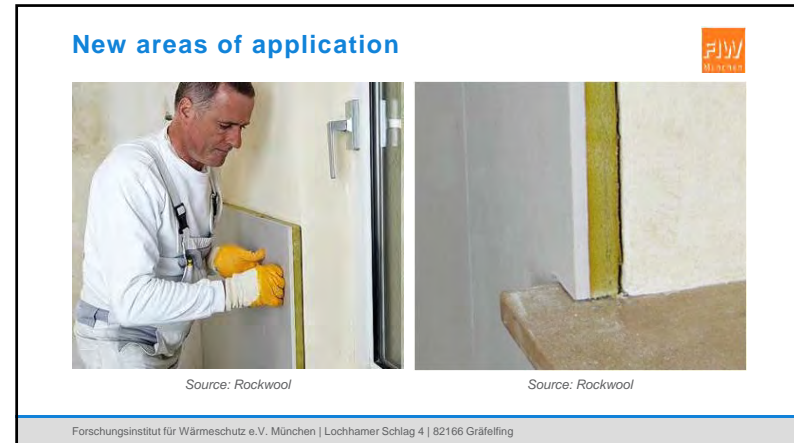
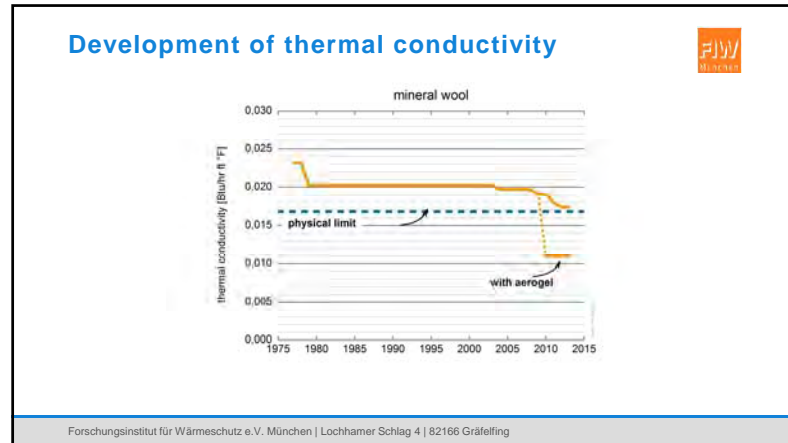
Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Development of thermal conductivity



<http://daemmung.benz-baustoffe24.de>

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing



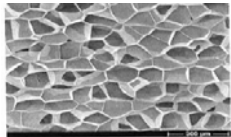
EPS

Polystyrol expanded rigid foam

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Efficient Thermal Insulation

Microcellular Structure



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

EPS



http://www.detail.de/uploads/pics/Forschungsprojekt_zum_WDVS_Recycling_01_A_01.jpg

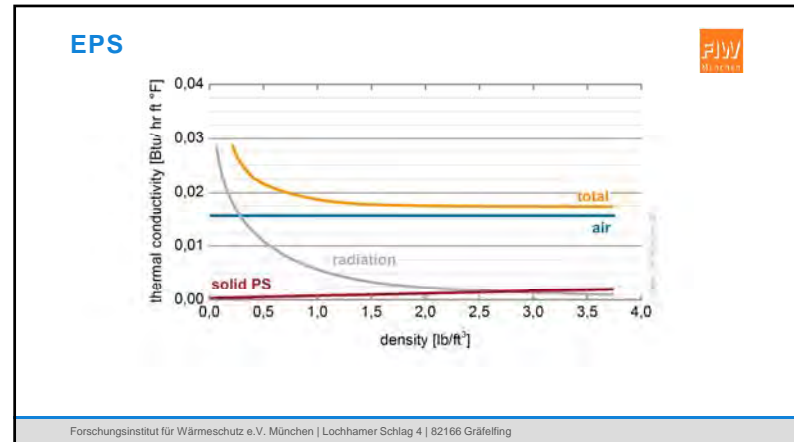
Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

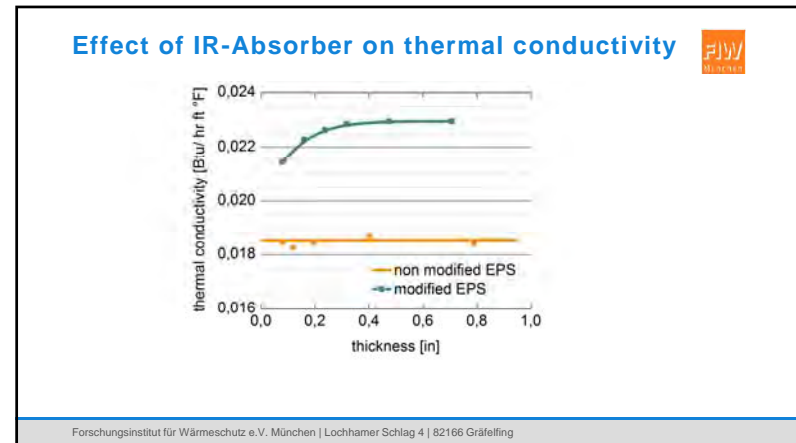
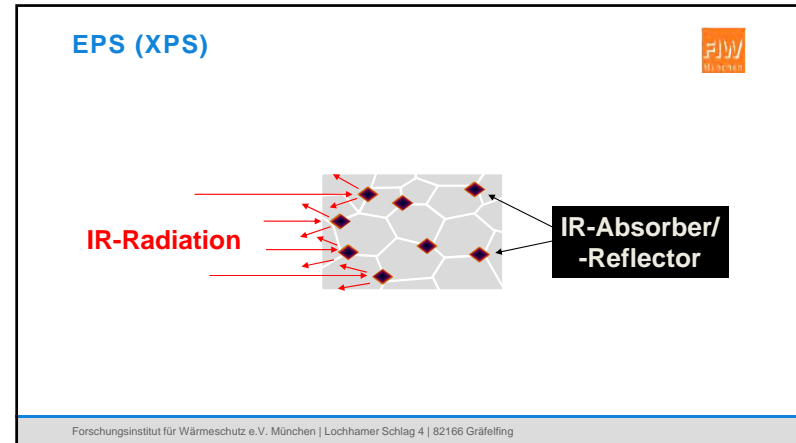
EPS

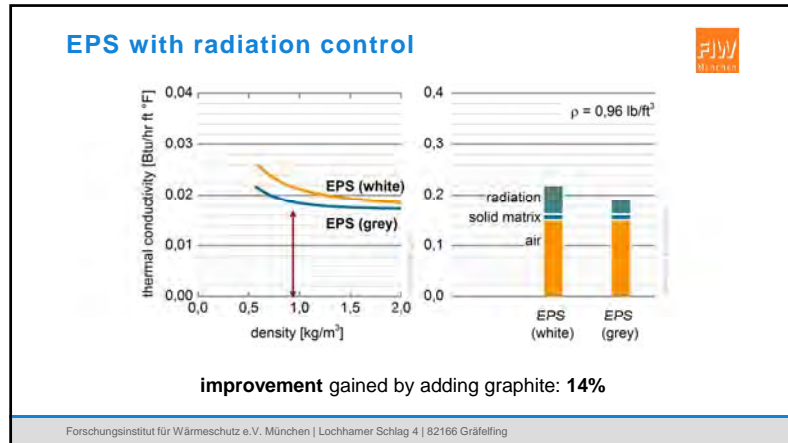


Quelle: IBHolm

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing







EPS with radiation control

- **improvement 11%**
- Supposed to combine benefits of white and dark EPS:
 - good λ_D
 - less solar heat-up

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

XPS with radiation control

A XENERGY XPS cells

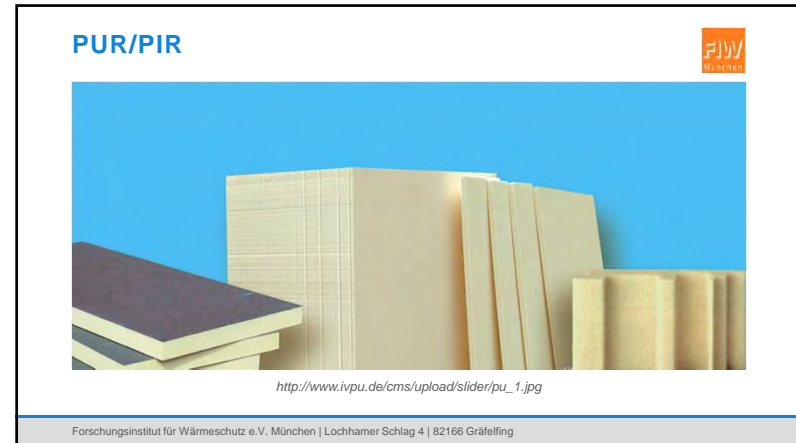
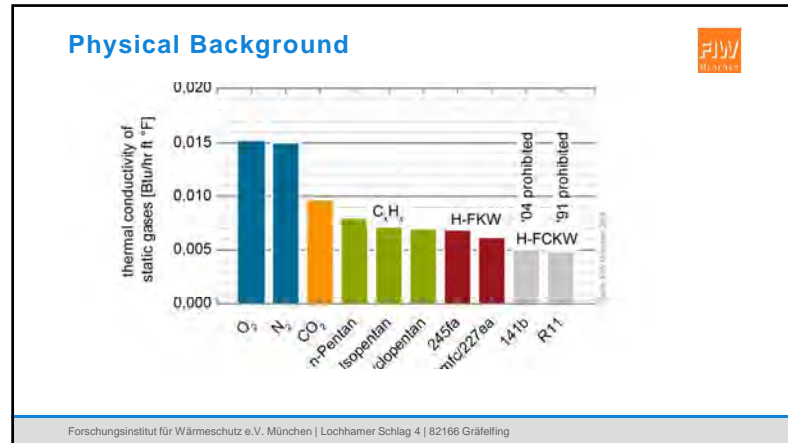
for 3,15in (80 mm) perimeter insulation board: λ_D **improvement by 14%**

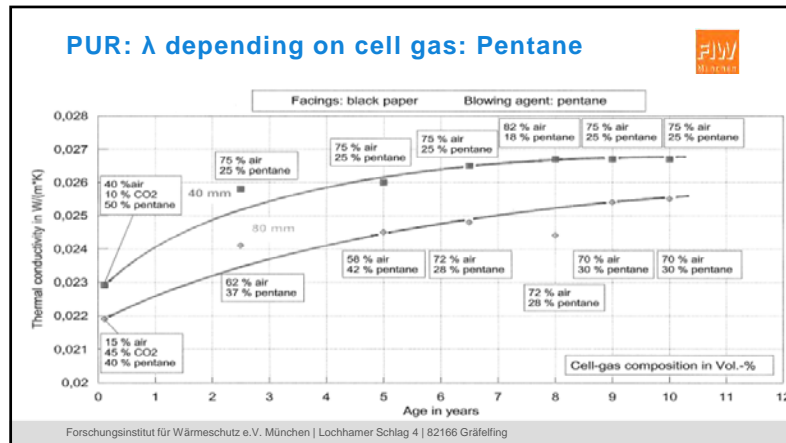
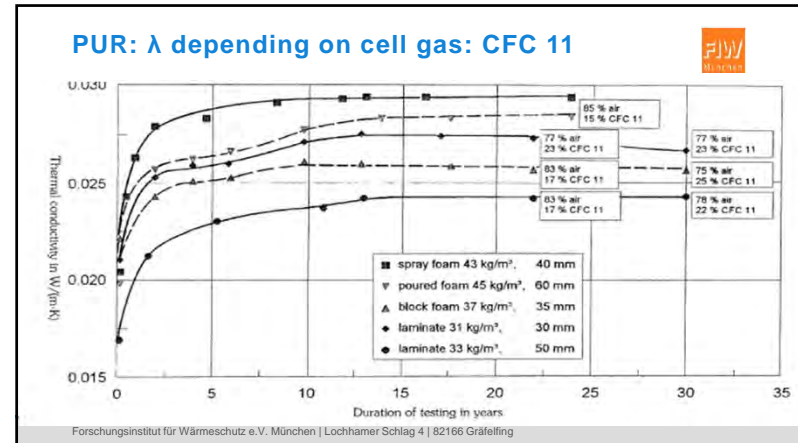
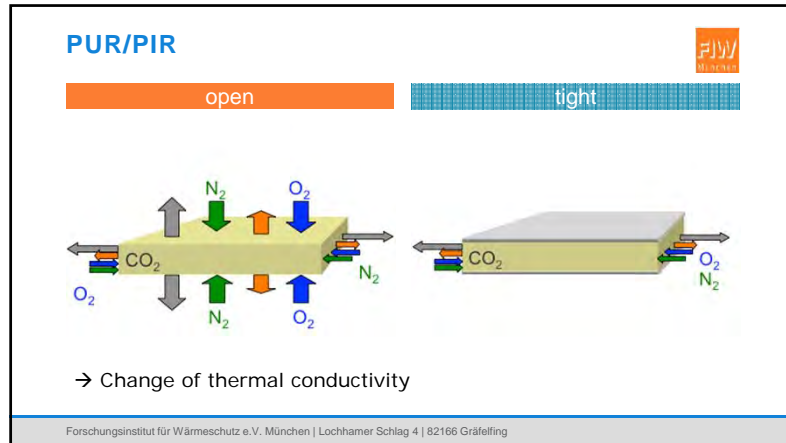
Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Mechanism of thermal conductivity

$$\lambda_{\text{Total}} = \lambda_{\text{convection}} + \lambda_{\text{solid}} + \lambda_{\text{cellgas}} + \lambda_{\text{radiation}}$$

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing






Innovative foam boards for exterior insulation

Thermal conductivity of phenolic (resol) foam boards (40 kg/m³)

$\lambda_D = 0.022 \text{ W/(m·K)}$

More rigid than EPS boards

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing



AND ?????

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing



Spray Foam



[http://www.a1remodeling.com/images/fck/DSC_00183114\(1\).jpg](http://www.a1remodeling.com/images/fck/DSC_00183114(1).jpg)

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing



Vacuum insulation (VIP)



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing



Vacuum insulation (VIP)

VIP protected by EPS



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Nano-porous insulation materials: Aerogel



Bild: FIW München

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Nano-porous insulation materials: Aerogel



Aerogel granulate packed in Fleece

Bild: FIW München

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing



Nano-porous insulation materials: Aerogel



Bild: EMPA

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Mineral foam insulation

Main focus: retrofit by interior insulation


Boards (density = 115 kg/m³)
fire resistant (A1), recyclable,
capillary active, vapor permeable

Compressive strength: 300 kPa
Thickness: 50 – 160 mm

$\lambda_D = 0.045 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

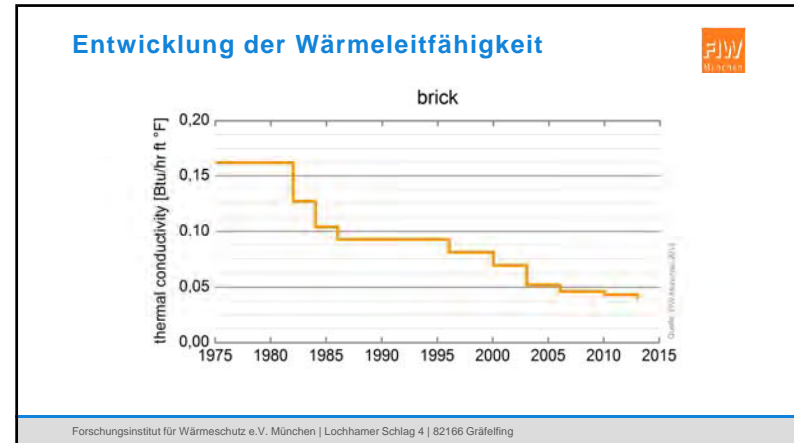
Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Brick 2.0



Market share of clay brick approx. 45%

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing



Paint



als Öl tanken!

Aufgrund immer höher werdender Energiekosten mehr denn je der Einsatz innovativer Technologien Ansprüche. Seien es nun ökologische Aspekte wie z. Temperaturausgleich oder ganz einfach - aber wichtige.

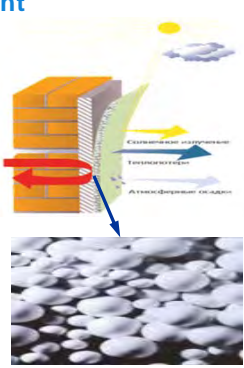
**Energiespar-Effekt
Wärmeregulierung
Geringe Verschmutzungsneigung
Algen- und Pilzreduzierung**

Solarfarbe
für Fassaden
Solaraktive Fassadenfarbe

► Ausgangssituation
• steigende Energiekosten

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

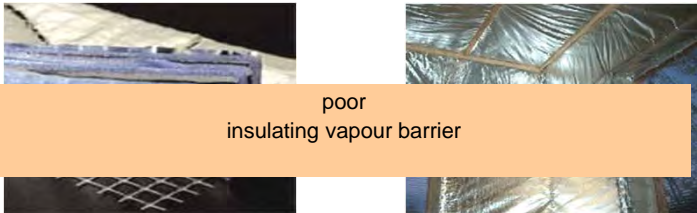
Paint



Paint is not an insulation material !

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Reflecrive Insulation




poor insulating vapour barrier

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Reflecrive Insulation

Misleading R-value claims at the international building trade fair in Munich




2009
 Manufacturer claims:
 More energy savings through 3 cm (~1") refl. film insulation than 20 cm (~8") glass fiber insulation

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

Reflecrive Insulation

Misleading R-value claims at the international building trade fair in Munich



2011
 Same claims with one difference:
 instead of 20 cm (~8") glass fiber insulation
 20 cm convective insulation

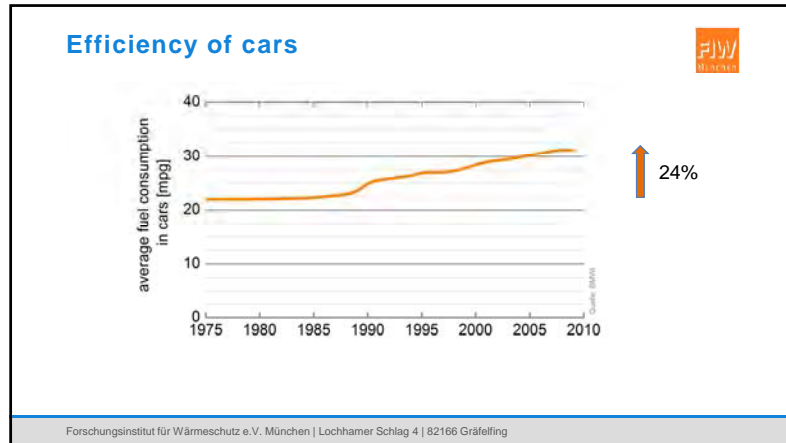
Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing

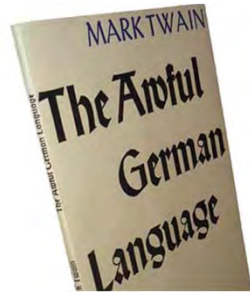


construction industry is not innovative !

http://www.apple-audio.de/media/englatas_auto_low.jpg

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing





MARK TWAIN
The Awful
German
Language

<http://store.hipstery.com>

F1W
MÜNCHEN

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing



Richtig
dämmen

ENERGIE
WENDE
OBERLAND
Bürgerinitiative für
Energieeffizienz, Energie
und Energieerzeugung

F1W
MÜNCHEN

Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München | Lochhamer Schlag 4 | 82166 Gräfelfing