

Dipl.-Ing. 건축가
홍도영

Bauhaus Universität Weimar, Dipl.-Ing.

Kramm & Strigl 근무

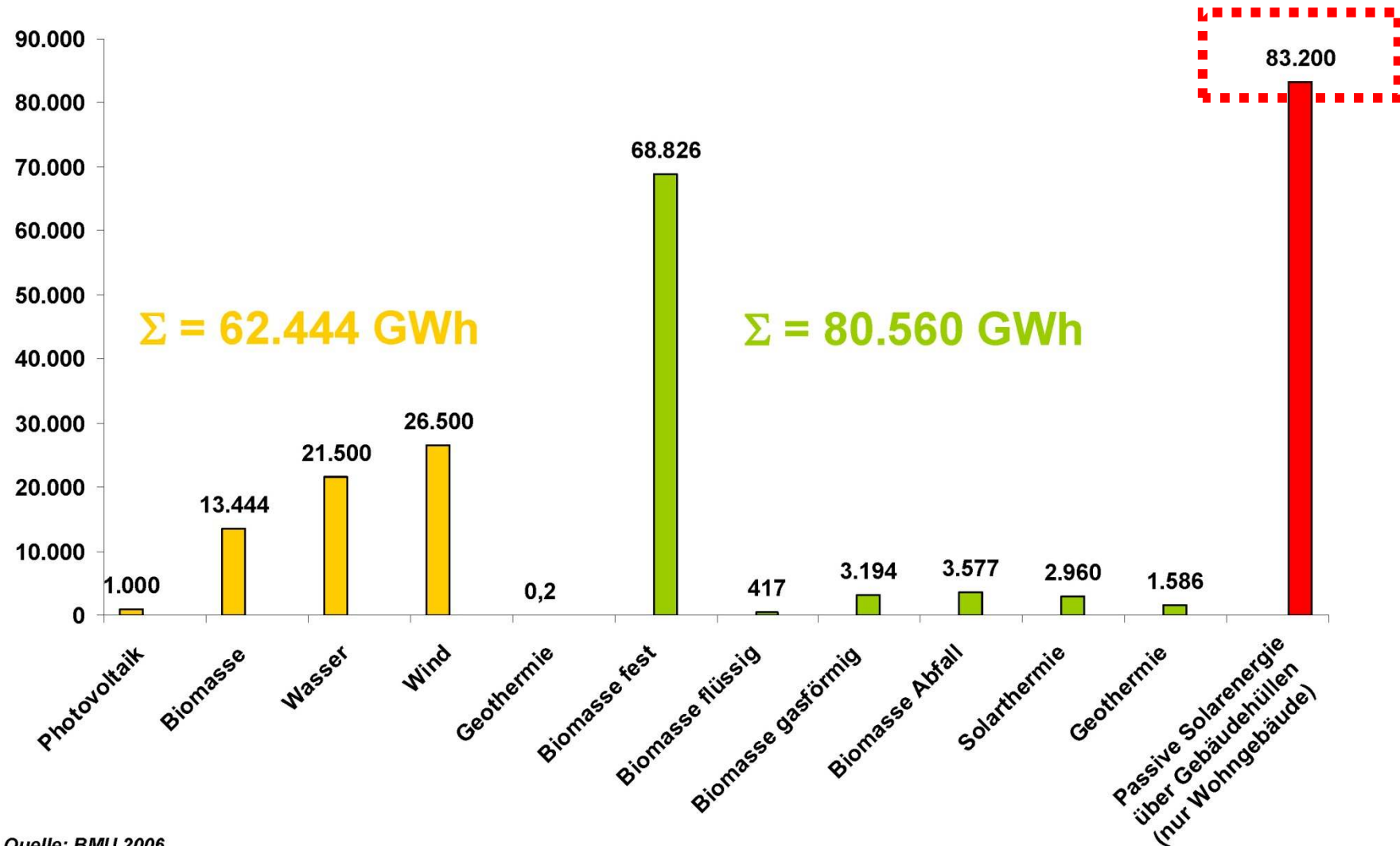
2006년 2007년 건축물리 전문가 WBA,
Bauhaus-Universität Weimar
(건축물의 환경과 에너지 진단 및 개선방안)

e-mail: hong@passivehouse-korea.com

단열과 열교의 이해 및 계획

2005년 독일의 재생가능 에너지의 현황

MaxMinHouse



Quelle: BMU 2006

Energieeinsparungsgesetz 1976

WSchV 1977-2002

- k-Wert-Vorgaben
- Bilanzverfahren
- Kennzahlen
- Heizwärmebedarf
- Lüftungsanlagen

HeizAnlV 1978-2002

- Regelung
- Anforderungen an Kessel
- Dämmung Rohre
- Wartung

EnEV 2002

- Bilanzverfahren
- Heizung, Warmwasser und Lüftung
- Primärenergieaufwand

EnEV 2003/2004

- Änderungen von DIN-Normen
- „Reparatur-Novelle“

EnEV 2007

- Umsetzung EU-Gebäuderichtlinie
- Einführung Energieausweise im Bestand

독일 EnEV 발전

출처: Energieagentur NRW

EnEV 2009 2009년 10월 1일부터 유효

- ▶ 일차에너지 EnEV 2007에 비해 약 30% 절감
- ▶ 건물의 단열성능 약 15% 강화

EnEV 2007, 0,45 W/(m²·K)

EnEV 2007, 1,70 W/(m²·K)

EnEV 2007, 0,30 W/(m²·K)

EnEV 2007, 0,25 W/(m²·K)

출처: EnEV 2009

„Tabelle 1

Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten
bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen

Zeile	Bauteil	Maßnahme nach	Wohngebäude und Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen $\geq 19^{\circ}\text{C}$	Zonen von Nichtwohngebäuden mit Innentemperaturen von 12 bis $< 19^{\circ}\text{C}$
			Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten U_{max} ¹⁾	
	1	2	3	4
1	Außenwände	Nr. 1 a bis d	0,24 W/(m²·K)	0,35 W/(m²·K)
2a	Außen liegende Fenster, Fenstertüren	Nr. 2 a und b	1,30 W/(m²·K) ²⁾	1,90 W/(m²·K) ²⁾
2b	Dachflächenfenster	Nr. 2 a und b	1,40 W/(m²·K) ²⁾	1,90 W/(m²·K) ²⁾
2c	Verglasungen	Nr. 2 c	1,10 W/(m²·K) ³⁾	keine Anforderung
2d	Vorhangfassaden	Nr. 6 Satz 1	1,50 W/(m²·K) ⁴⁾	1,90 W/(m²·K) ⁴⁾
2e	Glasdächer	Nr. 2a und c	2,00 W/(m²·K) ³⁾	2,70 W/(m²·K) ³⁾
3a	Außen liegende Fenster, Fenstertüren, Dachflächenfenster mit Sonderverglasungen	Nr. 2 a und b	2,00 W/(m²·K) ²⁾	2,80 W/(m²·K) ²⁾
3b	Sonderverglasungen	Nr. 2 c	1,60 W/(m²·K) ³⁾	keine Anforderung
3c	Vorhangfassaden mit Sonderverglasungen	Nr. 6 Satz 2	2,30 W/(m²·K) ⁴⁾	3,00 W/(m²·K) ⁴⁾
4a	Decken, Dächer und Dachschrägen	Nr. 4.1	0,24 W/(m²·K)	0,35 W/(m²·K)
4b	Flachdächer	Nr. 4.2	0,20 W/(m²·K)	0,35 W/(m²·K)

	Standardneubau ab 2002	KfW-60-Haus	KfW-40 Haus	Passivhaus
Heizwärmebedarf pro qm u. Jahr Heizleistung 150 m²	8 Liter Heizöl 45 W	3 Liter 20 W	2 Liter 13 W	1,5 Liter 10 W
Beheizung	Heizkörper	Heizkörper	Frischluft- anwärmung	Frischluft- anwärmung
Dämmung	ca. 9 cm Dämmstoff oder 30 cm Mauerwerk	2 von 3 Passivhaus- komponenten	30-40 cm	30-40 cm
Fenster	Wärmeschutzglas		3-Scheiben- verglasung	3-Scheiben- verglasung
Lüftung	Fenster		Lüftungssystem mit Wärmerückge- winnung.	Lüftungssystem mit Wärmerückge- winnung.
Förderung	-	50.000 € 4,47% (20 J.)	50.000 € 3,24% (20 J.)	50.000 € 3,24% (20 J.)

에너지 절약형 건물의 비교

출처: SOLAR-und ENERGIE-BERATUNGSZENTRUM BERGSTRASSE

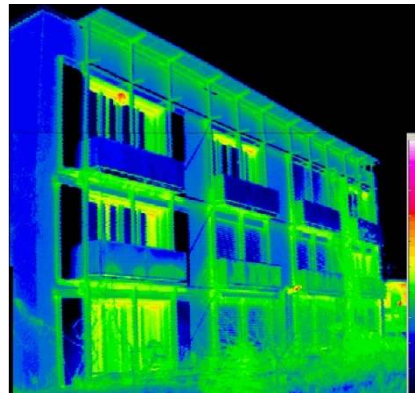
패시브하우스의 역사

패시브하우스의 역사:

1988년 스웨덴 Lund대학의 Prof. Bo Adamson와 현 독일 뮌헨공대 교수이자 독일 건축물리의 거목이라 할 수 있는 Fraunhofer IBP의 Prof. Gerd Hauser, 현 패시브하우스 연구소의 소장이며 2008년 봄부터 오스트리아 Innsbruck 대학의 건축물리 교수로 재직 중인 Prof. Wolfgang Feist의 공동협력 작업의 결과물이다.

1991년 독일의 Darmstadt Kranichstein에 지어진 4세대의 주거건물을 그 시작으로 보고 있다.

패시브하우스는 그 개념에 있어서는 ‘새로운 발명’이 아니라 ‘새로운 재발견’이라고 하는 표현하는 것이 옳을 것이다.



‘패시브 (Passive)’의 의미와 장점

패시브는 난방 에너지와 관련해서는 창문을 통해 들어오는 외부의 태양열 (Thermal radiation, short wave) 그리고 실내에서는 전등, 가전제품 그리고 인체로부터 나오는 ‘수동적(Passive)’인 열을 겨울철 난방에 ‘적극적(Active)’으로 사용한다는 의미에서 나온 말이다. 더불어 건축에 있어서 에너지 절감을 위한 전체적인 접근방식으로 그 의미가 확장되기도 한다. 패시브하우스가 기존의 일반 건물에 비해서 가지고 있는 장점으로는

- 외부에 면한 구조체의 단열성능 개선과 열교(Thermal bridge)의 최소화로 인한 표면온도 상승, 그에 따른 습기로 인한 문제 (결로현상, 곰팡이 발생)가 현저히 줄어든다.
- 공기조화기를 통한 지속적인 환기로 실내공기환경의 쾌적성 향상(CO₂, 포름알데히드, 악취 등 감소), 특히 오염 정도가 심한 도심이나 차량소통이 많은 지역에서는 소음억제 효과는 물론 미세먼지와 꽃가루, 곰팡이균의 침투를 막아 알레르기를 가진 사람들에게 권장할 만한 시스템
- 여름철에는 공기조화기와 지중의 열(동굴효과)을 이용한 ‘패시브냉방’이 구조체의 축열능력과 연관해 여름철 실내 환경을 개선
- 효과적인 단열설계로 인해 일반 건물에 비해 냉난방을 위한 설비를 최소화
- 그로인한 건설비의 절감효과
- 줄어든 냉난방부하로 인한 에너지의 절감과 차후의 유지 관리비의 절감

1. 단열: $U < 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
 2. 유리창: $U_w < 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, $g > 0,5$
 3. 창문틀: $U_f < 0,08 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
 4. 열교의 최소화 $\leq 0,01 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
 5. 건물의 기밀성 $n_{50} \leq 0,6/\text{h}$
 6. 전기 소모가 적은($< 0,45 \text{ W}/\text{m}^2/\text{h}$) 열교환기 $> 75\%$
-
7. 온수를 만들 때와 공급하는 배관의 열손실 최소화
 8. 가정에서 사용되는 전기제품의 효율성이 높아야 됨

패시브하우스 정의 및 기본원리

난방부하 (Heating load) 10W/m² 계산의 근거:

1. 위생을 위한 공기 유입 DIN 1946 : $V \sim 1 \text{ m}^3 / (\text{h} \cdot \text{m}^2 \text{ 실용면적}) = 0,000278 \text{ m}^3 / (\text{s} \cdot \text{m}^2 \text{ 실용면적})$ 1인 평균 면적 30m²
2. $\theta_{\text{유입공기}} < 50^\circ\text{C}$ 이며 이는 유입공기를 데우기 위해 설치된 조그마한 register의 최고온도인 55°C 50°C 이상이 될 경우에는 그동안 실내에 있던 먼지가 소위 활동을 시작하는 온도

3. 실내외 온도차: 외부 -10°C , 내부 $+20^\circ\text{C} = 30\text{K}$

4. $P_{\text{HZ}} = v \cdot \rho_L \cdot C_L \cdot \Delta\theta$

P_{HZ} [$\text{W}/\text{m}^2 \text{ 실용면적}$] 최대한의 난방부하

v [$\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2 \text{ 실용면적})$] 면적으로 환산된 외부공기 유입량

$\rho_L = 1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$ 공기의 밀도

$C_L = 1000 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 공기의 축열 능력

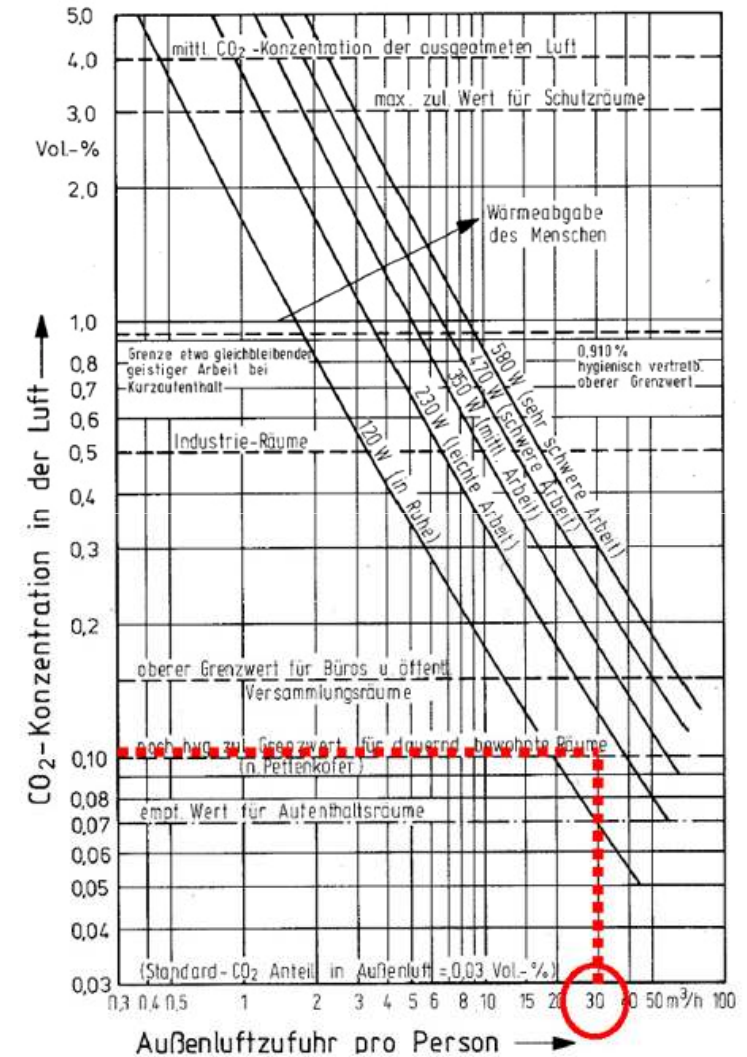
$P_{\text{HZ}} = 0,000278 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2 \text{ 실용면적}) \cdot 1,2 \text{ kg}/\text{m}^3 \cdot 1000 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \cdot 30\text{K}$

$P_{\text{HZ}} = 10 \text{ W}/\text{m}^2 \text{ 실용면적}$

난방을 위한 에너지의 상한선은 $15 \text{ kWh}/\text{m}^2 \text{ 실용면적}$ (Annual heating requirement)

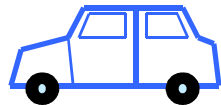
가스나 난방 기름으로 환산하면 대략 가스는 $1,5 \text{ m}^3$

기름은 $1,5 \text{ liter}$ 로 표현할 수가 있다.



출처: Ruhrgas 1988

Energy – 어떻게 설명할 수가 있는가?



l / 100 km

20

6 - 8

3

1,5

1 리터
난방오일



10 kWh



kWh / m², a

200

60 - 80

30

15

출처: Gugerell, F.

에너지 소비와 CO₂의 관계

1 리터 난방유는 10 kw

1 kw 소비시 약 293 g CO₂ 발생

계산 01: 일반 건물

건설연도 1985, 면적 200 m²

소비 약 10 리터 난방유 / m² = 100 kwh / m² year

계산: 10 리터 x 200 x 2,93 kg = 5,86 t CO₂

계산 02: 패시브하우스

건설연도 2010, 면적 200 m²

소비 약 1,5 리터 난방유 / m² = 15 kwh / m² year

계산: 1,5 리터 x 200 x 2,93 kg = 0,88 t CO₂

절약비교:

$$5,86 \text{ t CO}_2 - 0,88 \text{ t CO}_2 = 4,98 \text{ t CO}_2$$

1. 에너지 절감형 그리고 친환경 건축을 위한 기본 원칙과 순서

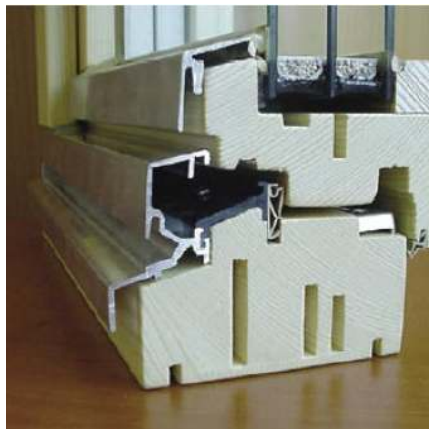
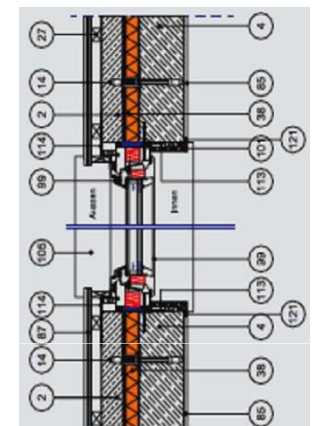
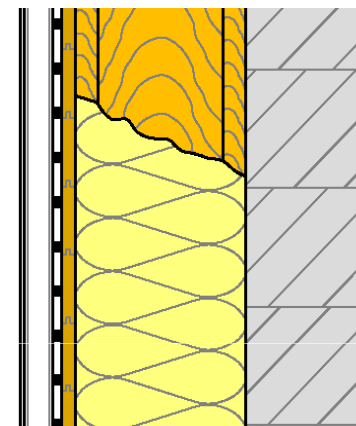
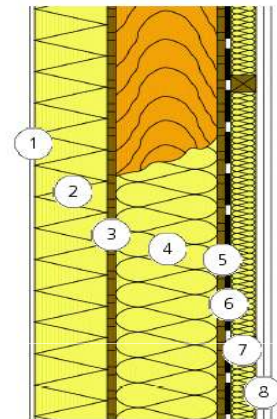
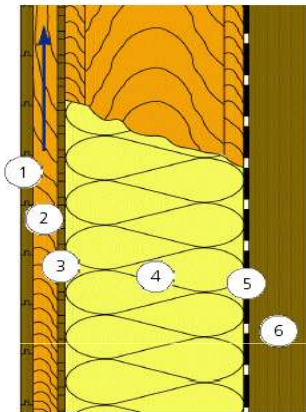
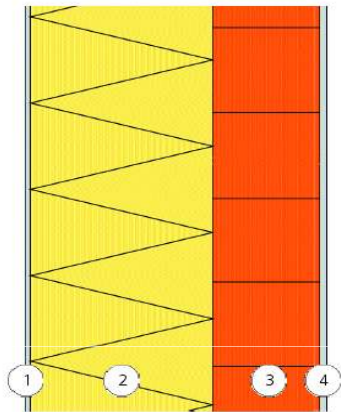
에너지 손실의 최소화

에너지 손실의 최소화

에너지 손실의 최소화

효율이 높은 설비시스템과 재생가능 에너지의 적극적인 사용

패시브하우스에 가능한 외벽구조



출처: IBO - Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie

출처: Promotion of European Passive Houses, Passivhausinformation für Planer

단열성능 대 축열능력

위치: Chur, 해발 550 m, 2007년 9월, 20일동안 저장



출처: Minergie, 스위스

단열성능 대 축열능력

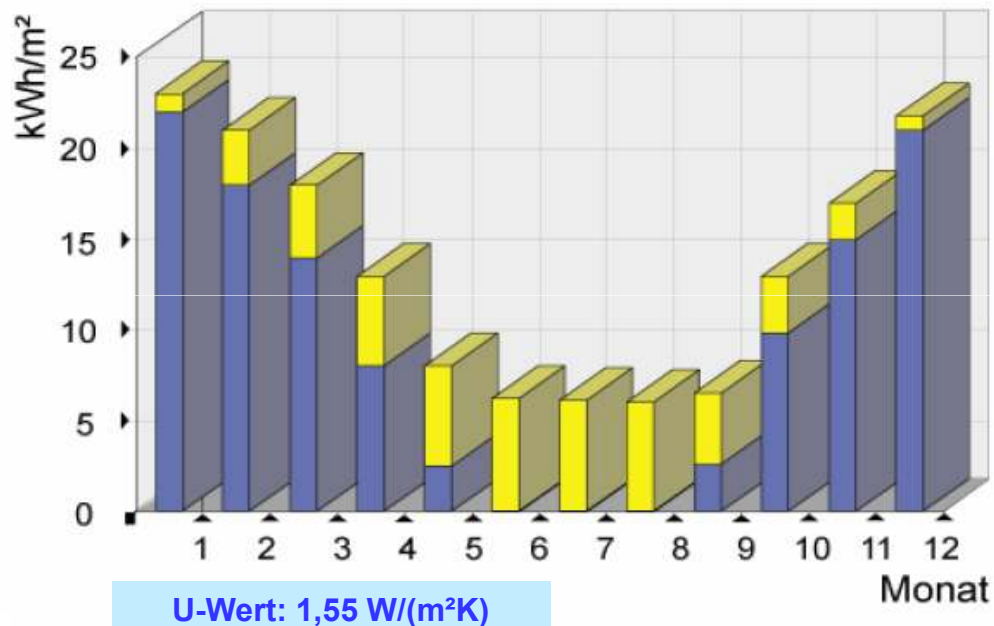
아이스 블록 무게: 시작 1009 kg, 20일 후 **836.5 kg (82.9%)**



출처: Minergie, 스위스

축열과 단열성능에 관한 비교

단열이 되지 않은 남쪽 외벽의 연간 에너지 소비 변화



난방에너지



사용 가능한 태양에너지

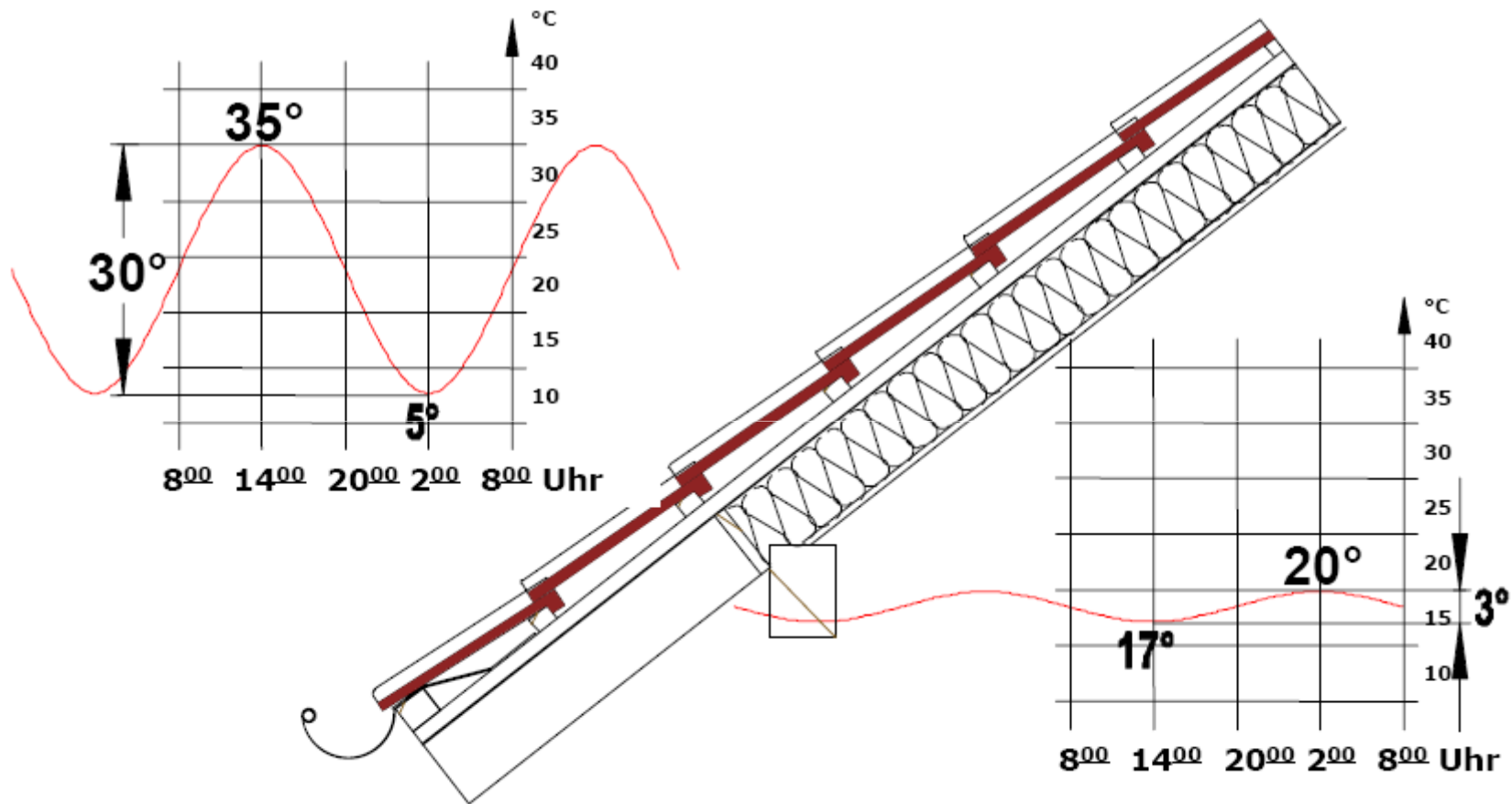
12 cm 외단열, 남쪽 외벽의 연간 에너지 소비 변화



난방에너지 소비는 기존 방식에
단지 18%에 불과

출처: Institut für Trocken-und LeichtbauFG Entwerfen und Gebäudetechnologie, TU Darmstadt

Time lag



Phase 지연 12시간

출처: Ingenieurbüro Bau + Energie
Dipl.-Ing. Rolf Canters

단열 (여름), time lag

	Dämmstoff	Rohdichte kg/m ³	λ-Wert W/mK	c-Wert J/kg K	Phasenver- schiebung*
글래스울	Mineralfaser	20	0,040	1.000	7 Std.
EPS	Polystyrol	20	0,035	1.400	7,5 Std.
양모	Schafwolle	20	0,040	1.720	7,6 Std.
셀룰로제	Zellulose	60	0,040	1.930	10,8 Std.
나무조각	Holzspäne	90	0,050	2.100	12,4 Std.
나무섬유	Holzweichfaser	170	0,045	2.100	15,8 Std.

*ohne Sparrenanteil

출처: Ingenieurbüro Bau + Energie
Dipl.- Ing. Rolf Canters

단열 (여름), time lag

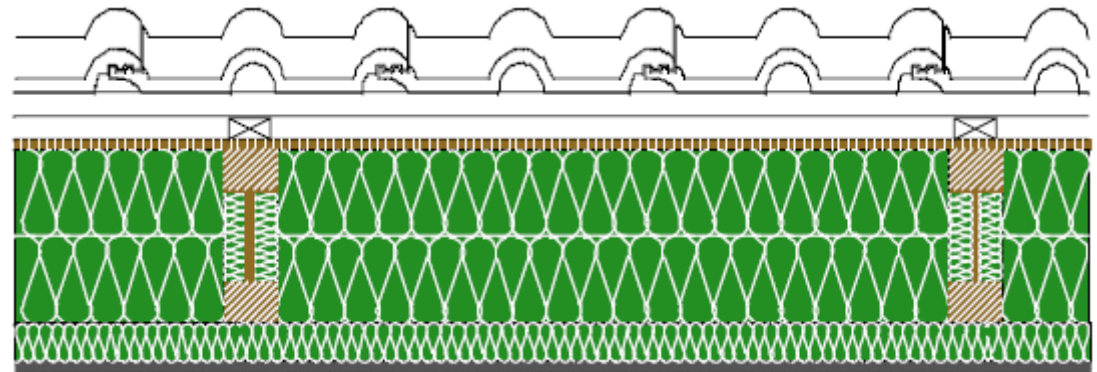
MaxMinHouse

경사지붕 : 셀룰로제 단열재

U (열관류율): 0,21 W/(m²K)

TAV: 14

Phase 지연: 11 시간

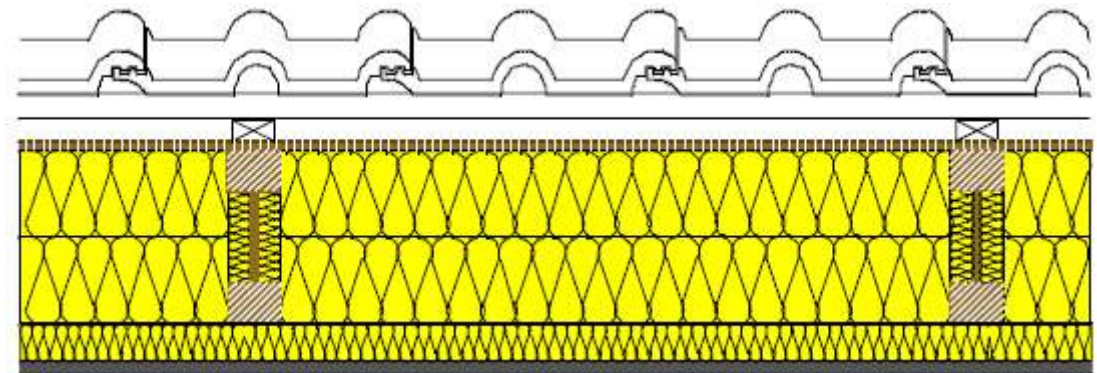


경사지붕 : 글래스 울 단열재

U (열관류율): 0,21 W/(m²K)

TAV: 5

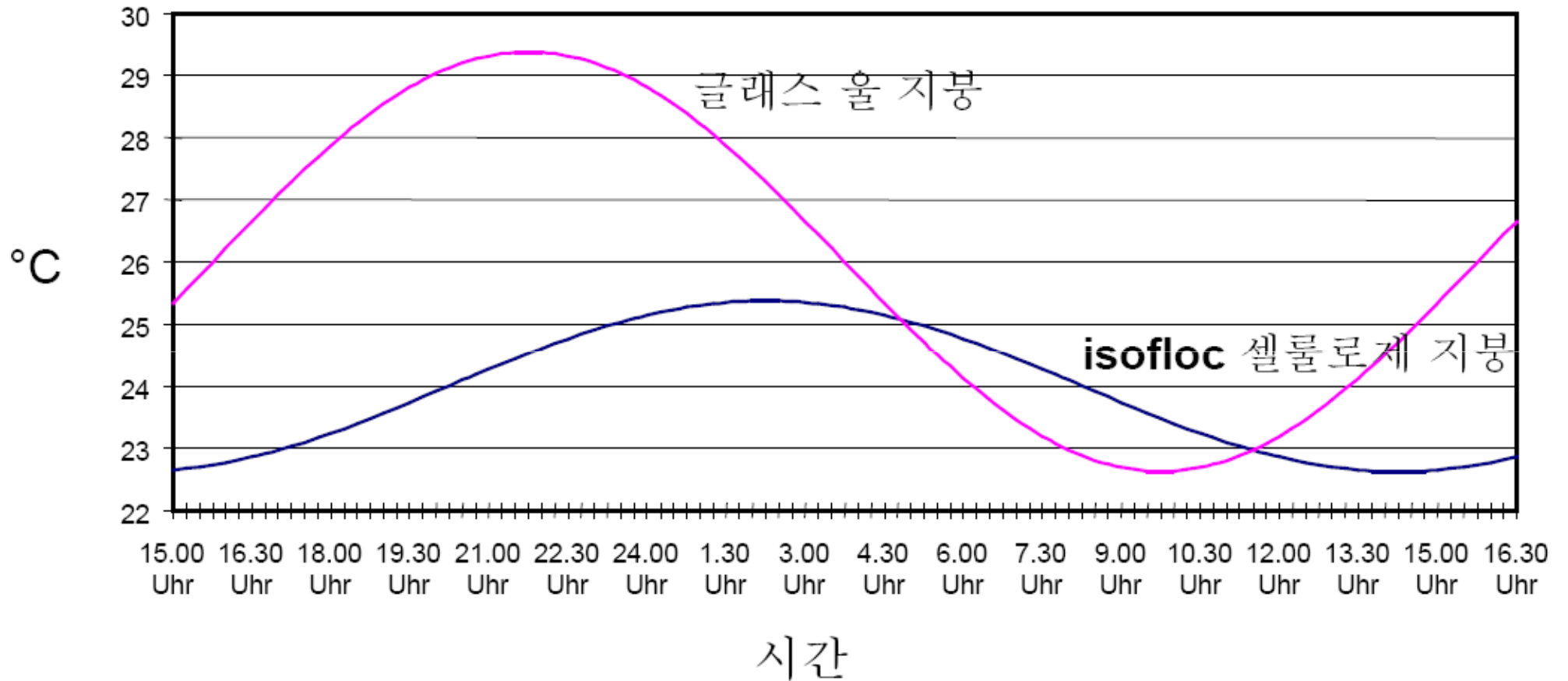
Phase 지연: 6 시간



출처: Ingenieurbüro Bau + Energie
Dipl.- Ing. Rolf Canters

단열 (여름), time lag

MaxMinHouse

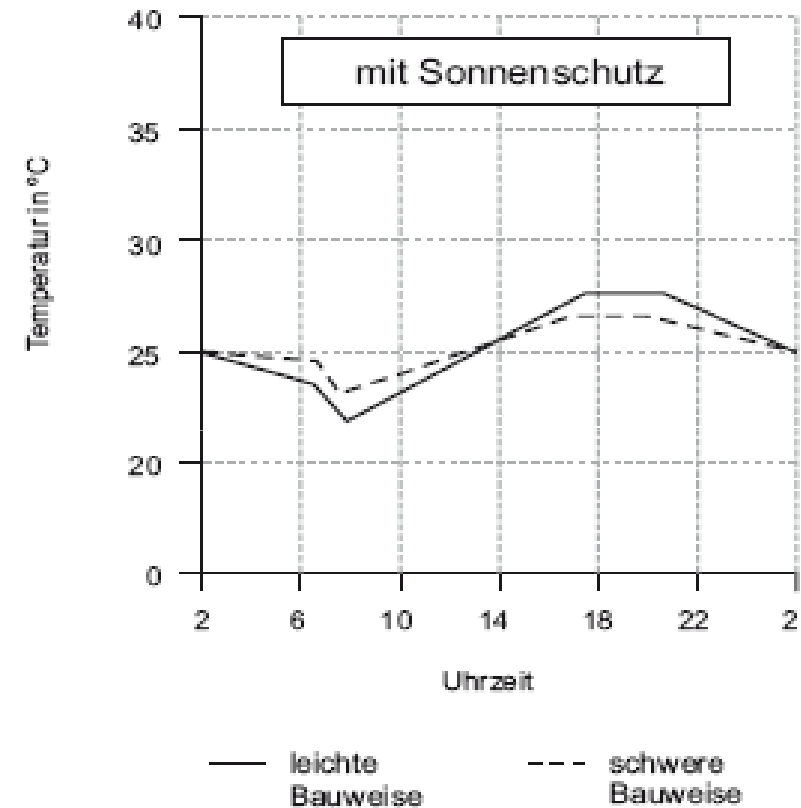
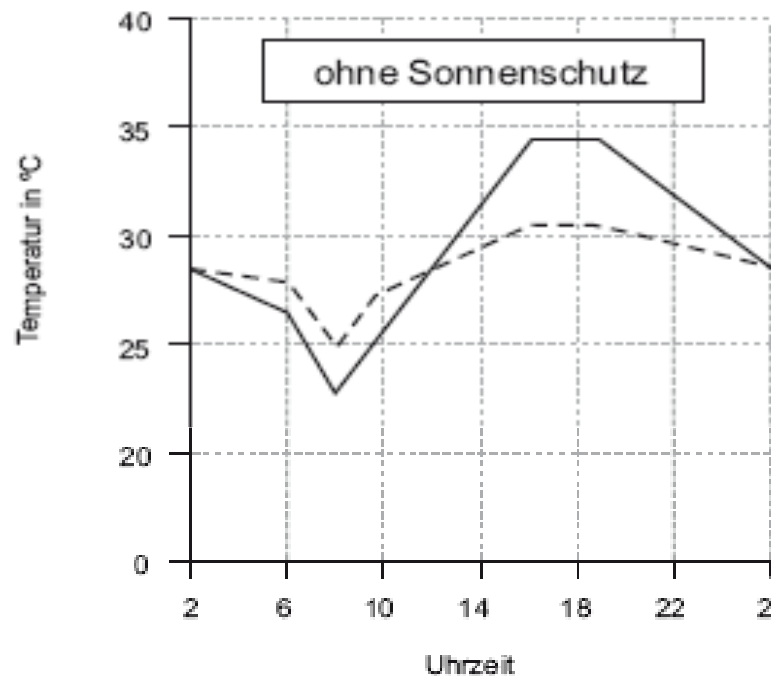


단열재의 종류에 따른 실내 석고보드
표면온도 변화 비교 그래프

출처: isofloc Wärmedämmtechnik GmbH

단열 (여름), 축열성능과 차양장치에 따른 비교

MaxMinHouse



1. 햇빛 차양장치가 있는 경우 (좌측그래프)

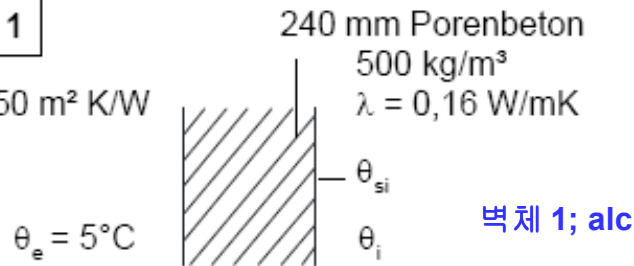
2. 햇빛 차양장치가 없는 경우 (우측그래프)

출처: Dokumentation 560,
Häuser in Stahl-Leichtbauweise

단열, 구조에 따른 축열성능

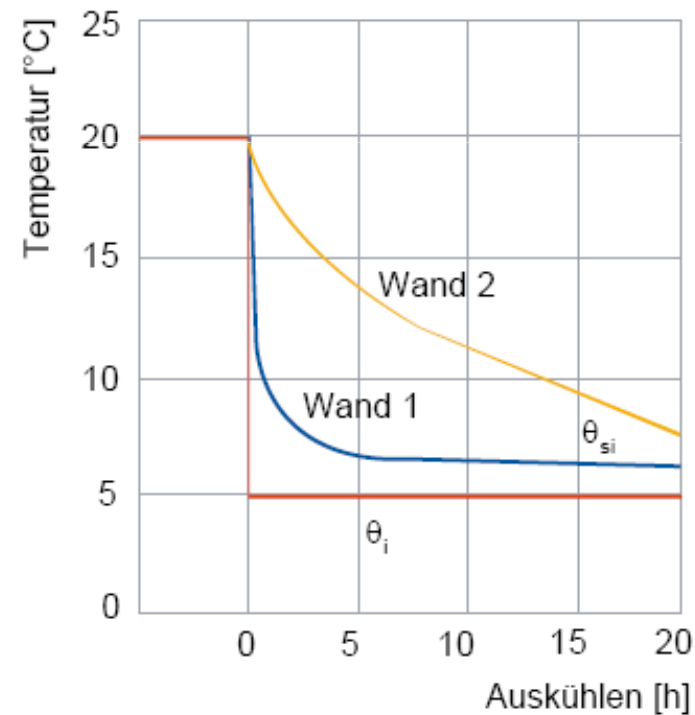
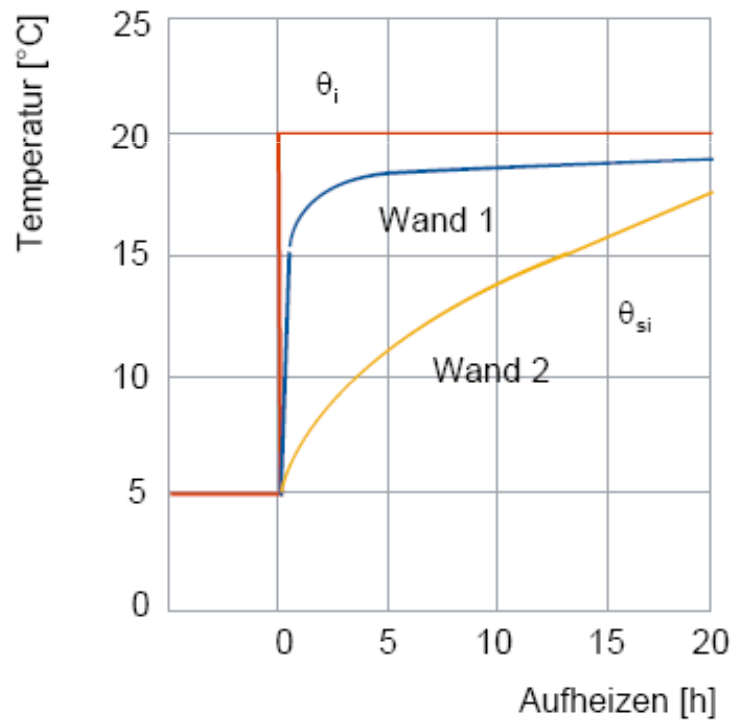
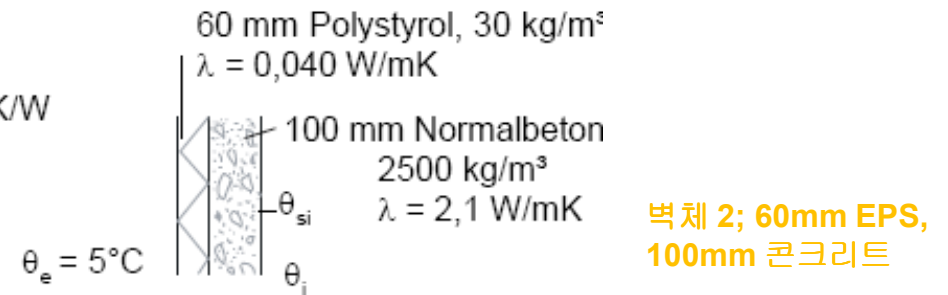
Wand 1

$R = 1,50 \text{ m}^2 \text{ K/W}$



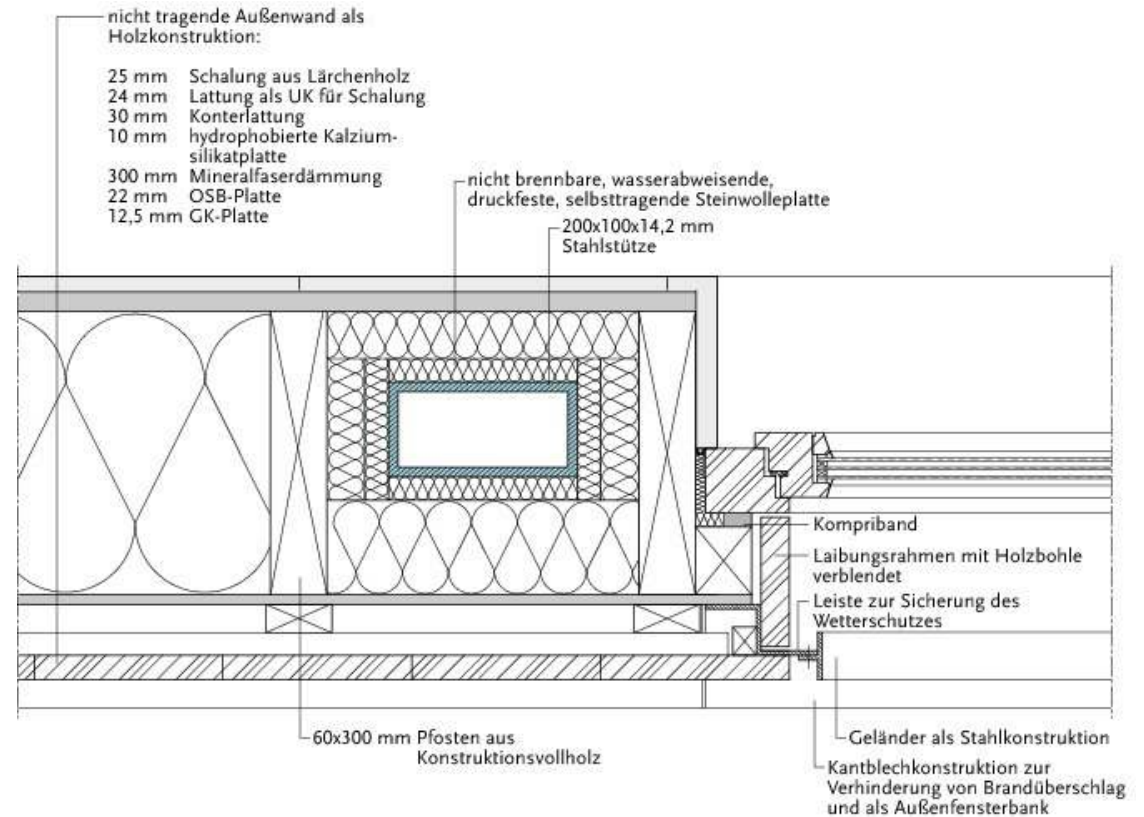
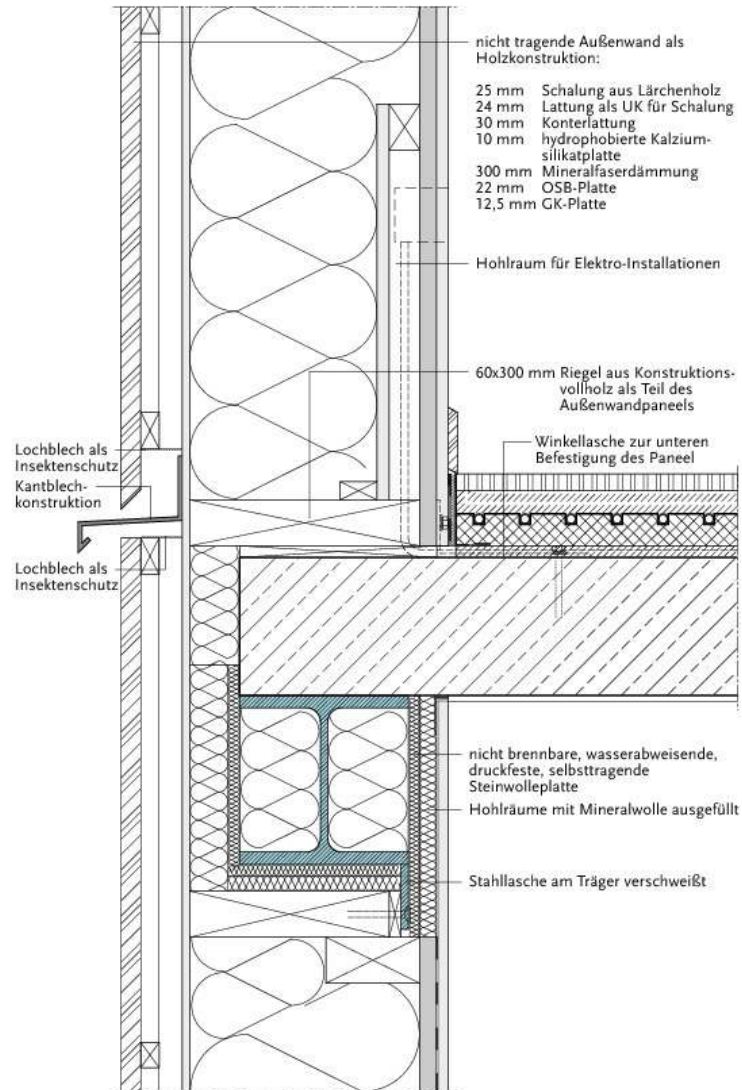
Wand 2

$R = 1,55 \text{ m}^2 \text{ K/W}$



출처: ITL, germany

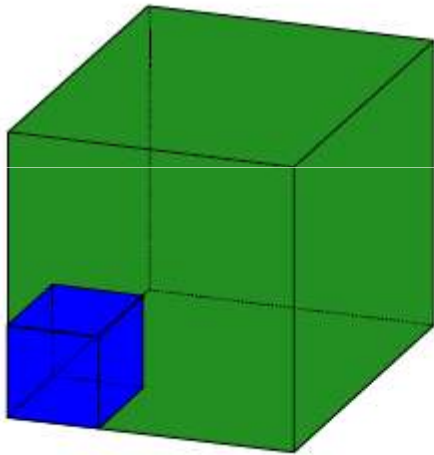
경량구조의 축열성능의 향상



단열 (여름), 습기저장

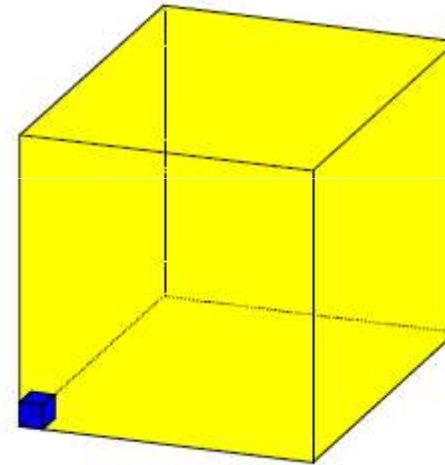
MaxMinHouse


30% = 15 Liter/m³



셀룰로제


2% = 0,5 Liter/m³



글래스 울

출처: Ingenieurbüro Bau + Energie
Dipl.- Ing. Rolf Canters

단열 (여름), 효과적인 단열재

MaxMinHouse

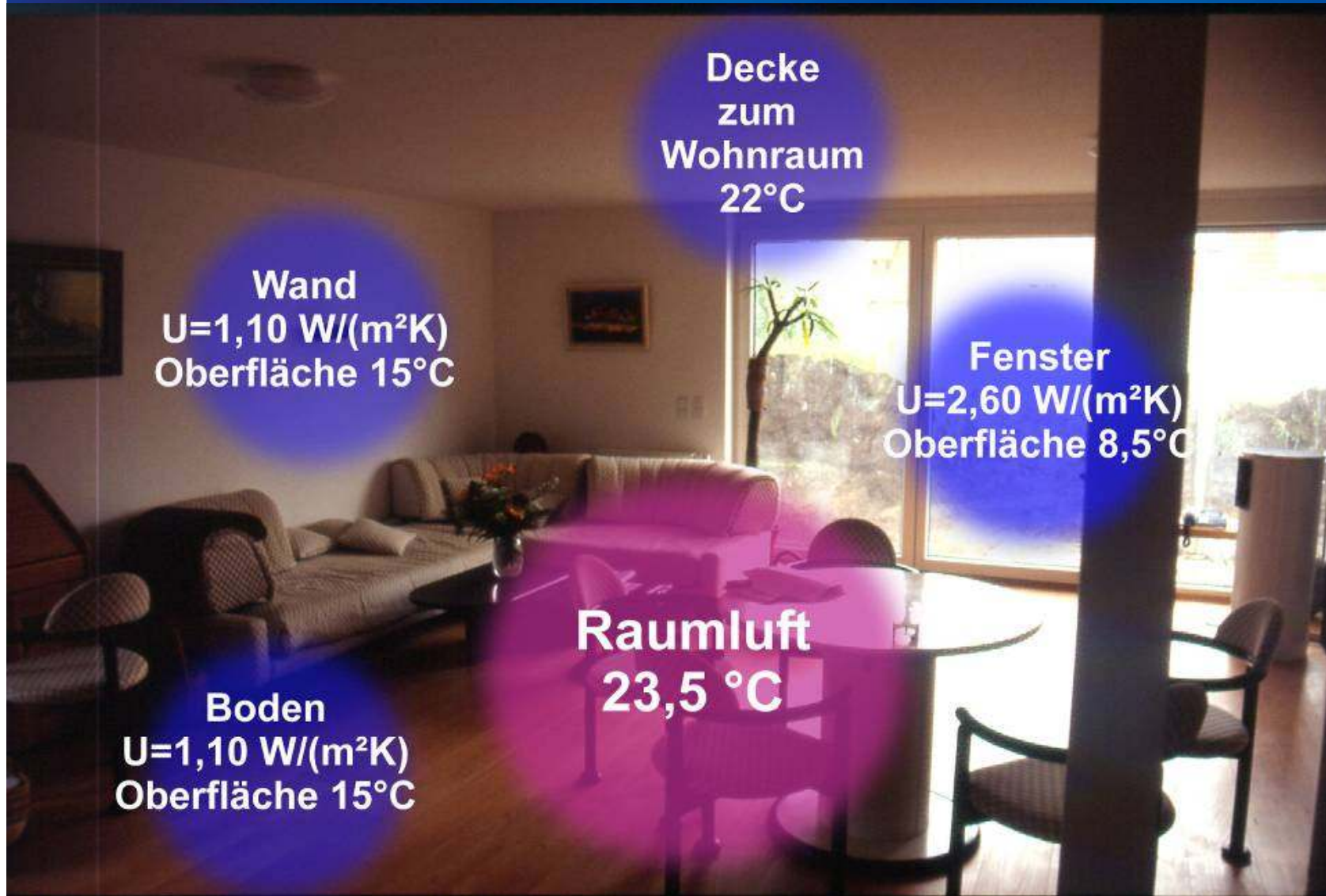


나무섬유 단열재



셀룰로제 단열재

출처: Homatherm, germany



단열이 부족한
건물의 경우

출처: Architekt Dr. B. Schulze
Darup Nürnberg

단열이 부족하거나 열교가 심한 건물의 경우

인체 온도: **37 °C**

피부온도: **33 – 34 °C**

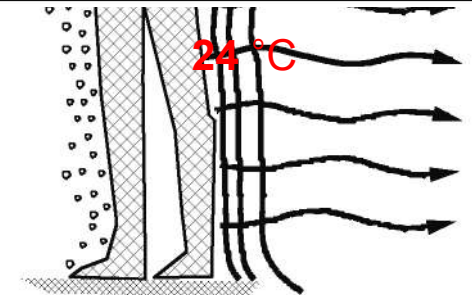
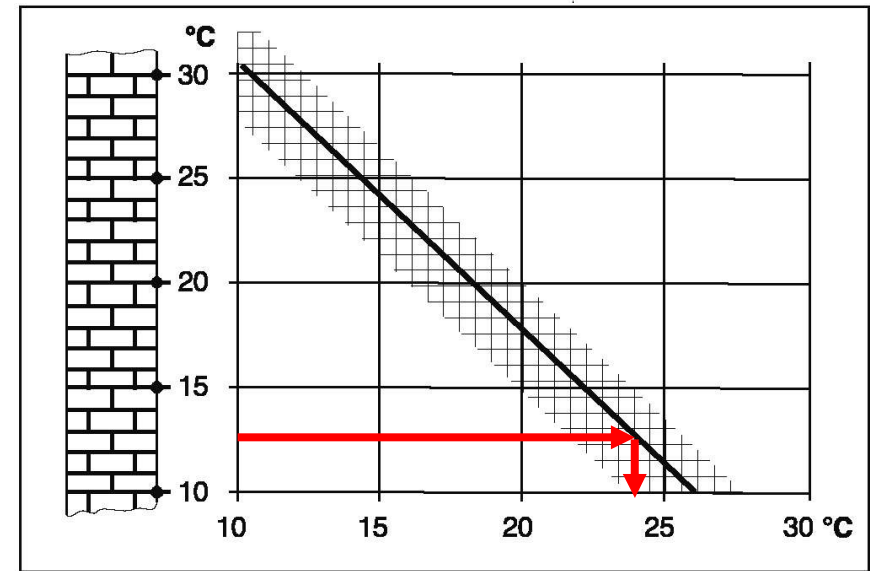
보통은 주변의 온도보다 높기에 열을 계속 빼앗김

- 35 % 전도와 대류
- **35 % 복사**
- 24 % 수증기(땀과 호흡)
- 6 % 음식, 음료수 그리고 호흡공기

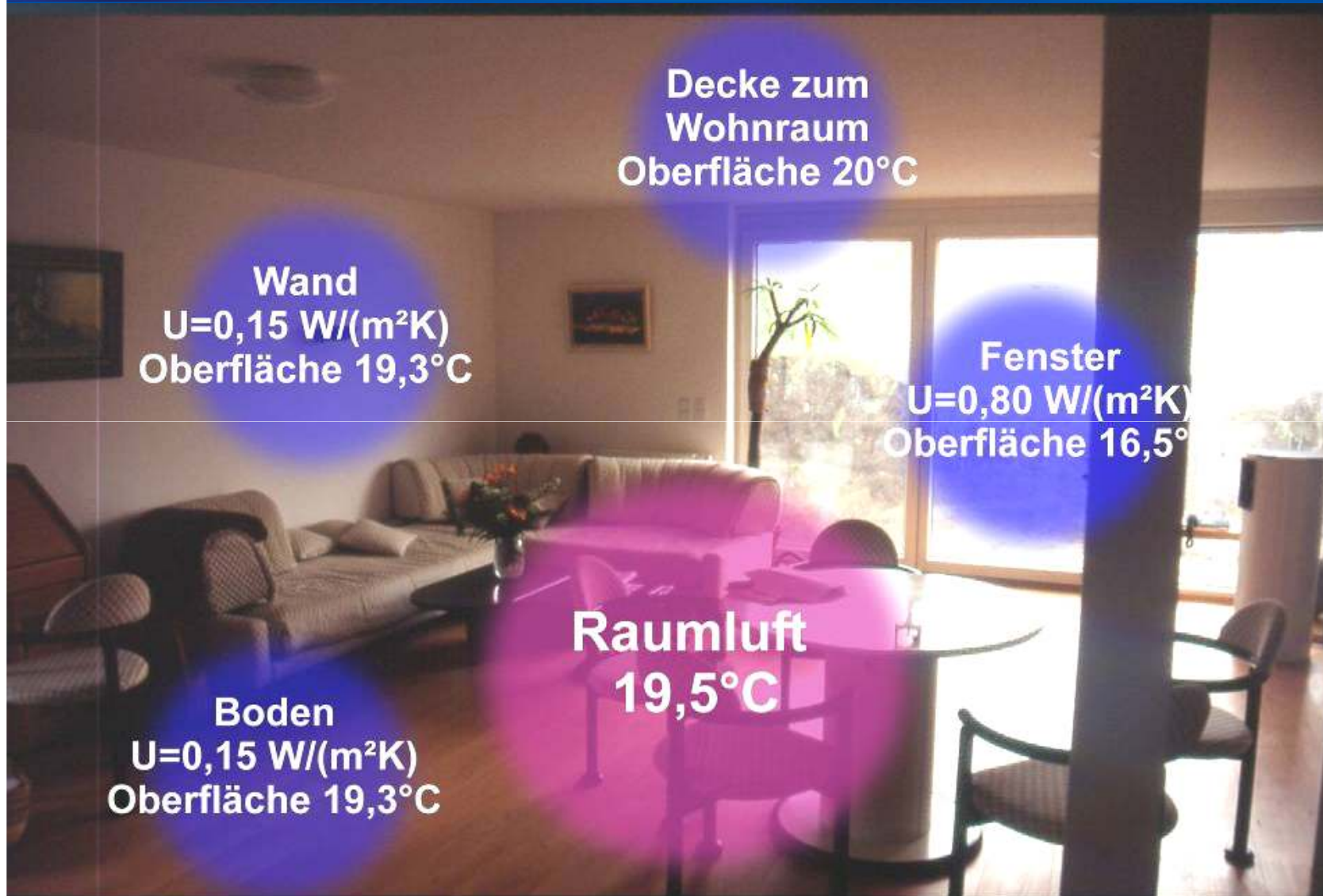
질문: 열교나 단열부족으로 인해 표면온도가 낮을 경우 실내공기온도가 **22 °C**가 넘어도 실내가 쾌적하지 못함

이유: 실내공기를 통해 대류와 전도로 인한 열손실을 어느정도 상쇄를 할수있지만 외벽의 낮은 표면온도로 인해 **35%**에 달하는 복사로 인한 계속된 열손실은 막을수가 없기에 쾌적하지가 않음 즉 실제 체감온도는 약 **15 °C**

결과: 단열성능을 높이고 열교를 줄이거나 아니면 실내온도를 더 높여야 함

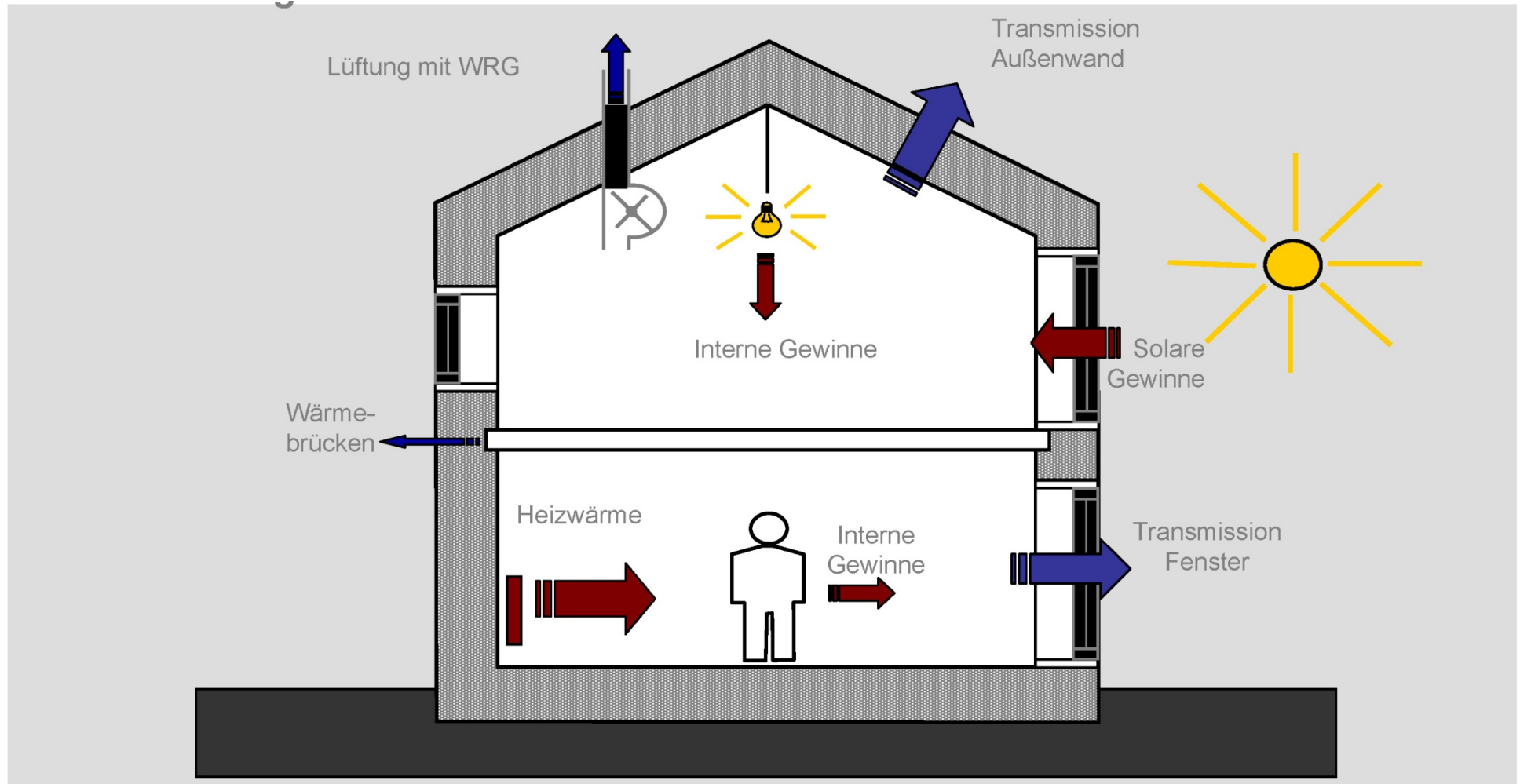


출처: **Grundlagen HLK,**
Siemens Schweiz AG
Building Technologies Group



단열이 잘 된
건물의 경우

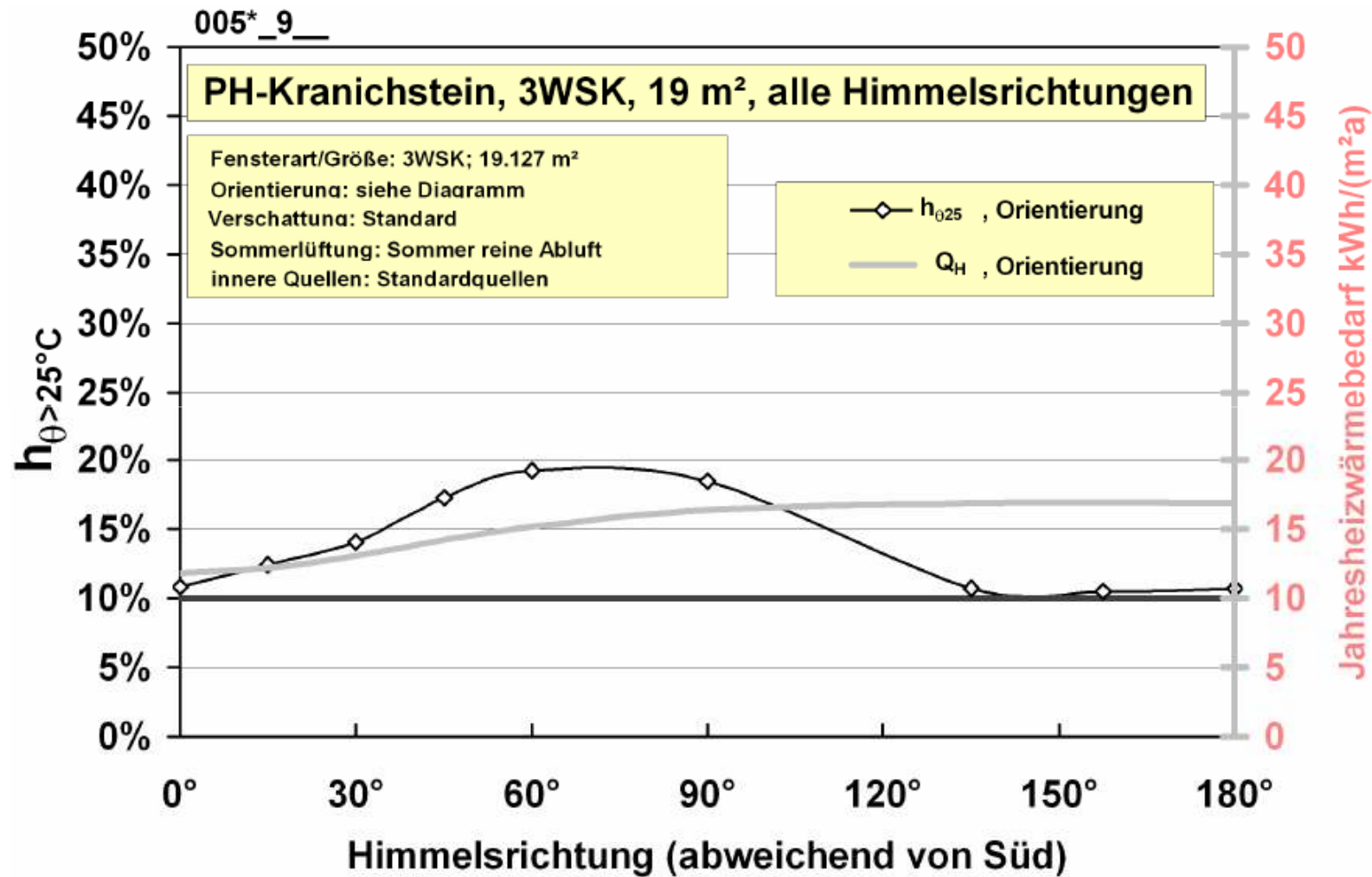
출처: Architekt Dr. B. Schulze
Darup Nürnberg



건축물과 에너지 손이득의 관계, 출처: R. Ploss

건축물 방향에 따른 난방에너지 및 실내온도와의 관계

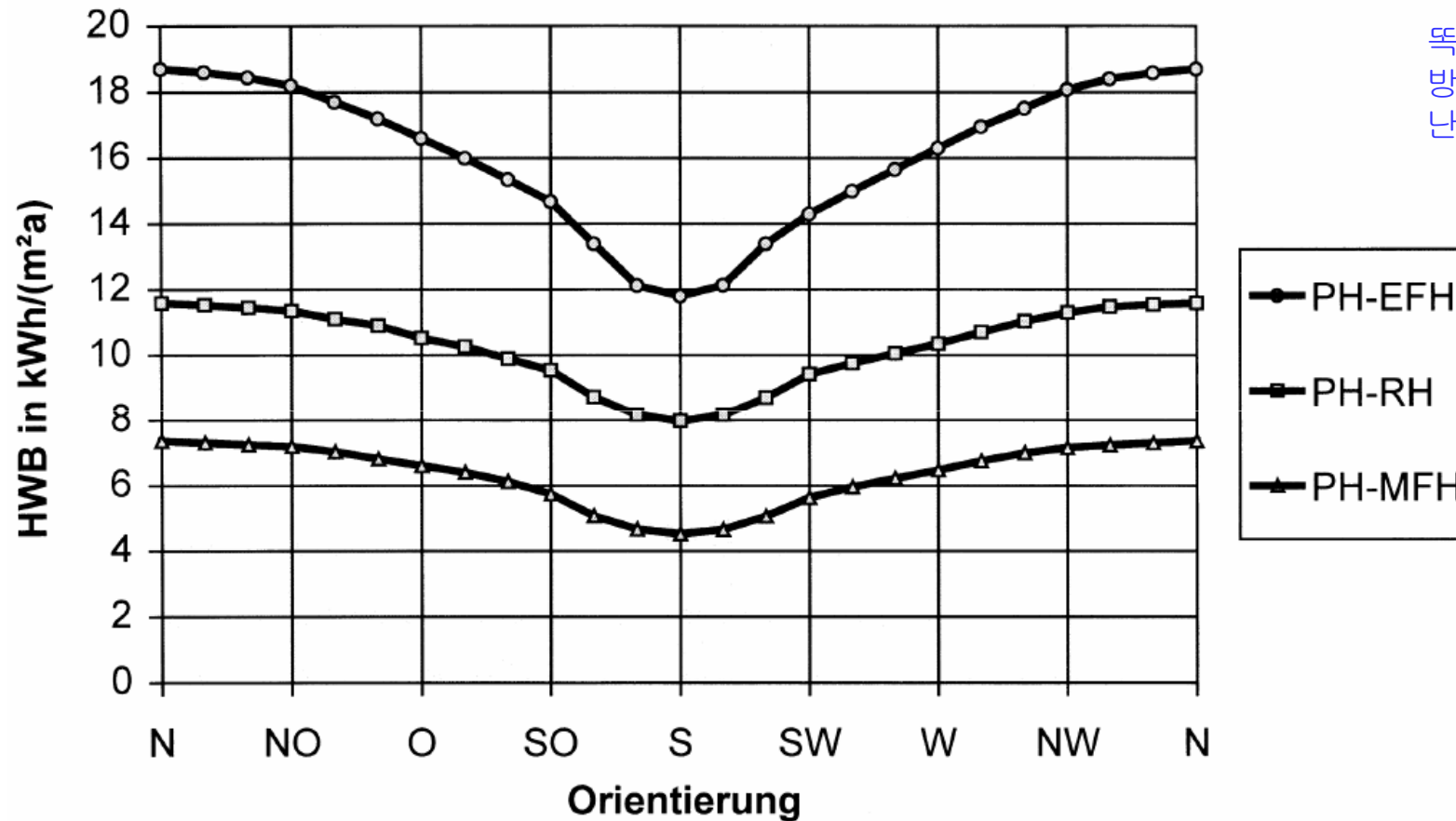
MaxMinHouse



Darmstadt Kranichstein,
 중간세대의 경우

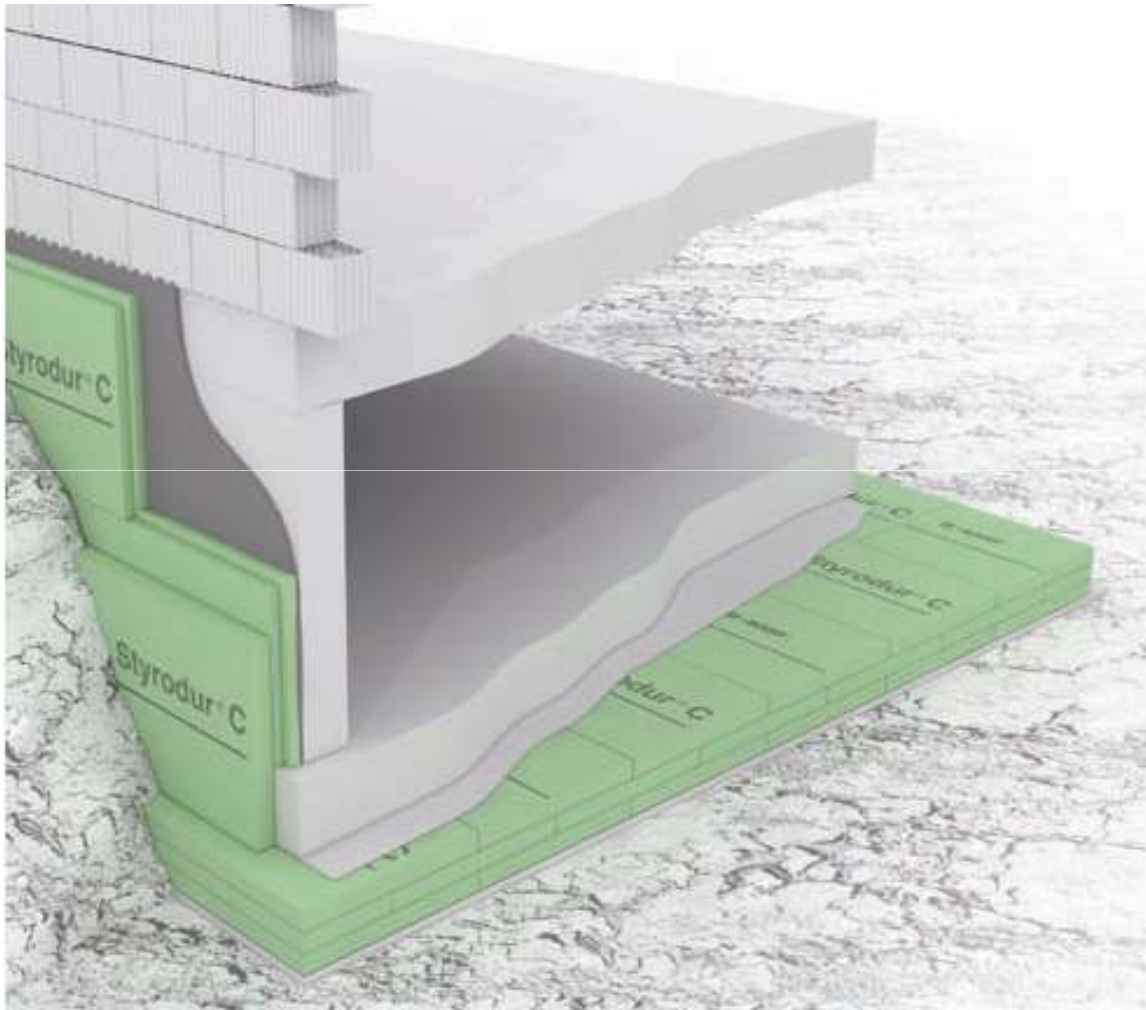
출처: Promotion of
 European Passive Houses,
 Passivhausinformation für
 Stadtplanung

건축물 방향과 형태에 따른 난방에너지



똑같은 조건아래 건축물의
방향과 건축물 종류에 따른
난방에너지 소모 비교

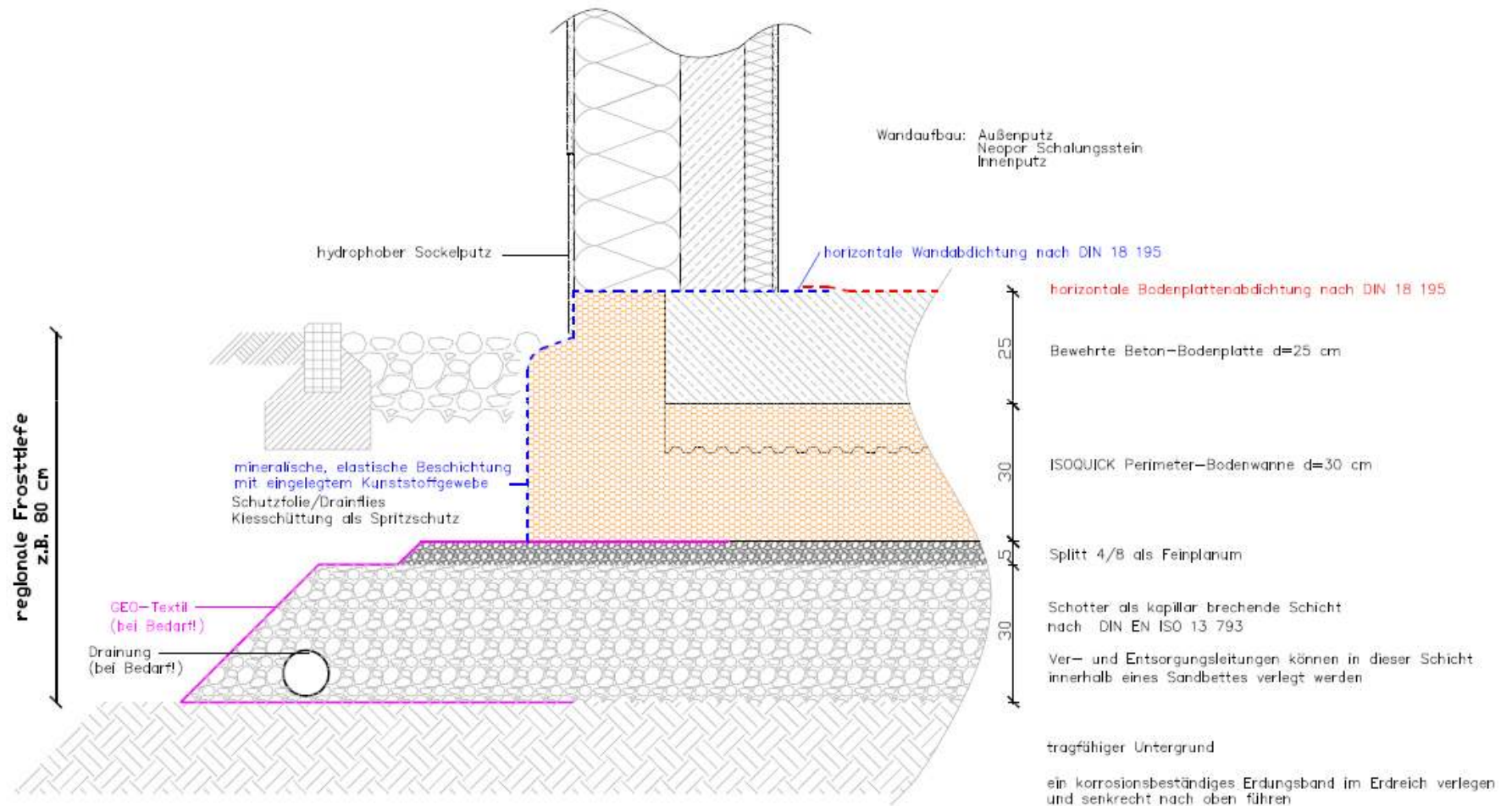
출처: Promotion of
European Passive Houses,
Passivhausinformation für
Stadtplanung



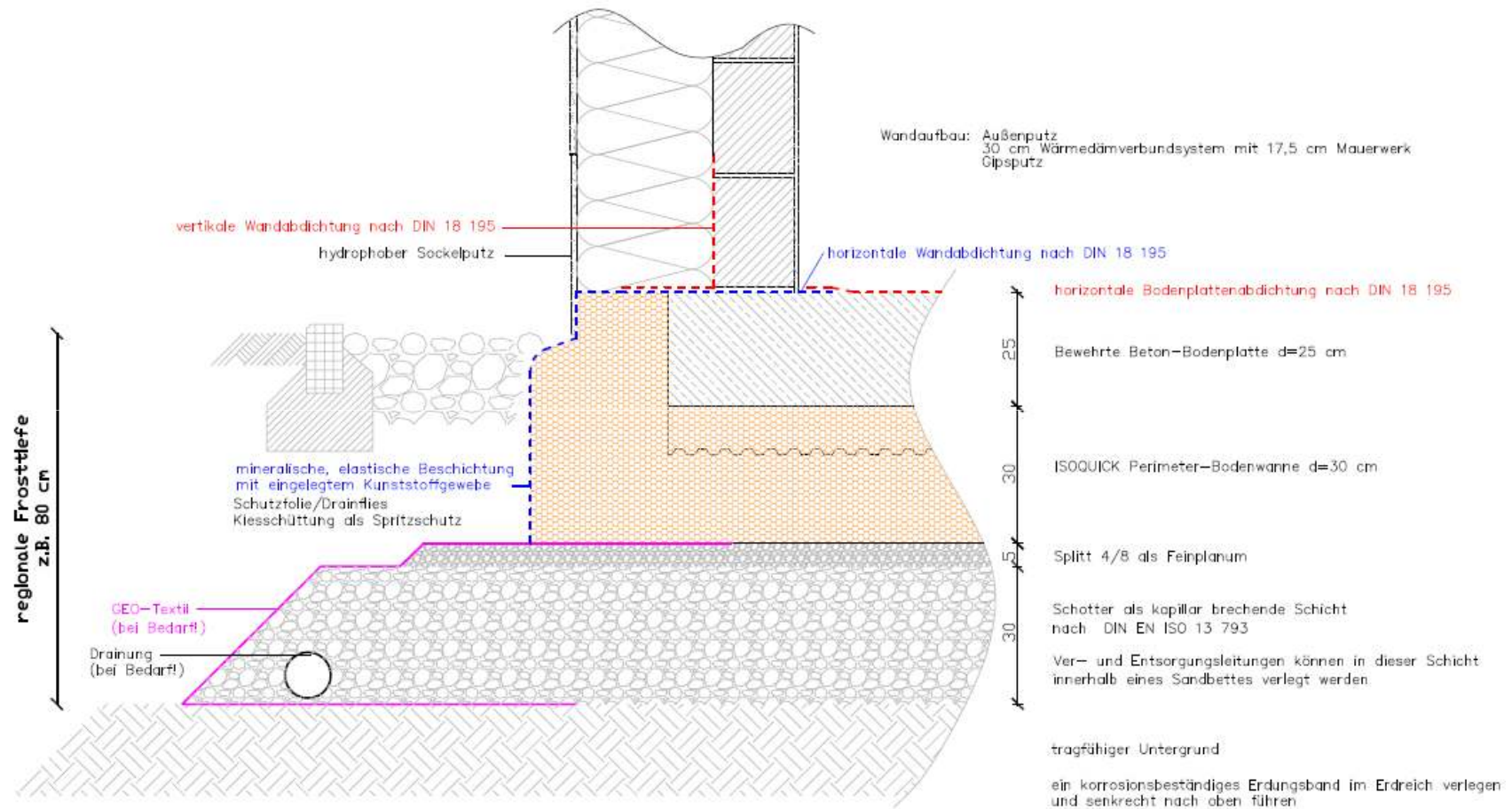
지하부위 단열계획 개념,
출처: Styrodur Passivhaus, BASF 2008



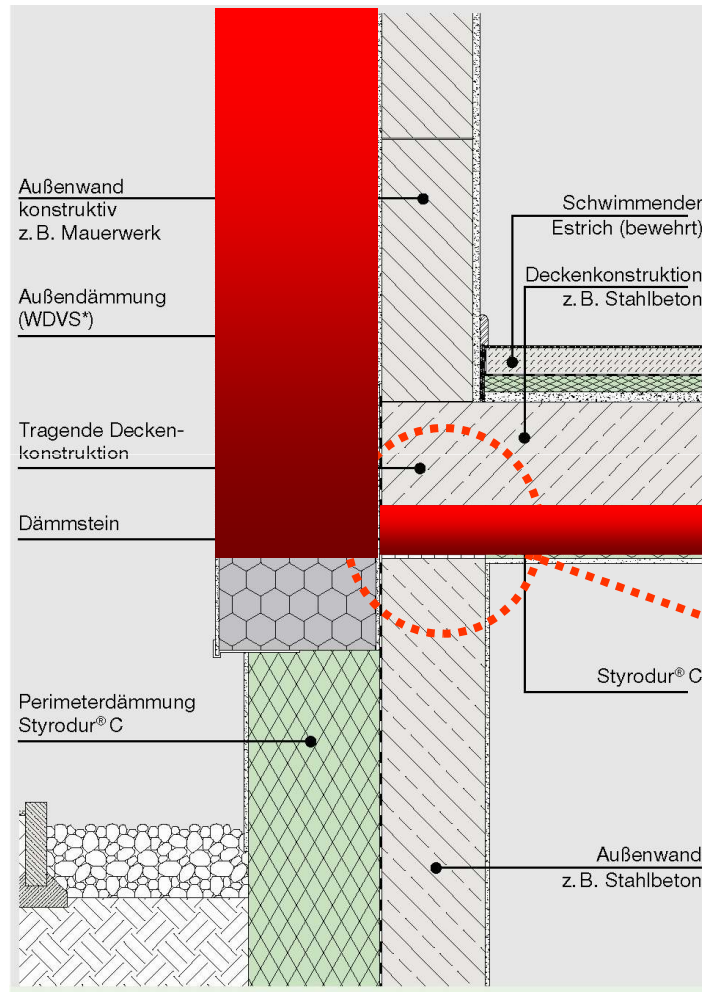
매트아래 단열시공,
출처: Lohr Element, germany



매트기초 단열방법,
출처: isoquick, germany



매트기초 단열방법,
출처: isoquick, germany

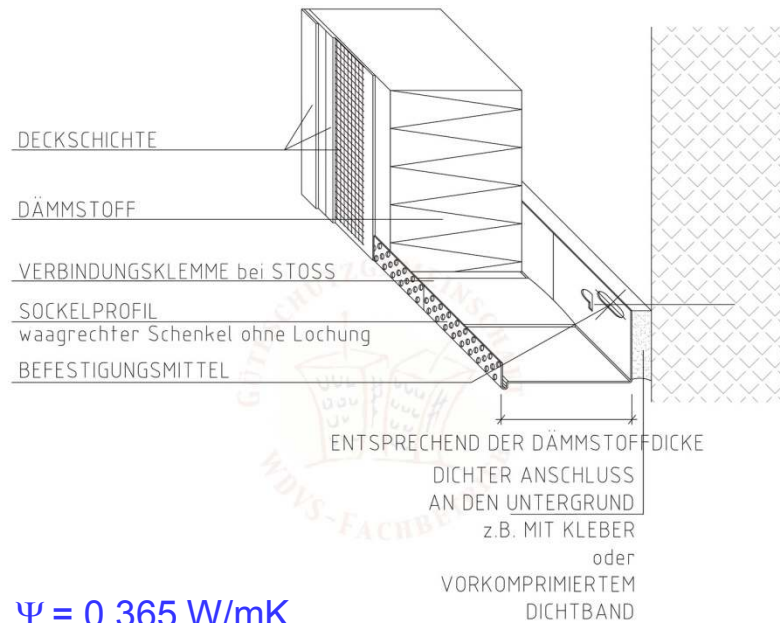


열교 억제 벽돌

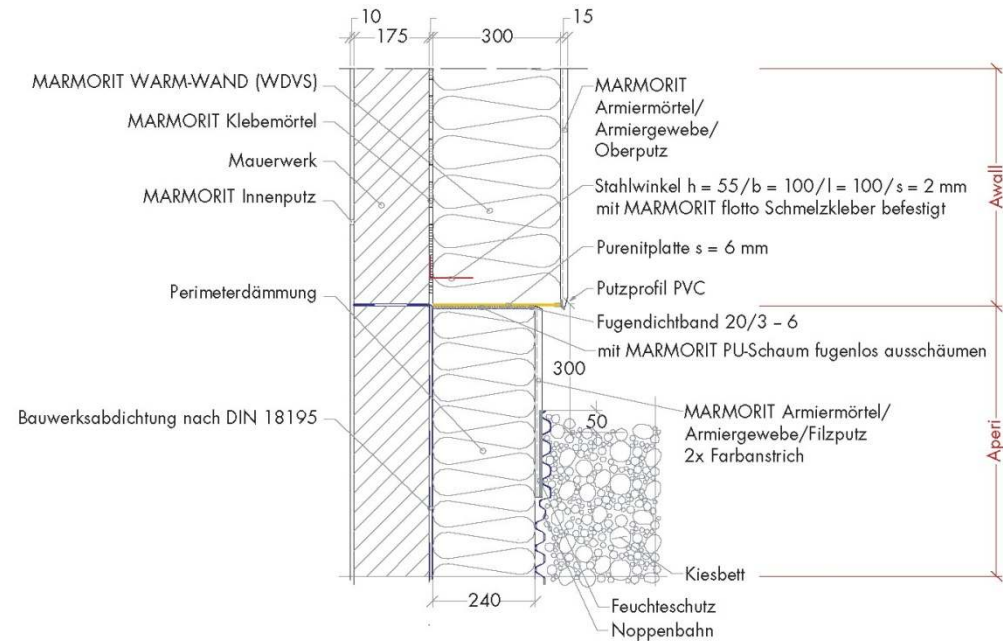
지반부위 단열계획,
출처: Styrodur Passivhaus, BASF 2008



조적조 열교억제 벽돌,
출처: B. Schulze-Darup



$$\Psi = 0,365 \text{ W/mK}$$



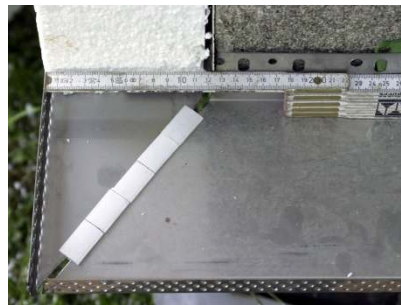
$$\Psi = 0,004 \text{ W/mK}$$

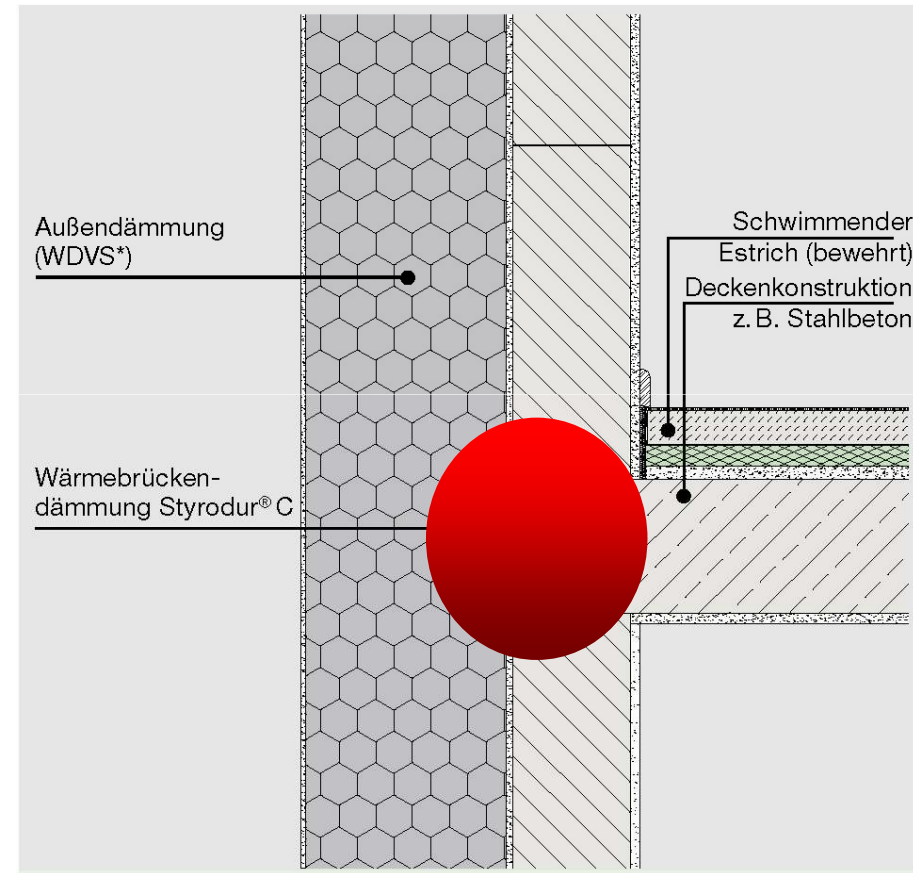
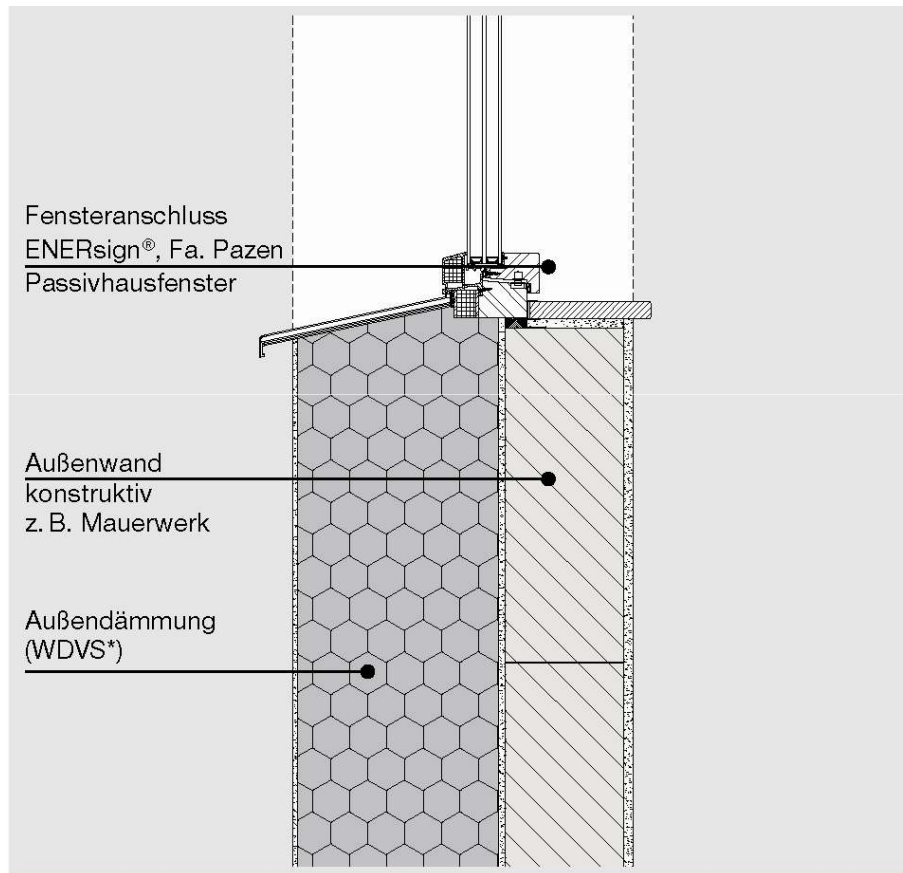
열교없음 ($< 0,01 \text{ W/mK}$)

$$\Delta_{\text{HWB}} = 1,03 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

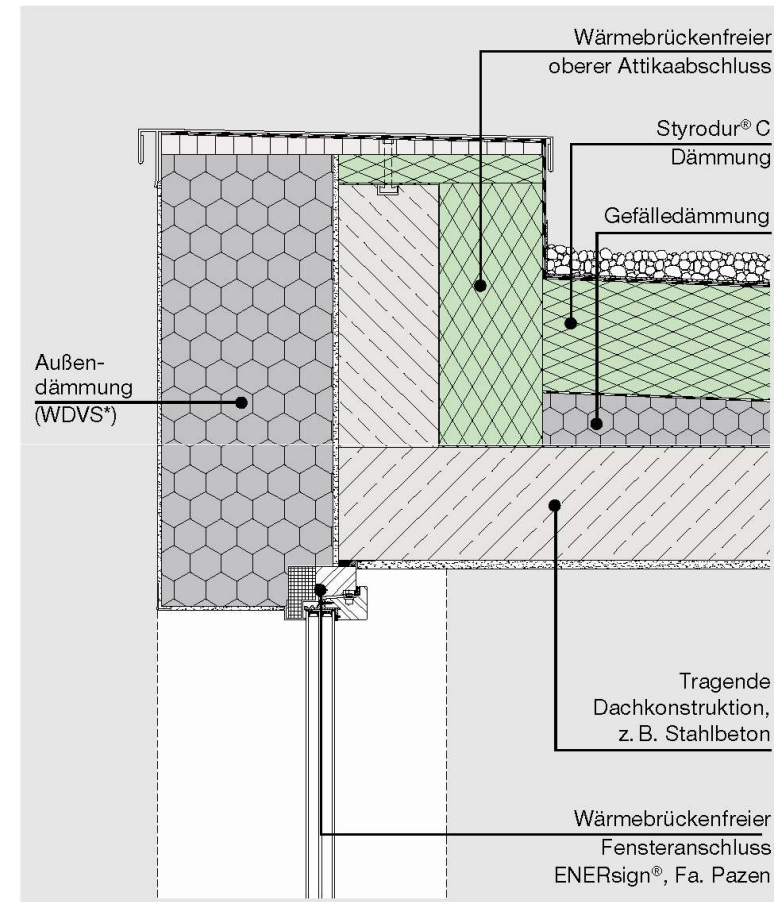
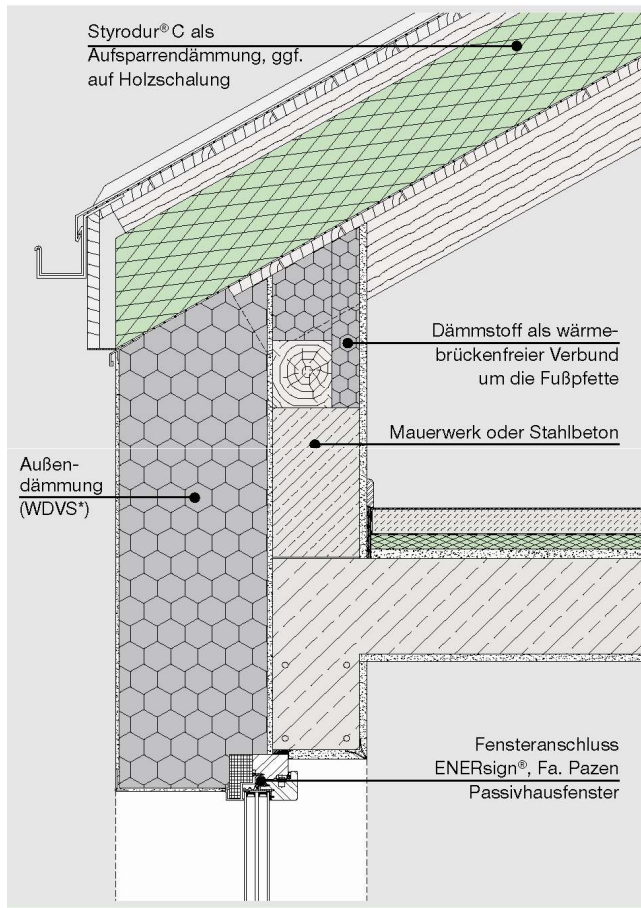


연결부위 열교,
출처: WDV-S-Fachbetriebe, Marmorit, YSockelprofil ebök



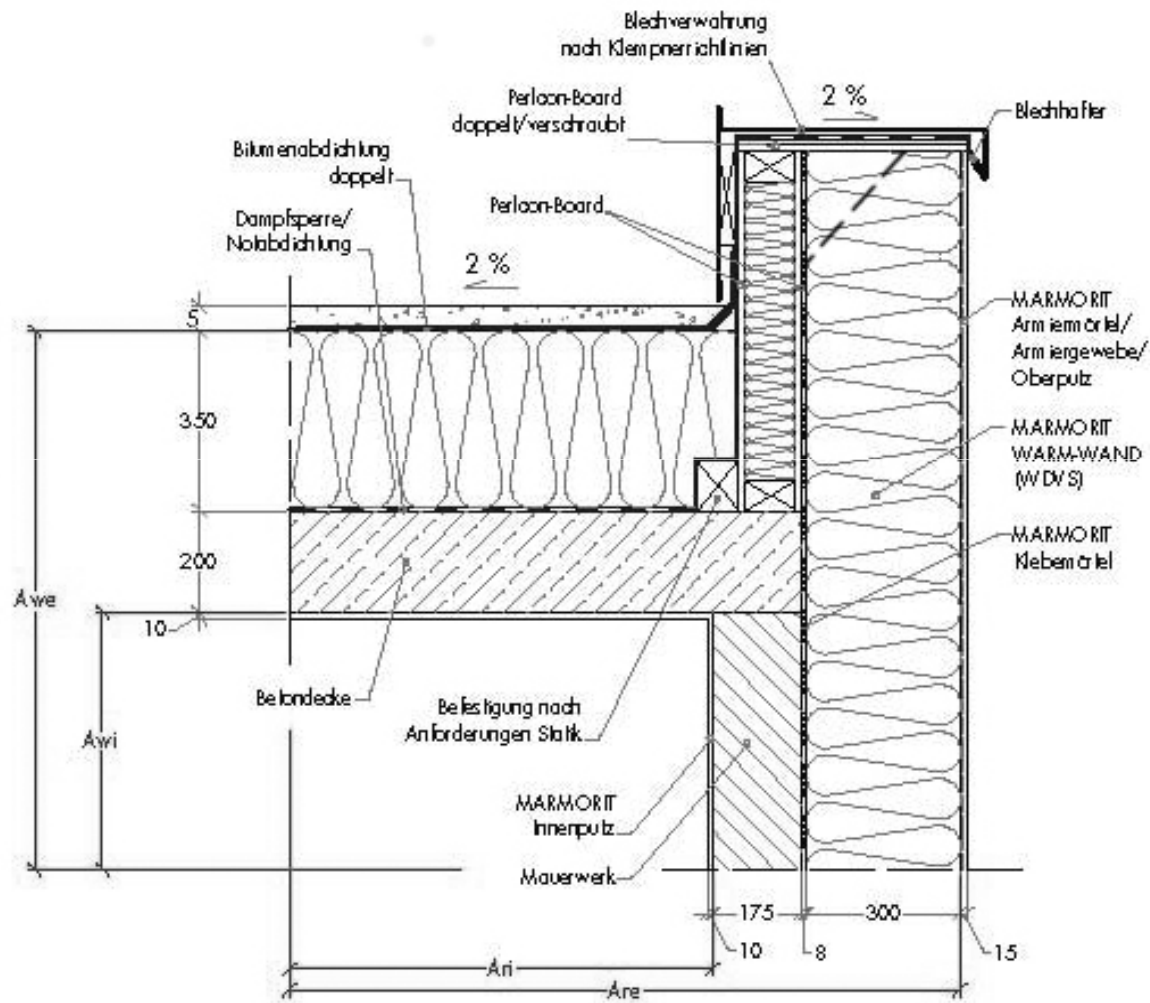


창호 및 층간슬래브 연결부의 단열계획 개념,
출처: Styrodur Passivhaus, BASF 2008



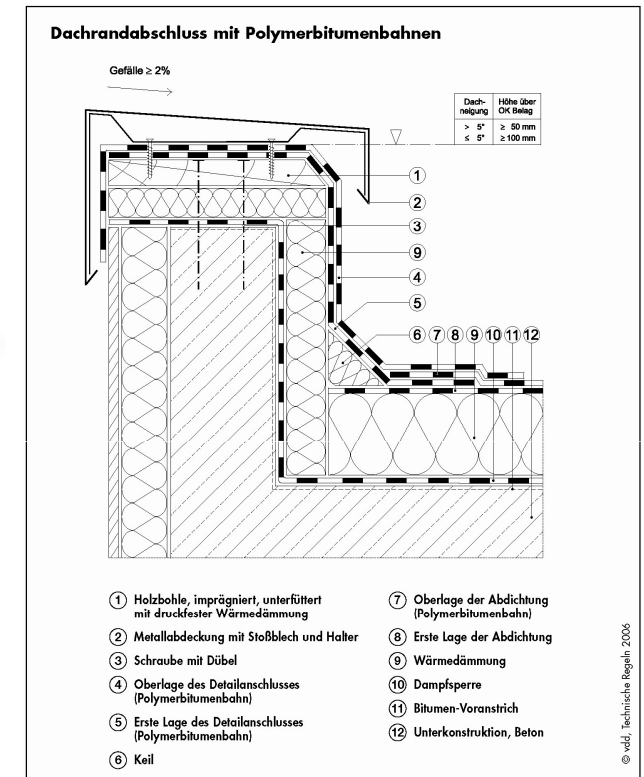
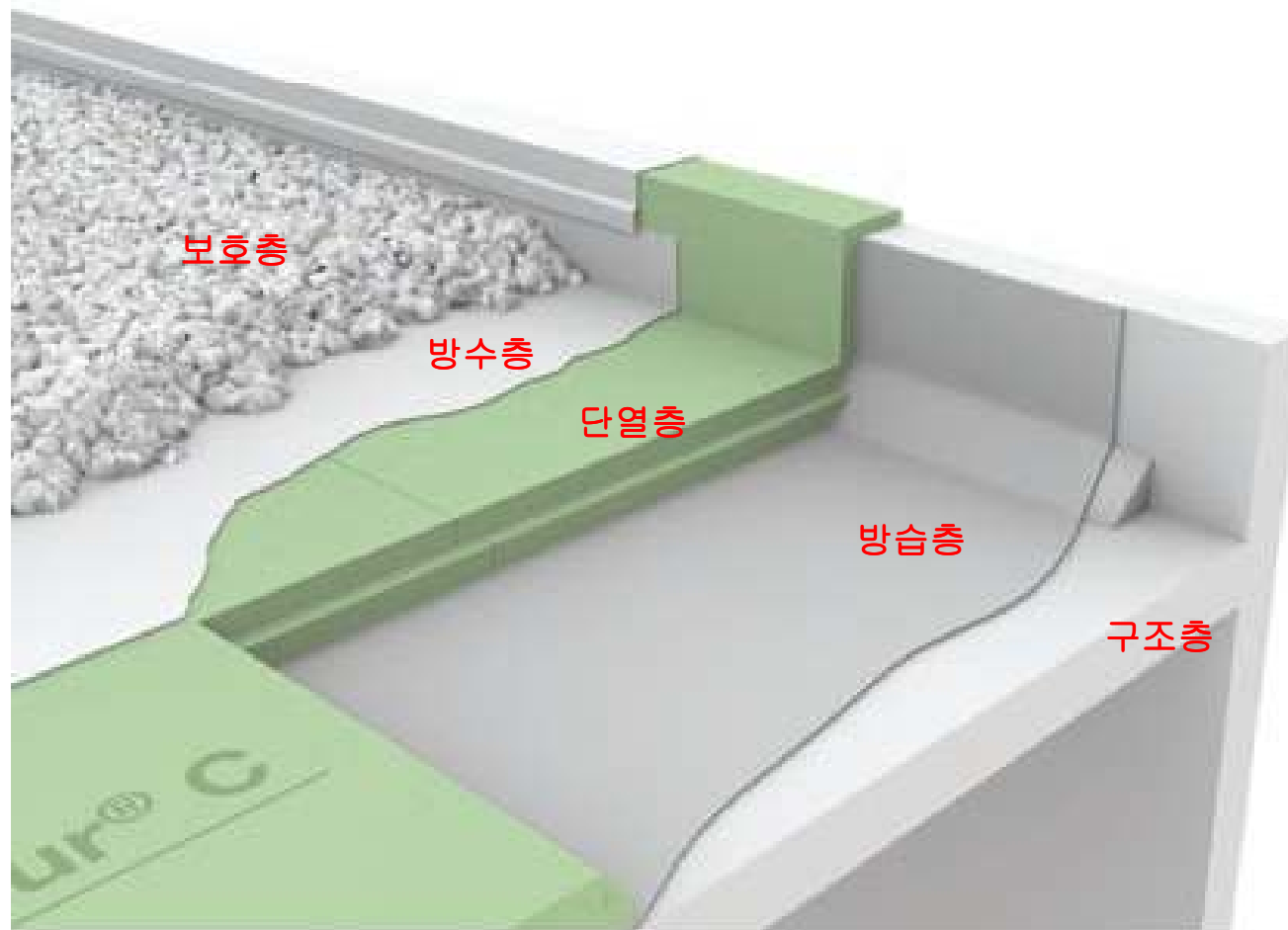
지붕의 형태에 따른 단열계획,
출처: Styrodur Passivhaus, BASF 2008

단열계획



$\Psi = -0,030 \text{ W/mK}$
열교없음 ($< 0,01 \text{ W/mK}$)

목재나 부분적인 철재를 사용하는 경우,
출처: Schöberl & Pöll, Marmorit



평지붕 연결부위,
출처: technische Regeln
ABC, 2006

지하부위 단열계획 개념, 출처: Styrodur Passivhaus, BASF 2008

열교 현상

MaxMinHouse



열교 현상

MaxMinHouse



창호기준 EN 10077 과 PHI를 통한 인증기준

패시브하우스 충족 조건

$U_g - 1,6 \text{ W/(m}^2\text{K)} * g < 0$
 U_w 최대 $0,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

혹은

$U_{w, eingeb}$ 최고 $0,85 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
창호 열관류
 $U_g=0,7 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

EN 10077

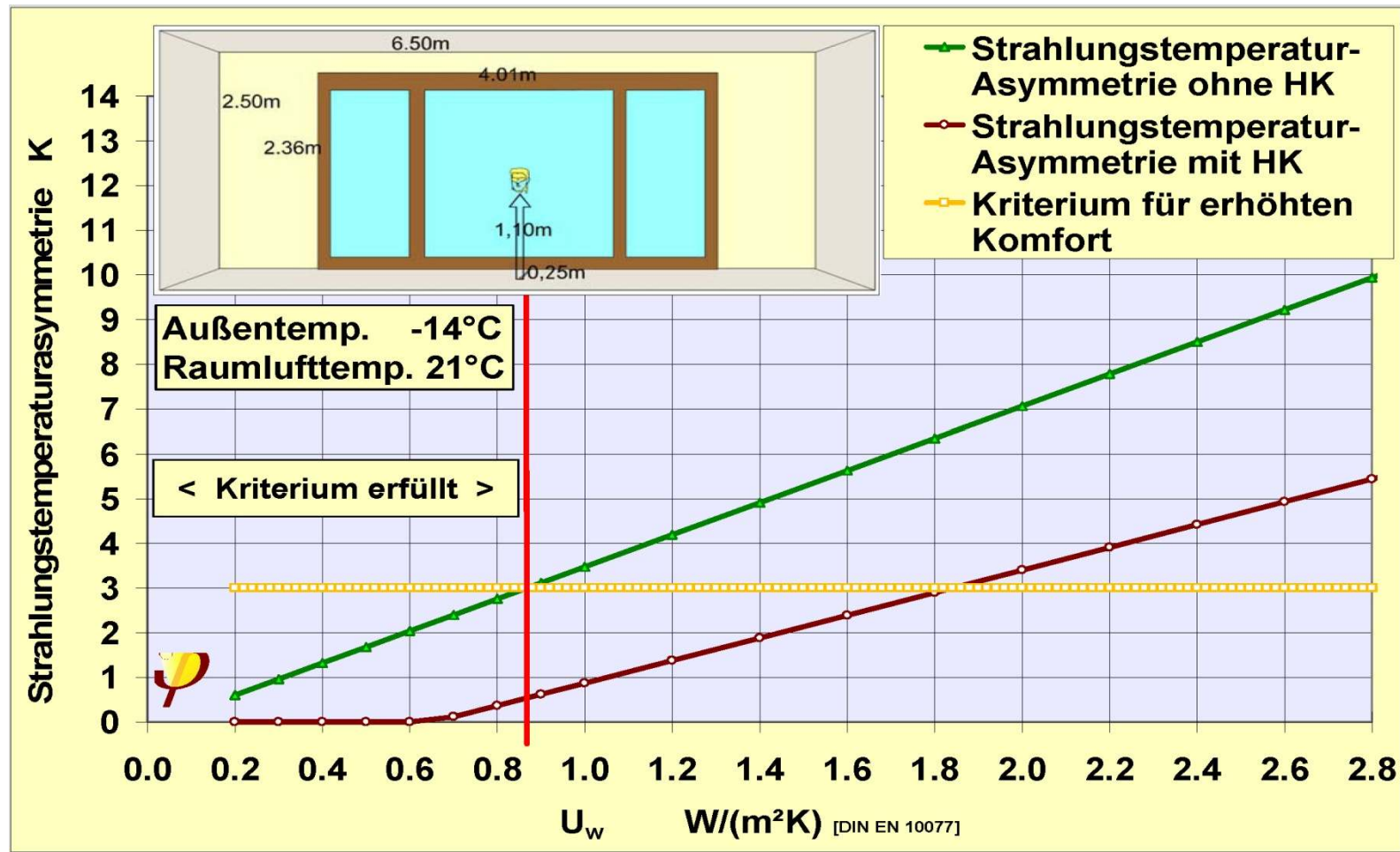
U_w 창문 U-Wert (w = window)
 U_f 프레임 U-Wert (f = frame)
 U_g 글래스 U-Wert (g = glas)
 Ψ_{RV} 선형열교 손실, 유리가장자리

기타

Ψ_{ein} 시공후 선형열교 손실
 $U_{w, eingeb}$ 시공의 상황을 고려한 창문 U-값

$$U_{w, eingeb} = \frac{(U_g \times A_g) + (U_f \times A_f) + (\Psi_{RV} \times L_{RV}) + (\Psi_{Einb.} \times L_{Einb.})}{(A_g + A_f)}$$

출처: EN 10077, Passivhaus Institut Darmstadt



출처: Passivhaus Institut Darmstadt

단열계획 (창호, 간봉)

Kunststoffabstandhalter				Metallabstandhalter			
$\Psi = 0.0368 \text{ W/(mK)}$ Swisspacer Aluminiumblech 0.03 mm $U_{gk} = 0.792 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	$\Psi = 0.0296 \text{ W/(mK)}$ Thermix Edelstahl 0.1 mm $U_{gk} = 0.775 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	$\Psi = 0.0237 \text{ W/(mK)}$ Swisspacer/V Edelstahl 0.025 mm $U_{gk} = 0.760 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	$\Psi = 0.0329 \text{ W/(mK)}$ TPS Butyl / Polysulfid $U_{gk} = 0.782 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	$\Psi = 0.0397 \text{ W/(mK)}$ Lingemann, Edelstahl Wandstärke: 0.18 mm $U_{gk} = 0.799 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	$\Psi = 0.0383 \text{ W/(mK)}$ Allmetal GmbH, Edelstahl Wandstärke: 0.15 mm $U_{gk} = 0.796 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	$\Psi = 0.058 \text{ W/(mK)}$ Aluminium Wandstärke: 0.35 mm $U_{gk} = 0.843 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	
$\Psi = 0.0376 \text{ W/(mK)}$ Swisspacer Grobmodell Ersatzmaterial: $\lambda_{\text{eff}} = 1.3 \text{ W/(mK)}$ $U_{gk} = 0.794 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	$\Psi = 0.0301 \text{ W/(mK)}$ Thermix Grobmodell Ersatzmaterial: $\lambda_{\text{eff}} = 0.44 \text{ W/(mK)}$ $U_{gk} = 0.776 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	$\Psi = 0.0239 \text{ W/(mK)}$ Swisspacer/V Grobmodell Ersatzmaterial: $\lambda_{\text{eff}} = 0.24 \text{ W/(mK)}$ $U_{gk} = 0.761 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	$\Psi = 0.0327 \text{ W/(mK)}$ TPS Grobmodell Butyl / Polysulfid $U_{gk} = 0.782 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	$\Psi = 0.0400 \text{ W/(mK)}$ Grobmodell Edelstahl Ersatzmaterial mit 1mm Stärke: $\lambda_{\text{eff}} = 2.4 \text{ W/(mK)}$ $U_{gk} = 0.799 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	$\Psi = 0.0384 \text{ W/(mK)}$ Grobmodell Edelstahl Ersatzmaterial mit 1mm Stärke: $\lambda_{\text{eff}} = 2.4 \text{ W/(mK)}$ $U_{gk} = 0.796 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	$\Psi = 0.059 \text{ W/(mK)}$ Aluminium Grobmodell Ersatzmaterial mit 1 mm Stärke: $\lambda_{\text{eff}} = 20 \text{ W/(mK)}$ $U_{gk} = 0.846 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	

출처: HIWIN Hochwärmedämmende Fenstersysteme –
Anhang zum Teilbericht A, PHI, Darmstadt, 2003



재료: 열전도 Λ -값
[W/(m·K)]

플라스틱 TX.N 0,23
스테인레스 TX.N 14,6
철: 50
알루미늄: 160

$\Sigma(d \cdot \Lambda)$
Thermix® TX.N® 0,0019 [W/K]

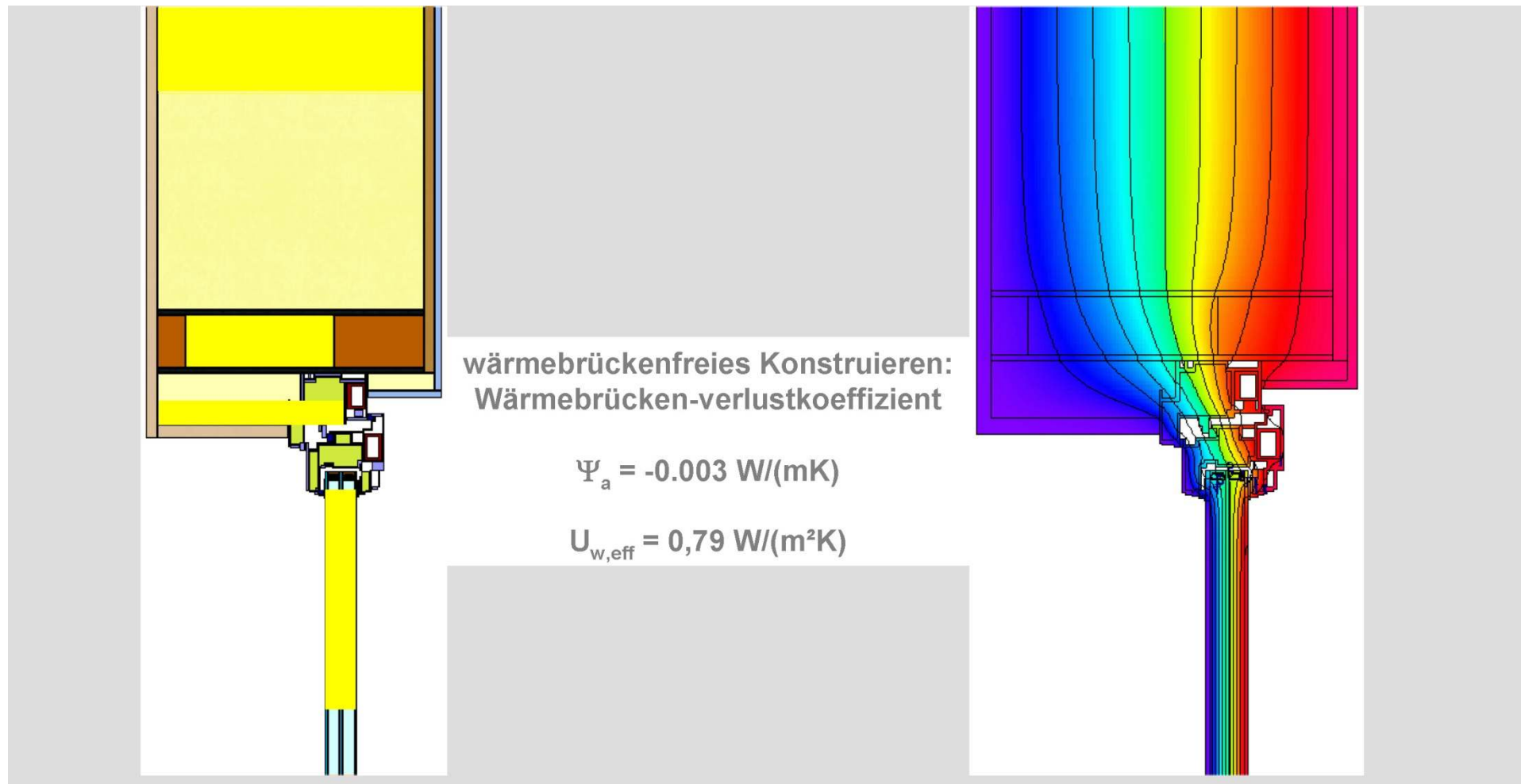
출처: Thermix

패스브하우스 창호, 결로현상

MaxMinHouse



출처: H. Krapmeier, Energieinstitut Vorarlberg

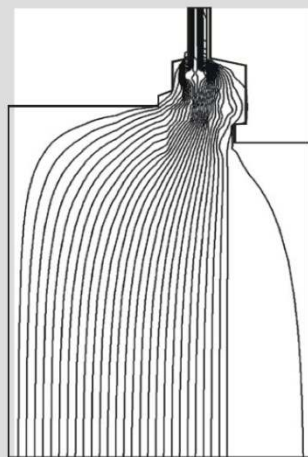
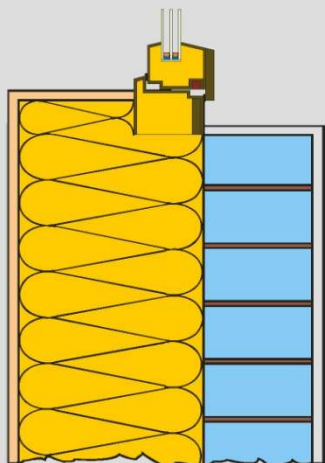


출처: 목조건물, Passivhaus Institut Darmstadt

Empfohlener Einbau

$$\Psi_{\text{Einbau}} = 0,005 \text{ W/(mK)}$$

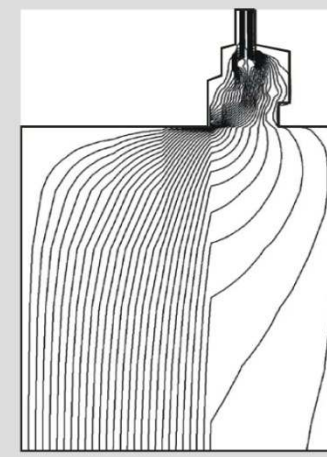
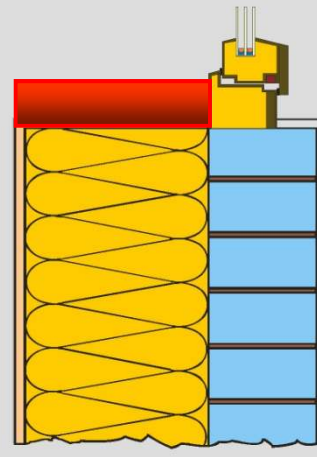
$$U_{w, \text{eff}} = 0,78 \text{ W/(mK)}$$



Extrem ungünstiger Einbau

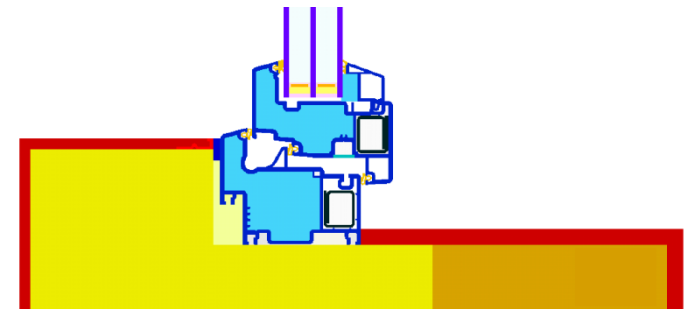
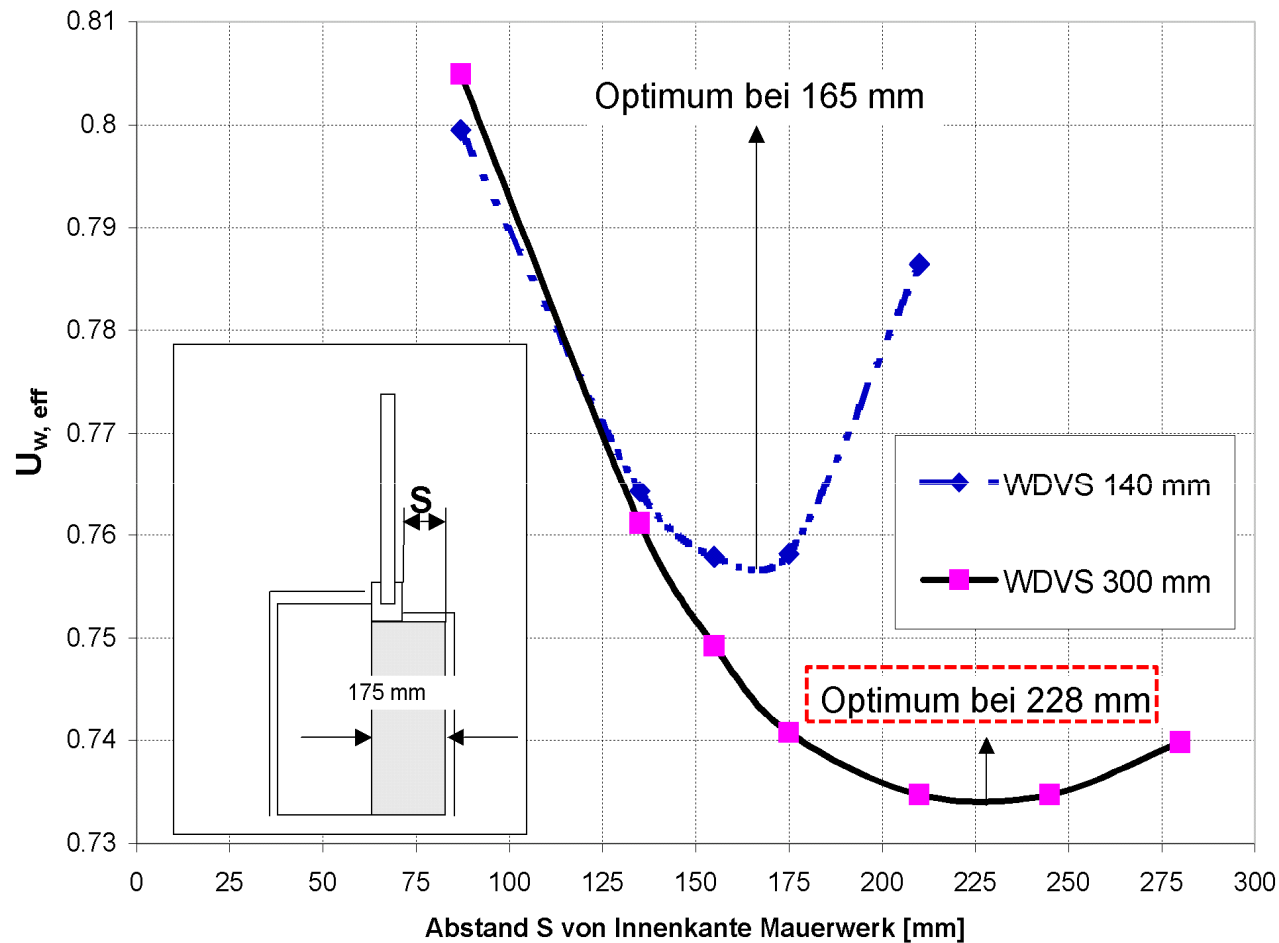
$$\Psi_{\text{Einbau}} = 0,15 \text{ W/(mK)}$$

$$U_{w, \text{eff}} = 1,19 \text{ W/(mK)}$$

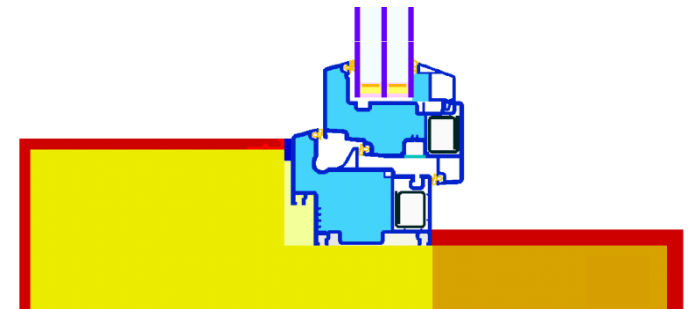


출처: Passivhaus Institut Darmstadt

단열계획 (창호, 열교 및 시공의 편이성)



300 mm 단열재 두께의 경우 가장 효율 시공 위치



300 mm 단열재 두께의 경우 열교나 경제성 면에서 수용가능한 구조

출처: HIWIN 2003, Passivhaus Institut Darmstadt

단열계획 (창문의 위치에 따른 영향)

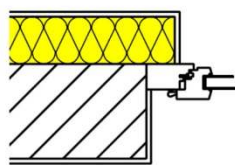
3.3.3 Anschlagsart des Fensters

Die Anschlagsart des Fensters hat einen sehr grossen Einfluss auf den ψ -Werts des Fensteranschlages.

Möglich sind folgende vier Anschlagsarten:

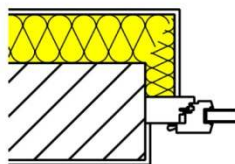
Zwischenleibungsanschlag aussen

Typischer ψ -Wert: 0.10 W/mK



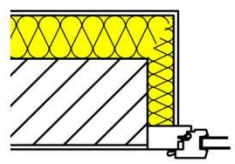
Zwischenleibungsanschlag mittig

Typischer ψ -Wert: 0.11 W/mK



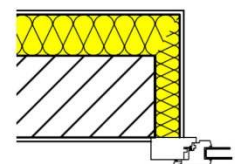
Zwischenleibungsanschlag innen

Typischer ψ -Wert: 0.13 W/mK

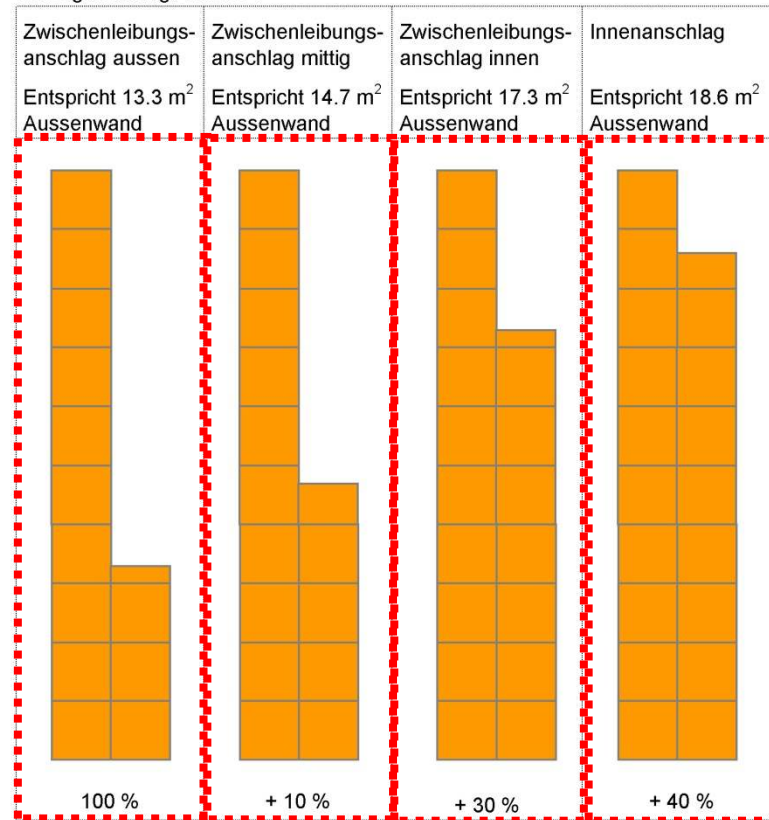


Innenanschlag

Typischer ψ -Wert: 0.14 W/mK



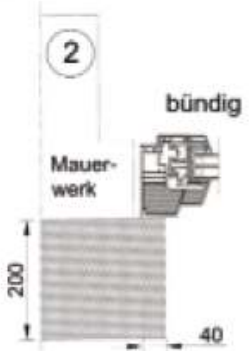
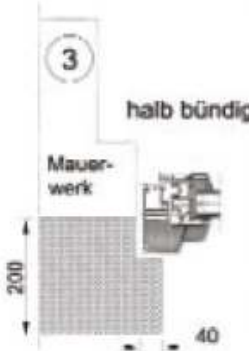
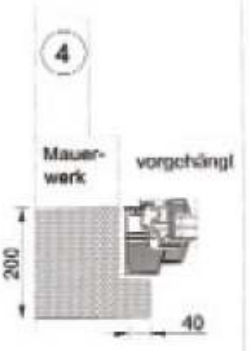
Der Einfluss der Fensteranschlagsart wird am Beispiel des Fassadenausschnittes Variante A Seite 12 dargestellt. Die Gesamtlänge des Fensteranschlages beträgt 40.0 m¹.



Die typischen ψ -Werte und die Vergleichsangaben basieren auf einen U -Wert der Aussenwand von 0.30 W/m²K.

출처: Energiefachstellenkonferenz
der Ostschweizer Kantone und des
Fürstentums Liechtenstein

단열계획 (창호, 열교 및 시공의 편이성)

	일직선	창틀이 반정도 돌출, 추가단열 40 mm 에서 70 mm	앞으로 돌출 된 경우
			
프레임에 추가 단열	40 mm	40 mm 70 mm	40 mm
Psi 값 측면 (W/mK)	0,037	0,0174 0,008	0,0129
Psi 값 아래 (W/mK)	0,103	0,0612 0,0612	0,0458
$f_{rsi} > 0,70$	0,87	0,88 0,88	0,89
U- Window 시공 전 1230 x 1480 W/m ² K	0,789	0,789 0,789	0,789
U- Window 시공 후 1230 x 1480 W/m ² K	0,93	0,87 0,84	0,84
구조체 틈을 통한 열에너지 손실 단위 L/a 난방유	2,27	1,2 0,89	0,89
창호고정 구조체 가격 (Euro)	약 6,00 (시공용 나사)	약 34,00 고정용 철물 인증되지 않은 시스템	약 52,00 고정용 철물 인증된 시스템

0,84 = 패시브하우스 조건을 만족시킴

출처: Energetische Gebäudesanierung mit Faktor 10,
Dr. Burkhard Schulze Darup, 2004

단열계획 (창문 디테일, 열교)

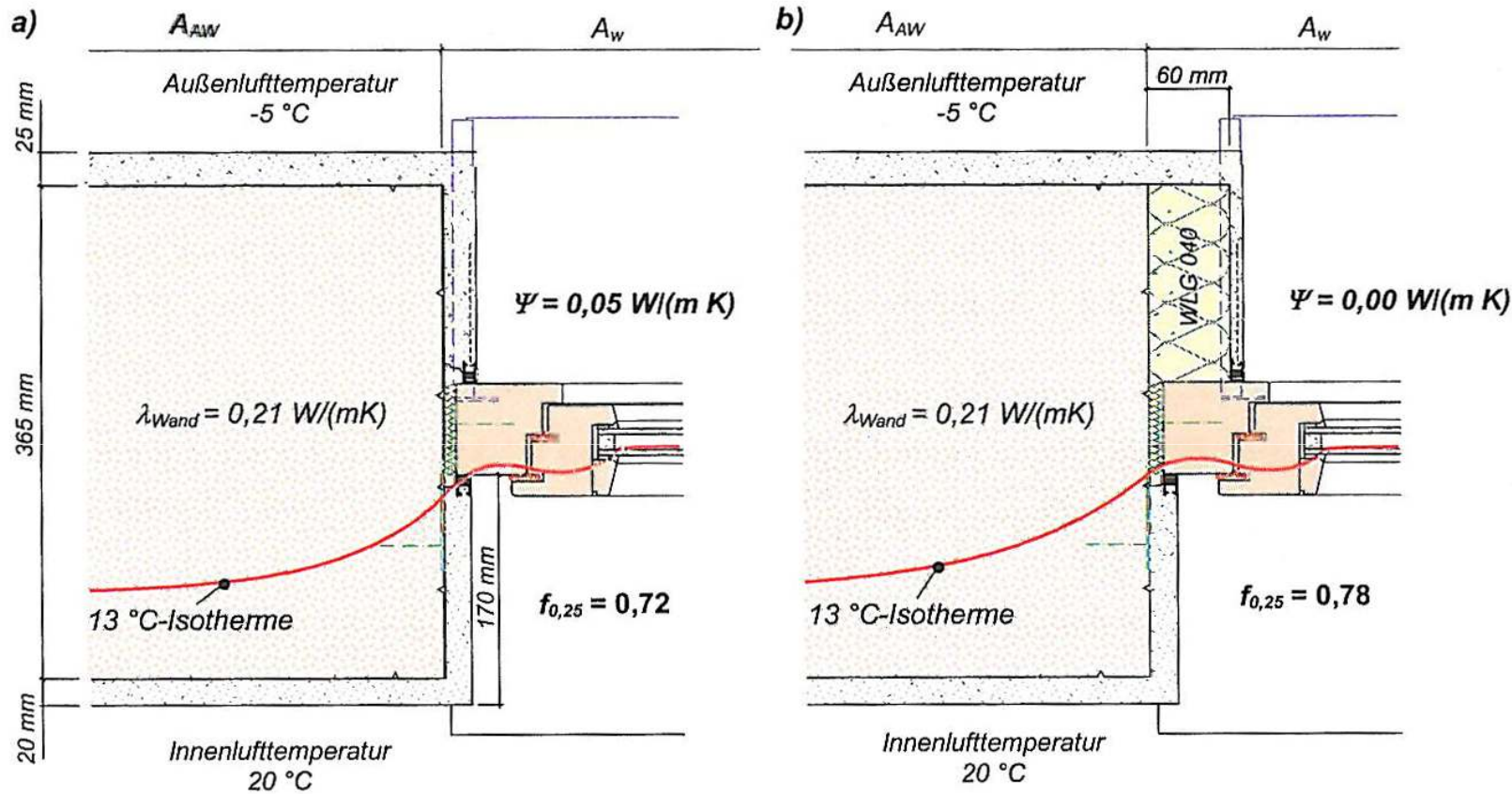


Bild 4.11 Fensteranschluss an monolithisches Mauerwerk,
 a) übliche Ausbildung,
 b) wärmetechnisch verbesserte Ausbildung

출처: Leitfaden zur Planung und Ausführung der
 Montage von fenstern und Haustüren, RAL
 Gütegemeinschaft Fenster und Haustüren e.V., 2006

단열계획 (창문 디테일, 열교)

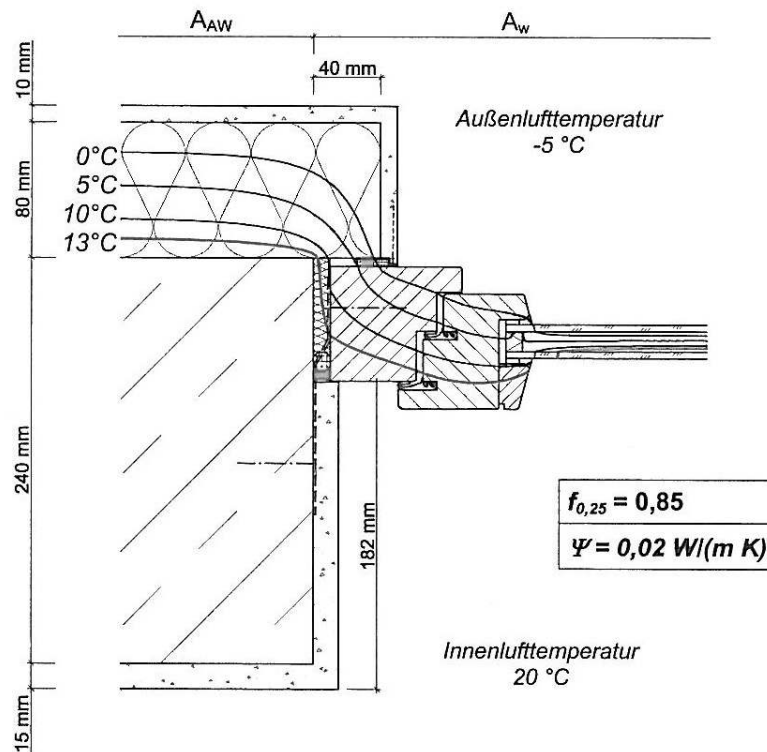


Bild 4.12 Betonwand mit Wärmedämmverbundsystem, Holzfenster (Nadelholz)

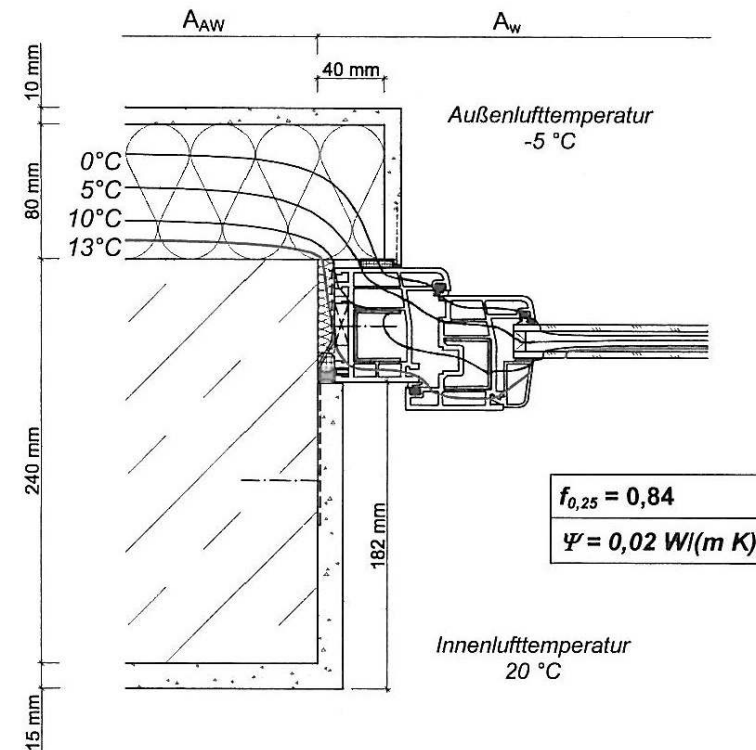


Bild 4.13 Betonwand mit Wärmedämmverbundsystem, Kunststofffenster

출처: Leitfaden zur Planung und Ausführung der Montage von fenstern und Haustüren, RAL Gütegemeinschaft Fenster und Haustüren e.V., 2006

단열계획 (패시브하우스 창문 디테일)

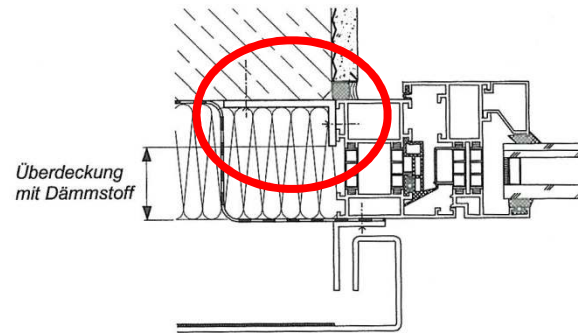
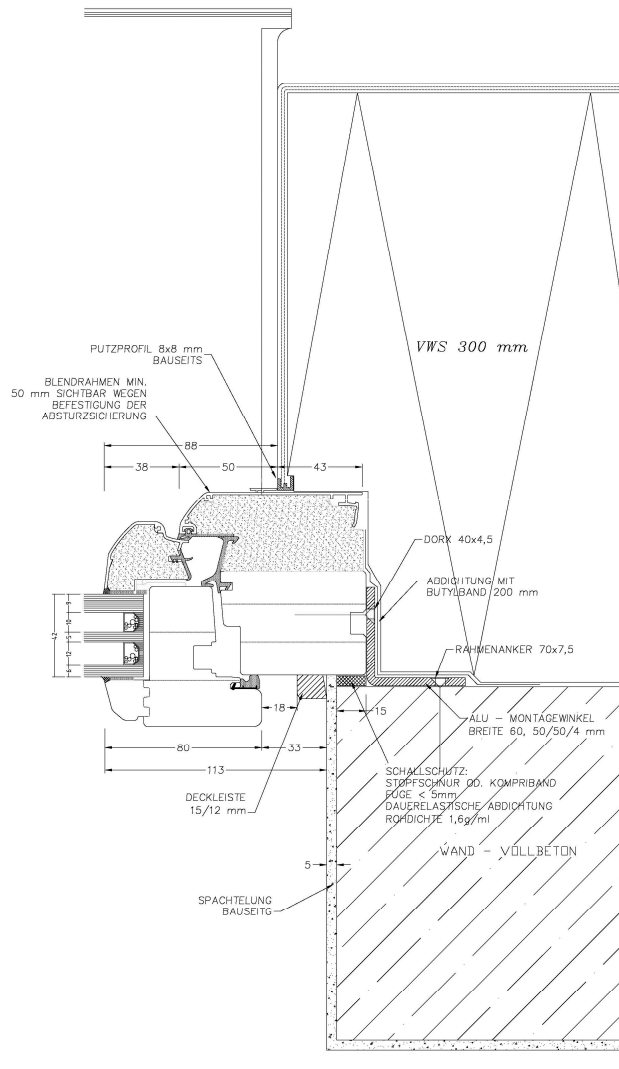
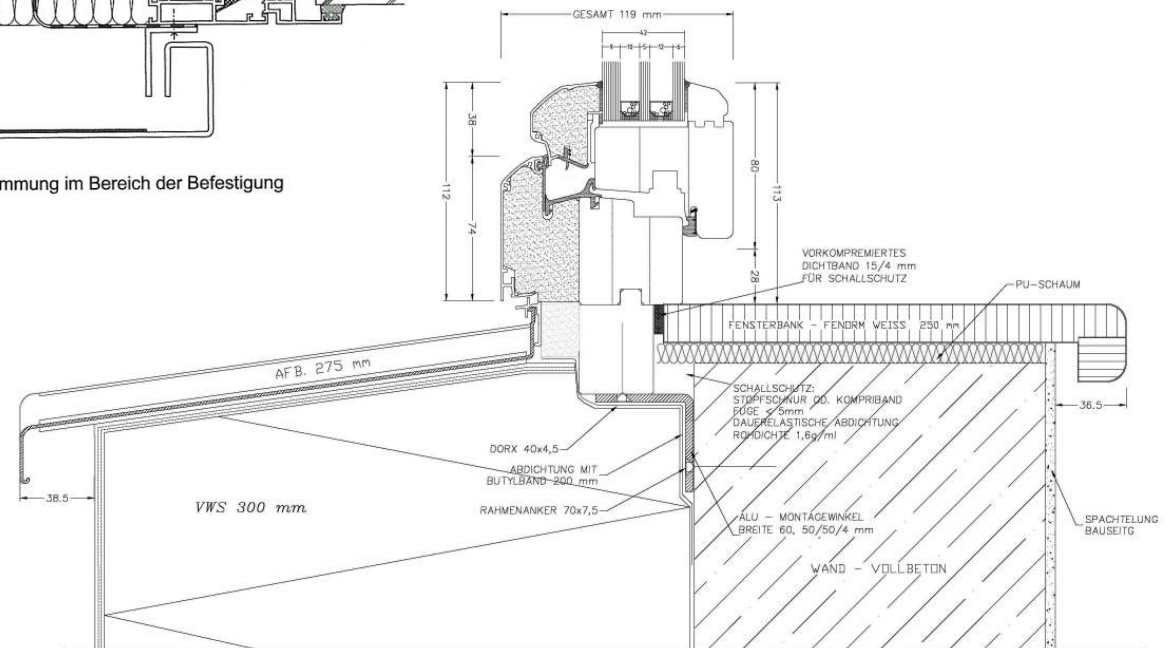
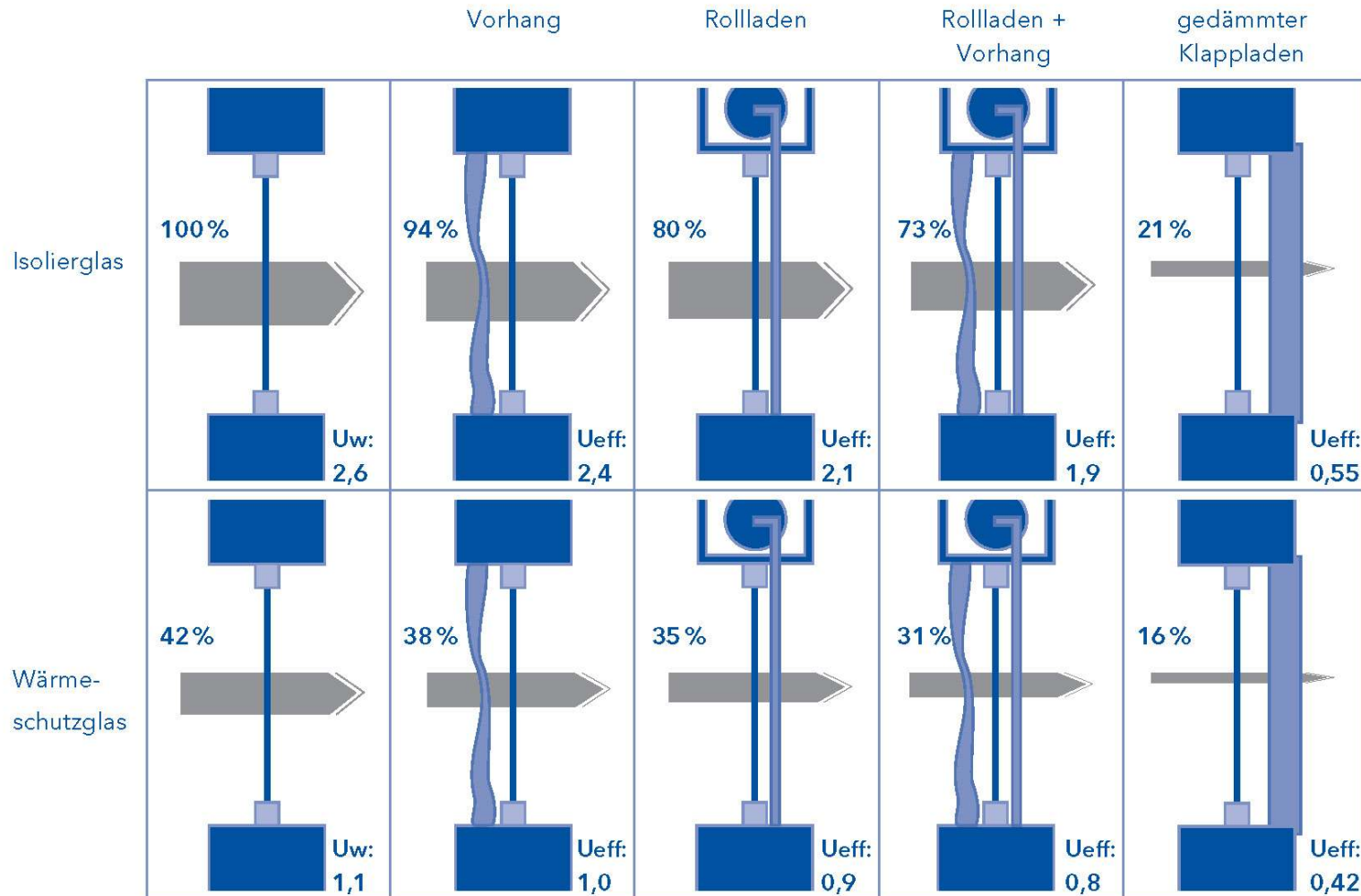


Bild 5.4 Wärmedämmung im Bereich der Befestigung



출처: Internorm, Schöberl & Pöll

단열계획 (창문에 설치하는 열손실 억제 방안)



출처: ENERGIEEINSPARUNG AN FENSTERN UND AUSSENTÜREN,
Hessen ENERGIESPARINFORMATIONEN

단열계획 (창문의 높이에 따른 열관류율)

Maximal zulässiger U_g -Wert der Fensterverglasung

Glashöhe	Temperatur der Raumluft	Temperatur der Aussenluft	innerer Übergang	Geschwindigkeit der Grenzschicht
x	θ_i	θ_e	h_i	v
[m]	[°C]	[°C]	[m ² K/W]	[m/s]
2,00	20	-10	8	0,25

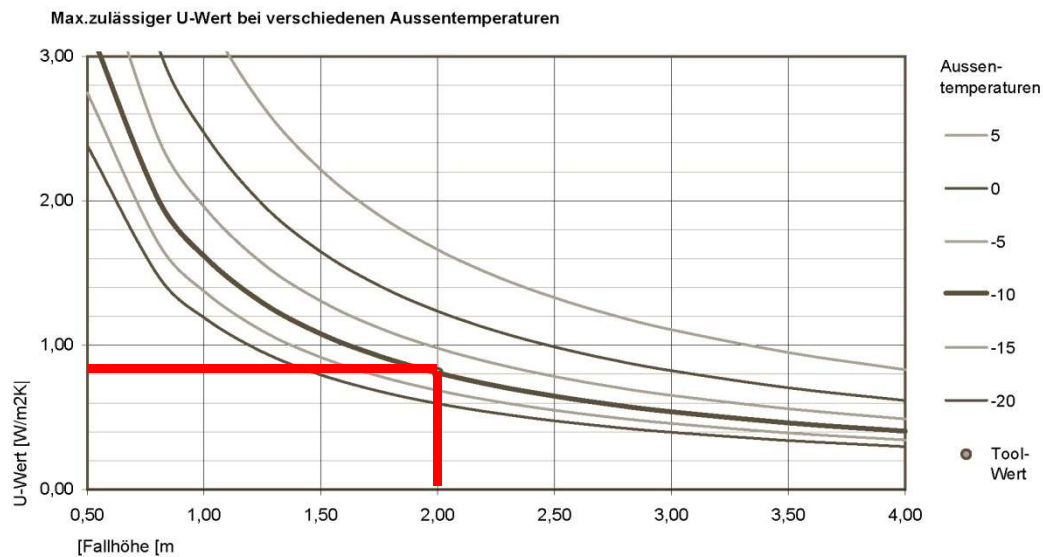
$$U_{g,max} = \frac{v^2 T h_i}{(0.292 g \Delta T x)} = 0,809 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

g: Gravitationskonstante

$$T: 273 + (\theta_i + \theta_e)/2 \text{ [K]}$$

innere Oberflächentemperatur

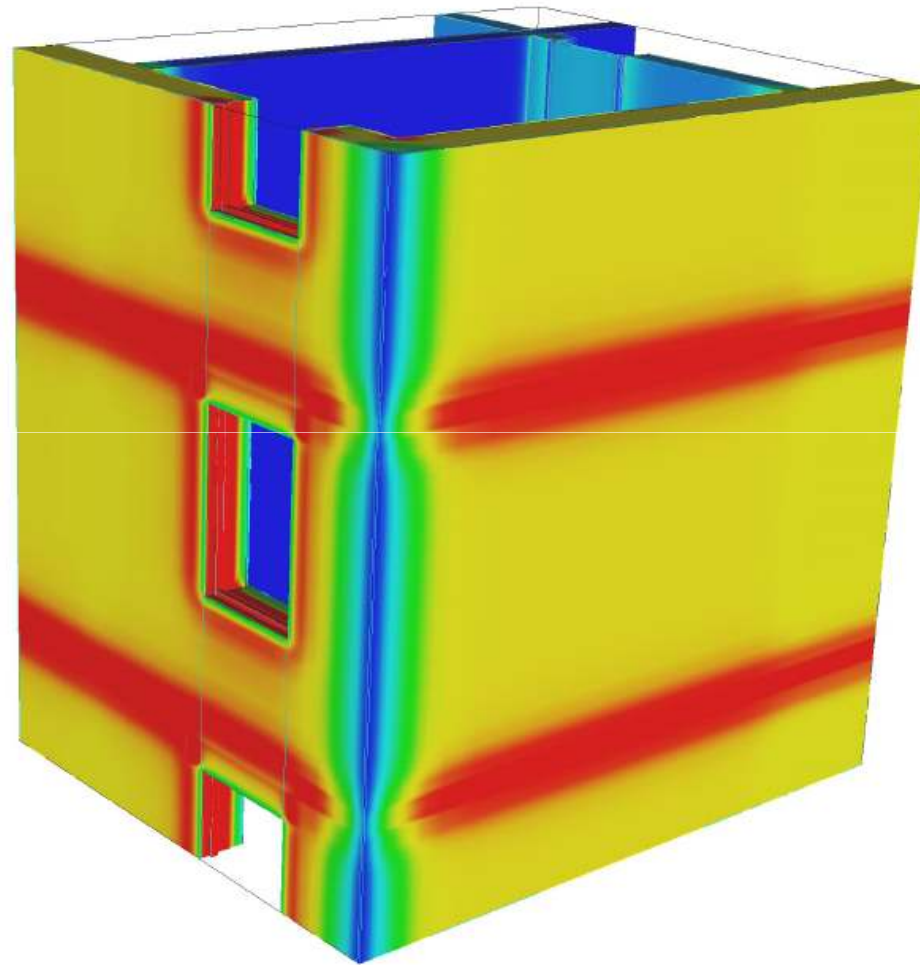
$$\theta_{si} = 17,0 \text{ [°C]}$$



출처: Bruno Keller, ETH Zürich Professur für Bauphysik

열교 현상 (Thermal Bridge)

MaxMinHouse



출처: www.kornicki.com/antherm/

열교현상 (thermal bridge)

열교현상은 보통 일각에서는 냉교현상 (cold bridge)이라고 표현도 하지만 건축물리에서는 열손실을 감안한 단열을 주로 생각하기에 열교현상이라 표현하는 것이 옳다. 건축물리는 열의 학문이라 표현할 수가 있다.

열교현상은 다른 부위에 비해서 열이 국지적으로 더 많이 외부로 흐르는 것을 의미하며 이는 난방에너지의 손실과 표면온도의 하락으로 결로와 곰팡이 발생의 주 원인이 되기도 한다.

한국의 경우는 중부유럽과는 달리 여름철 냉방이 주로 이루어 지기에 열교는 여름철에도 불필요한 난방에너지의 증가로 이어진다.

에너지 총량제와 열교의 의미(독일 EnEV 2007, 2009)

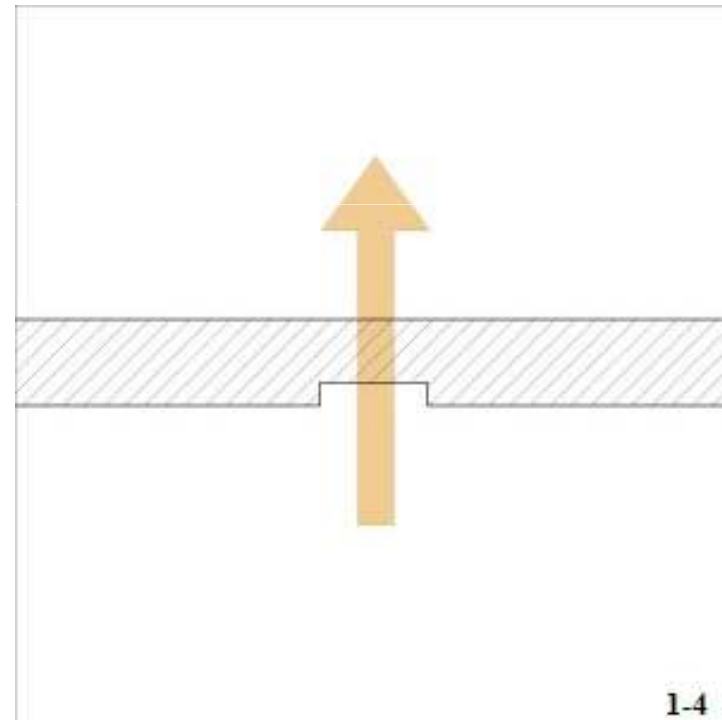
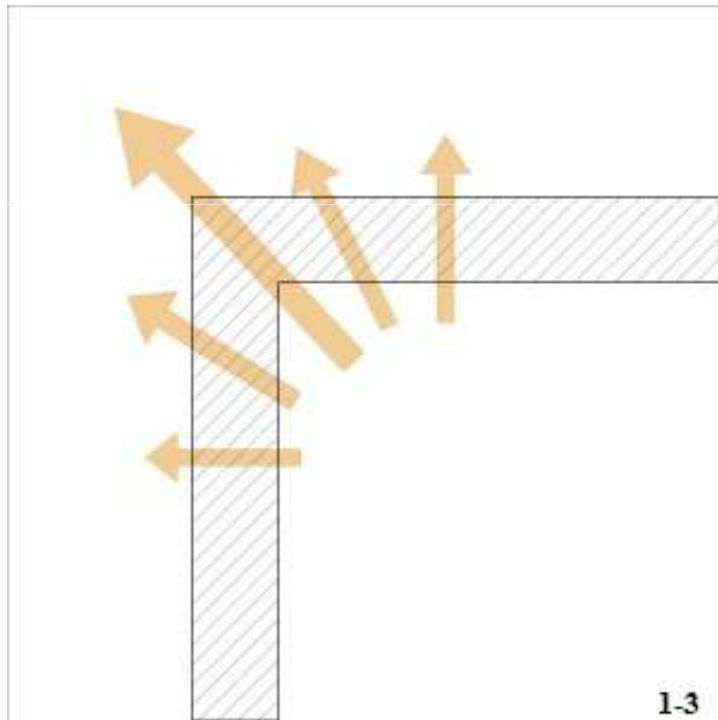
1. $\Delta U_{WB} = 0,10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ 일반적으로 열교를 줄이는 설계를 못하는 경우
2. $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ DIN 4108 부록 2에 준하는 경우
3. 모든 부위의 열교를 열교프로그램으로 계산하는 경우

열교현상으로 인한 결과

- 난방에너지의 증가 (**CO₂**의 증가)
- 기존의 난방장치로 추운 겨울철에 충분한 난방을 제공 못함
- 실내 열적 쾌적함의 하락
- 결로현상 및 곰팡이 서식으로 인한 실내 공기질의 하락, 각종 질환의 원인
- 습기의 유입으로 인한 구조체 및 마감재의 구조적 시각적 문제
- 제반환경으로 인한 건물 가치의 하락 및 내구성 저하로 인한 경제적 손실

열교현상의 종류

1. 기하학적 열교 (구조적 열교)

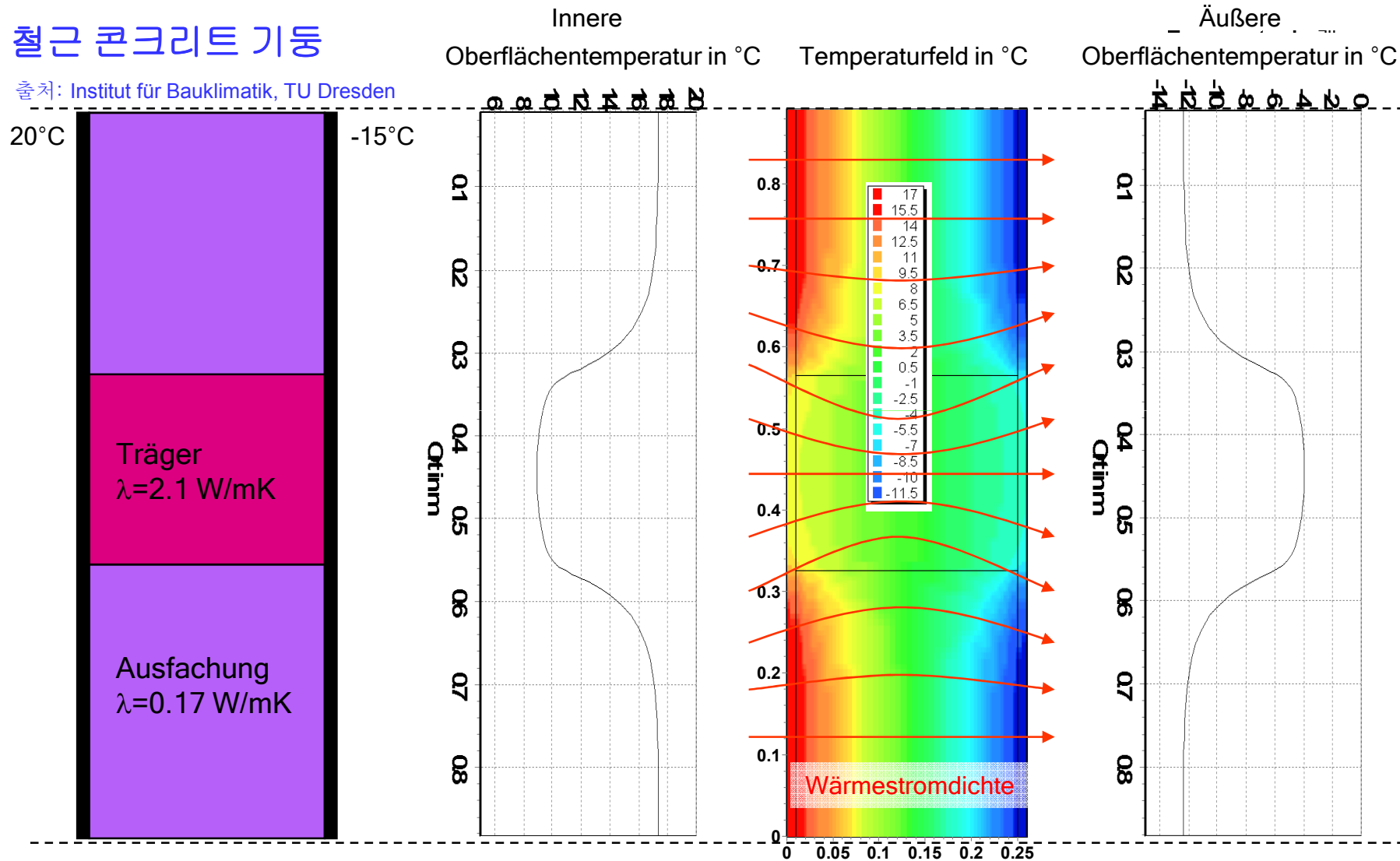


열교 현상

MaxMinHouse

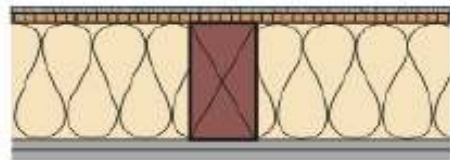
철근 콘크리트 기둥

출처: Institut für Bauklimatik, TU Dresden

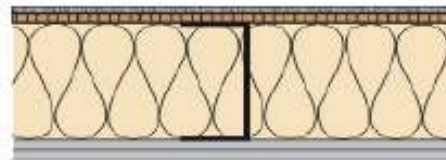


경량철골 조와 목조의 비교

MaxMinHouse

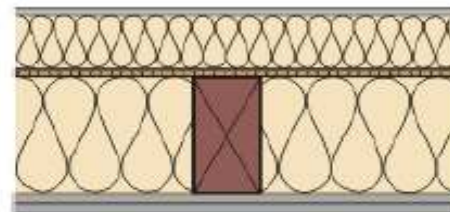


Holzständer

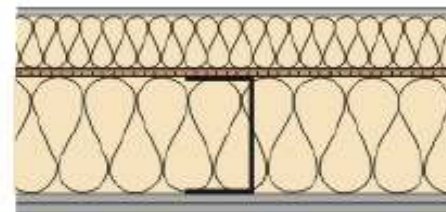


Metallständer

시스템 01
단열미장 10 mm
합판 V 100 13 mm
단열재 100 mm
석고보드 2 x 12,5 mm

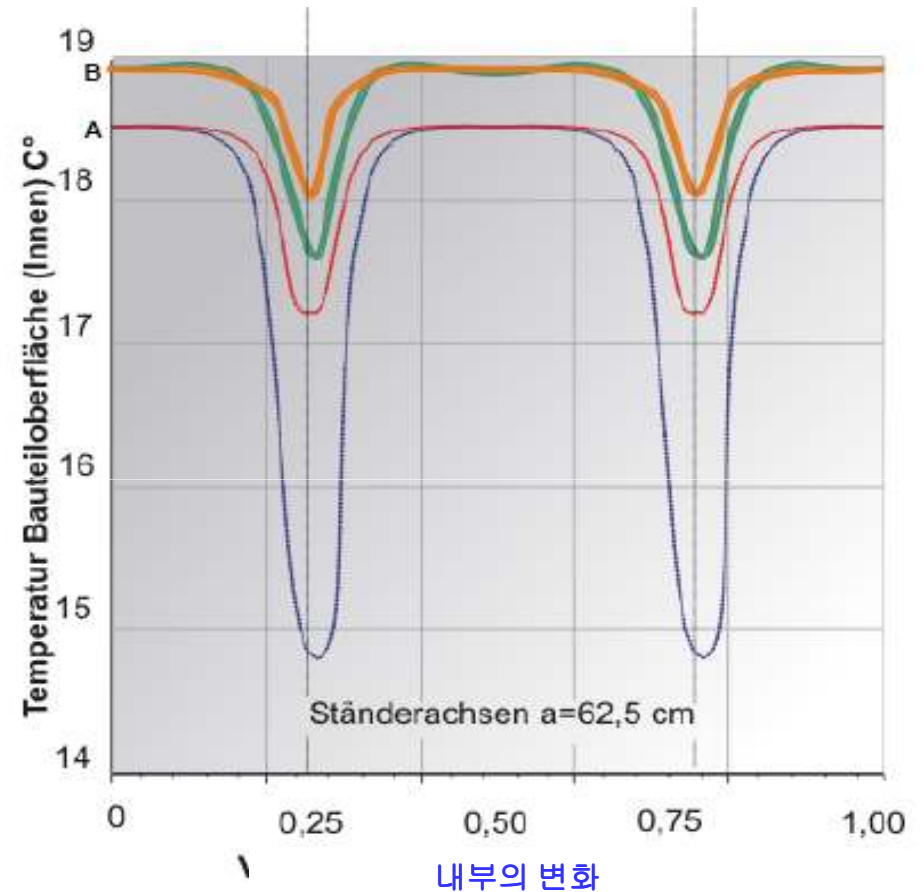


Holzständer



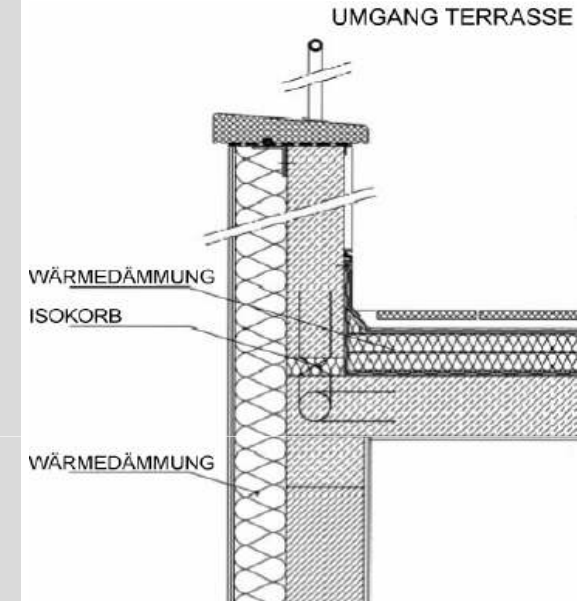
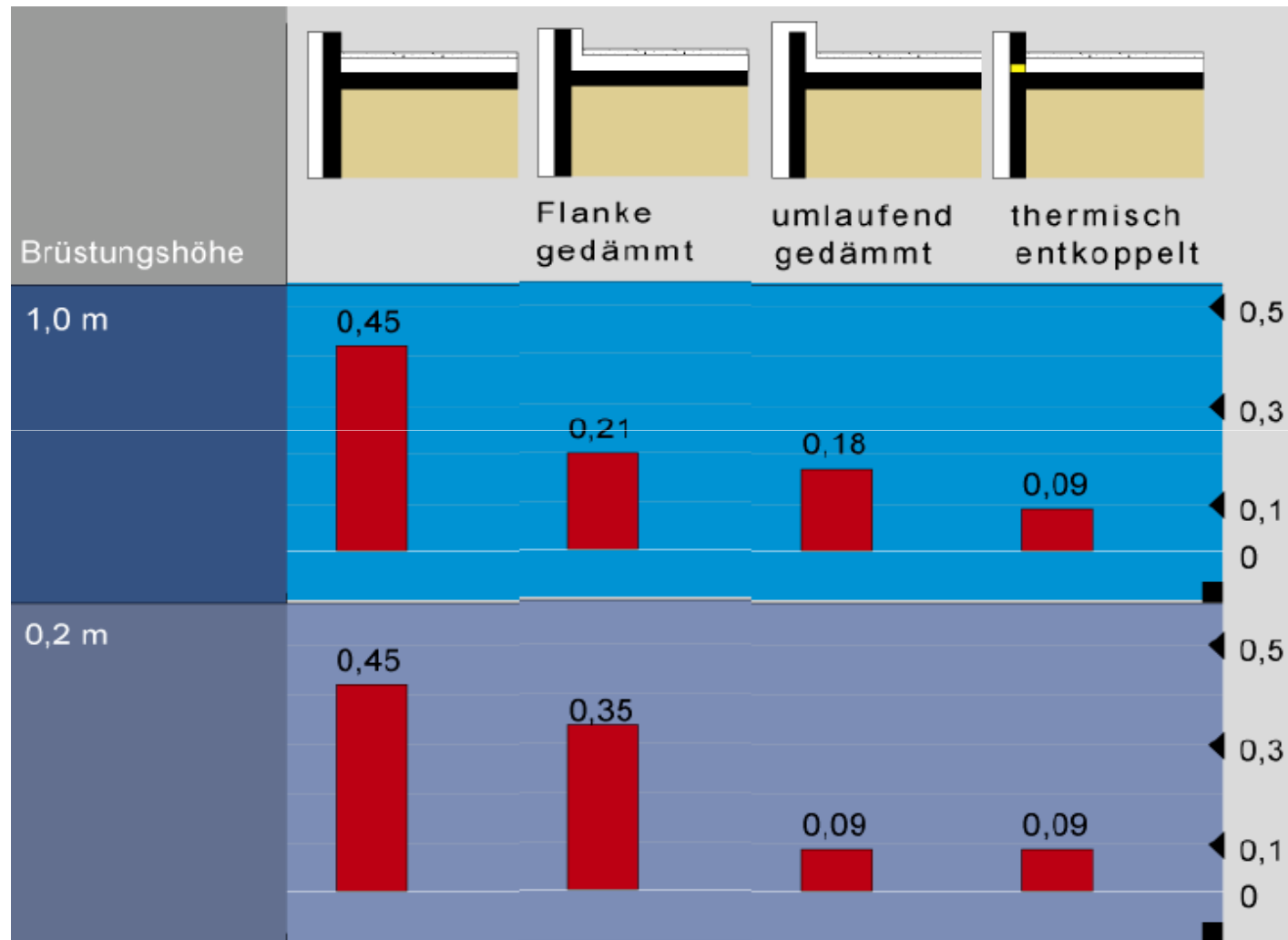
Metallständer

시스템 02
외단열미장 60 mm
합판 V 100 13 mm
단열재 100 mm
석고보드 2 x 12,5 mm



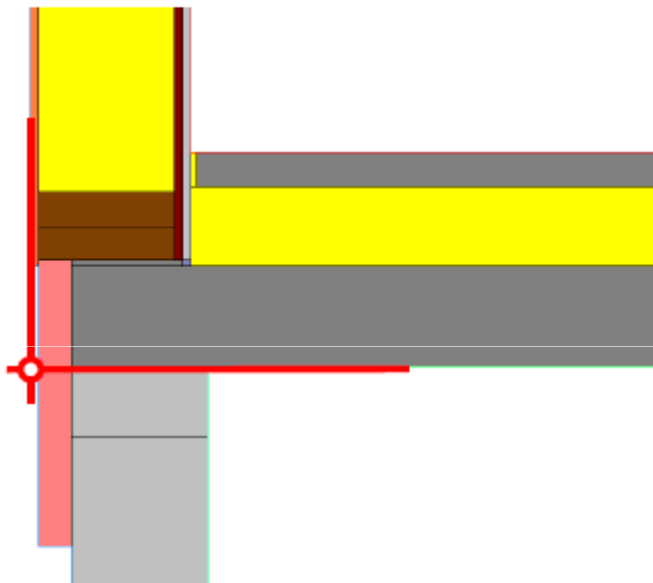
출처: Institut für Trocken-und LeichtbauFG Entwerfen und Gebäudetechnologie, TU Darmstadt

옥상난간 종류에 따른 열교의 최소화

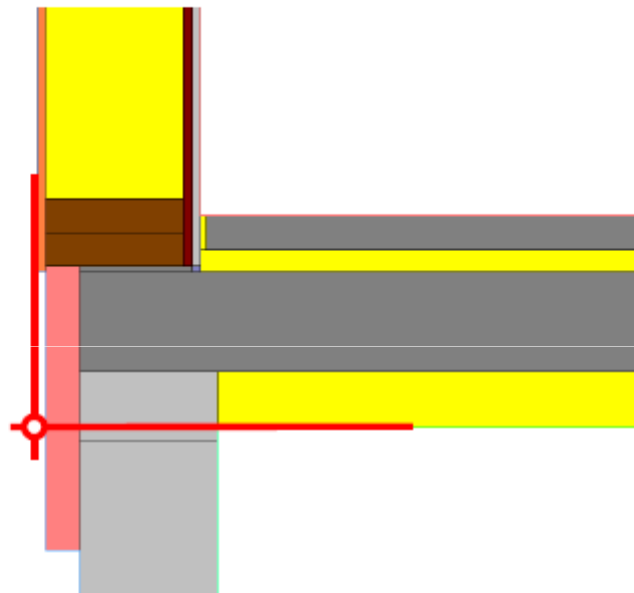


출처: ebök Thüringen

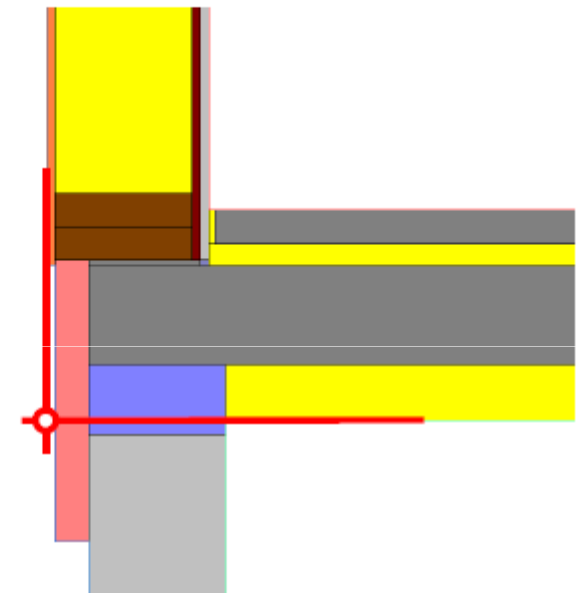
경량목구조 기초, 외벽 연결부위 열교최소화



$\Psi_e\text{-Wert} = -0,048 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$



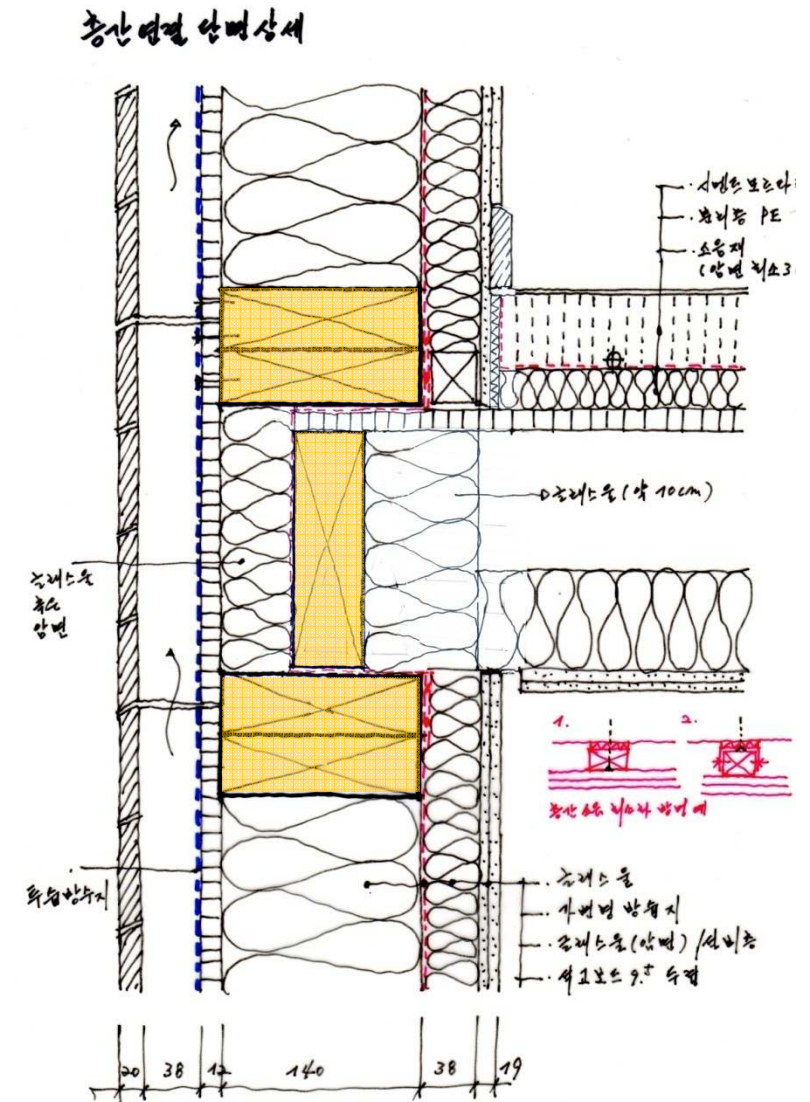
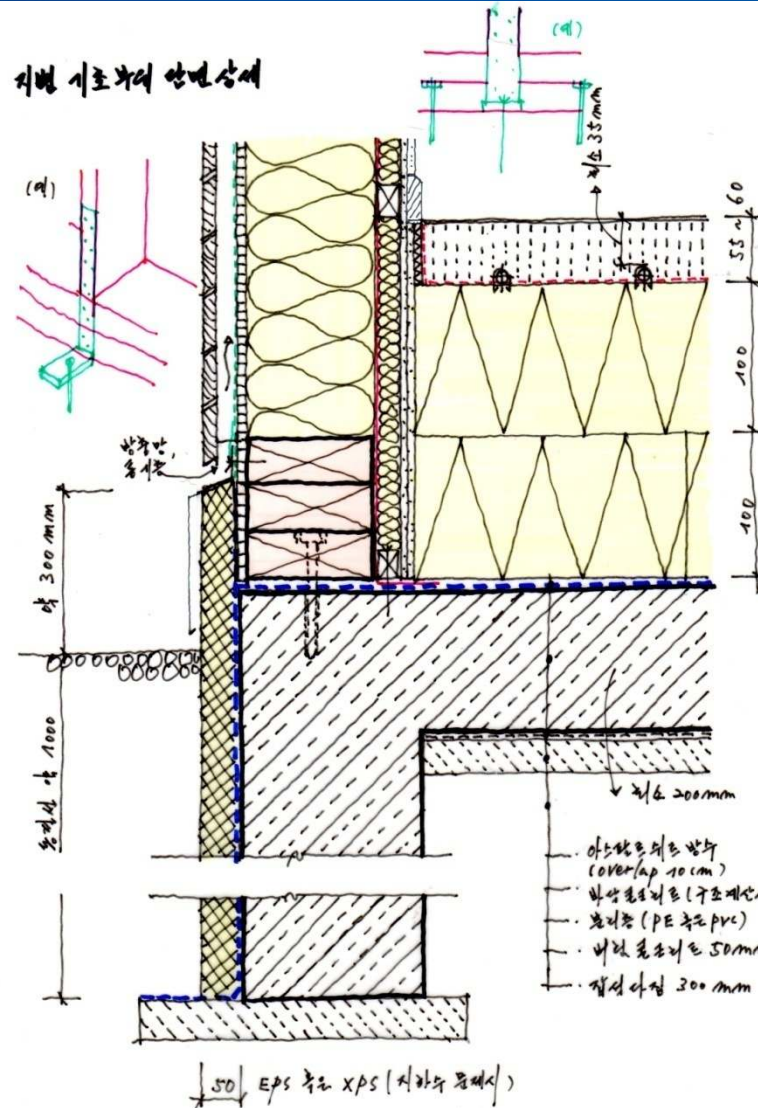
$\Psi_e\text{-Wert} = 0,100 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$



$\Psi_e\text{-Wert} = 0,071 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$

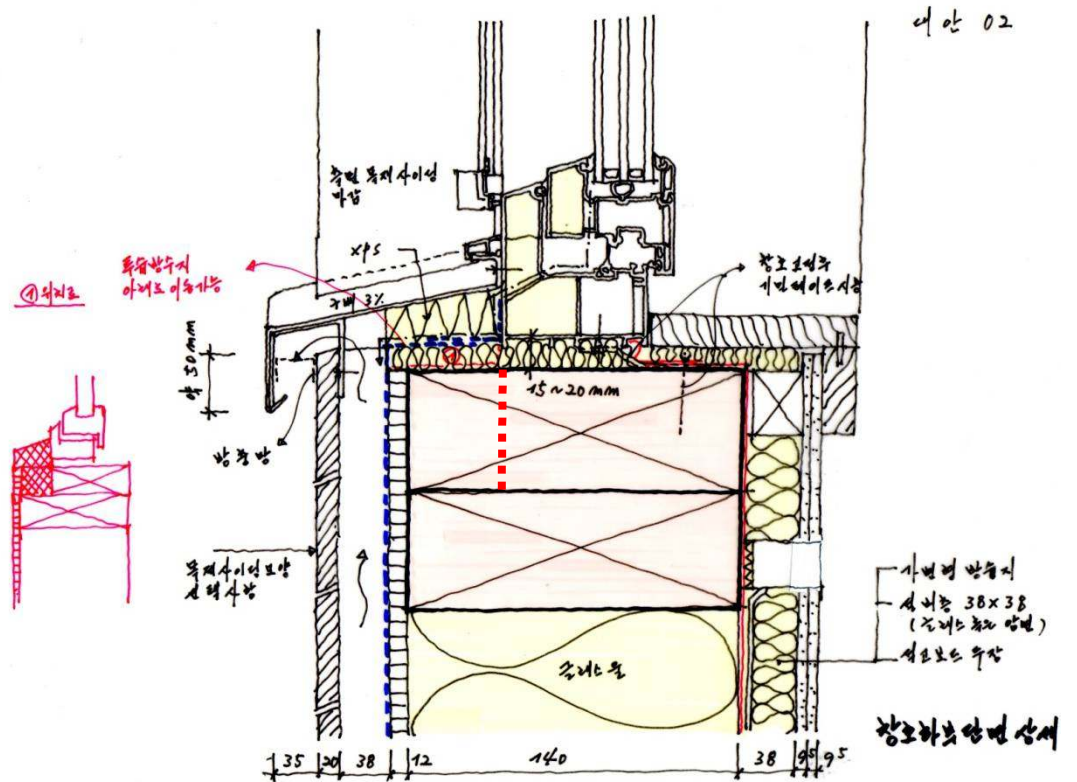
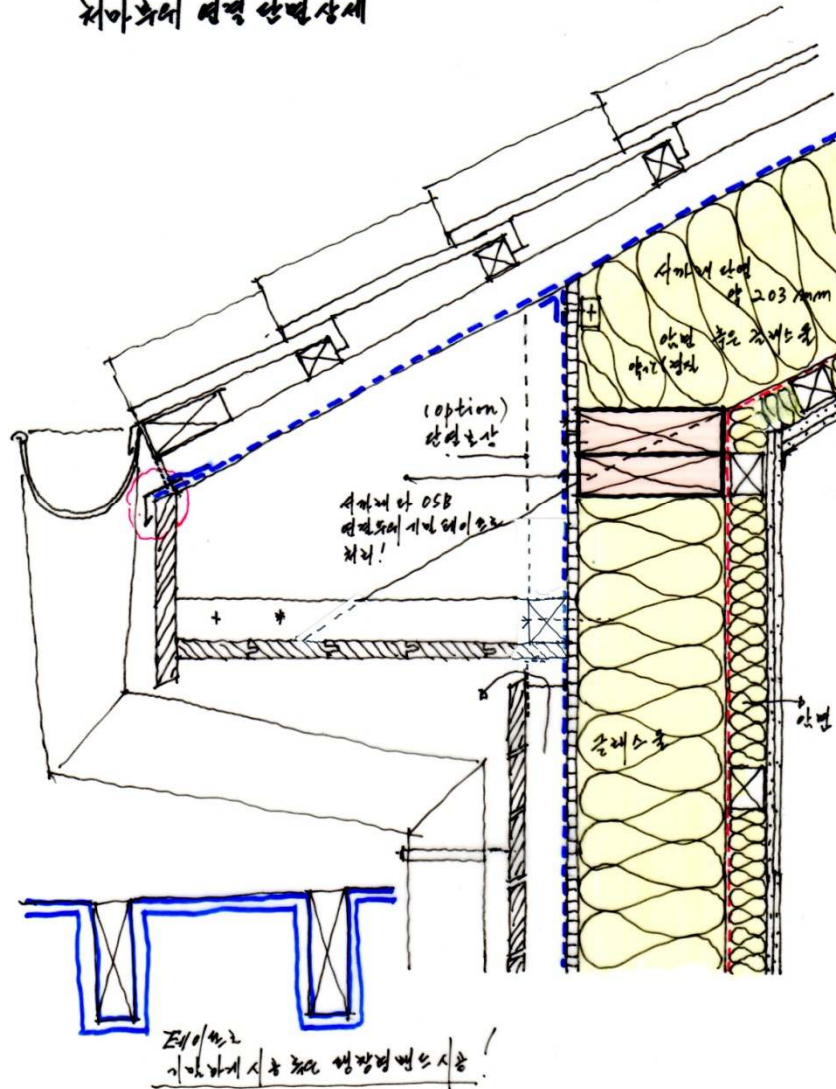
출처: Wärmebrücken im Holzbau,
Daniel Kehl, Dipl.-Ing. (FH), wissenschaftlicher Mitarbeiter
Berner Fachhochschule, Architektur, Holz und Bau

경량목조 구조, 부위별 디테일 예



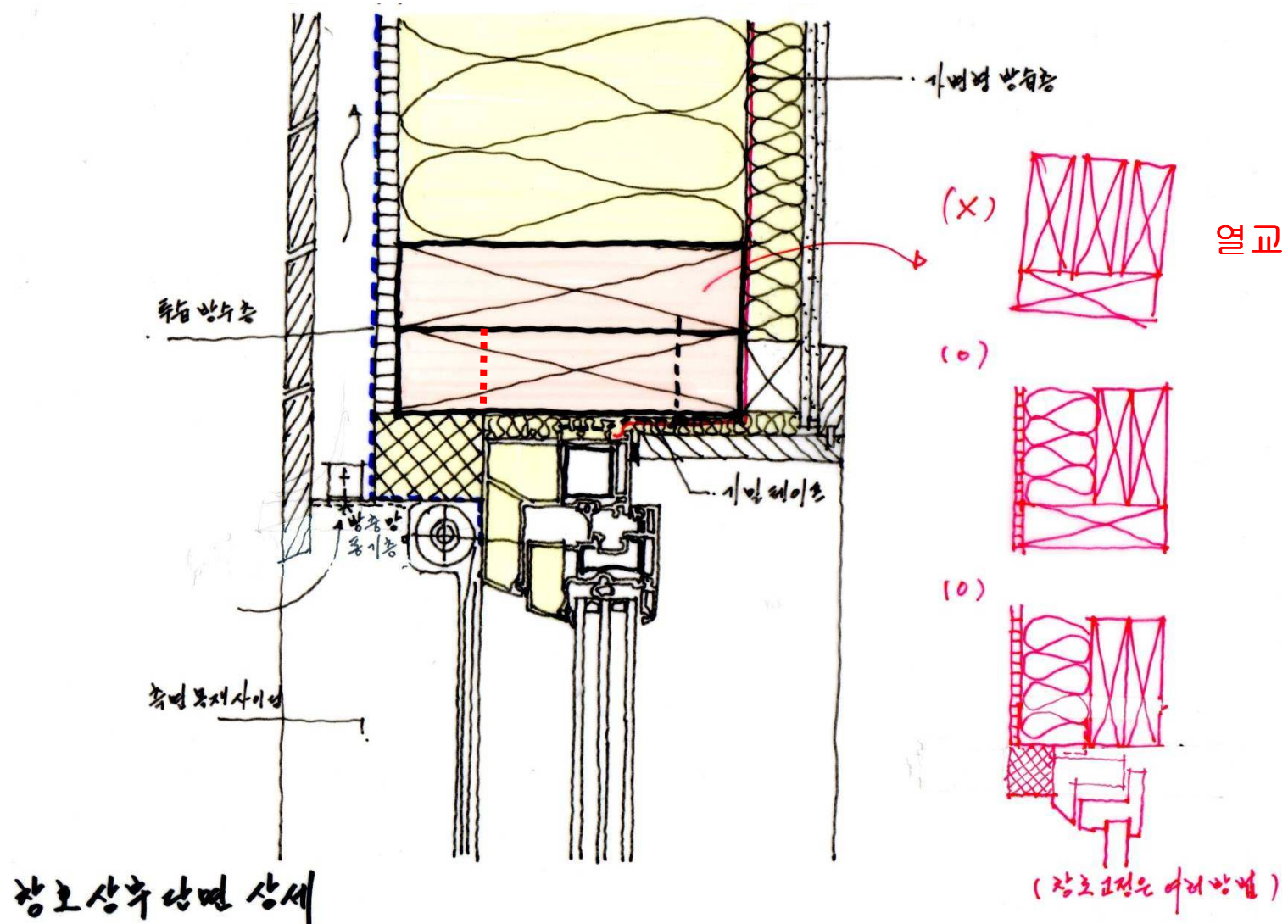
경량목조 구조, 부위별 디테일 예

처마처의 평면 단면 상세



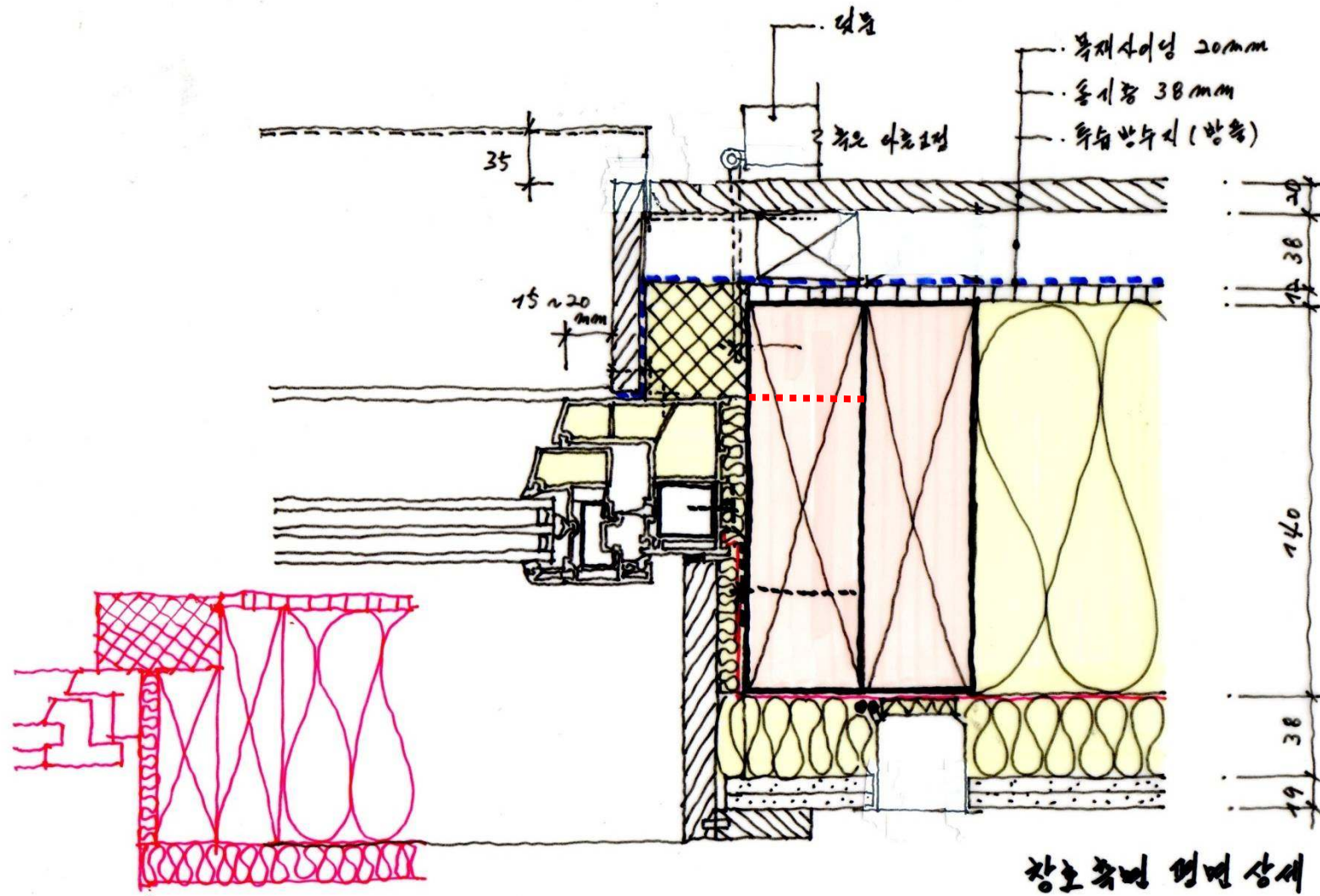
경량목조 구조, 부위별 디테일 예

MaxMinHouse

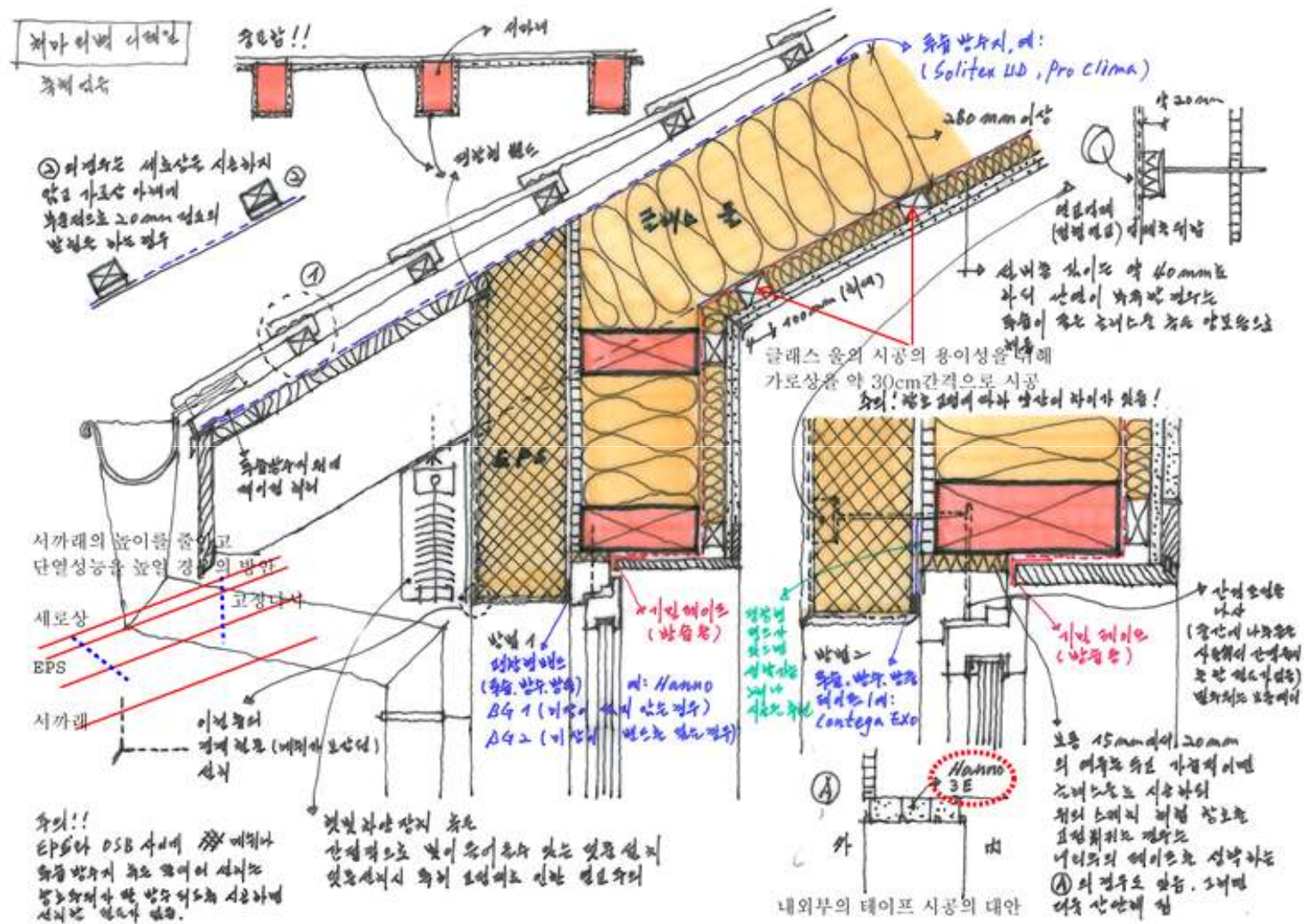


경량목조 구조, 부위별 디테일 예

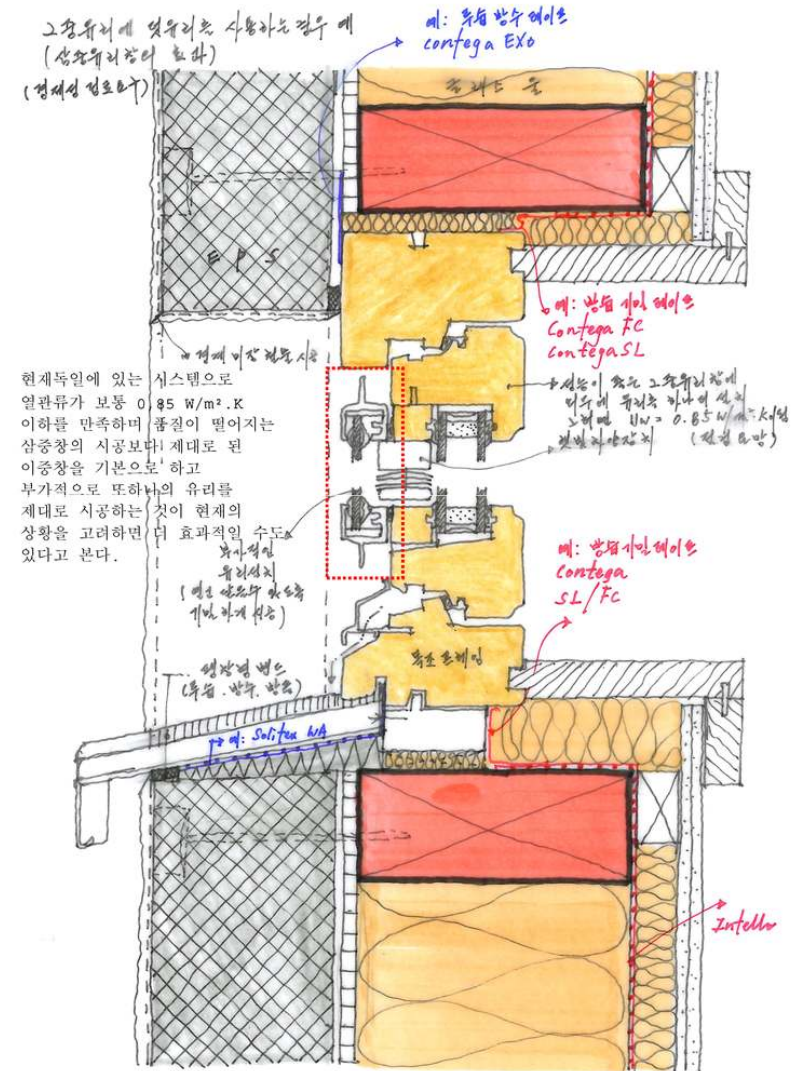
MaxMinHouse



경량목조 구조, 부위별 디테일 예

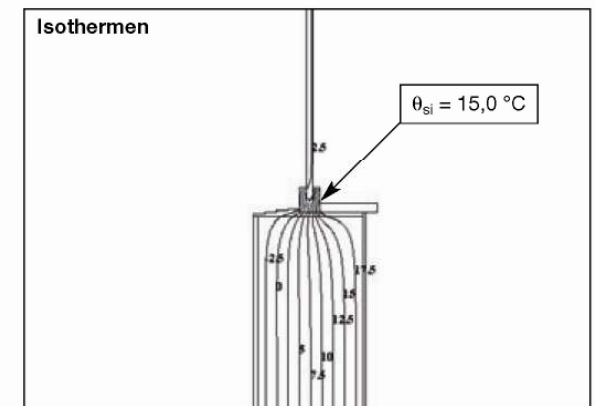
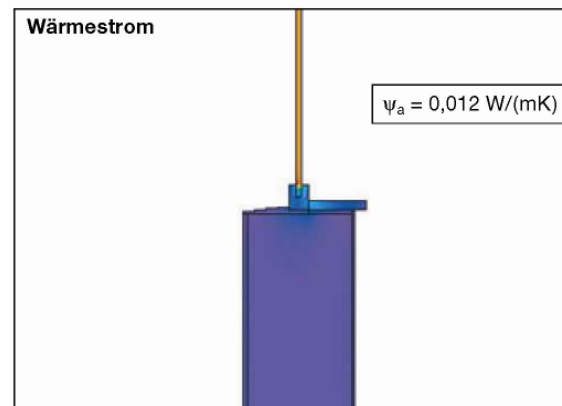
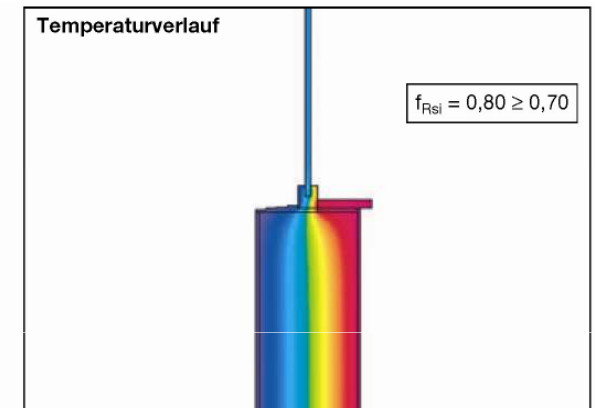
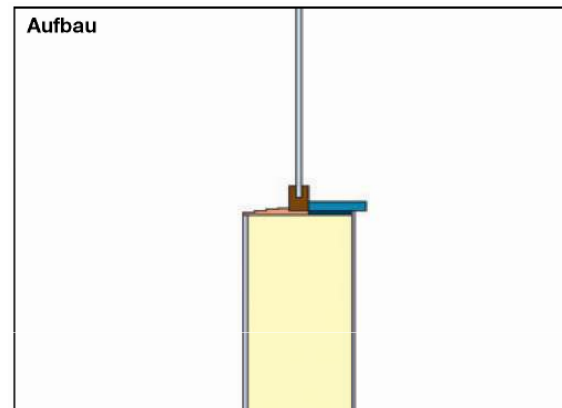
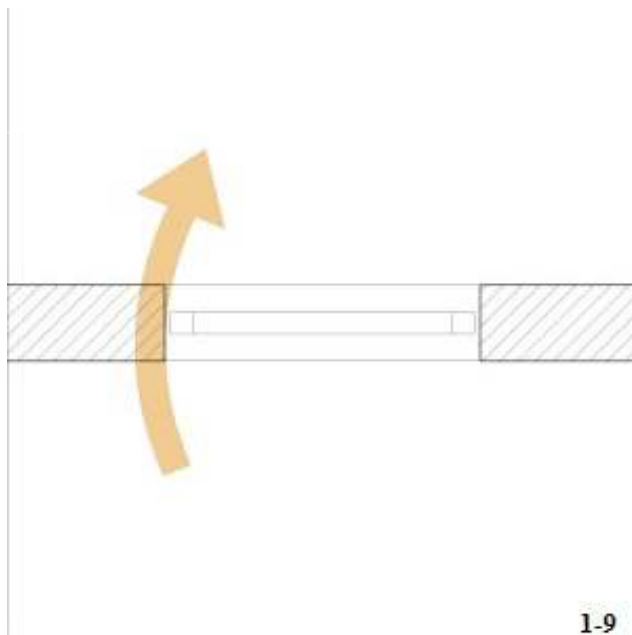


MaxMinHouse

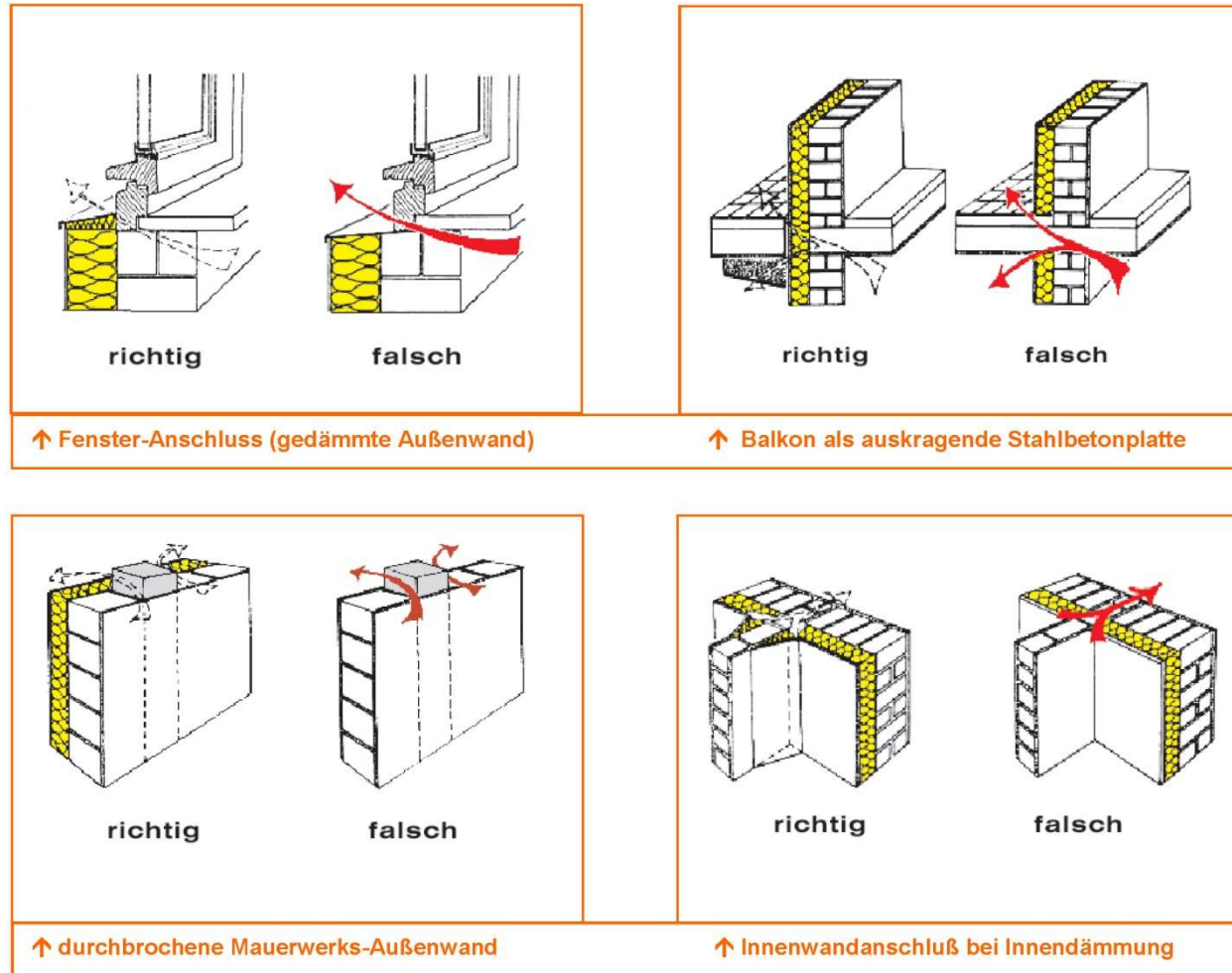


열교현상의 종류

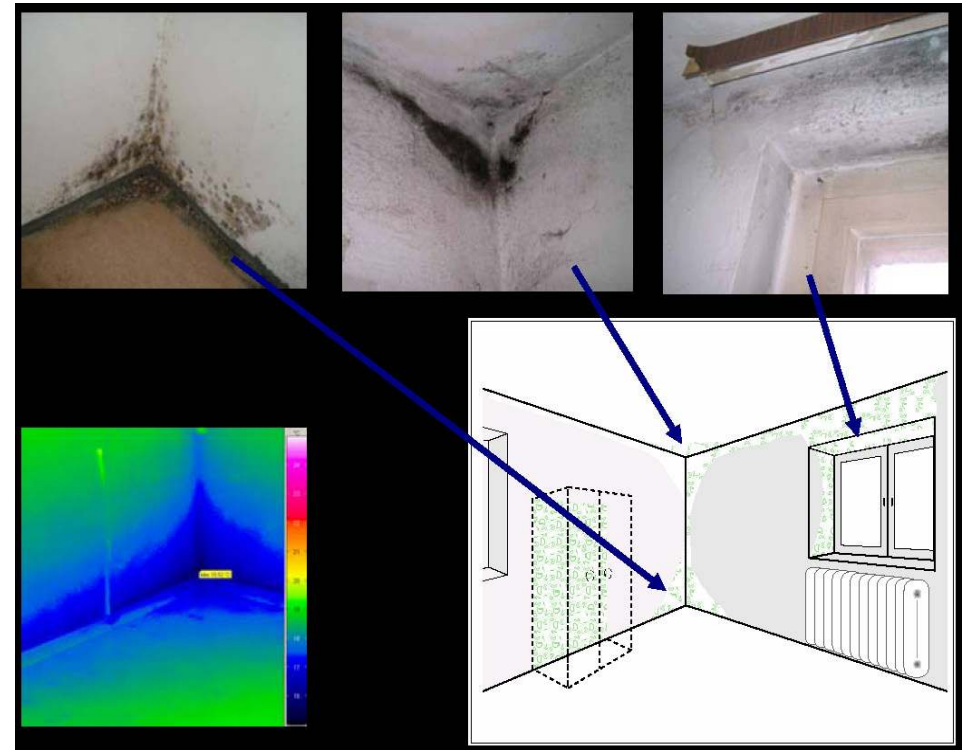
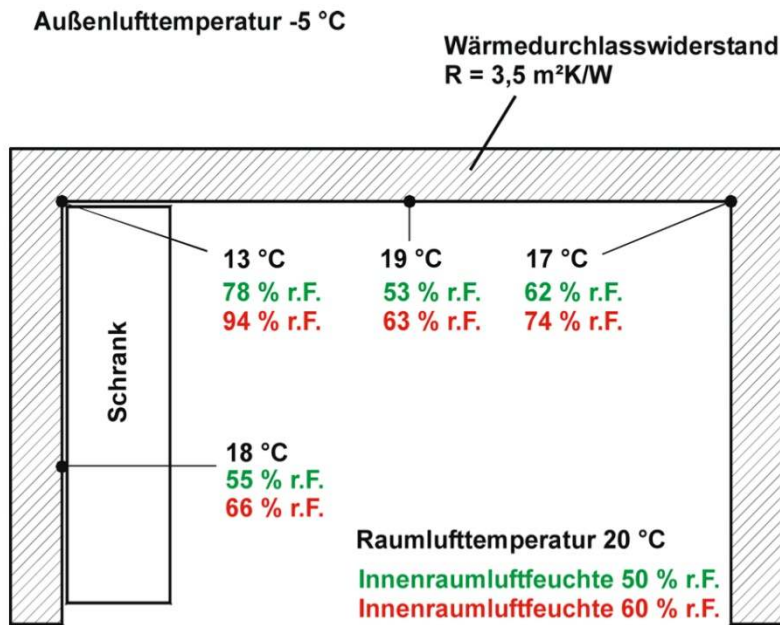
3. 복합적 열교



열교현상의 종류



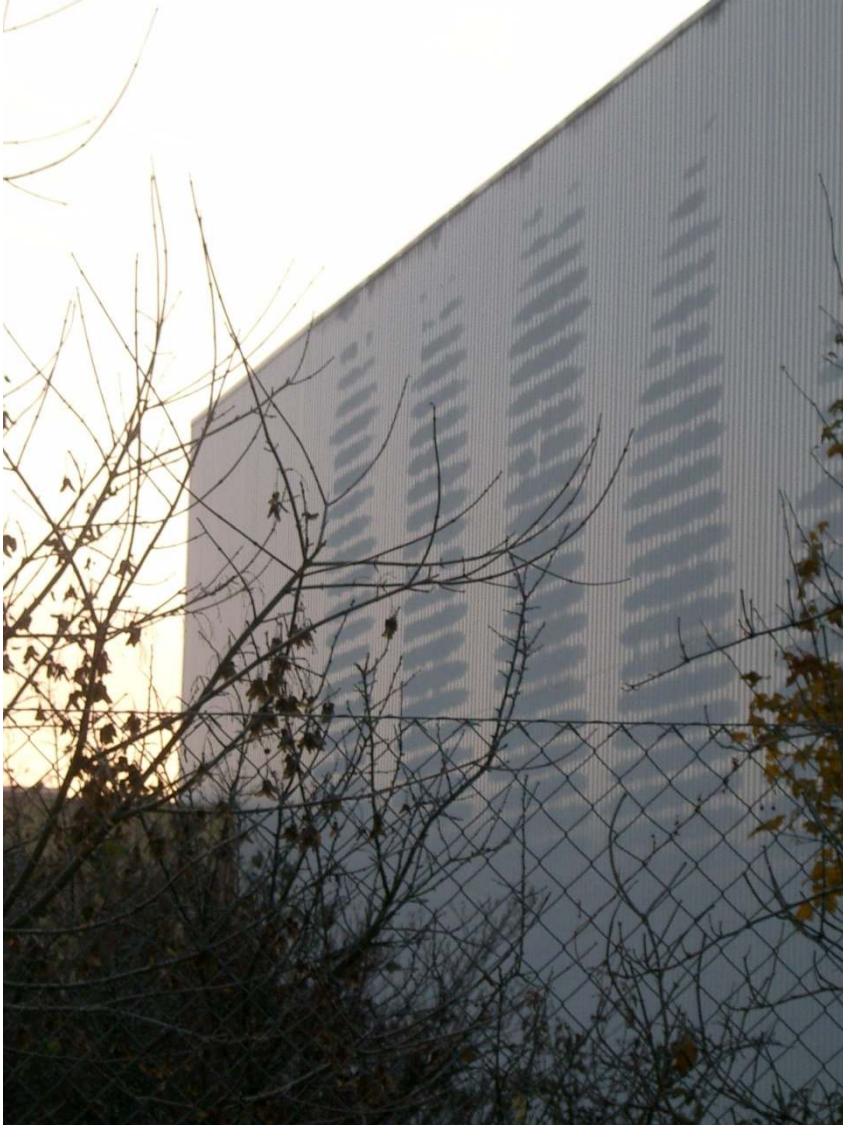
출처: Technisches Büro
der erdgas oö.



출처: Klaus Sedlbauer
IBP Fraunhofer-Institut für Bauphysik

열교 현상

MaxMinHouse



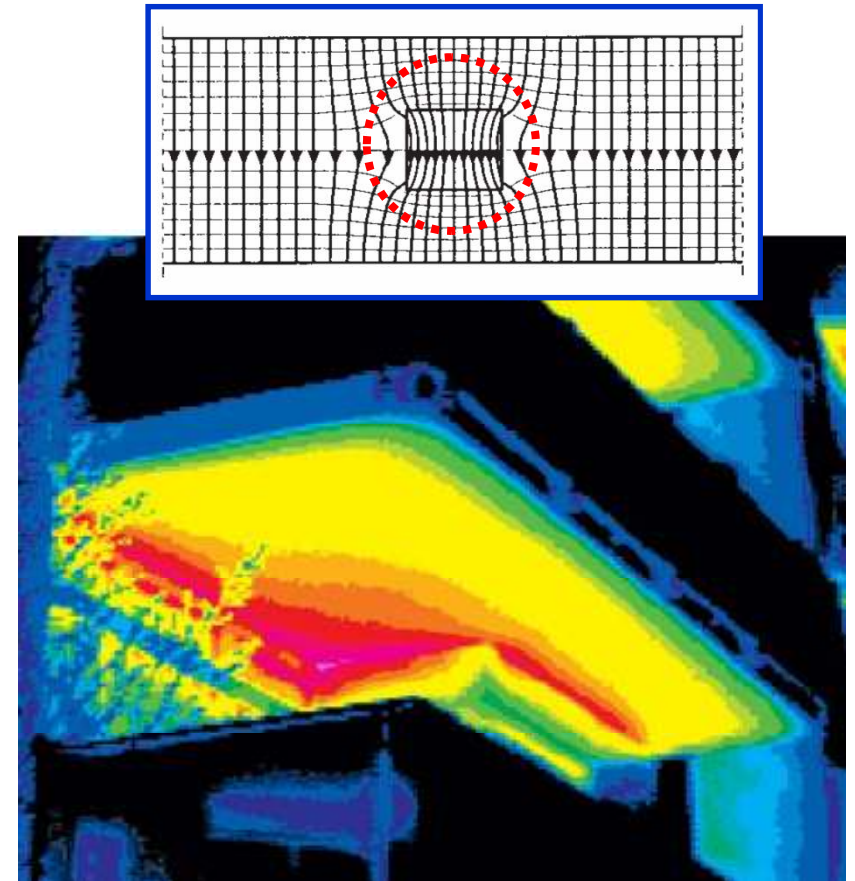
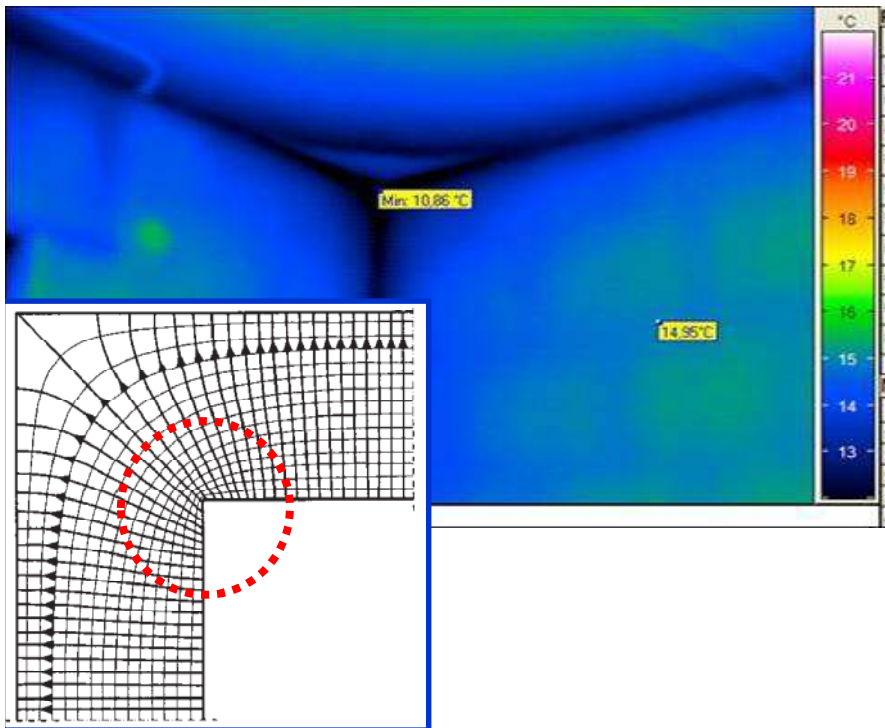
Unterschiedliche
Trockenzonen
nach sechs Wochen
Dauerfrost 1996/97



Fotos: Eicke-Hennig

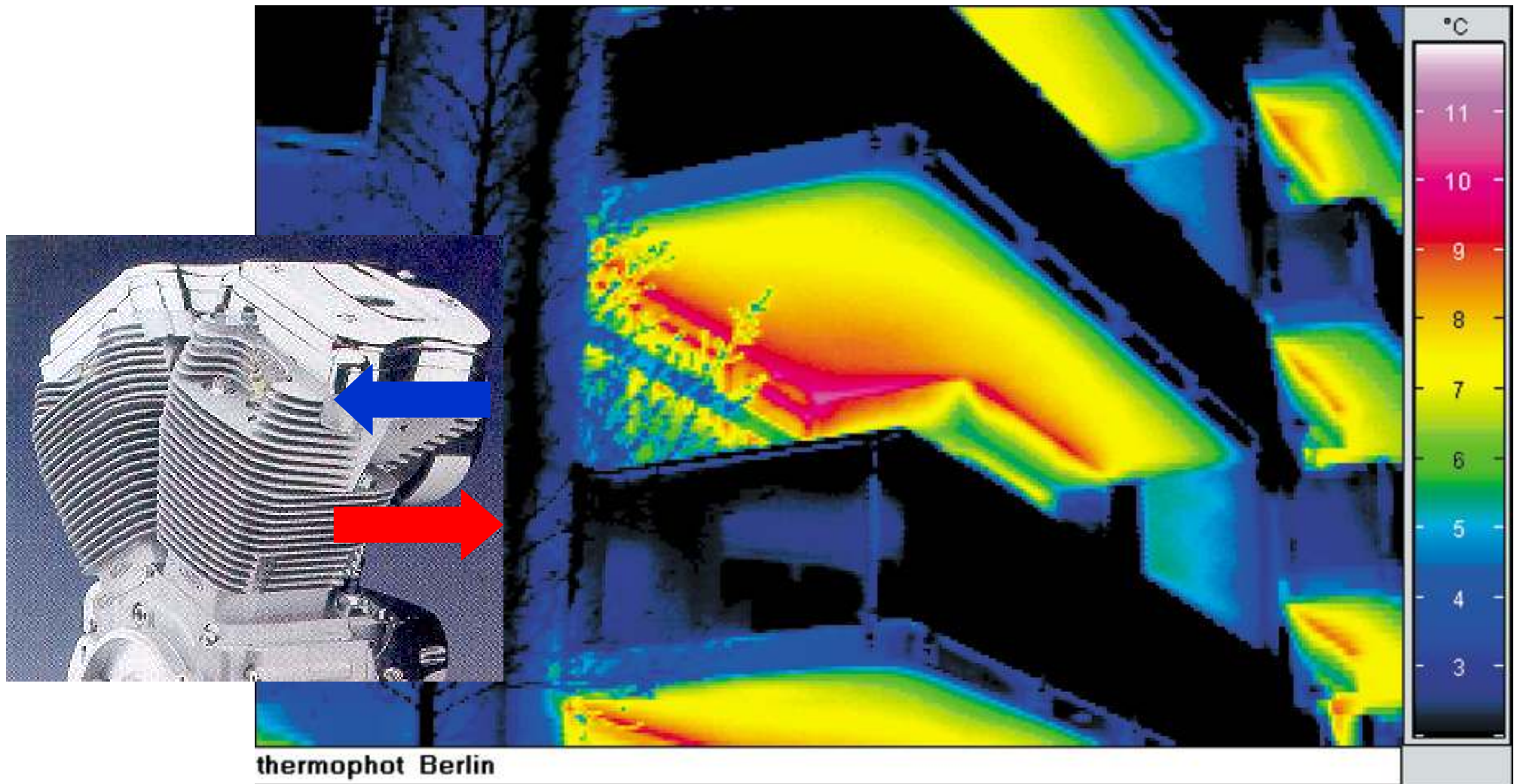
열교 현상

열교현상이란 국지적으로 더 많은 열이 흐르고 결과적으로 구조체의 표면온도가 내려가는 것을 말한다.



열교 현상

MaxMinHouse



열교현상으로 인한 결과

MaxMinHouse



출처: Schöck Isokorb, germany

독일의 DIN 4108 – 2 노점온도

MaxMinHouse

노점온도: **9,3 °C**

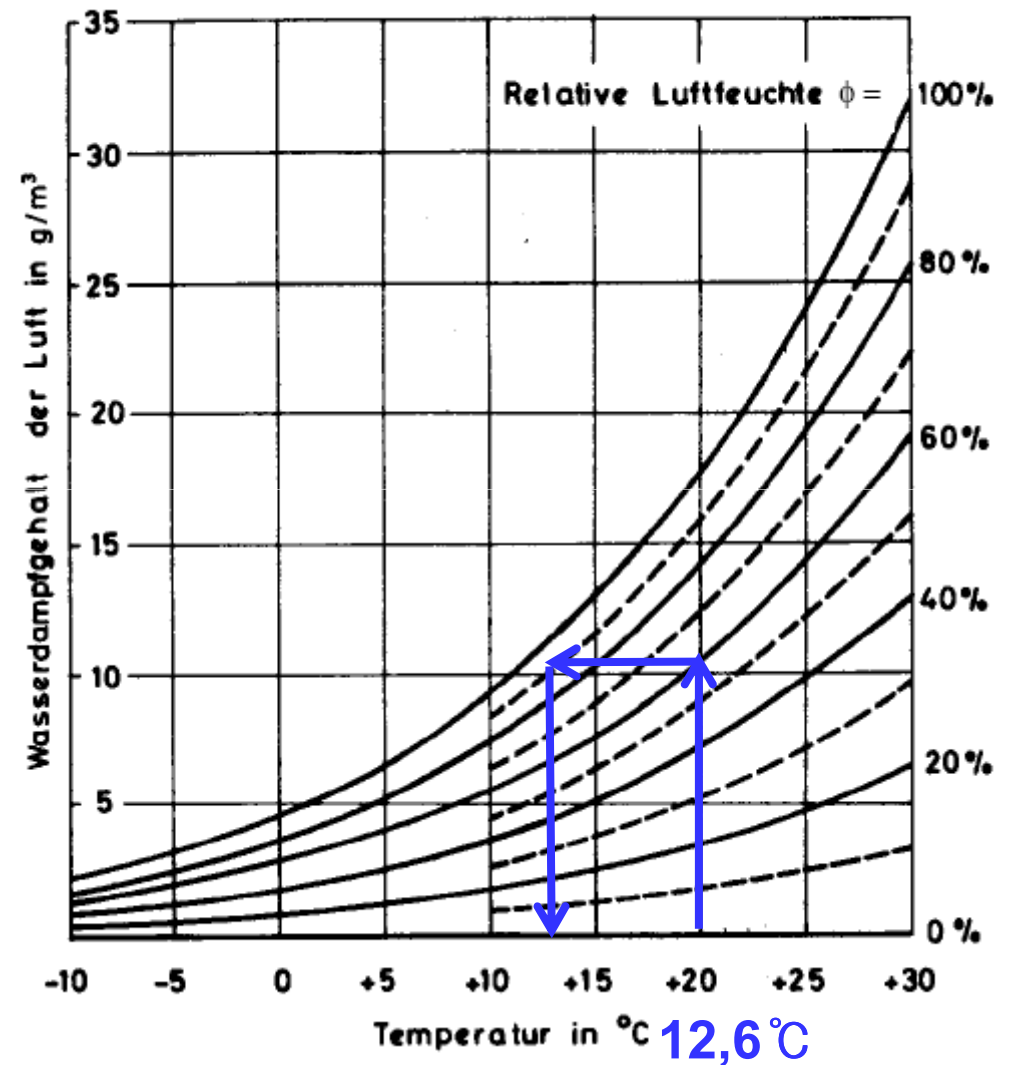
(구조체 표면의 상대습도가 100%).

„곰팡이 온도“: **12,6 °C**

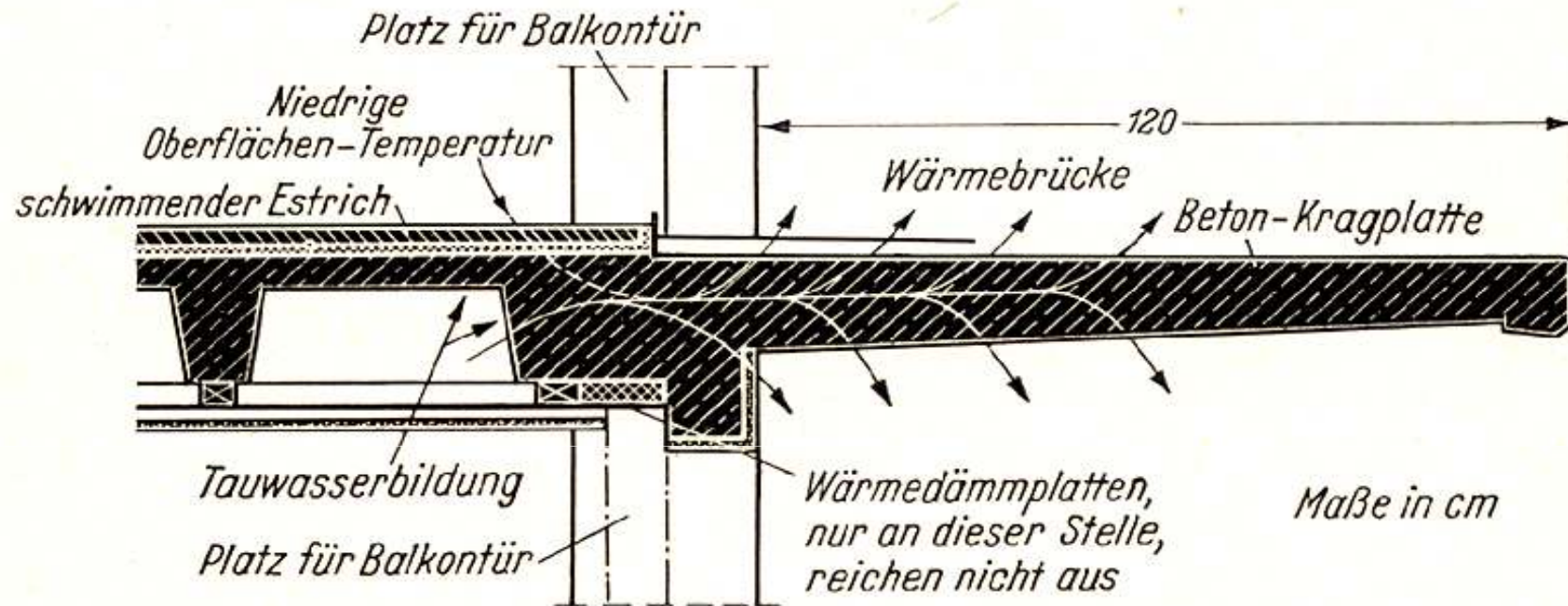
(온도, 표면의 상대습도가 80%가 되는 온도)

표면의 상대습도가 약 **80%** 에 이르게 되면

노점온도에 이르기 전 즉, 결로수가
없어도 곰팡이가 생기기 시작한다.



열적분리가 없는 발코니를 통한 에너지 손실



Beachten Sie:

Balkon- oder Laubengangplatten sollen von den Massivdecken wärmetechnisch getrennt sein.

출처: 1958 Bundesbauministerium Broschüre „Wärmeschutz – aber richtig“

열적분리가 없는 발코니를 통한 에너지 손실

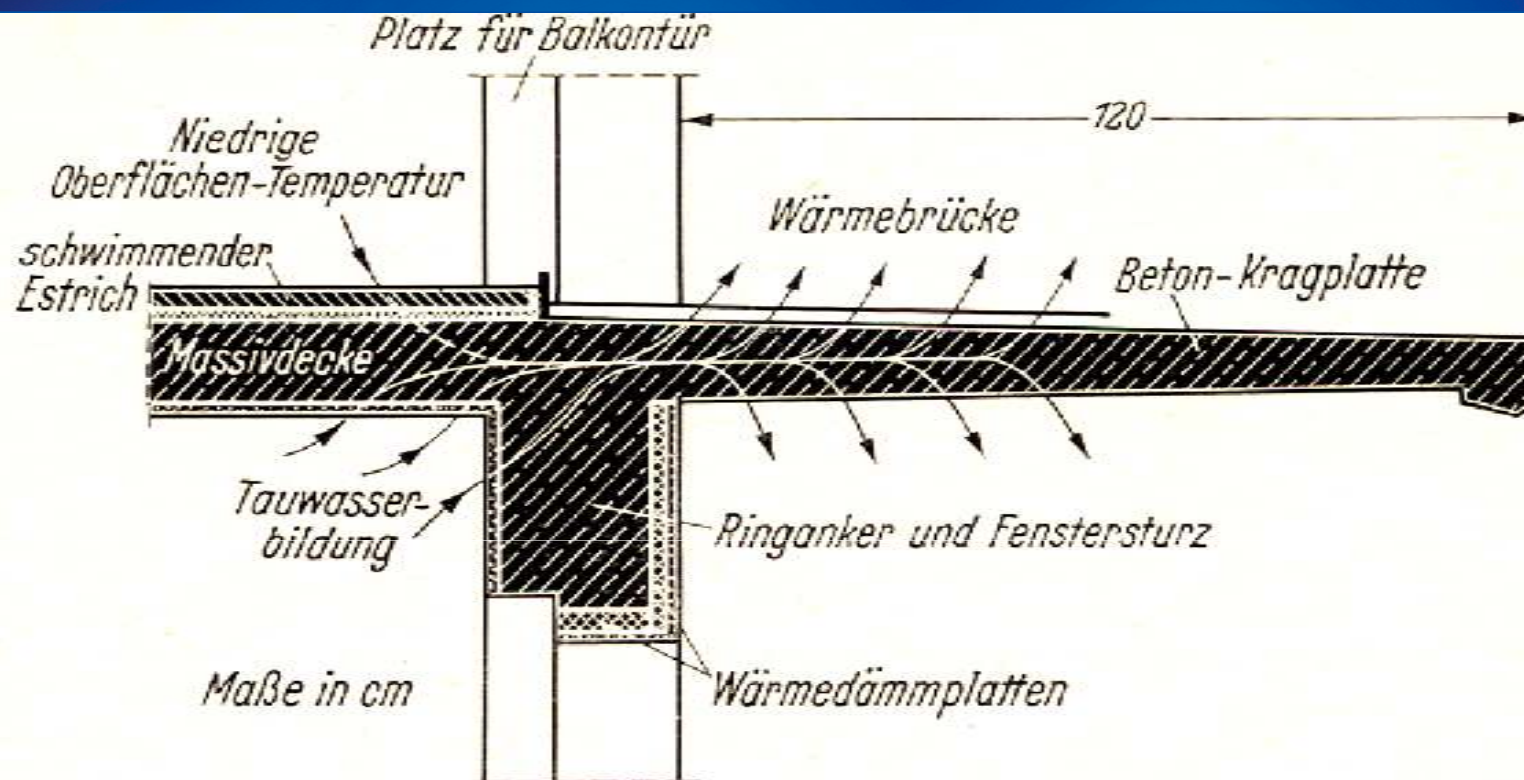
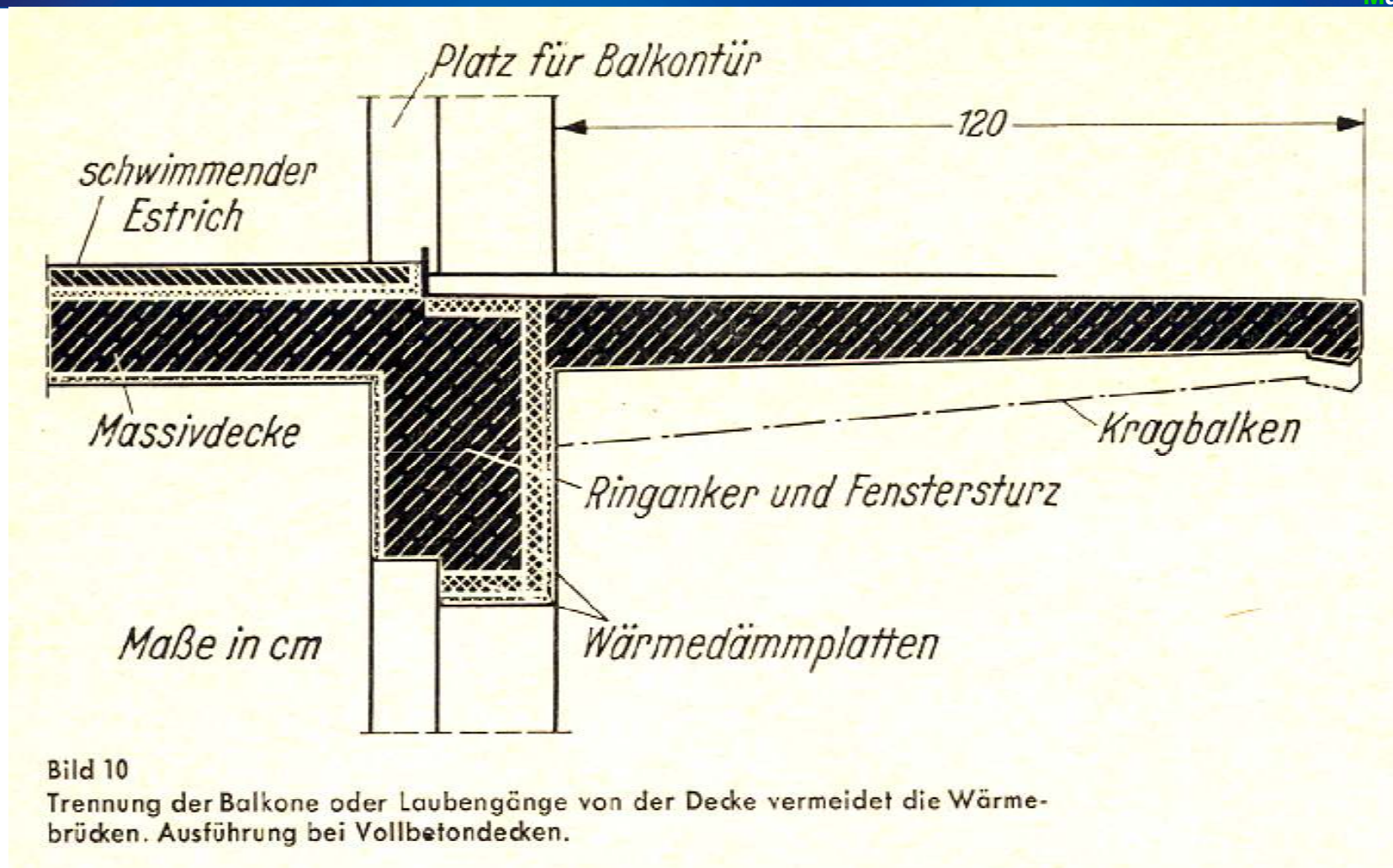


Bild 8

Bei dieser Ausbildung von Balkonen oder Laubengängen entstehen Wärmebrücken.

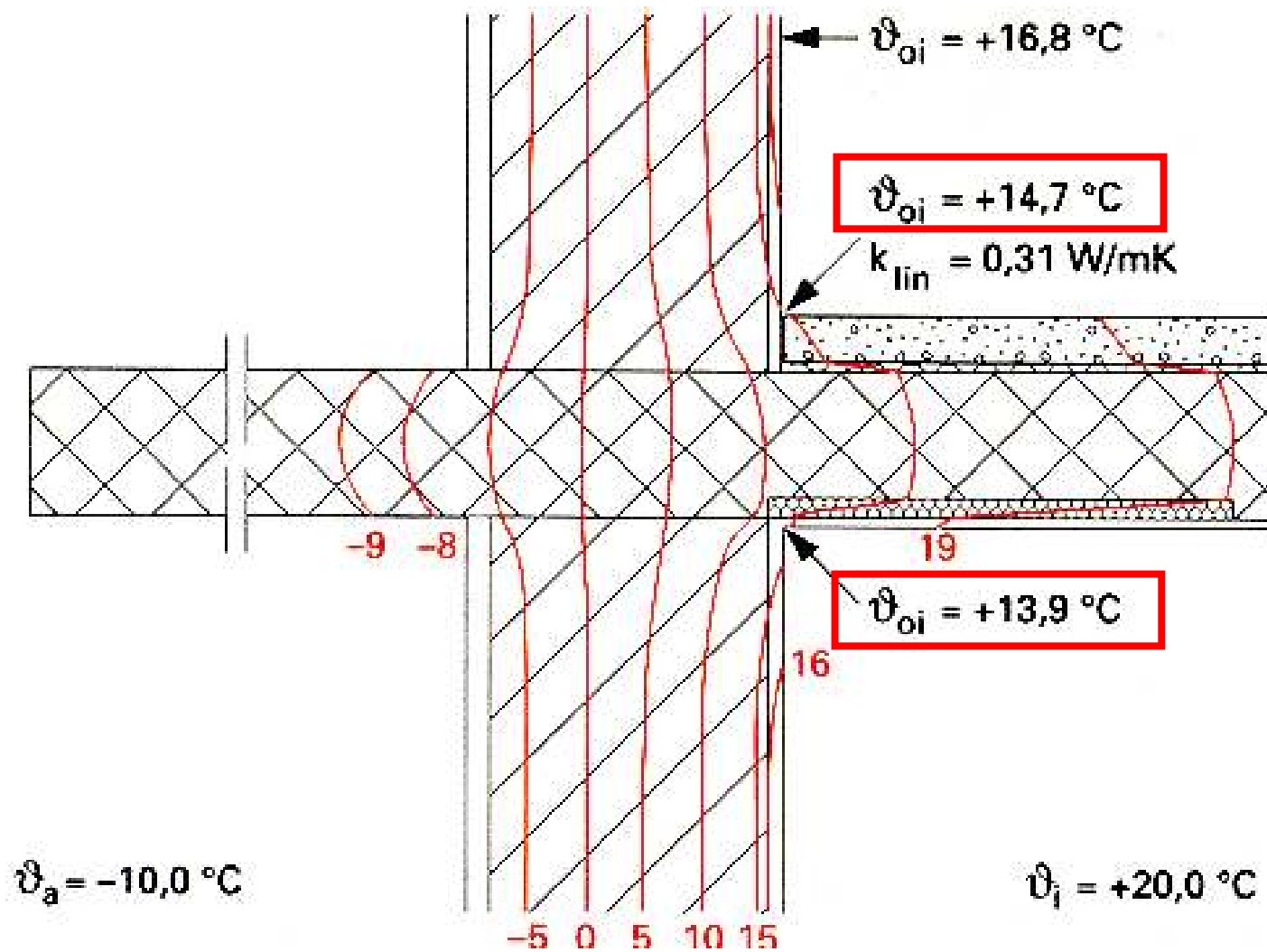
출처: 1958 Bundesbauministerium Broschüre „Wärmeschutz – aber richtig

열적분리가 없는 발코니를 통한 에너지 손실



출처: 1958 Bundesbauministerium Broschüre „Wärmeschutz – aber richtig

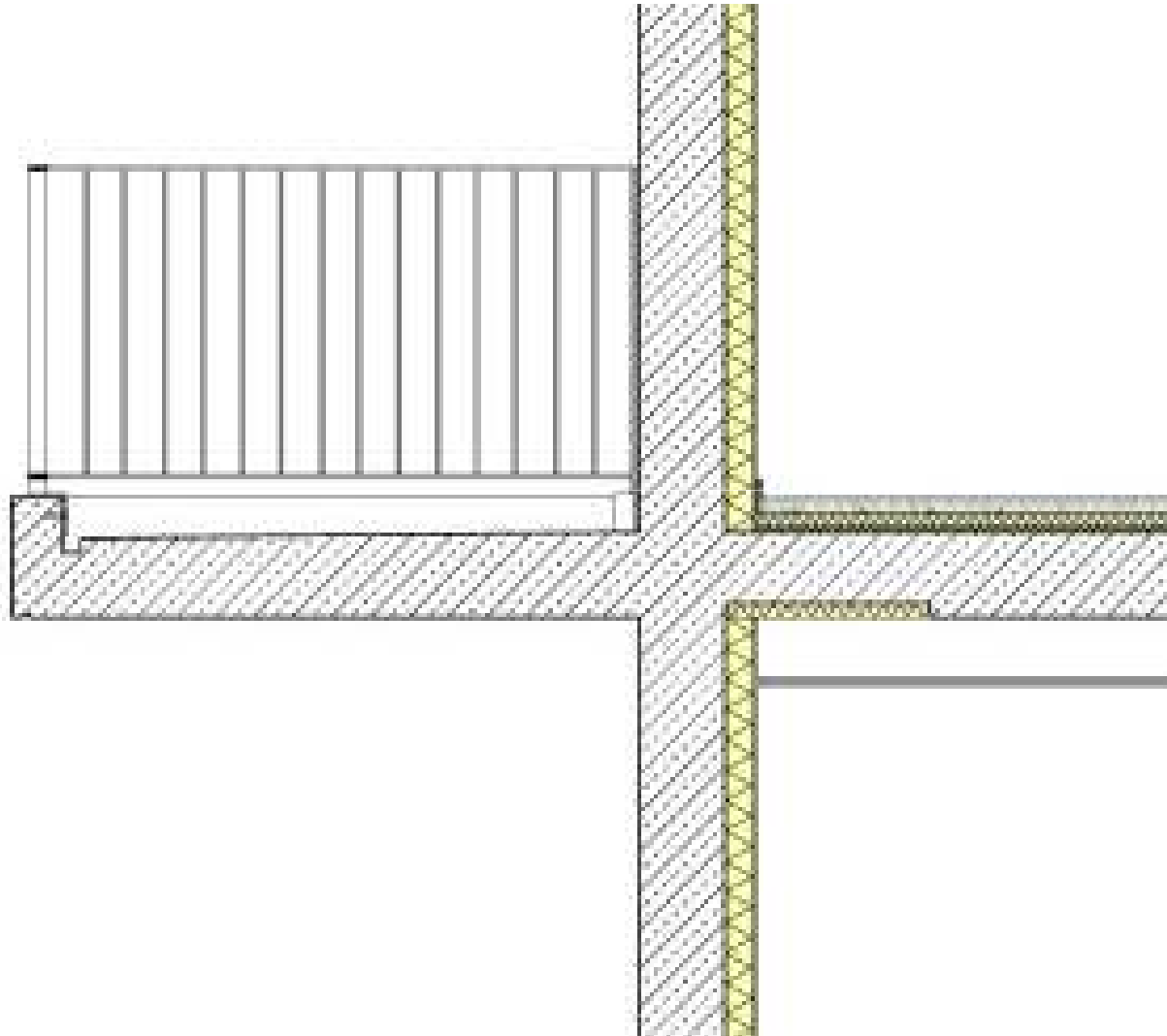
열적분리가 없는 발코니를 통한 에너지 손실



출처: Ragonesi, Bautechnik der
Gebäudehülle, Teubner Verlag Stuttgart
1993

열적분리가 없는 발코니를 통한 에너지 손실

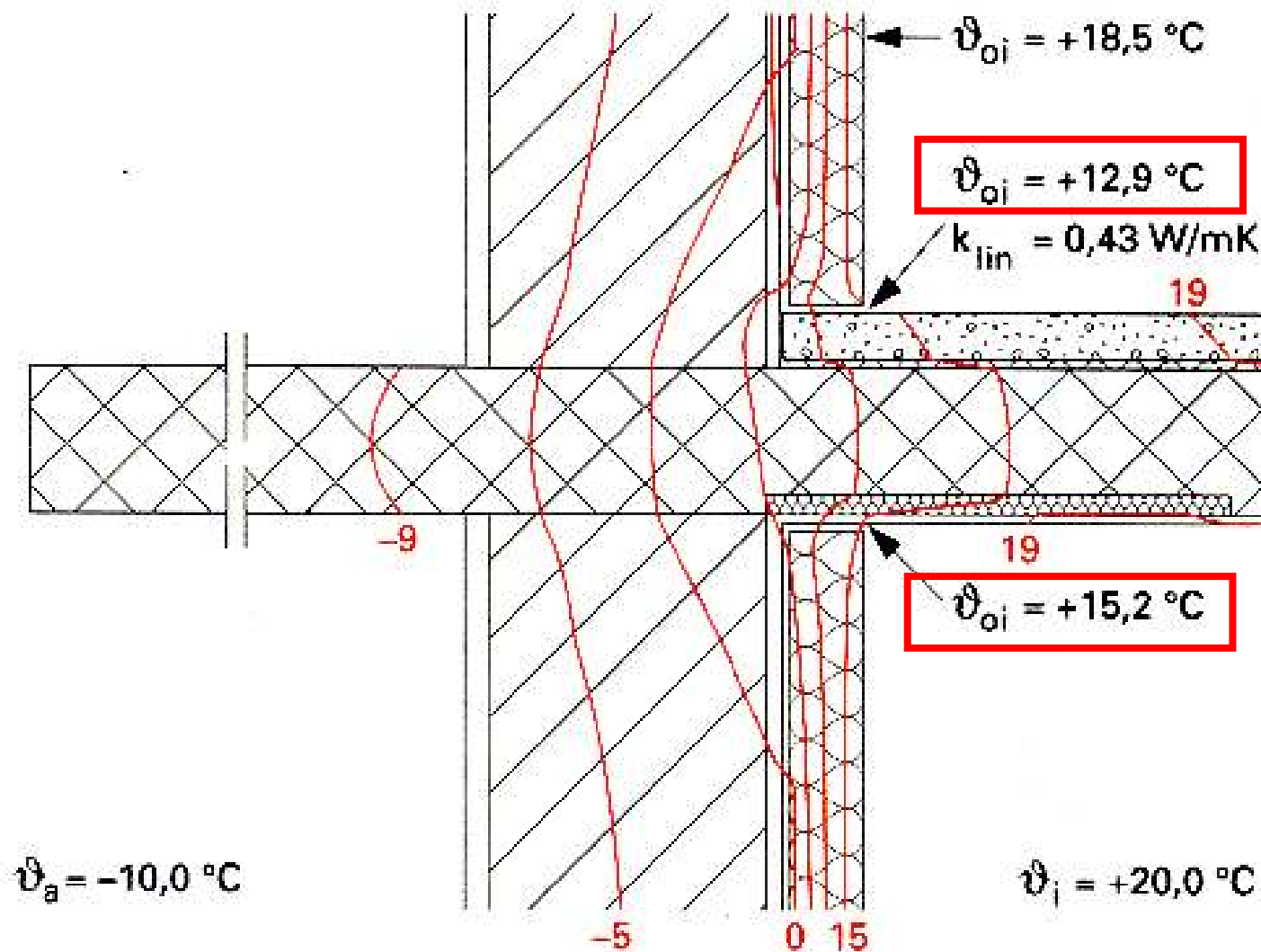
MaxMinHouse



한국의 보편적인
해결방법

열적분리가 없는 발코니를 통한 에너지 손실

한국의 보편적인 해결방법

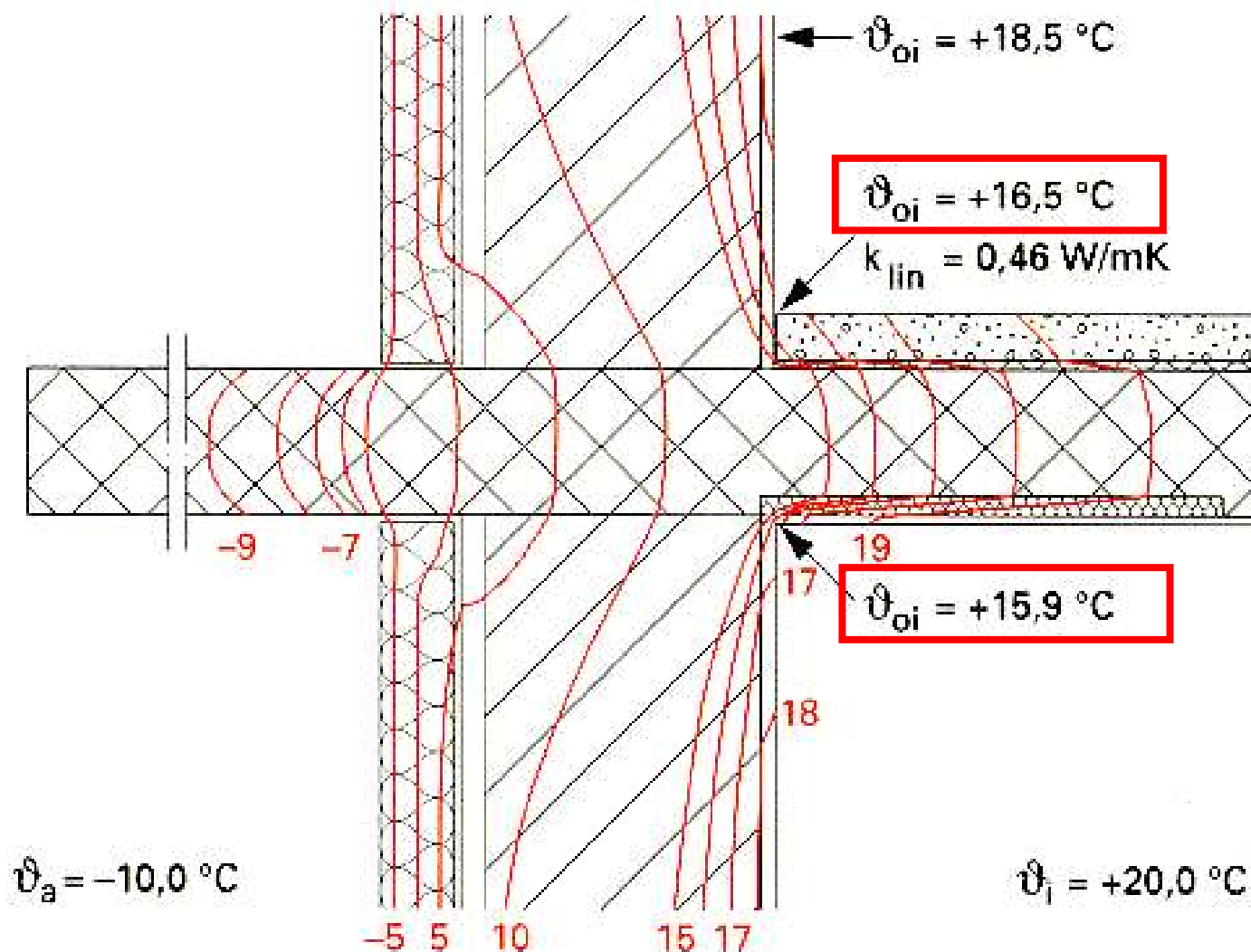


출처: Ragonesi, Bautechnik der
Gebäudehülle, Teubner Verlag Stuttgart
1993

열적분리가 없는 발코니를 통한 에너지 손실

MaxMinHouse

3차원의 벽, 바닥 그리고
슬래브가 만나는 부위의
온도는 더 낮음

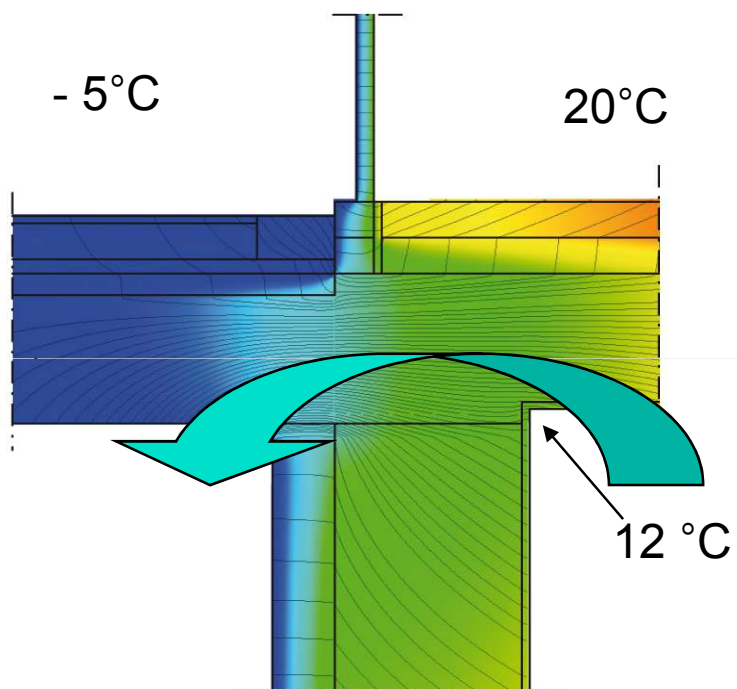


출처: Ragonesi, Bautechnik der
Gebäudehülle, Teubner Verlag Stuttgart
1993

열적분리가 없는 발코니를 통한 에너지 손실

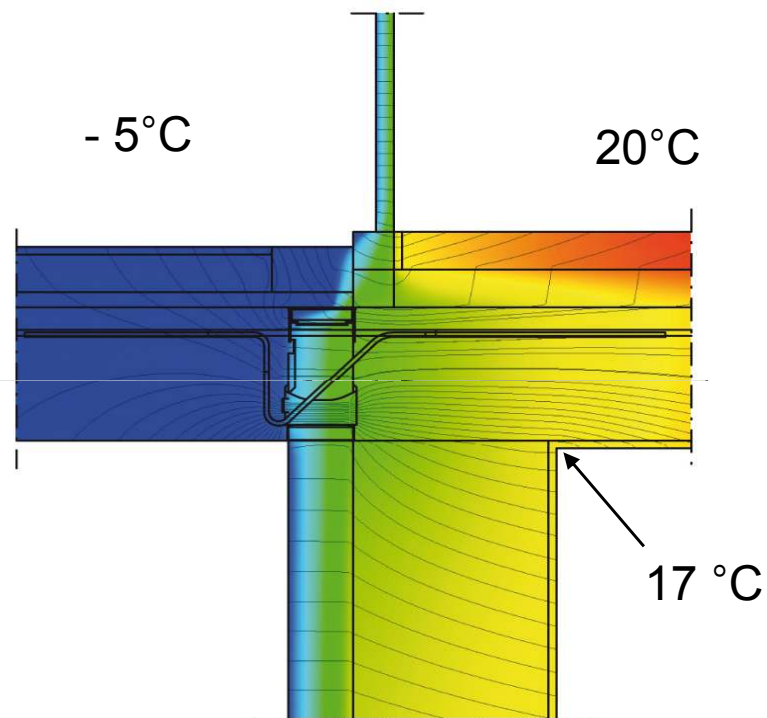
MaxMinHouse

발코니 위에 단열을 한 경우



에너지의 손실

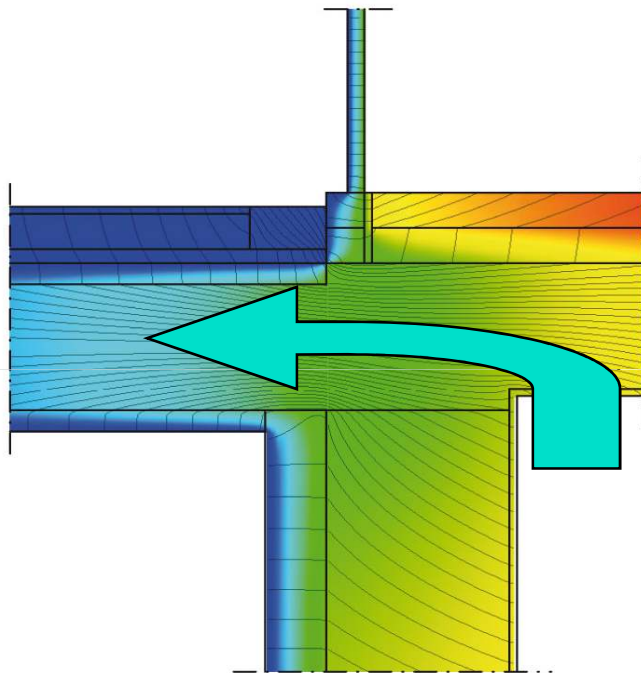
열적분리의 경우



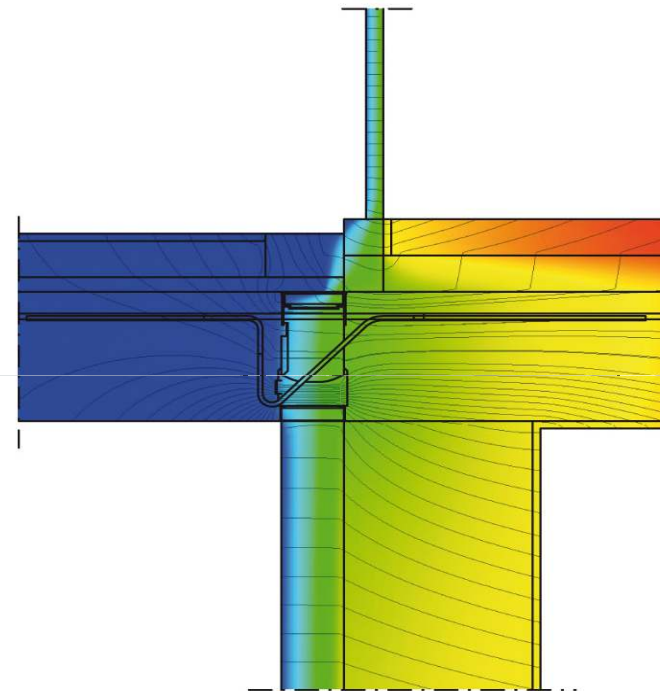
열적분리가 없는 발코니를 통한 에너지 손실

MaxMinHouse

발코니 위와 아래에 단열을 한 경우



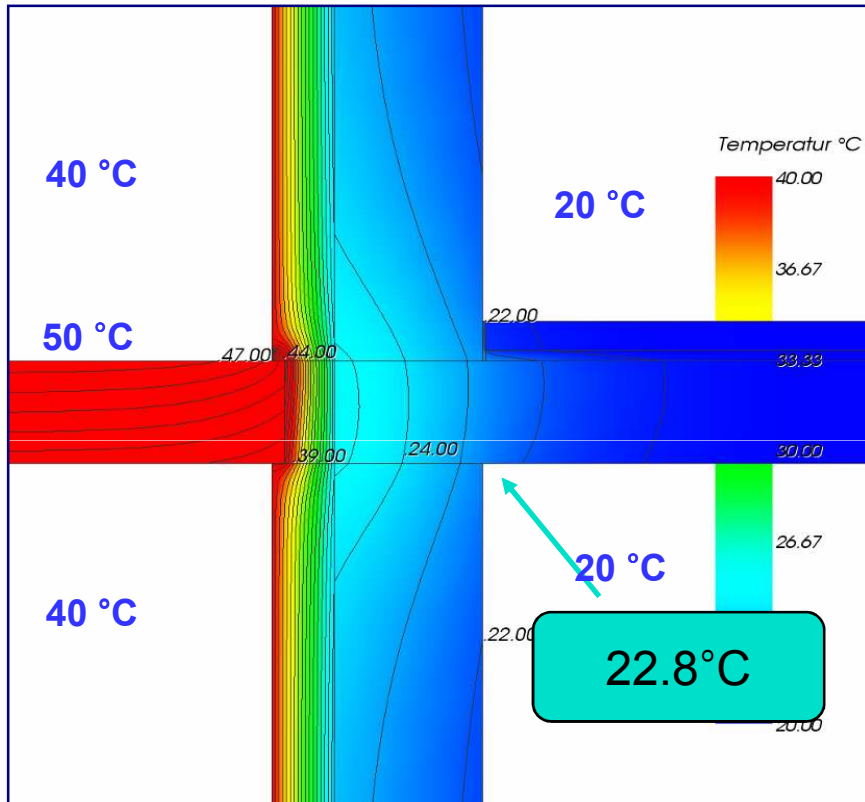
열적분리의 경우



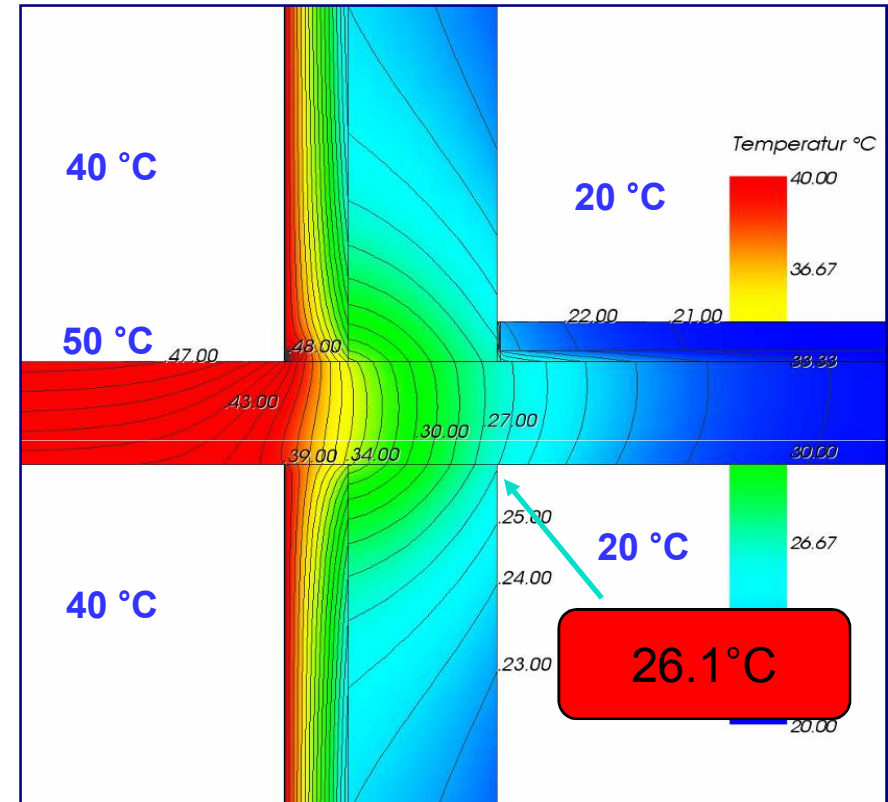
발코니 판이 데워지게 됨 → 불필요한 에너지의 손실

열교 현상 (thermal bridge)의 개념 (여름)

MaxMinHouse



열적분리가 (thermal break)된 경우

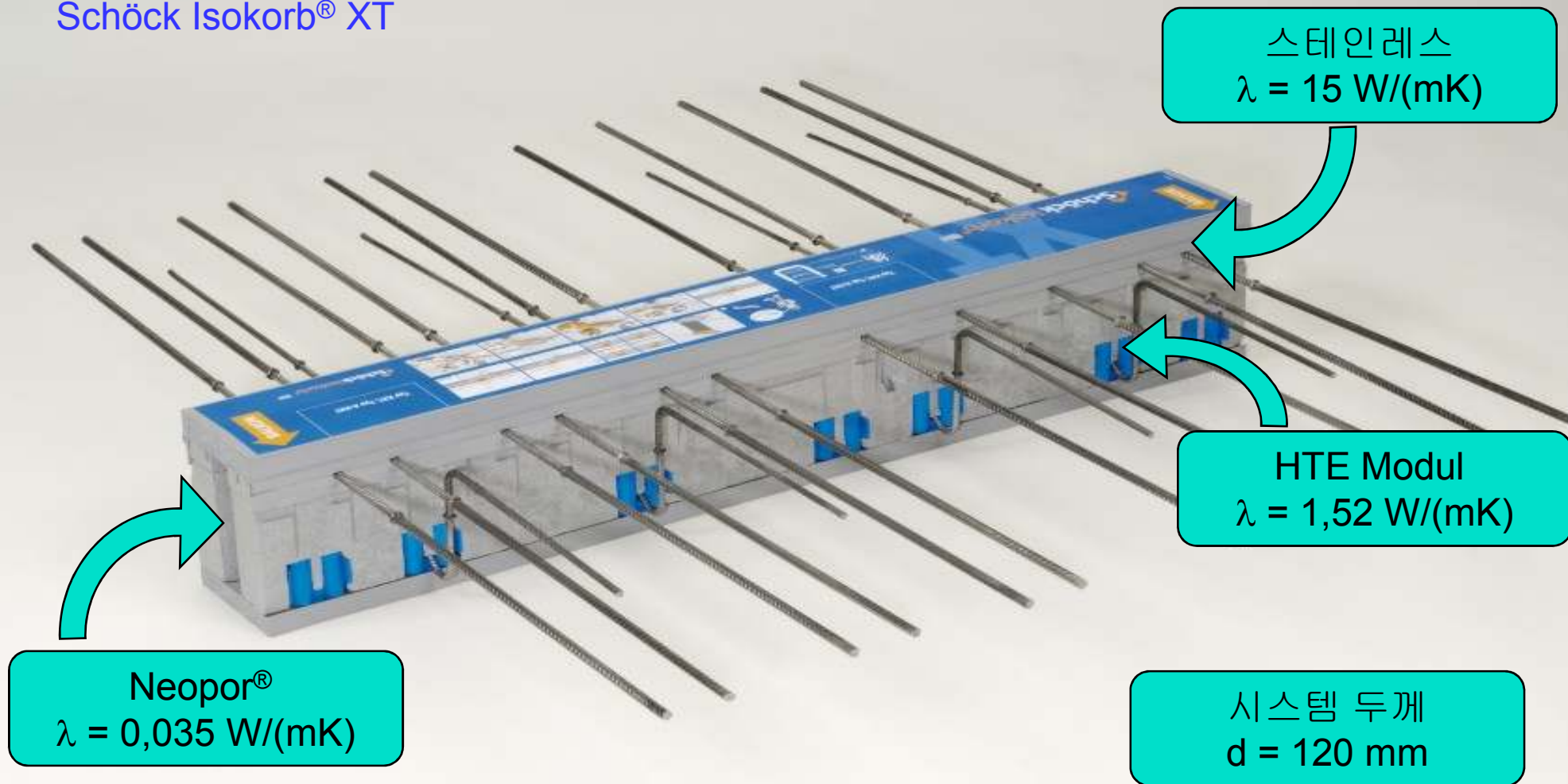


열적분리가 (thermal break) 되지 않은 기존의 경우

열적분리 시스템의 구성요소 12 cm

MaxMinHouse

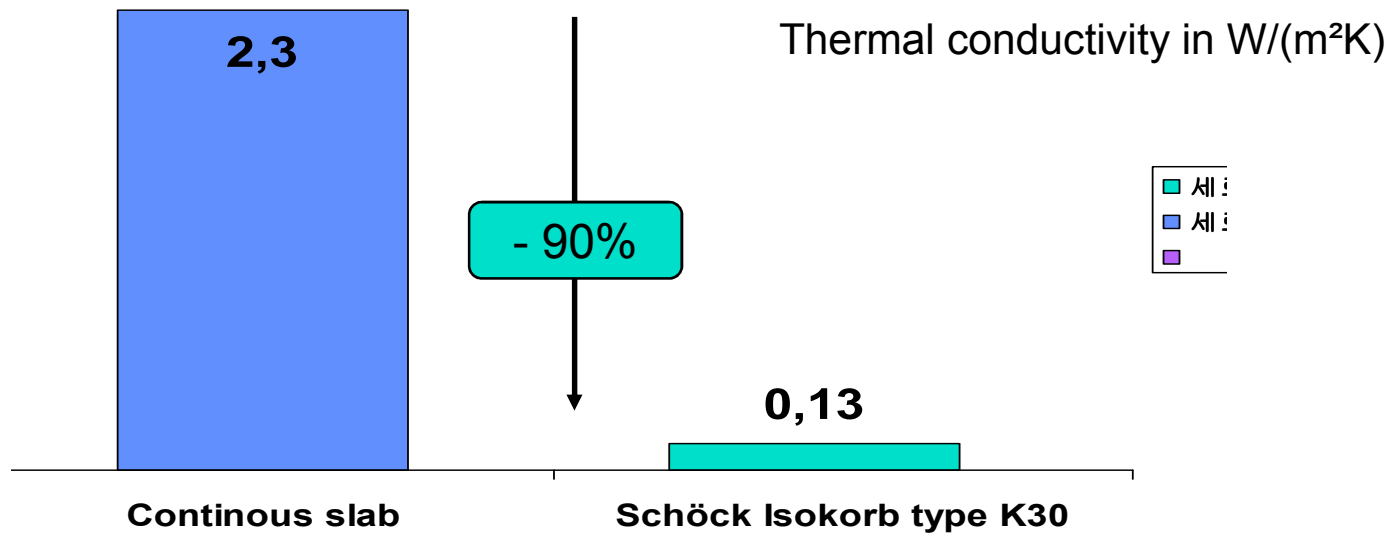
Schöck Isokorb® XT





90%의 열전도율 절감

일반적인 철근 콘크리트의 구조에서 열적분리를 할 경우에는 열전도에 있어서 약 90 % 절감을 보인다.



선형열교로 인한 열손실 비교

외벽의 면적: 8 m² , 창문면적: 4 m², 외벽높이 2,5 m, 발코니의 길이 10 m

외벽 열관류율: $U_w=0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$, 창문 열관류율: $U_w=1,20 \text{ W/m}^2\text{K}$

선형 열관류율(열적분리가 없는 경우) $\Psi = 0,56 \text{ W/mK}$

선형 열관류율(열적분리가 있는 경우) $\Psi = 0,09 \text{ W/mK}$

1. 외벽을 통한 열손실

$$\begin{aligned} HW+F &= AW \times UW + AF \times UF = \\ 8 \text{ m}^2 \times 0,25 \text{ W/m}^2\text{K} + 4 \text{ m}^2 \times 1,20 \text{ W/m}^2\text{K} &= \\ 2,0 \text{ W/K} + 4,8 \text{ W/K} &= 6,80 \text{ W/K} \end{aligned}$$

2. 선형 열관류율 (열적분리가 없는 경우) Ψ

$$\begin{aligned} H_{lin} &= L \times \Psi = \\ &= 10 \text{ m} \times 0,56 \text{ W/mK} \\ &= 5,60 \text{ W/K} \end{aligned}$$

3. 외벽을 통한 전체 열손실

$$\begin{aligned} H_{tot} &= HW+F + H_{lin} \\ &= 6,80 \text{ W/K} + 5,60 \text{ W/K} = \\ &= 12,40 \text{ W/K} \end{aligned}$$

전체손실에 45,15% 선형 열관류 Ψ 가 차지

1. 외벽을 통한 열손실

$$\begin{aligned} HW+F &= AW \times UW + AF \times UF = \\ 8 \text{ m}^2 \times 0,25 \text{ W/m}^2\text{K} + 4 \text{ m}^2 \times 1,20 \text{ W/m}^2\text{K} &= \\ 2,0 \text{ W/K} + 4,8 \text{ W/K} &= 6,80 \text{ W/K} \end{aligned}$$

2. 선형 열관류율 (열적분리가 없는 경우) Ψ

$$\begin{aligned} H_{lin} &= L \times \Psi = \\ &= 10 \text{ m} \times 0,09 \text{ W/mK} \\ &= 0,90 \text{ W/K} \end{aligned}$$

3. 외벽을 통한 전체 열손실

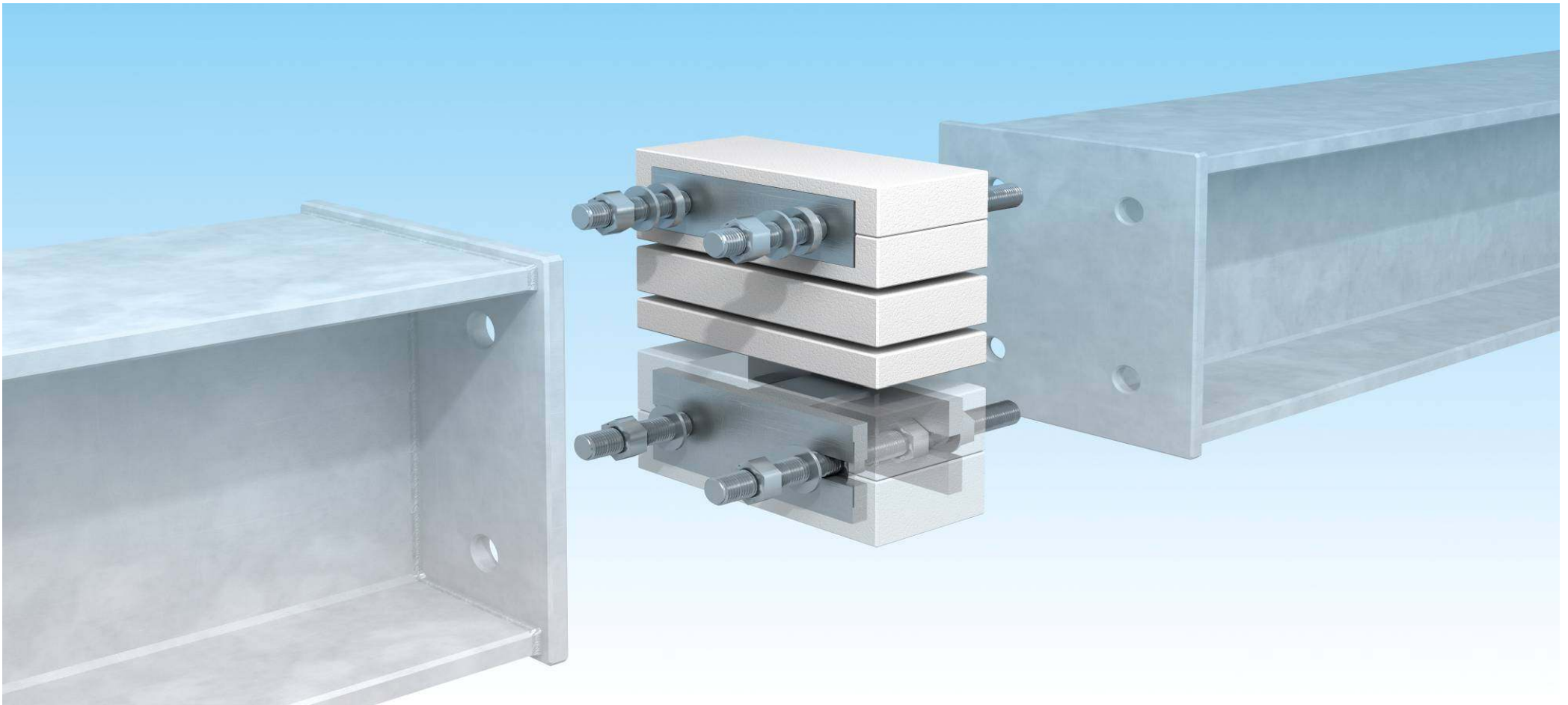
$$\begin{aligned} H_{tot} &= HW+F + H_{lin} \\ &= 6,80 \text{ W/K} + 0,90 \text{ W/K} = \\ &= 7,70 \text{ W/K} \end{aligned}$$

전체손실에 11,70% 선형 열관류 Ψ 가 차지
(Typ: QXT 60-H180-F0의 경우)



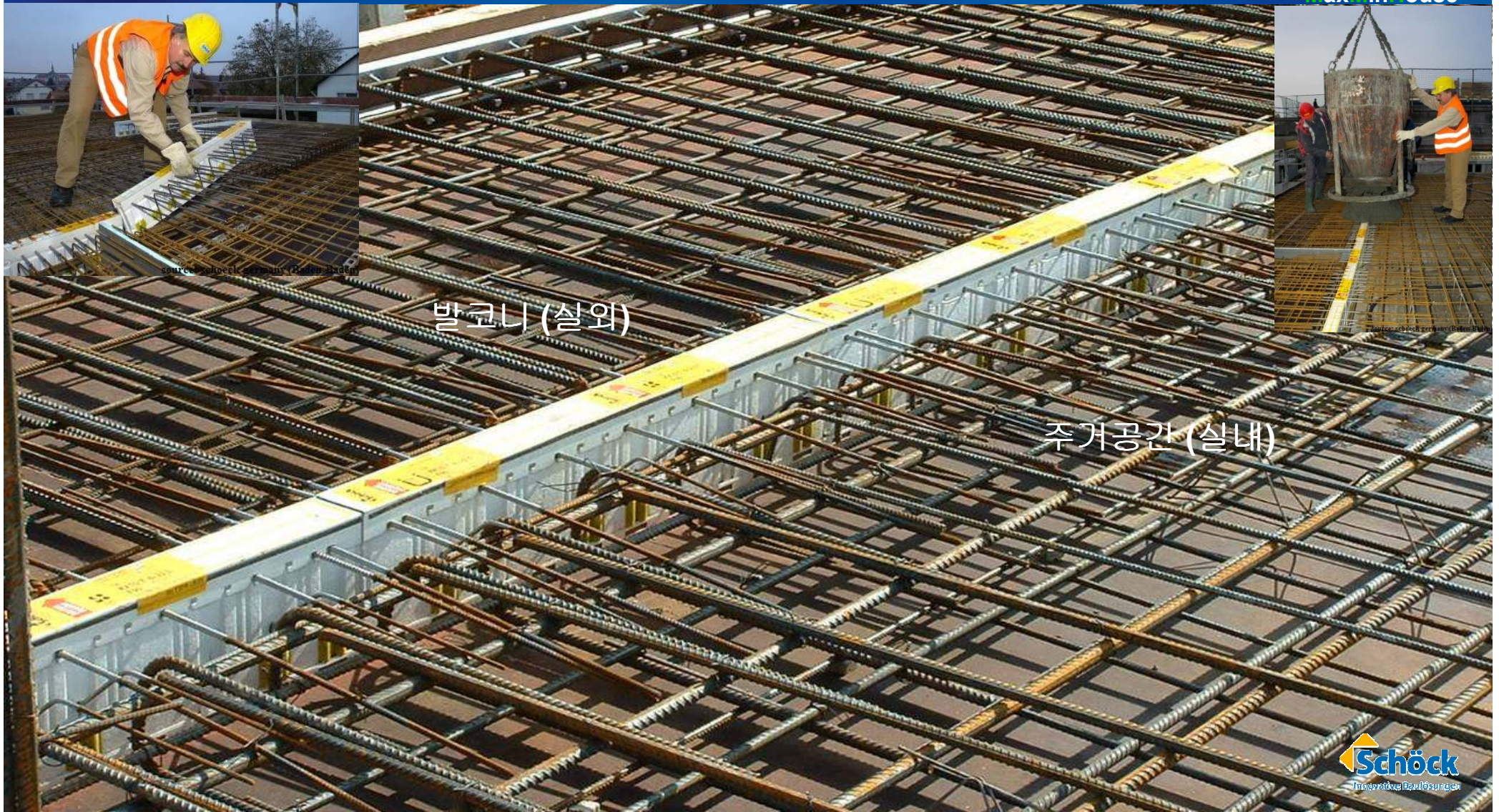
Schöck Isokorb® KST

MaxMinHouse



Schöck
Innovative Baulösungen

발코니 열적분리 시스템의 시공



발코니 연결 구조물로 인한 열교를 줄이기 위한 응용과 부분적인 시스템 사용으로 나머지 부분은 외단열의 두께와 같은 두께로 시공

3. Balkone + Loggien



4. Dachterrassen

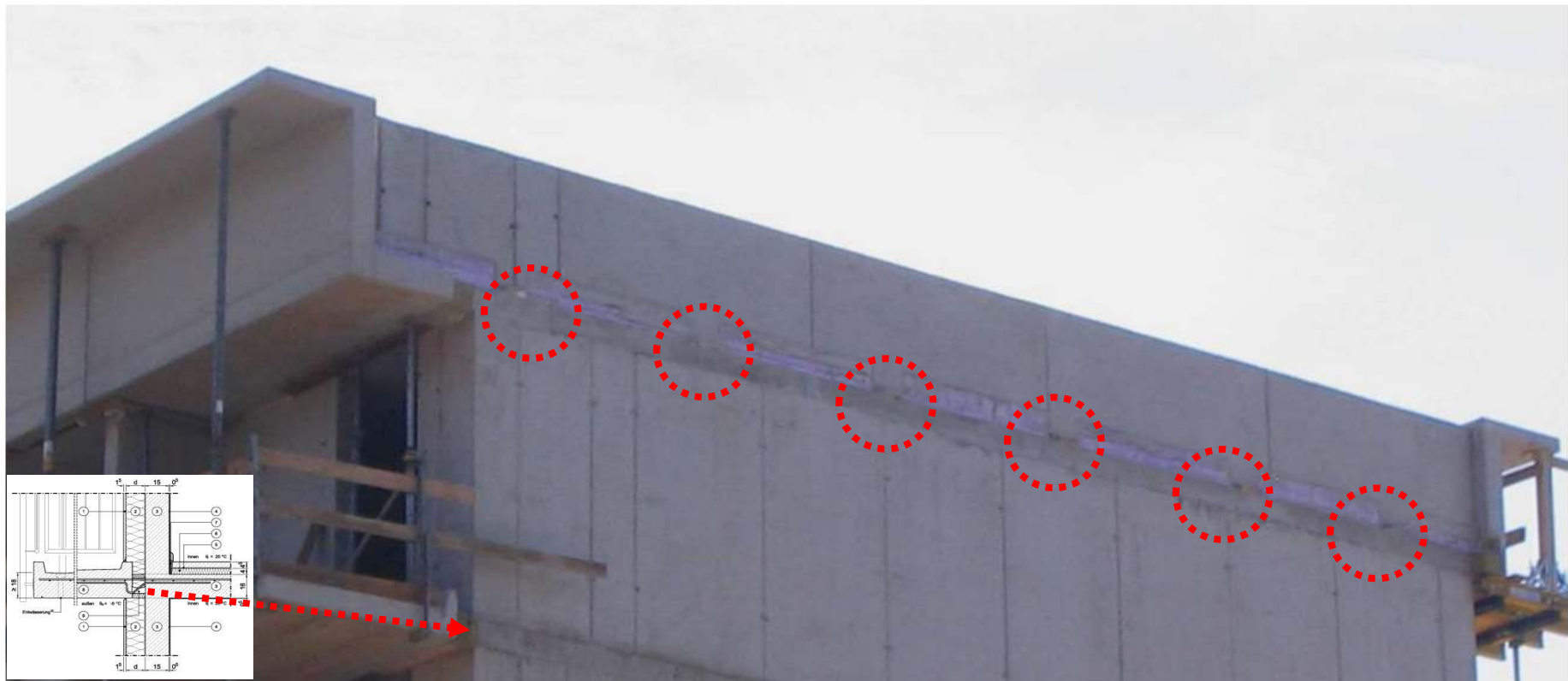
Dämmhöhe eingeschränkt besonders bei barrierefreien Austritten

Option: Vacuumdämmung

Geländerbefestigung



- 지붕과 난간 연결부위에 부분적인 시스템 사용으로 나머지 부분은 지붕의 단열재의 두께와 같은 두께로 시공. 구조분리가 있는 부위는 단열재의 두께가 8에서 12cm이다. 지붕단열재와 외벽의 단열재가 연결로 인해 열교가 최소화.



✦ 건축가
Kramm & Strigl
독일, 다세대주택
Wiesbaden



발코니 열적분리 시스템의 시공

MaxMinHouse



Schock
Innovative Bauteile

시공사례

MaxMinHouse



에너지 절약형 친환경 건축 / 패시브하우스 / 2010

Dipl.-Ing. 건축가 홍도영