

# Technische Universität Wien Institut für Hochbau und Technologie

<http://iht.tuwien.ac.at/>

Zentrum für Baustoffforschung, Werkstofftechnik und Brandschutz

Zentrum für Bauphysik und Bauakustik

Zentrum für Allgemeine Mechanik und Baudynamik

Zentrum für Hochbaukonstruktionen und Bauwerkserhaltung

O.Univ. Prof. DI Dr.Dr. Jürgen Dreyer

Ao.Univ. Prof. DI Dr. Thomas Bednar

## ► Gebäudeoptimierung - Gesamtenergieeffizienz

Niedriger Wärmebedarf

Niedriger Verbrauch

Geringer Heizwärmebedarf

Niedrige Heizlast, Kühllast

Geringer oder nicht vorhandener Kühlbedarf

Feedback über den Verbrauch

Geringer Beleuchtungsenergiebedarf

bedarfsgerechte Steuerung/Regelung

### Heizwärmebedarf

### Beleuchtungsenergiebedarf

### Kühlbedarf

Transmissionswärmeverluste

Beleuchtungsenergie

Solare Wärmegewinne

Lüftungswärmeverluste

Innere Wärmegewinne

Solare Wärmegewinne

Lüftungswärmeverluste

Innere Wärmegewinne

Tageslichtnutzung

Transmissionswärmeverluste

HWB = Verluste – Nutzungsgrad \* Gewinne

BeLEB= Aufwand - Nutzungsgrad\* Tageslicht

KWB =Gewinne- Nutzungsgrad\* Verlust

## Wahl des Fassadenaufbaus:

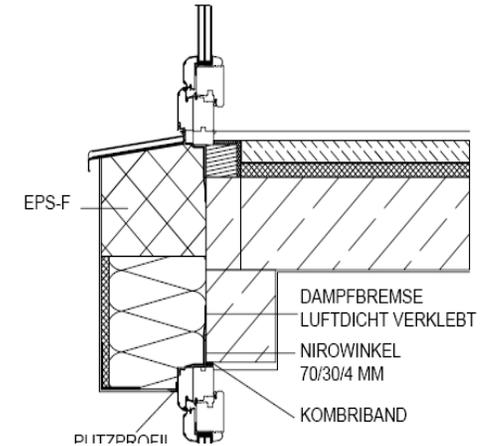
### Wände:

- Verringerung der Wärmeverluste
- Einhaltung der Schallschutzanforderungen
- Einhaltung der Brandschutzanforderungen
- Maximierung des Tageslichtangebotes
- Verringerung der sommerlichen Überwärmung

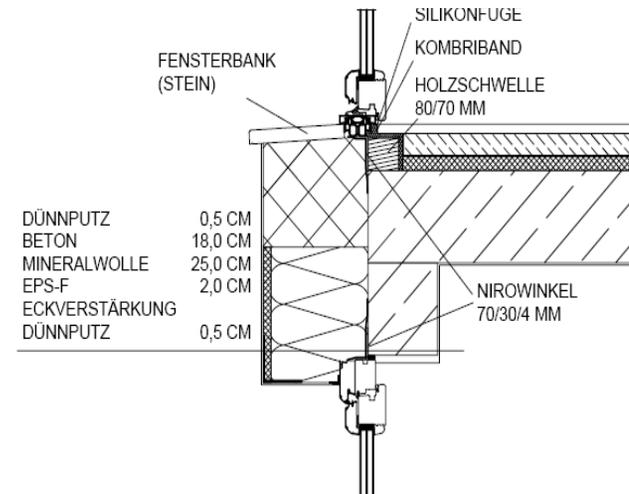
### Fenster:

- Maximierung des Tageslichtangebotes
- Verringerung der Wärmeverluste
- Erhöhung der winterlichen Wärmegewinne
- Verringerung der sommerlichen Überwärmung
- Einhaltung der Schallschutzanforderungen

$$\text{HWB} = \text{Verluste} - \text{Nutzungsgrad} * \text{Gewinne}$$

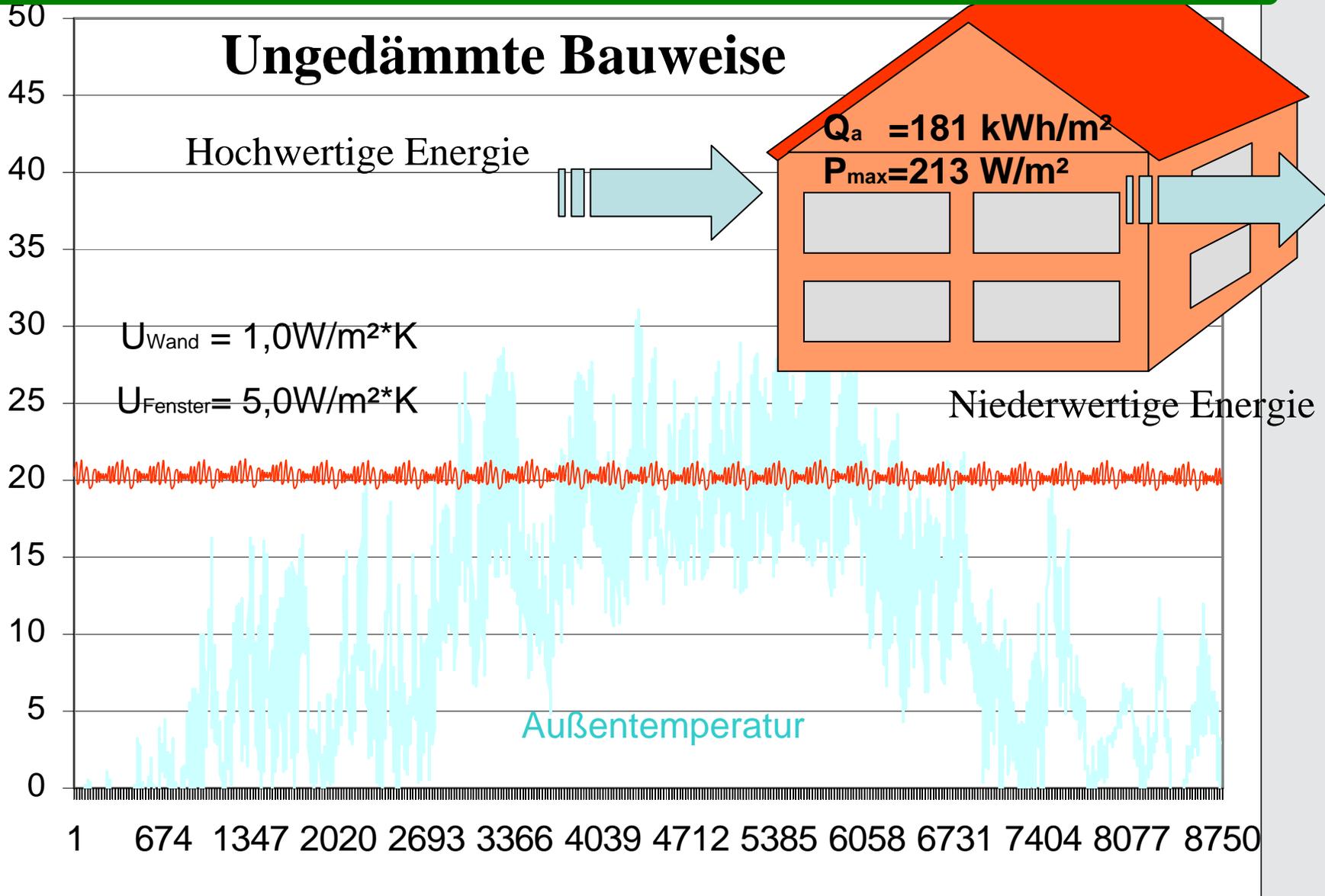


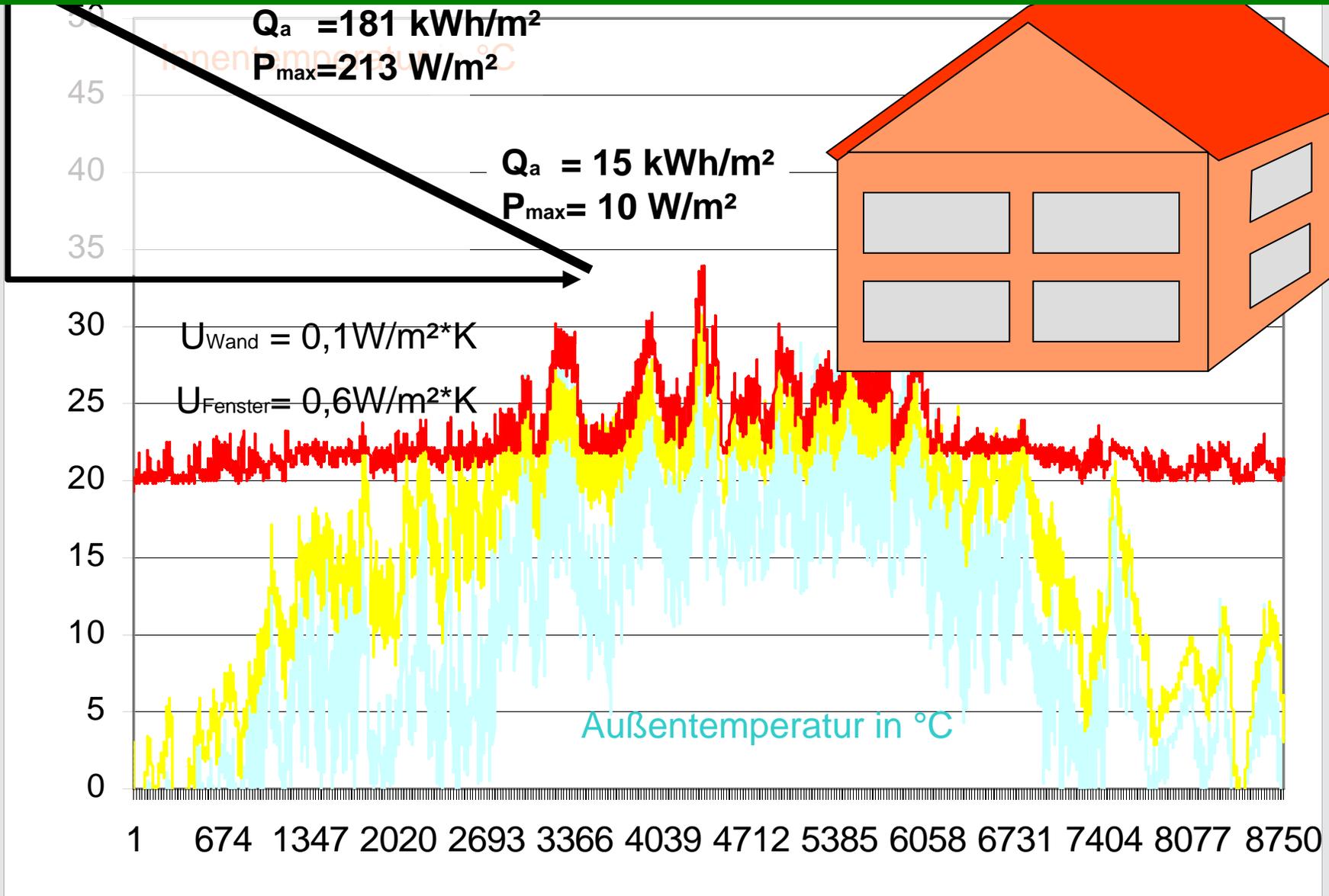
$$\text{BeIEB} = \text{Aufwand} - \text{Nutzungsgrad} * \text{Tageslicht}$$



$$\text{KWB} = \text{Gewinne} - \text{Nutzungsgrad} * \text{Verlust}$$

# Ungedämmte Bauweise





Ziel Passivhaus : Kann auf Heizen verzichtet werden ?

Nein !

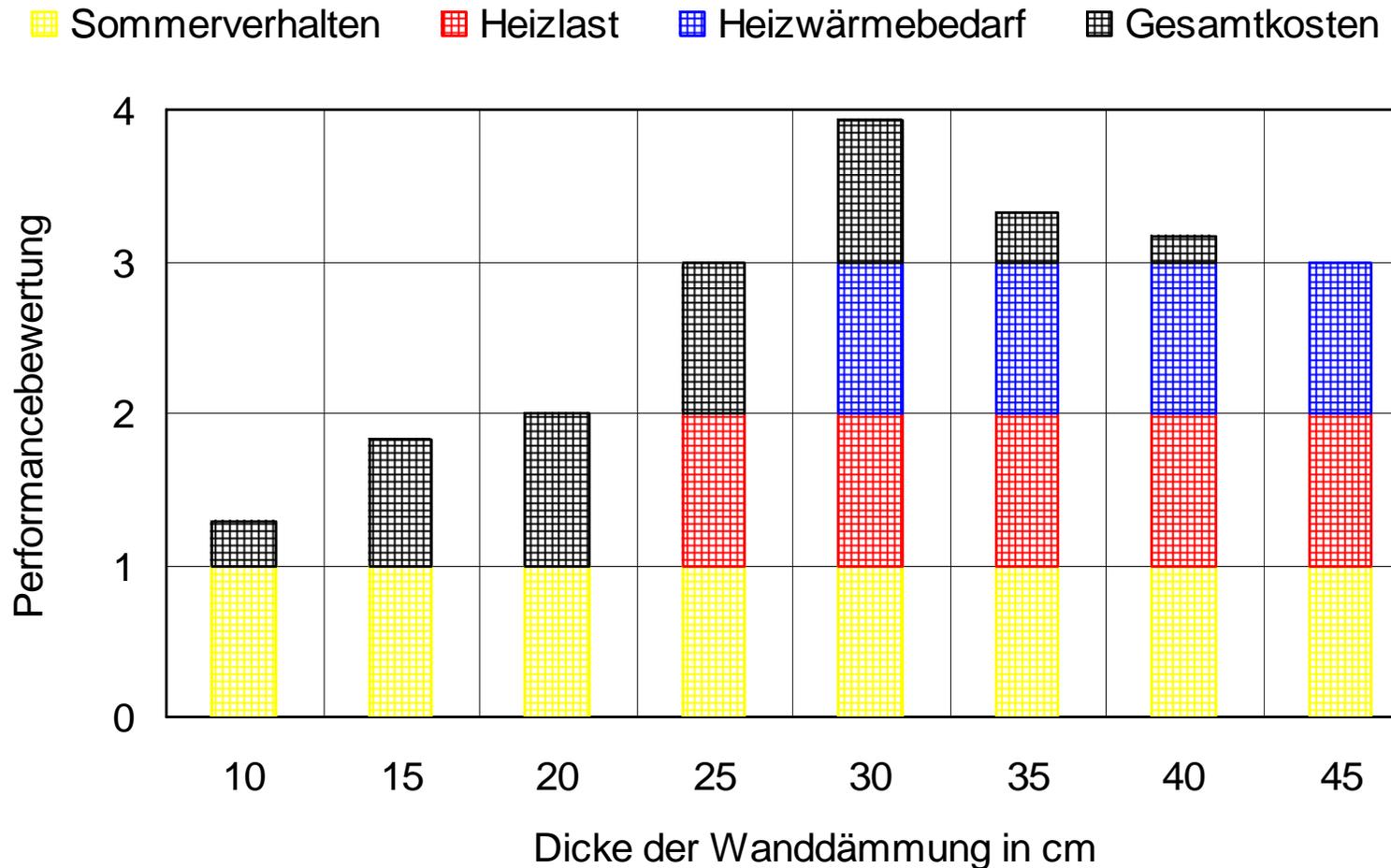
Kann das Heizsystem minimiert werden – Heizen der Zuluft ?

$$\frac{\dot{Q}_{ZU}}{A} = c \cdot \rho \cdot \frac{\dot{V}}{A} \cdot \Delta T = c \cdot \rho \cdot h \cdot n \cdot \Delta T$$

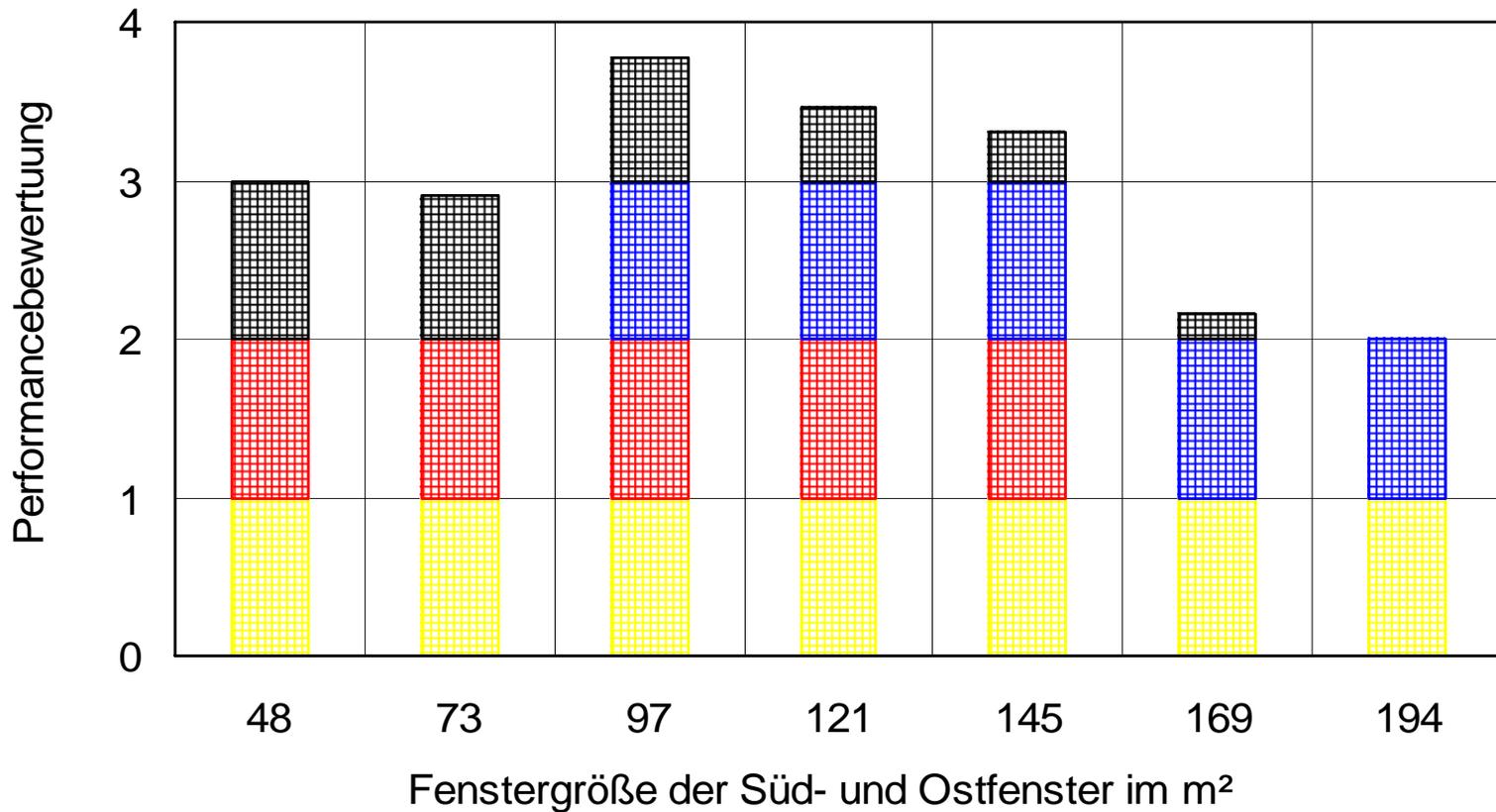
maximale Leistung in W/m<sup>2</sup>

n in h <sup>-1</sup> \ h in m	0.3	0.4	0.5
2.5	8	10	13
2.6	8	10	13
2.7	8	11	14

**Mit einer maximalen Heizleistung von 10 W/m<sup>2</sup>(EBF) kann die notwendige Heizleistung erbracht werden**

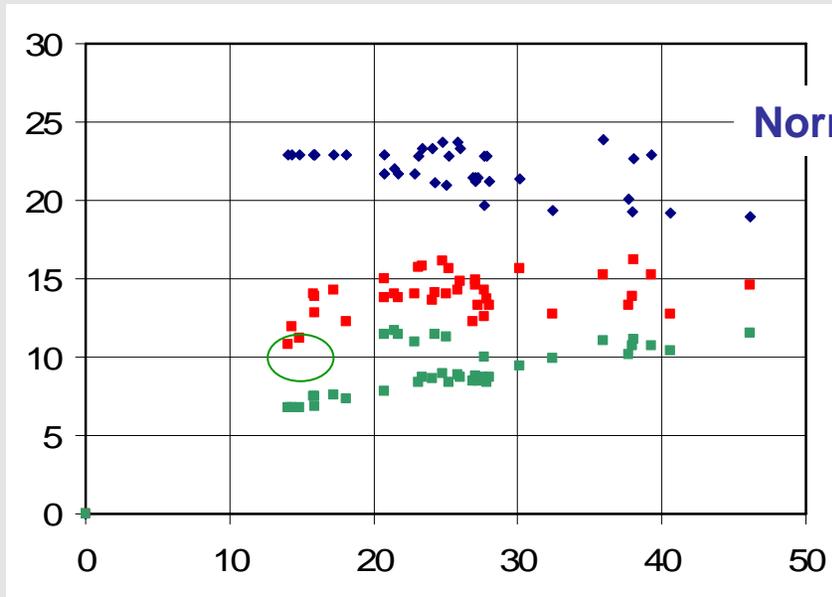


■ Sommerverhalten ■ Heizlast ■ Heizwärmebedarf ■ Gesamtkosten





Heizlast in  $\text{W/m}^2\text{NGF}$

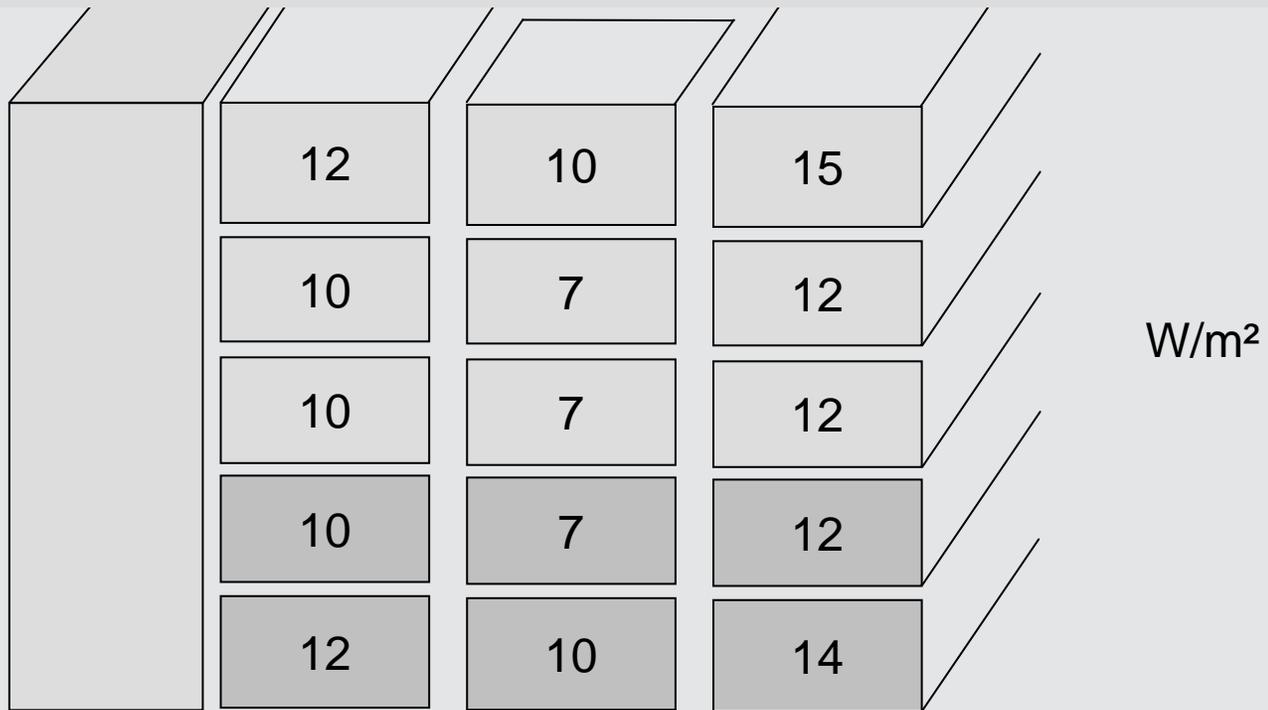


„Real“	9.3 $\text{W/m}^2\text{NGF}$ 10.4 $\text{kWh/m}^2\text{NGF}$
Norm	21 $\text{W/m}^2\text{NGF}$ 7 $\text{kWh/m}^2\text{NGF}$

Nächste Nachbarn mitheizen  
Alle heizen

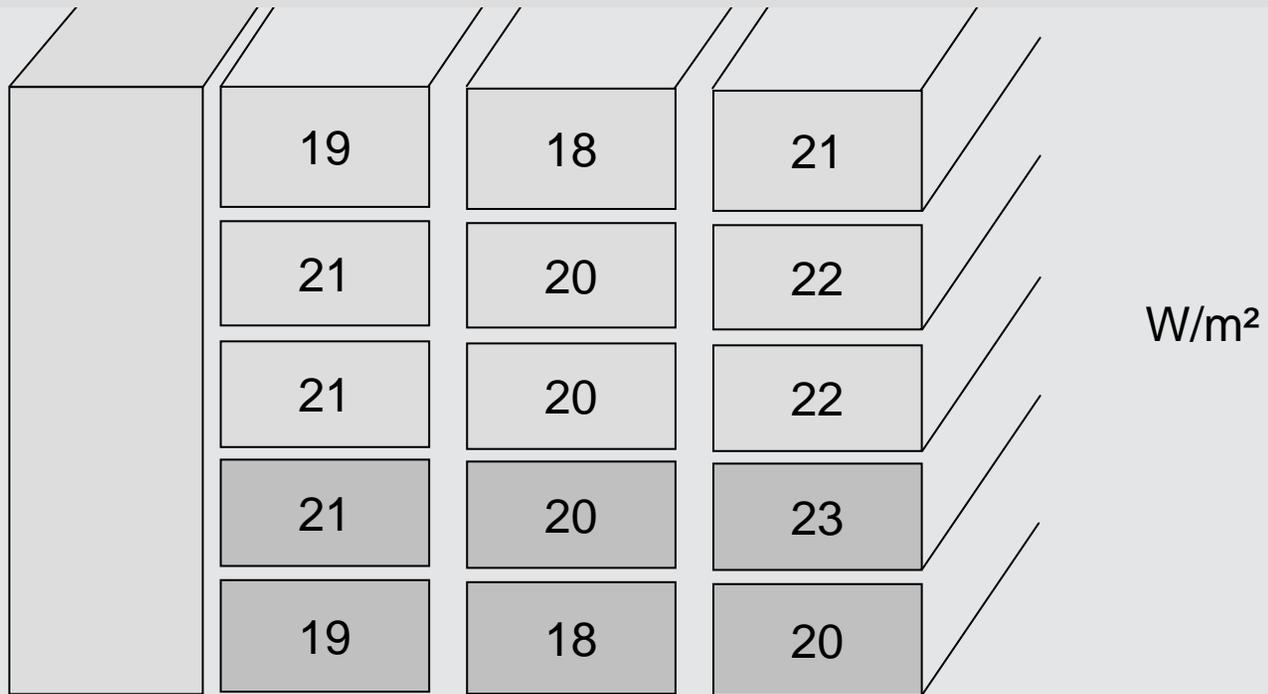
Heizwärmebedarf in  $\text{kWh/m}^2\text{NGF}$

# Heizlast ohne Berücksichtigung des Einflusses der Nachbarwohnungen



Mittelwert 11 W/m<sup>2</sup>

# Heizlast mit Berücksichtigung des Einflusses der Nachbarwohnungen



Mittelwert 20 W/m<sup>2</sup>

## themenwohnen musik

Entwicklung eines urbanen Stützpunktes für Musiker

U. Schneider, F. Oettl, B. Quiring, et.al.

Ausgehend von einem speziellen Nutzerprofil wird ein Gebäudekonzept für Musiker mit der Hauptfunktion Wohnen entwickelt und realisiert.

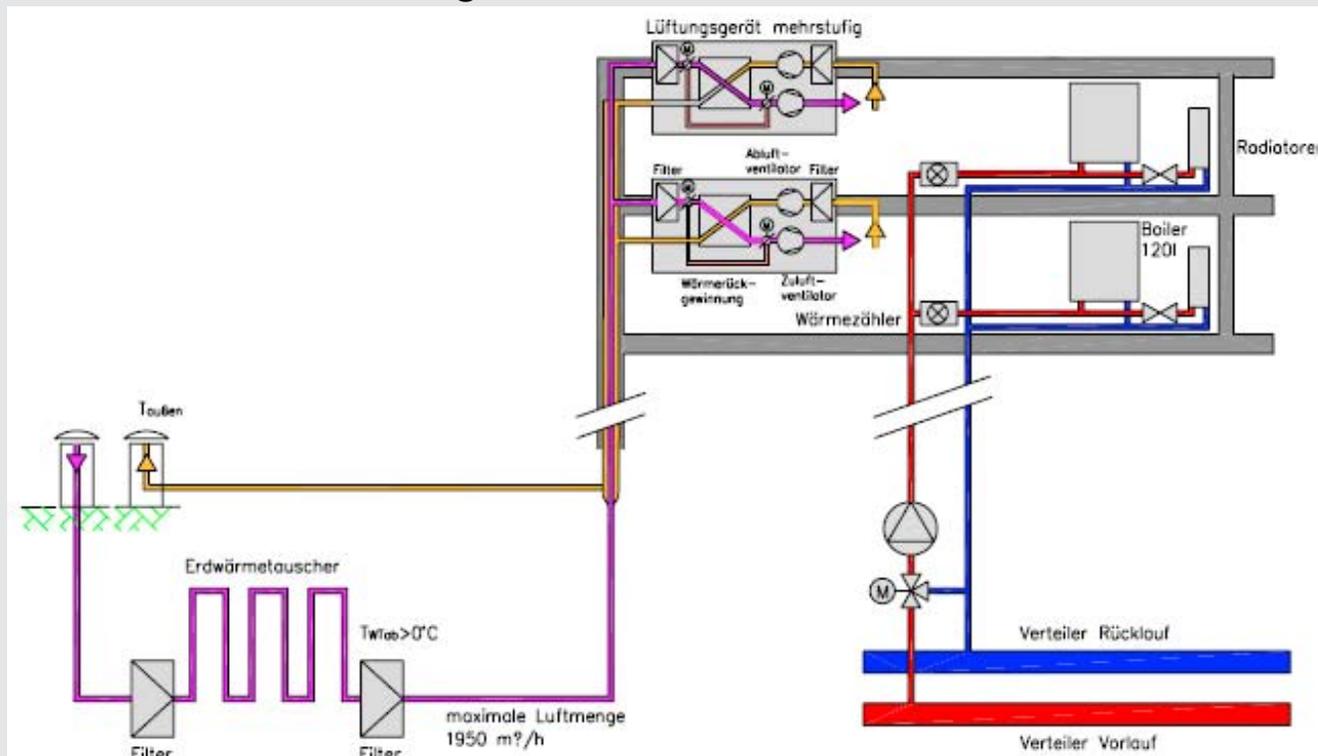
Schwerpunkte sind

1. Den Grundstein für die Energieeffizienz in der Wahl des Standortes zu legen
2. Untersuchung der ökologischen Konditionierung der Luftfeuchtigkeit in Aufenthaltsräumen
3. Die Fragestellung: was ist raumakustischer Komfort? und eine Untersuchung der raumakustischen Qualität von Wohnräumen als Beitrag zur ganzheitlichen Wohnqualität.
4. Untersuchung der akustischen Qualität von ökologischen Baustoffen



## Heizung und Warmwasserbereitung

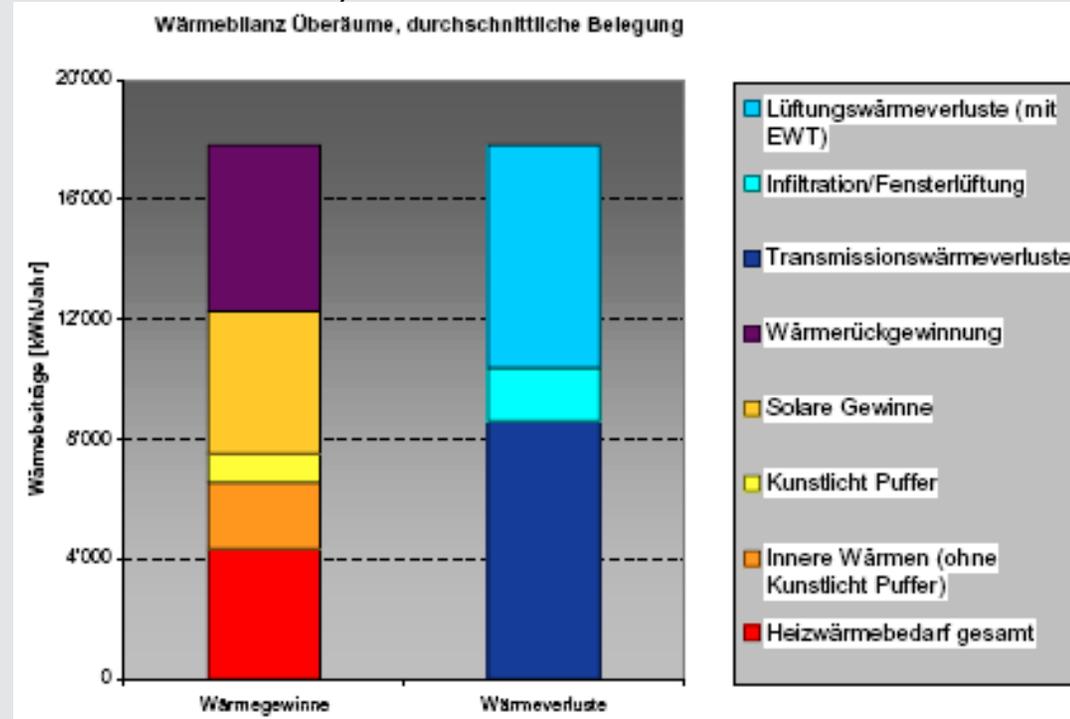
Die Beheizung der Räume erfolgt über statische Heizflächen (Niedertemperatur), sodass auch ein Wand- oder Fußbodenheizsystem eingesetzt werden kann. Dieses Netz wird außentemperaturabhängig vorgeregelt. Zweimal täglich wird diese Temperatur angehoben, um die Warmwasserspeicher durchzuladen. Auf diese Weise werden minimale Verteilungsverluste erreicht.



## Heizwärmebedarf

Der Heizwärmebedarf der Überäume und des Pufferraums sind stark nutzungsabhängig. Der Heizwärmebedarf ist inkl. Pufferraum passivhaustauglich (ca. 9kWh/m<sup>2</sup>Jahr), bei hervorragender Raumluftqualität (hoher Luftwechsel zwischen 42-47m<sup>3</sup>/h, hohe relative Luftfeuchte im Winter >40%).

Die solaren Gewinne sind durch den hohen Verglasungsanteil verhältnismäßig hoch für ein innerstädtisches, hochverdichtetes Gebäude. Die inneren Wärmen durch Licht in den Überäumen und die Personen sind im Vergleich zu Wohngebäuden deutlich geringer (ca. 50%).



EWT - Erdwärmetauscher



Christophorushaus

Franz X. Kumpfmüller  
Arch. Di Albert Böhm  
Arch. Mag. Ing. Helmut Frohnwieser  
DI Cristian Obermayr  
Cristian Fink  
Thomas Mach  
Doris Schlossgangl  
EBP Bmstr. Ing. Eduard Preisack  
MIVA, BBM, CHH



## Energetischer Optimierungsprozess des Christophorus Hauses

Optimierung des Gebäudeverhaltens bei klimatischen Spitzenbelastungen mit Hilfe von Gebäudesimulation

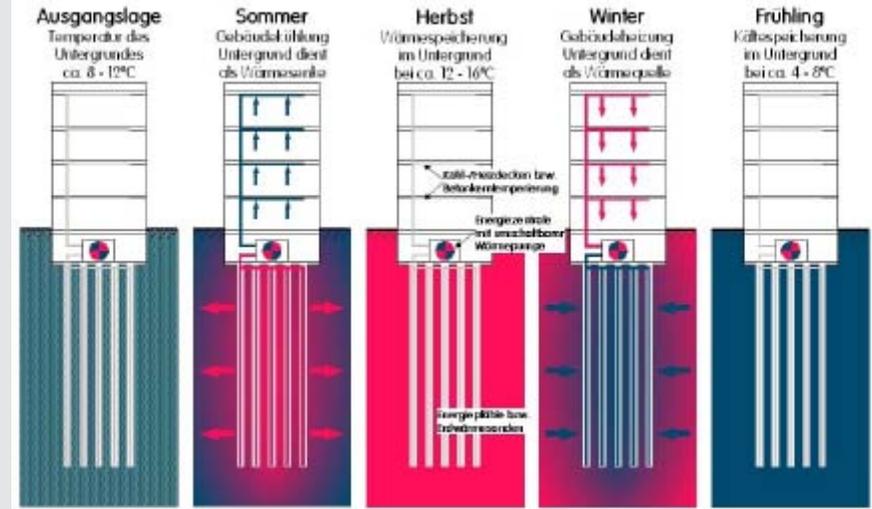
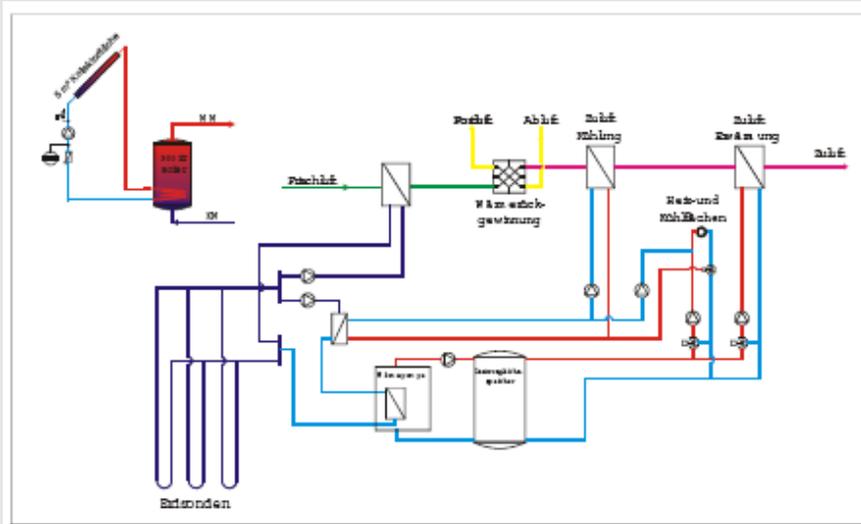
- ▶ 20 thermische Zonen
- ▶ Extrem "Heizen,, (1996 war für den Standort das kühlfste Jahr der letzten Dekade)
- ▶ Extrem "Kühlen" (1994 war für den Standort das heißeste Jahr der letzten Dekade)
- ▶ Definition der Gebäudebelegung (Tages-, Wochen- und Monatsprofile)
- ▶ Definition der Luftwechselraten (Nichtraucherbüros - 30 m<sup>3</sup>/h und Person)
- ▶ Definition der Beleuchtungslasten- und Zeiträume
- ▶ Definition von EDV-Nutzungszeiten
- ▶ Definition von Verschattungsgraden
- ▶ Regelungskriterien für alle haustechnischen Systeme

## Energetischer Optimierungsprozess des Christophorus Hauses

- ▶ Gezielte U-Wert Verbesserungen an opaken Bauteilen (Ausführungsvariante:  $U_{AW}$  und  $U_{Dach} < 0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
- ▶ Vermeidung von Wärmebrücken
- ▶ Maßnahmen zur Reduktion des Fugenluftwechsels (Infiltration)
- ▶ Integration einer hochwertigen Wärmerückgewinnung in der mechanischen Lüftungsanlage (Wärmerückgewinnungsgrade zwischen 0,78 und 0,86)
- ▶ Berücksichtigung eines freien Nachtlüftungskonzeptes

## Energetischer Optimierungsprozess des Christophorus Hauses

- ▶ Gezielte Reduktion des Glasflächenanteils der Atriumverglasung (Reduktion um etwa 50 %) sowie Änderung der Orientierung
- ▶ Gezielter Einsatz von Sonnenschutzverglasungen vs. Wärmeschutzverglasungen (Bandbreite der g-Werte zwischen 0,3 und 0,6)
- ▶ Gezielte Reduktion von Verglasungsanteilen (öffenbar und fix verglast, Ausführungsvariante:  $U_{V, eingebaut}$  [0,85 W/m<sup>2</sup>K])
- ▶ Optimierte Beschattungsstrategien (Kombination aus Gebäudeanforderung und vorherrschender Einstrahlung)
- ▶ Optimierte Beleuchtungsstrategien (Tageslichtnutzung über Oberlichten und energiesparende Beleuchtungskörper - Einbaudownlights; Konstantregelung der Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz durch Lichtsensor)
- ▶ Aufgrund der Ausführung als Holzkonstruktion mussten gezielt nutzbare Speichermassen eingebracht werden (über Estriche, massive Innenwände und Stiegenhaus etwa 100 Tonnen)



## Wärmequelle, Wärmesenke und Bereitstellung der nötigen Antriebsenergie

Als Wärmequelle (Heizbetrieb) und als Wärmesenke (Kühlbetrieb) dient das Erdreich, das über 8x100 m lange Duplex-Erdsonden (Doppel-U-Rohre, DN 32) aktiviert wird. Im Heizbetrieb dienen die Tiefensonden als Wärmequelle für eine Wärmepumpe (Produkt IDM, Nennleistung 43 kW bei einem COP von 4,03). Dabei wird dem Erdreich Wärme entzogen und somit ein günstiges Temperaturprofil im Erdreich für den sommerlichen Kühlfall hergestellt.

Zur Deckung des **Brauchwasserbedarfes** wurde eine 6 m<sup>2</sup> große thermische Solar-anlage mit einem solaren Deckungsanteil von mehr als 70% installiert. Die Nachheizung an sonnenarmen Tagen erfolgt mit elektrischem Strom. Um den **Strombedarf** für die Wärmepumpe bzw. für die Antriebsenergie von Pumpen und Ventilatoren im Jahreschnitt größtenteils CO<sub>2</sub>-neutral bereitzustellen, wurde eine netzgekoppelte Photovoltaikanlage mit einer Spitzenleistung von 9,8 kW<sub>peak</sub> installiert. Dabei wurden etwa 3,6 kW<sub>peak</sub> in der Fassade und etwa 6,2 kW<sub>peak</sub> um 40° geneigt am Dach der Lagerhalle angebracht.

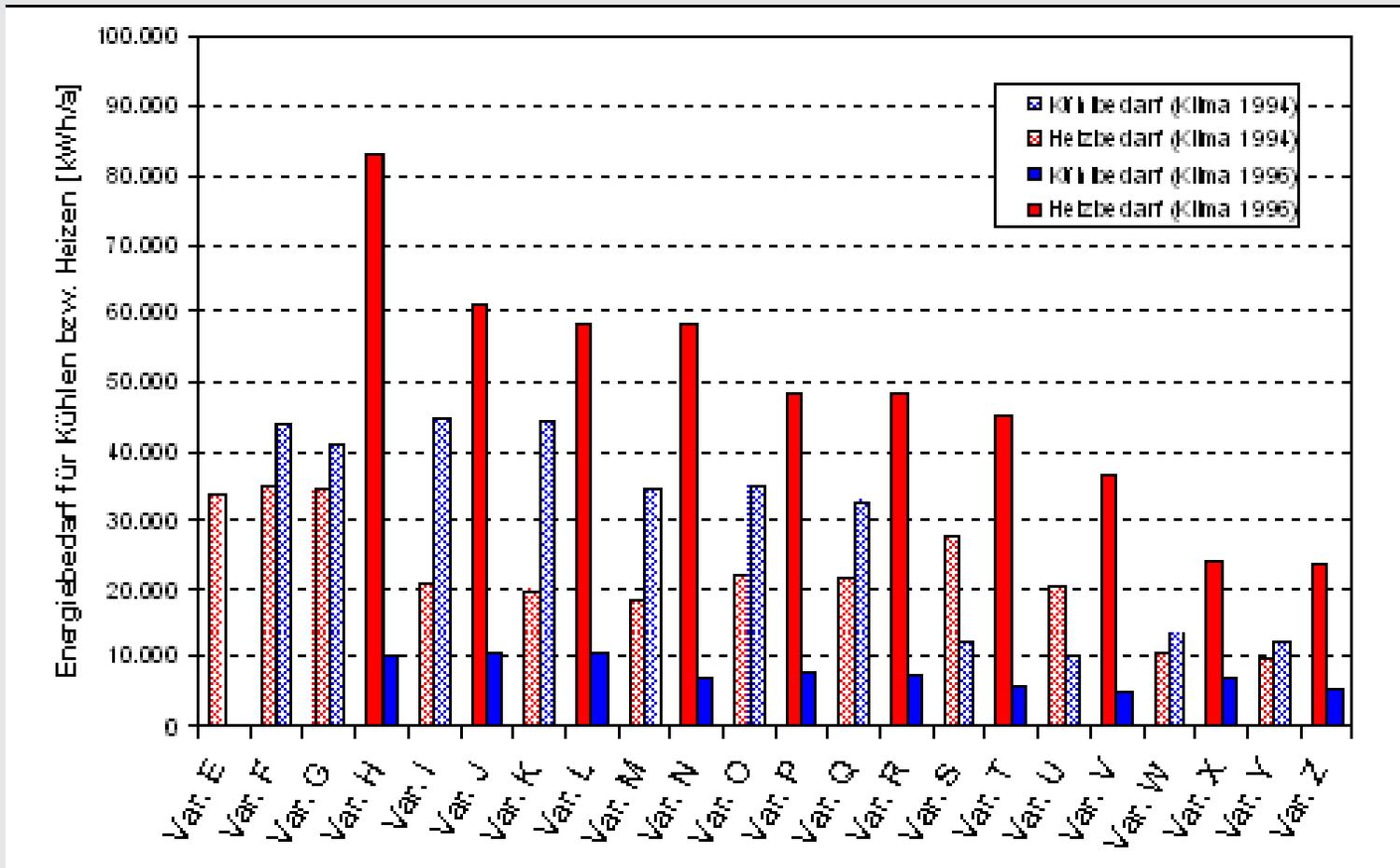


Abbildung 2: Jährliche Heiz- und Kühlenergieverbräuche - Darstellung des Optimierungsprozesses

(Varianten E und F basieren auf dem Klimadatensatz 1994 - Extrem "Heizen", ab Variante G jeweils Klimadatensatz 1994 und Klimadatensatz 1996 abwechselnd)

## Städtebau - Solares Strahlungsangebot – Sonneplatz Großschönau

### Ziele

Ziel ist es, in erster Linie einen "lebenden" Ortsteil zu schaffen und nicht eine Siedlung, die zur Schaustellung von Musterhäusern dient. Wir wollen einen Beitrag zur rascheren Verbreitung des nachhaltigen und ressourcenschonenden (d.h. baustoff-, energie-, raum- und verkehrsreduziert) Bauens und Sanierens leisten.

Das Ziel ist es, Unternehmen in Richtung innovativer Baukonzepte Perspektiven zu eröffnen bzw. einen Wettbewerbsvorsprung zu verschaffen. Mit dem Projekt wollen wir zur Entstehung ähnlicher regionaler KMU-Netzwerke in anderen Regionen ermutigen. Durch Probewohnen, Baustellenbesichtigungen und Passivhaustourismus, Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen, Energieerlebniscamp, Wissenstransfer und Gründerzentrum .....

### Methode der Bearbeitung

Umsetzung eines innovativen und ökologisch orientierten Siedlungsentwicklungs- konzeptes für den ländlichen Raum

Errichtung eines Musterhausparks in Passivhausqualität mit Probewohnfunktion

Errichtung eines multifunktionalen, großvolumigen Passivhauses als Energietechnologiezentrum

Beratung und Informationsdienstleistungen

Forschungs- und Entwicklungsarbeiten

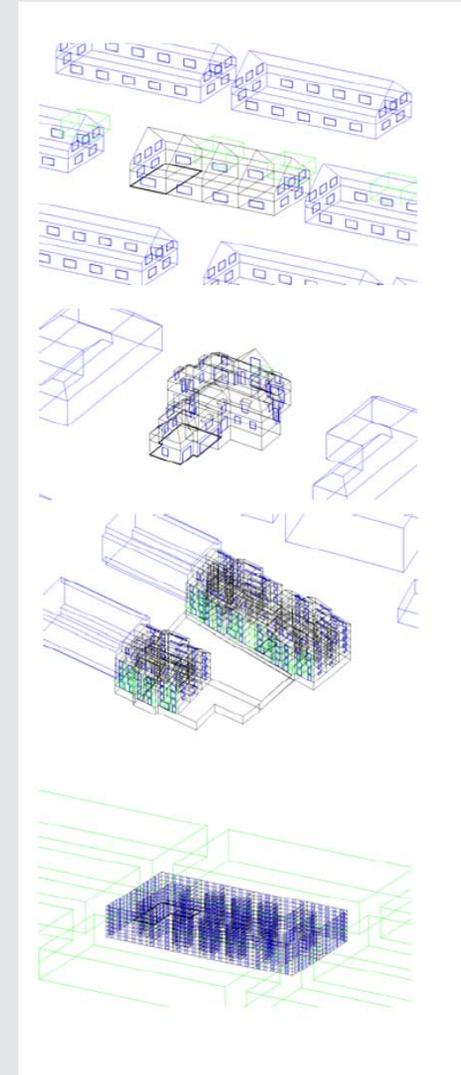
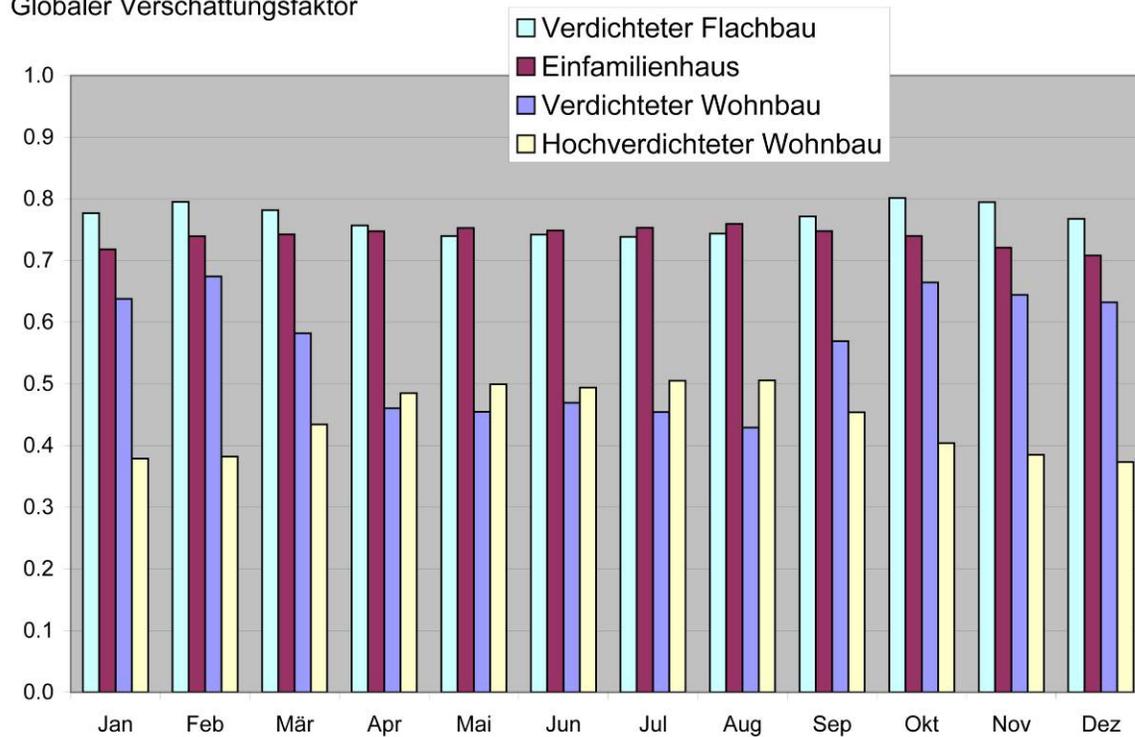
Energieerlebniswelt

Gründerzentrum für Unternehmen im Bereich energieeffizienten und nachhaltigen Bauens

## ► Tageslicht und Solare Einstrahlung

### Städtebau - Solares Strahlungsangebot

Globaler Verschattungsfaktor



## ► Tageslicht und Solare Einstrahlung

„Grünes Licht“ - Tageslicht im Wohnbau

### **Ergebnisse Tageslichtoptimierung**

#### **Definition eines zeitgemäßen Standards**

Prinzipiell ist die generelle Unterteilung der Forderungen aus der DIN 5034 nach Sichtverbindung, Helligkeit, Blendung und Besonnung sinnvoll.

Berechnungen haben die Nettoglasfläche der Bewertung zu unterziehen.

Erhöhung der derzeitigen Vorgaben um einen Faktor 1,5 um die Verminderung des Lichttransmissionswertes von zukünftigen 3fachverglasungen auszugleichen.

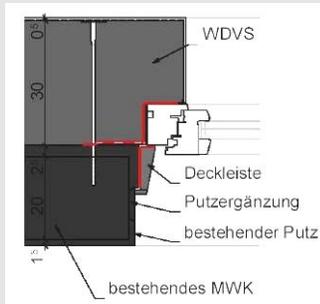
Anzustreben ist eine maximale Verschattung durch Nachbargebäude von 30° oder ein Verhältnis Abstand/Höhe von 2:1.

#### **Optimierung der Lichtmenge pro Fenster**

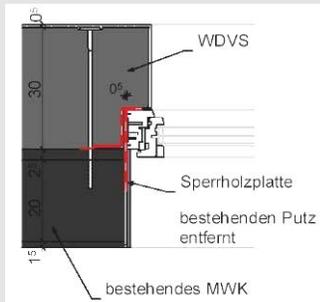
Alle im Modell gemessenen Varianten der Leibungsbildung unterscheiden sich wenig, so lange die Leibung weiß gestrichen ist. Daher erscheint es nicht sinnvoll eine Abschrägung der Leibung mit erhöhtem technischen und finanziellen Aufwand umzusetzen.

Den wesentlichsten Einfluss hat jedoch der Glasanteil eines Fensters. Während normale Fenstergrößen und Passivhausprofile einen Rahmenanteil von 50 % besitzen, kann mit schlanken Profilen, großen Formaten und Fixverglasungen eine Vergrößerung der Glasfläche von bis zu 60% erzielt werden.

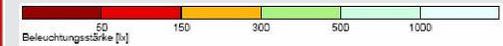
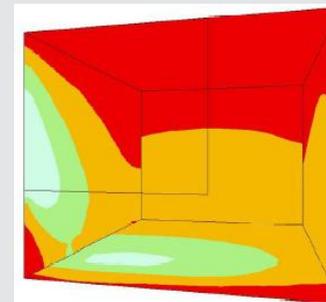
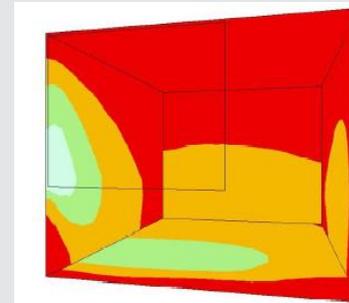
## ► Tageslicht und Solare Einstrahlung



Breites Passivhausfenster,  
Rahmenansichtsbreite 154mm  
und Standardeinbau,  
Glasfläche 1,95m<sup>2</sup>,  
Reduktionsfaktor 70%

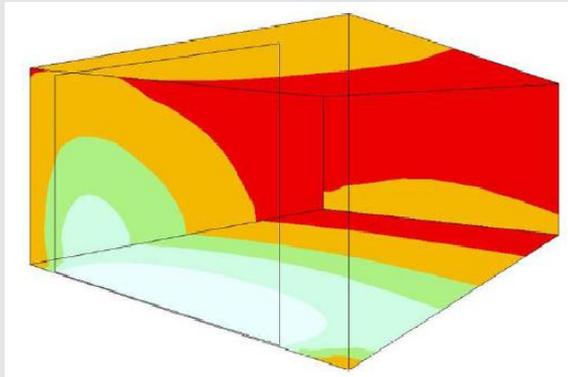


Schlankes Passivhausfenster,  
Rahmenansichtsbreite 91mm  
und optimierter Einbau,  
Glasfläche 2,31m<sup>2</sup>,  
Reduktionsfaktor 76%

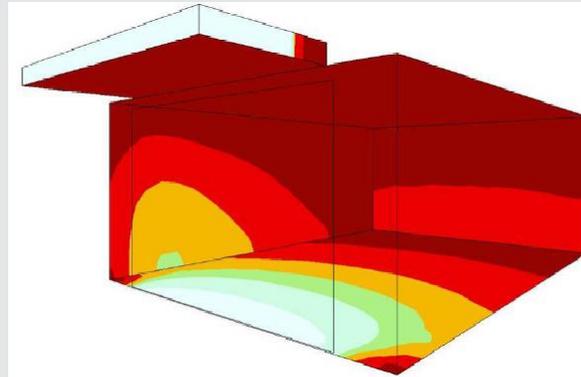


## ► Tageslicht und Solare Einstrahlung

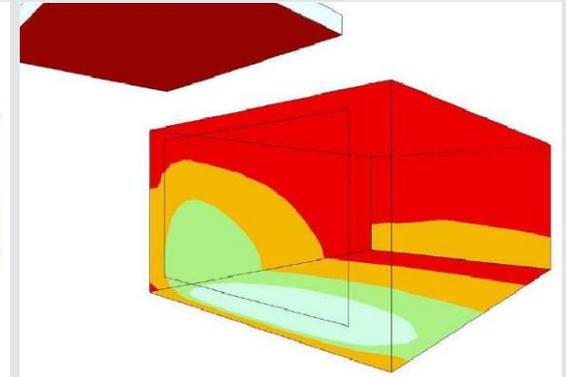
- Balkone mit Nutztiefe 1,80 m höher setzen auf 40 cm über FOK.  
Mit zweimaligem Höhersetzen sind noch Steigerungen der Nutztiefe möglich  
seitliches Versetzen gegenüber dem dahinter liegenden Raum



Referenzraum ohne Balkon



Referenzraum mit Balkon



Referenzraum optimiert mit  
höhergesetztem Balkon

## ► Luftfeuchte (Feuchtepufferung, Feuchterückgewinnung)

$$c_i = c_e + \frac{\dot{m}}{n \cdot V}$$

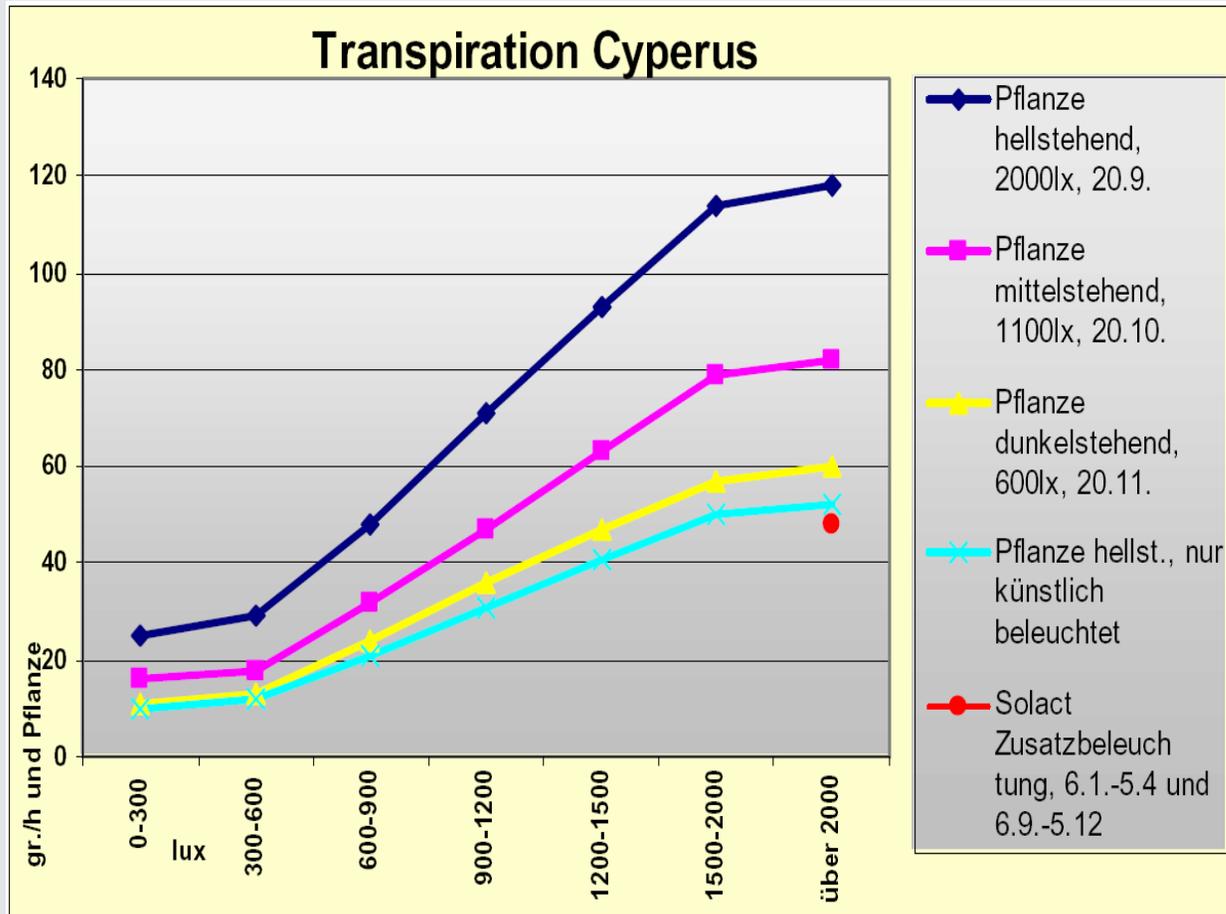
Feuchtigkeitsquellen	Wasserdampfmenge in kg pro Stunde
Mensch, leichte bis mittlere Aktivität	30 bis 60 g pro Stunde
geschleuderte Wäsche trocknen	10 bis 50 g pro Stunde pro kg Wäsche
nasse Wäsche trocknen	25 bis 120 g pro Stunde pro kg Wäsche
Zimmerblumen (z.B. Veilchen)	5 bis 10 g pro Stunde
Topfpflanzen (z.B. Farn)	7 bis 15 g pro Stunde
mittelgroßer Gummibaum	10 bis 20 g pro Stunde
freie Wasseroberfläche (Aquarium)	40 g pro Stunde pro Quadratmeter

### Monatsmittelwert der Raumlufffeuchte in %

h \ n	0.3	0.4	0.5
2.5	27	25	24
2.6	27	25	23
2.7	27	24	23

Minimale Feuchteproduktion:  
2.5 kg/d 80m<sup>2</sup> Wohnung

## ► Luftfeuchte (Feuchtepufferung, Feuchterückgewinnung)

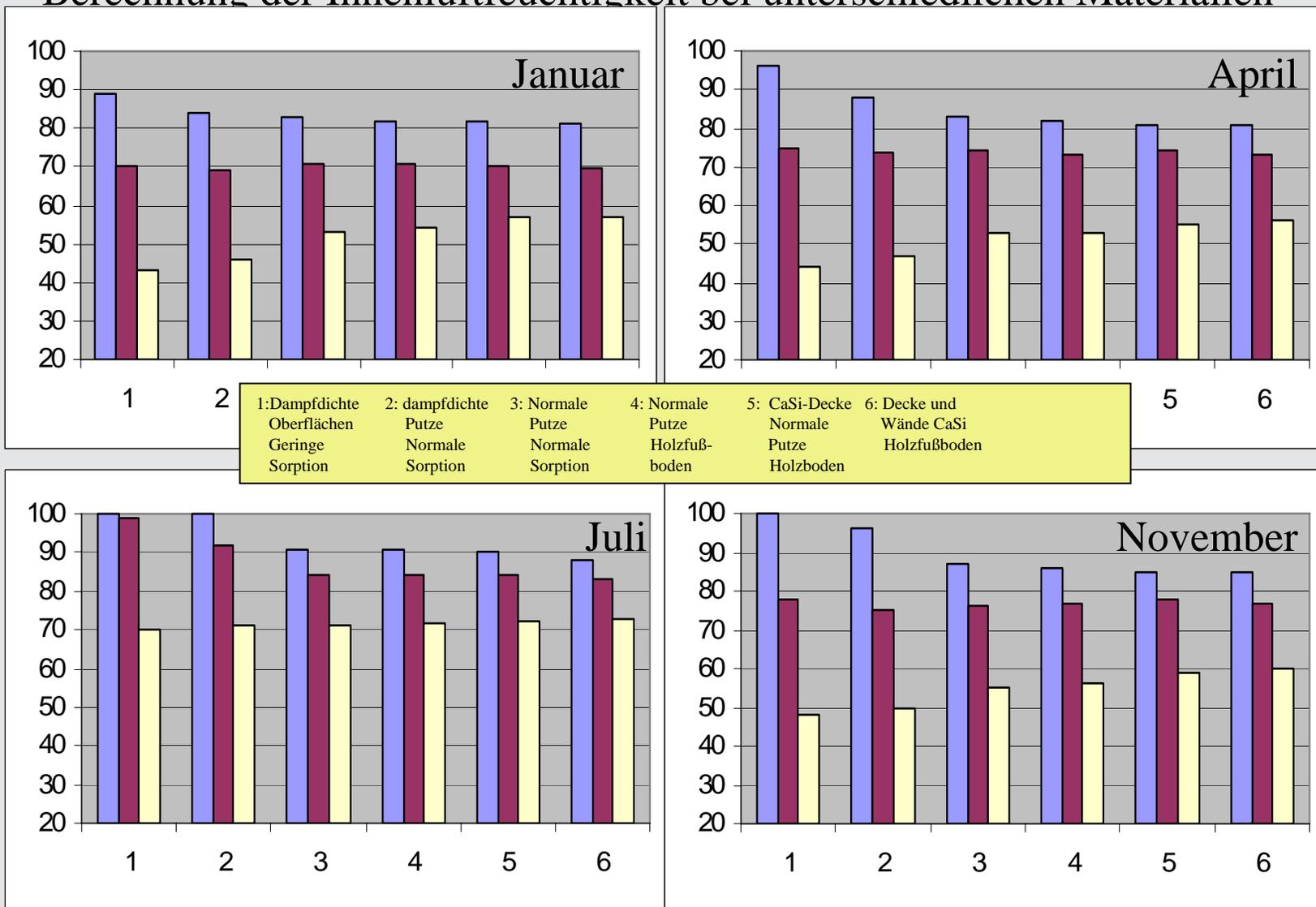




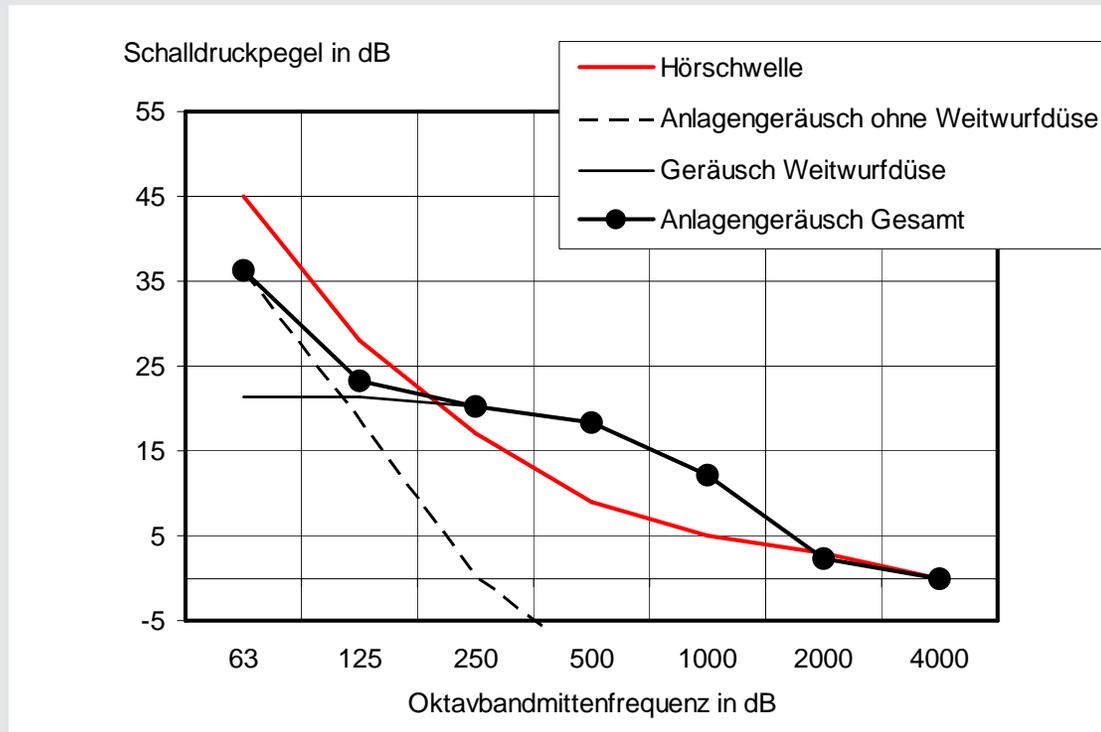
## ► Luftfeuchte (Feuchtepufferung, Feuchterückgewinnung)

RELATIVE LUFTFEUCHTE			Jahresverteilung		Jahresverteilung der Luftfeuchte in den Überäumen											
Vergleichsvariante (Zuluft konventionell)			Variante 2 (Zuluft Pufferung)		Ausführungsvariante (Zuluft Pufferraum mit Kunstlicht)											
Durchschnitt	Raum19	Raum20	tägl. Nutzungsdauer	nicht	Durchschnitt	Raum19	Raum17	Raum12	Raum20	Raum8	Raum2	Raum6	Raum5	Raum3	Raum1	
Std.[h]	Std.[h]	Std.	Min.	Max.	rF[%]	Std.[h]	Std.	rF[%]	Std.[h]							
25.6	23.4		35.9	63.0	< 17.5	0		< 17.5	0	0	0	0	0	0	0	
61.2	61.2				20	0		20	0	0	0	0	0	0	0	
0	0		454	890	25	0		25	0	0	0	0	0	0	0	
0	0		1170	2492	30	0		30	4	0	0	0	0	0	0	
451	1119		3629	122	35	0		35	0	2040	0	0	0	0	0	
1754	1942		3	0	40	0		40	175	2773	909	751	194	158	17	
1603	1167		0	0	45	0		45	1884	2224	1941	2135	2167	2210	1060	
1073	801		0	0	50	0		50	2644	1645	2184	2608	1932	3090	1810	
2354	1792		0	0	55	0		55	4007	74	3288	3254	4059	3286	5295	
1202	1724		0	0	60	0		60	50	0	438	12	408	16	569	
272	167		0	0	65	0		65	0	0	0	0	0	9	0	
51	48		0	0	70	0		70	0	0	0	0	0	0	0	
0	0		0	0	75	0		75	0	0	0	0	0	0	0	
0	0		0	0	80	0		80	0	0	0	0	0	0	0	
0	0		0	0	85	0		85	0	0	0	0	0	0	0	
0	0		0	0	90	0		90	0	0	0	0	0	0	0	
0	0		0	0	> 92.5	0		> 92.5	0	0	0	0	0	0	0	

## Berechnung der Innenluftfeuchtigkeit bei unterschiedlichen Materialien

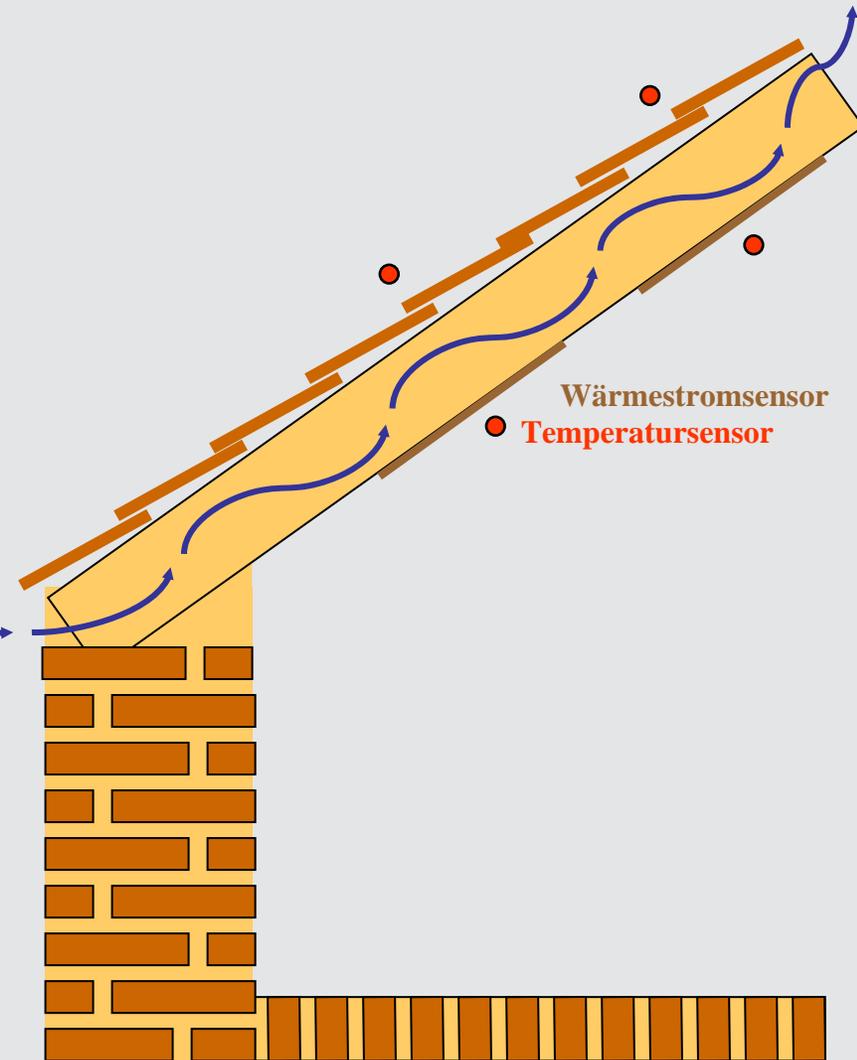
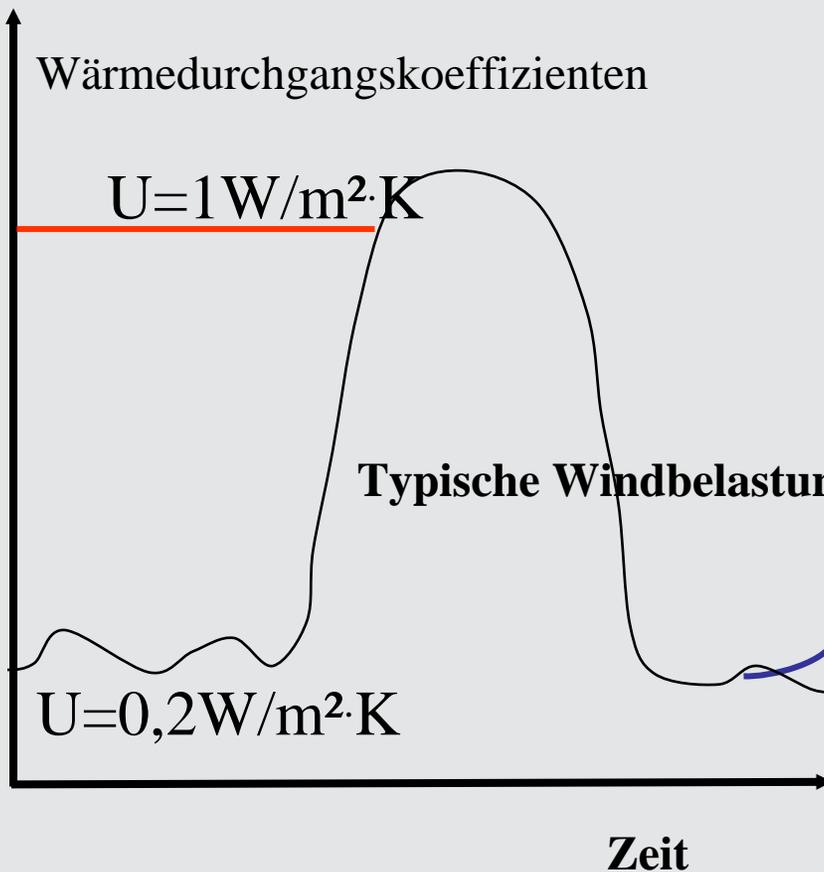


## ► Schallschutz - unhörbare/unauffällige Anlagen



A-bewerteter Schalldruckpegel im Raum = 19 dB

► Zuverlässigkeit

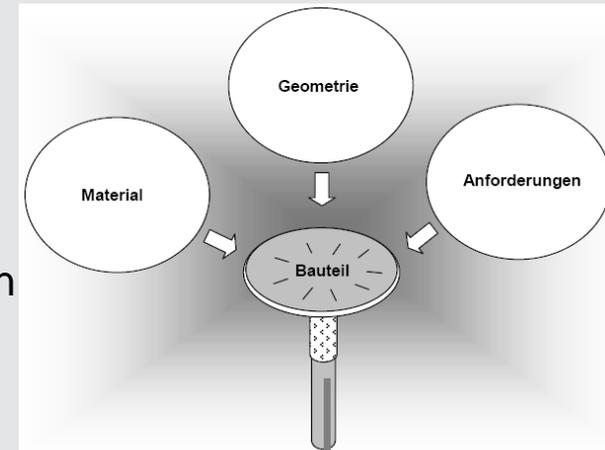
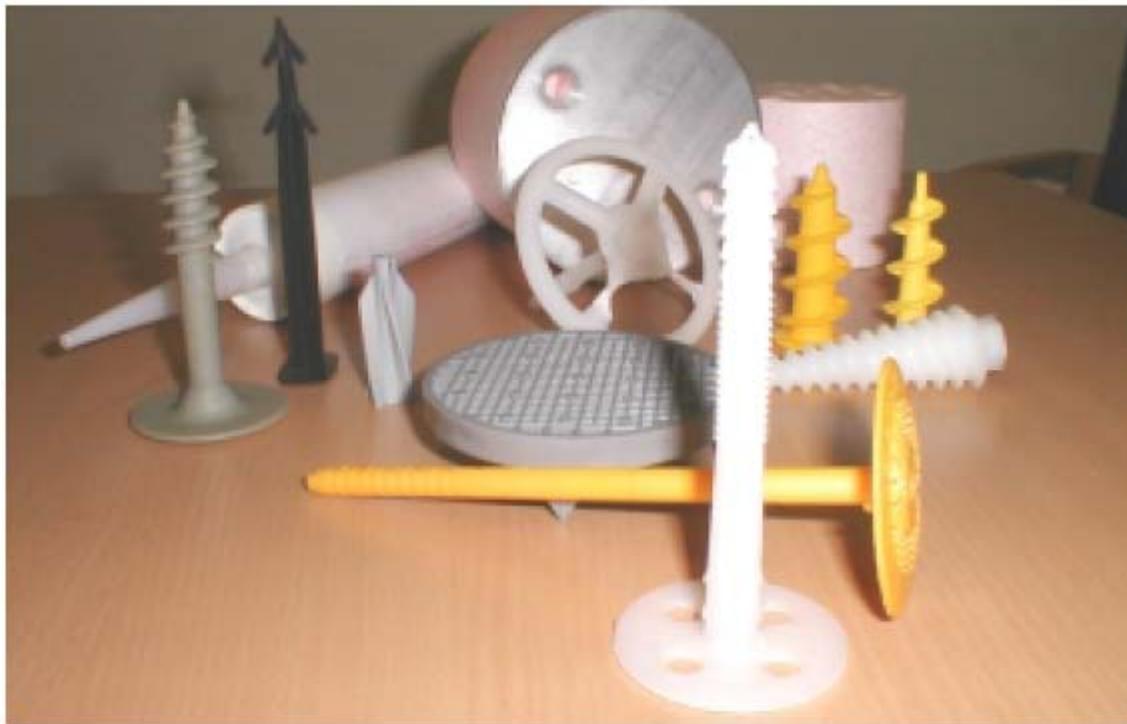


Wärmeverluste an Dächern von Niedrigenergiehäusern

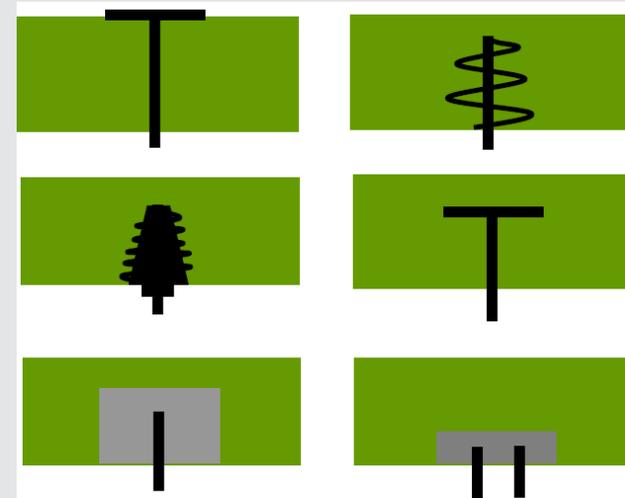
## ► Fassadendübel

„Konstruktionsrichtlinien für mechanisch hochbelastbare Verbindungstechniken von Dämmprodukten“

Auslegungskriterien für Befestigungselemente von Dämmstoffen



2: Grundlegende Einflussgrößen bei der Auslegung einer Konstruktion.



7: Schematische Darstellung einiger bestehender Ausführungsvarianten für die mech. Kräfteinleitung in Dämmstoffsysteme.

# Fassadendübel Schallschutz der Aussenfassade

	Putzschicht	Wandschichten			Putzschicht
		1	2	3	
Variante1		15 cm EPS	14 cm Beton	7 cm Sonderziegel	
Variante2	Klebspachtel	15 cm EPS	14 cm Beton	7 cm Sonderziegel	MPI 25
Variante3		15 cm EPS	15 cm Beton	10 cm Ziegel	
Variante4	Klebspachtel	15 cm EPS	15 cm Beton	10 cm Ziegel	MPI 25

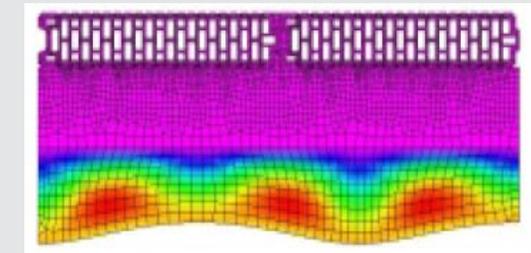
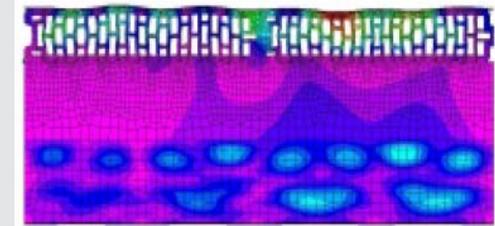
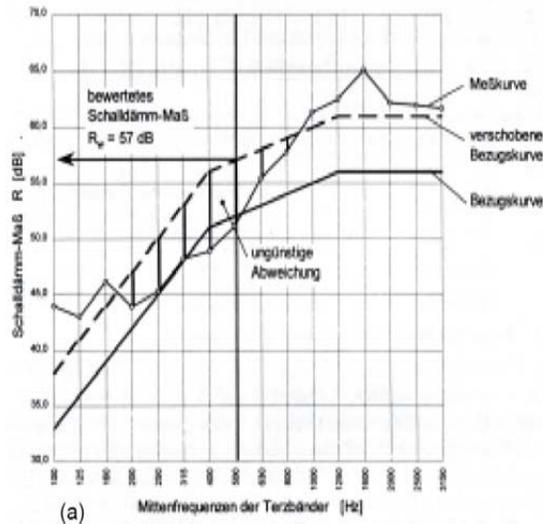
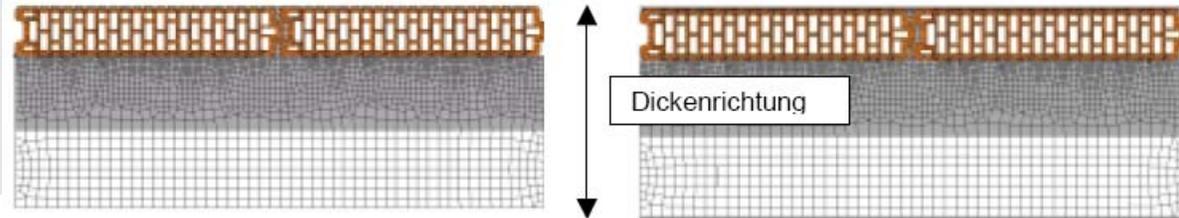
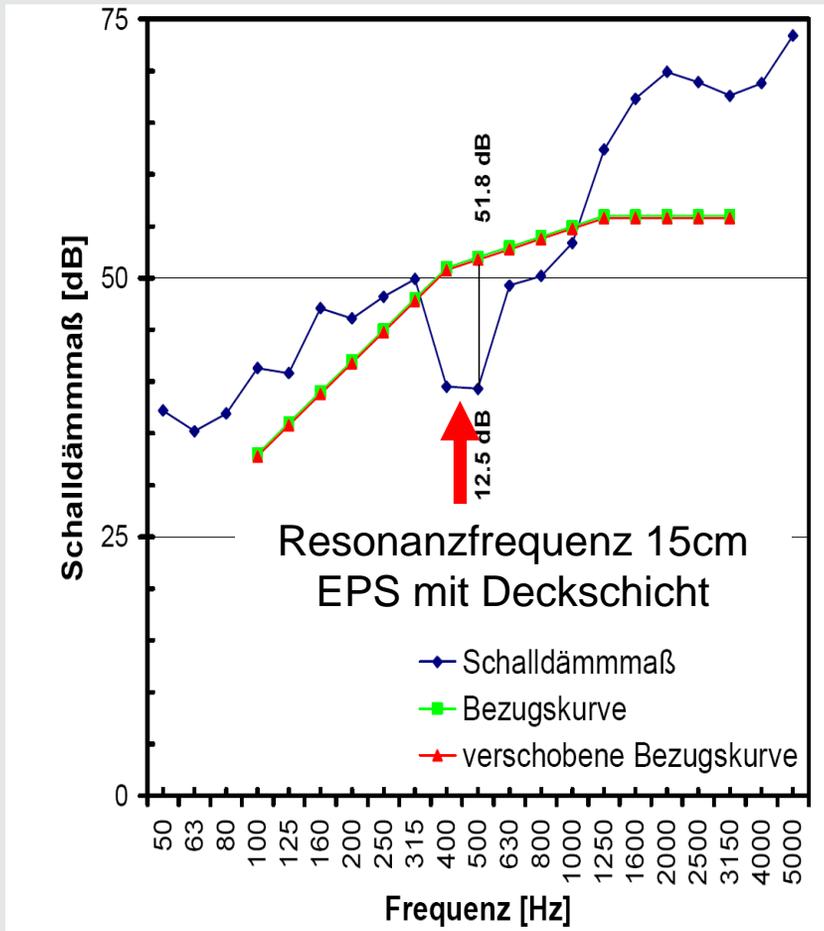
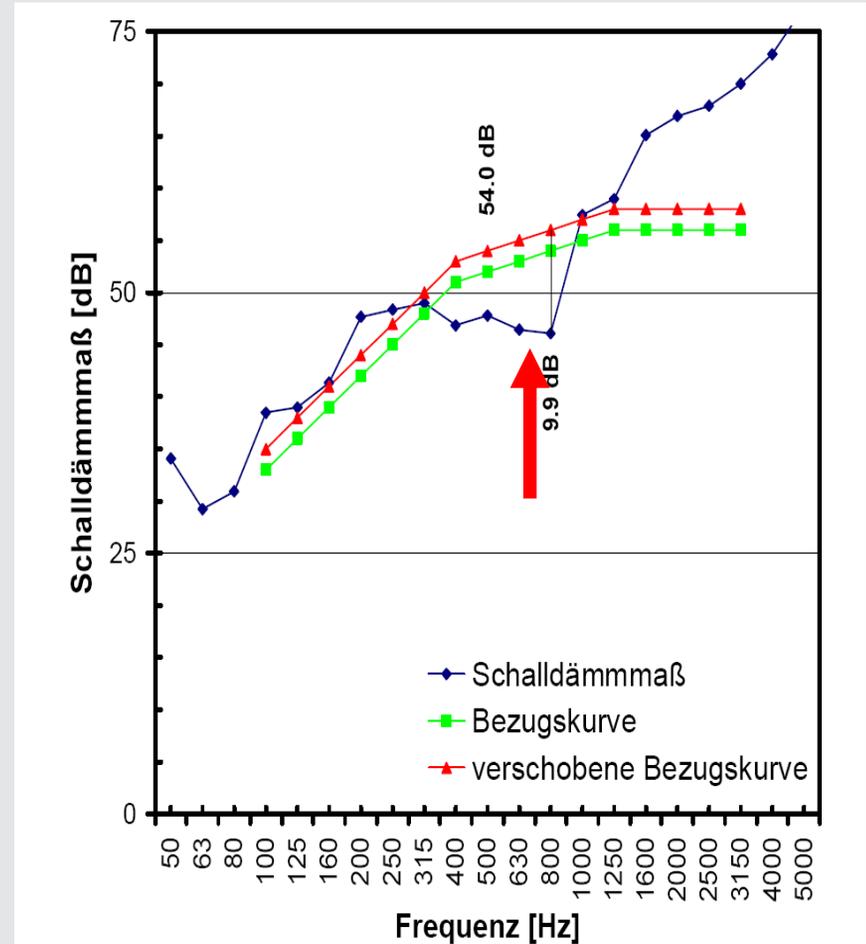


Abb. 5-18: Zeigt links (a) Bewertungsverfahren gemäß ÖNORM EN ISO 717-1 [6.2] und rechts (b) eine eingebaute Versuchswand.

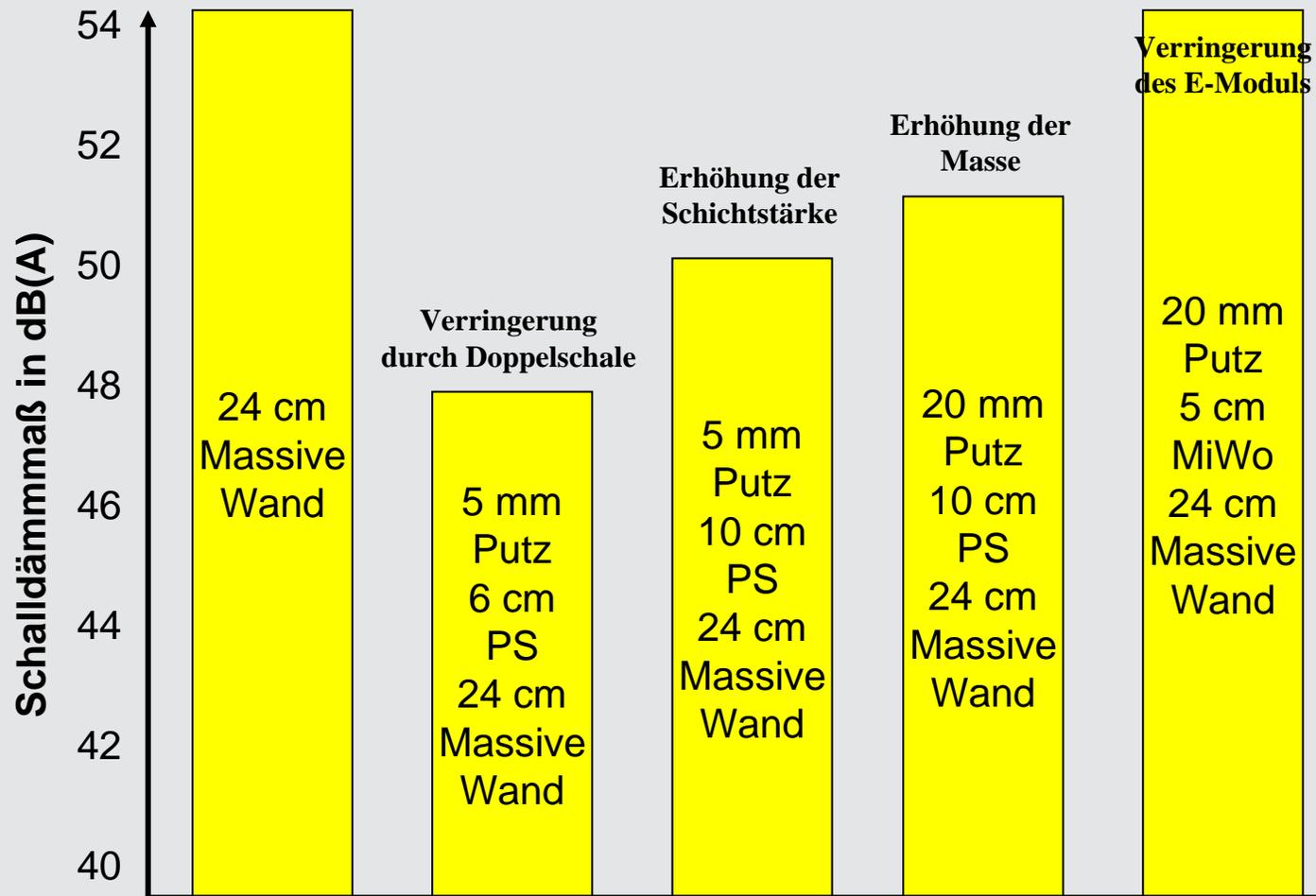
## Fassadendübel - Schallschutz der Aussenfassade



Variante 2



Variante 4



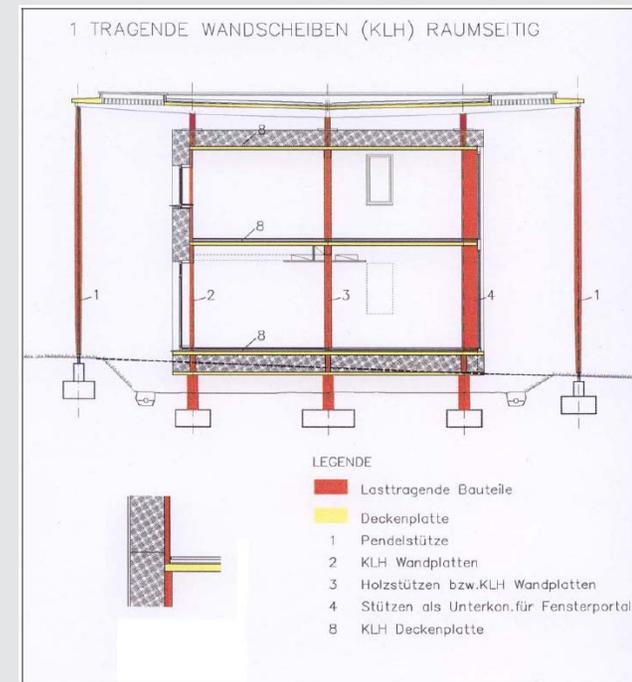
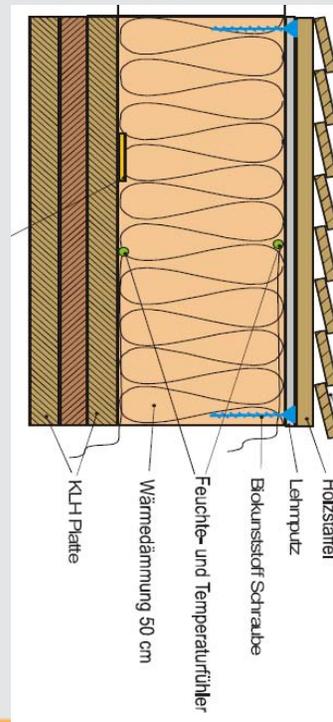
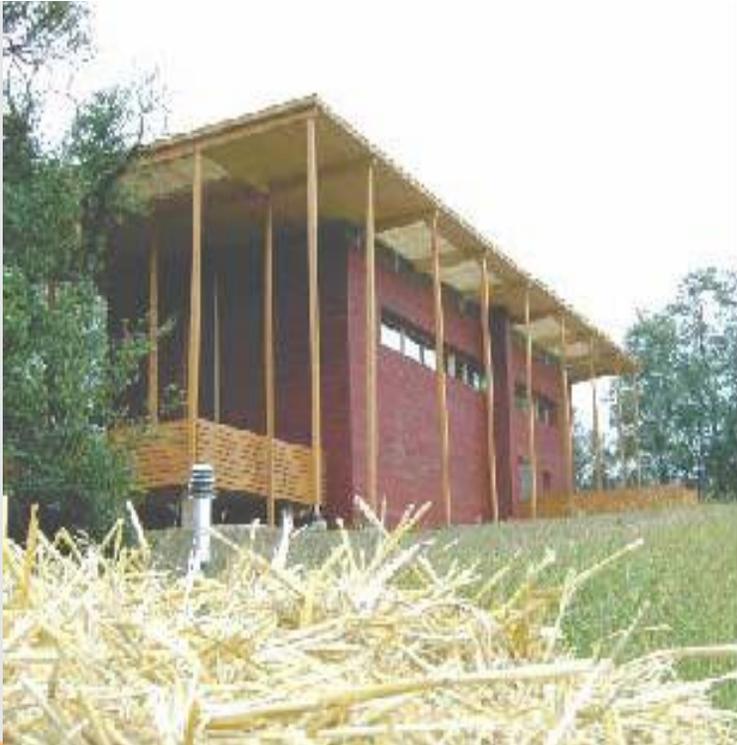
## Luftschalldämmung von Außenwänden - WDVS



## S-House - Innovative Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen

Beispiel eines Büro- und Ausstellungsgebäudes

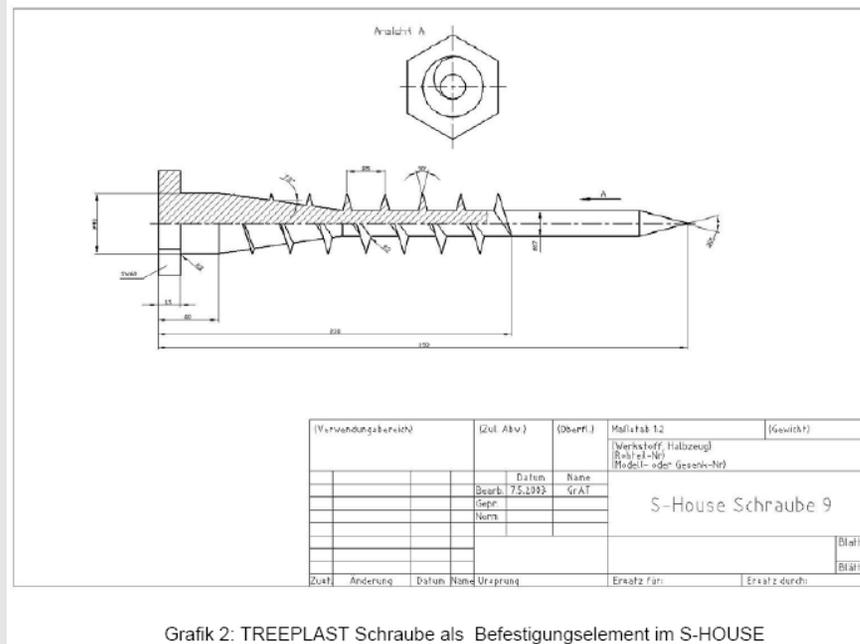
*R. Wimmer, H. Hohensinner, M. Drack*



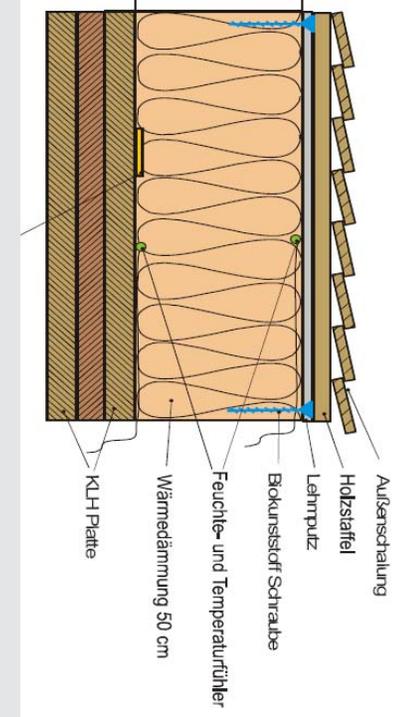
Grafik 5: Tragende Wandschleiben (KLH) raumseitig

## TREEPLAST-Strohschraube

Mit der TREEPLAST-Strohschraube ist eine direkte, wärmebrückenfreie Befestigungsmöglichkeit der Außenfassade im Strohballen geschaffen. Es wurde ein nach bionischen Kriterien optimiertes Design mit minimiertem Materialverbrauch bei maximalen mechanischen Belastungswerten entwickelt. Material: Biokunststoff, problemlos rückbaubar, recycelbar.



Grafik 2: TREEPLAST Schraube als Befestigungselement im S-HOUSE



Bionisch optimierte Form Die Radien sind nach bionischen Kriterien optimiert und weisen dadurch wesentlich bessere mechanische Eigenschaften auf.

## Mikrobiologische Begleitanalysen

Durchgeführt von Univ. Doz. Dr. Katja Sterflinger (Universität für Bodenkultur Wien)

## Durchgeführte Untersuchungen

- Probennahme an 7 ausgewählten Probestellen (siehe Tabelle 1).
- Lebendkeimzahlbestimmung von Schimmelpilzen, xerophilen Pilzen und Actinomyzeten.
- Bestimmung von 11 Isolaten.
- Fluoreszenzmikroskopische Dokumentation des am Stroh vorhandenen Schimmelbefalls.

### Ergebnisse

- Lebendkeimzahlen

Probe Nr.	Schimmelpilze CFU/g	xerophile Schimmelpilze CFU/g	Actinomyceten CFU/g
1 West	1036000	0	37000
2 Nord	475000	100000	175000

Derzeit wird das vorhandene Pilzbewuchs bzgl. der vorhandenen Menge sowie des Artenspektrums für Stroh normal und durchschnittlich eingestuft.

5 Ost	1643000	2352000	616000
6 Strohballen	124000	62000	0
7 Nord	651000	310000	0

Tabelle 14: Lebendkeimzahlen (CFU = colony forming units) pro Gramm Stroh

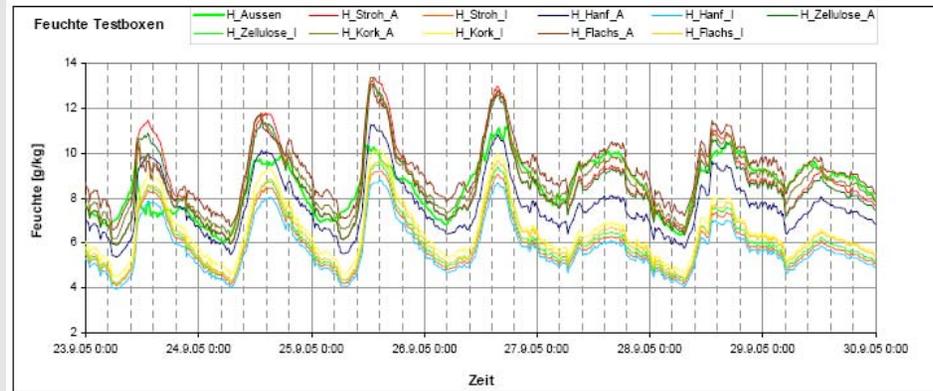


Abbildung 33: Feuchteverlauf Testboxen

## Bewertung der Ergebnisse

- Artenspektrum der Schimmelpilze im Stroh gefundenen Arten entspricht in etwa dem Artenspektrum der ersten Probenahme im Oktober 2004.
- Die Keimzahlen lebensfähiger Schimmelpilze sind aber niedriger und unterliegen einer Schwankungsbreite von 104 bis 105 gegenüber 105 bis 106 bei der ersten Beprobung.
- Rückgang der Arten zu beobachten, die nicht xerotolerant (trockenheitstolerant) sind, während die Keimzahlen der xerotoleranten Pilze annähernd gleich bleiben.
- Die fluoreszenzmikroskopische Untersuchung zeigt, dass die vegetativen Myzelien der Pilze in hoher Dichte auf dem Stroh nachweisbar sind. Sie weisen jedoch starke Zeichen von Zersetzung auf.
- Deutliche Abnahme der Keimzahlen gegenüber den Keimzahlen im frischen Stroh.

## ► Standfestigkeit

Mehrgeschossiger Holzbau

Setzungen

Erdbebenlasten

Fassadendübel

Dübellose Fassade

Zur Minimierung des Wärmeverlustes und aus Kostengründen wird, wenn möglich, eine Verklebung ohne Verdübelung empfohlen – detaillierte Untergrundprüfungen und ausreichende Kleberfestigkeit vorausgesetzt. Dübel und andere Befestigungssysteme können den U-Wert einer gedämmten Fassade bis zu 30 % erhöhen.



## Was ist eine Fassadenbrandprüfung?



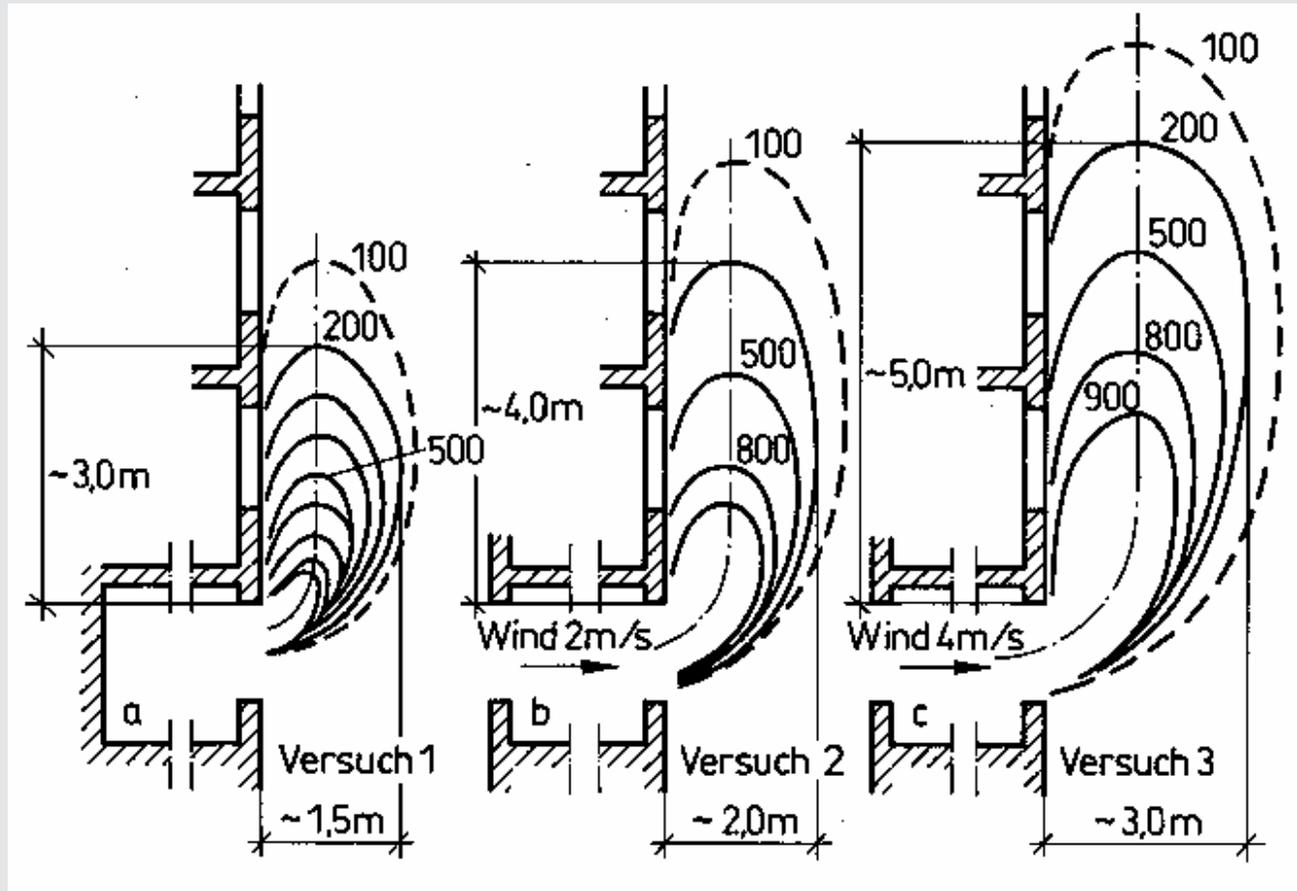
Abb. 28. Ansicht Fenster mit Brandriegel

Schutzziele:

- Vermeidung einer Brandweiterleitung
- Vermeidung eines Herabfallens wesentlicher Fassadenteile
- Vermeidung einer Gefährdung von Rettungsmannschaften

- **Nachweis** der **Vermeidung** einer
- **Brandweiterleitung**, eines **Herabfallens wesentlicher Fassadenteile** und einer **Gefährdung von Rettungsmannschaften**
- mittels eines **idealisierten Brandangriffes**
- durch **Prüfung** in einer **akkreditierten Prüfstelle**

Fall: Ausbrand (innenventiliert)



## ► Feuchteverhalten der Baukonstruktion

### Fassadenintegration von thermischen Sonnenkollektoren ohne Hinterlüftung

Ein fassadenintegrierter Sonnenkollektor wird direkt in die Fassade als Kollektorelement eingebaut, wobei die Wärmedämmung der Wand und die des Kollektors zusammenwirken und keine thermische Trennung aufweisen.

Dieser – nicht hinterlüftete - Fassadenkollektor stellt gegenüber dem derzeitigen Stand der Technik eine wesentliche Verbesserung dar, da der Kollektor verschiedene Funktionen in einem Bauteil übernimmt:

- Funktion als thermischer Flachkollektor
- Verbesserung der Wärmedämmung des Gebäudes
- Passiv solares Element, bei geringer Einstrahlung (Kollektor ohne Durchfluss)
- Witterungsschutz der Fassade durch die Koll.-Verglasung
- Kostenersparnis durch vereinfachte Bauweise
- Ersatz der konventionellen Fassade
- geeignet für den Neubau als auch für Altbausanierungen



Abbildung 7.3: Testfassade mit 55 m<sup>2</sup> Kollektorfläche auf einem Zweifamilienwohnhaus in Graz

## Bauphysikalische Probleme:

Überhitzung der Außenwand

Feuchtigkeitsbelastung, Einfluss der äußere Dampfsperre (Kollektor)

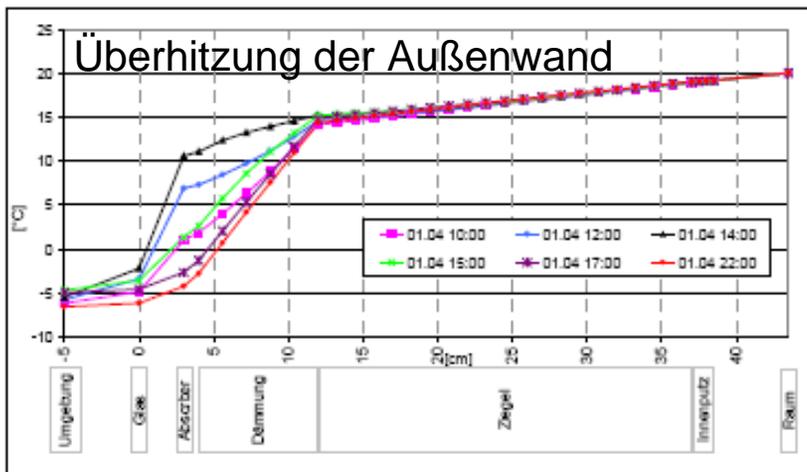


Abbildung 4.24: Temperaturverlauf im Wandaufbau, Ziegel 25, 8 cm Dämmung, ein Tag in einer Periode strahlungsarmer Wintertage

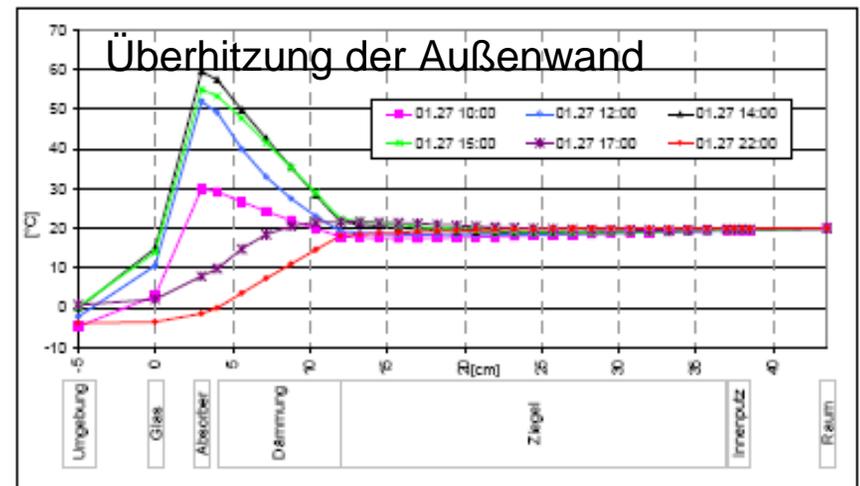
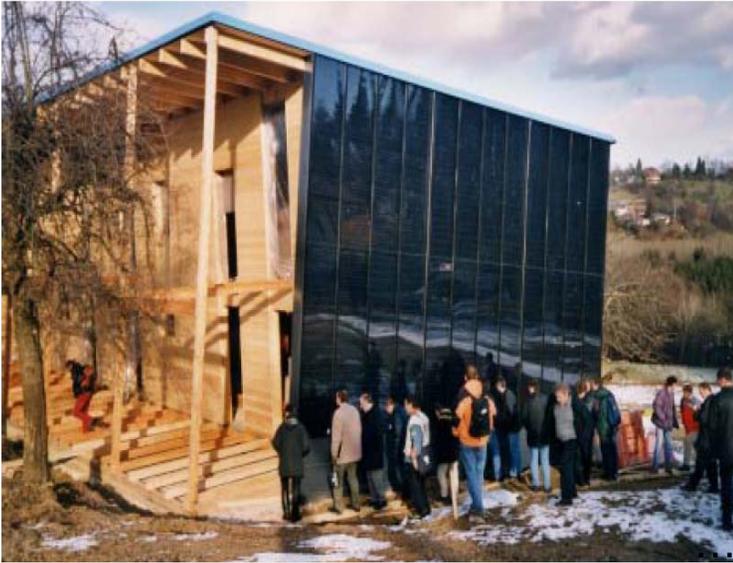


Abbildung 4.26: Temperaturverlauf im Wandaufbau, Ziegel 25, 8 cm Dämmung, ein Tag in einer Periode strahlungsintensiver Wintertage, laufende Kollektoranlage

## ► Feuchteverhalten der Baukonstruktion



Die an die ÖNorm B 8110-2 „Wärmeschutz im Hochbau - Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz“ angelehnte und durchgeführte Berechnung berücksichtigt  
.....keine Baufeuchtigkeiten.

.....ist daher nur bedingt geeignet.

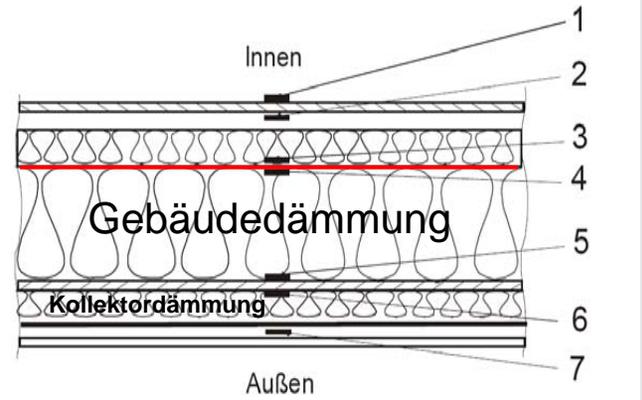
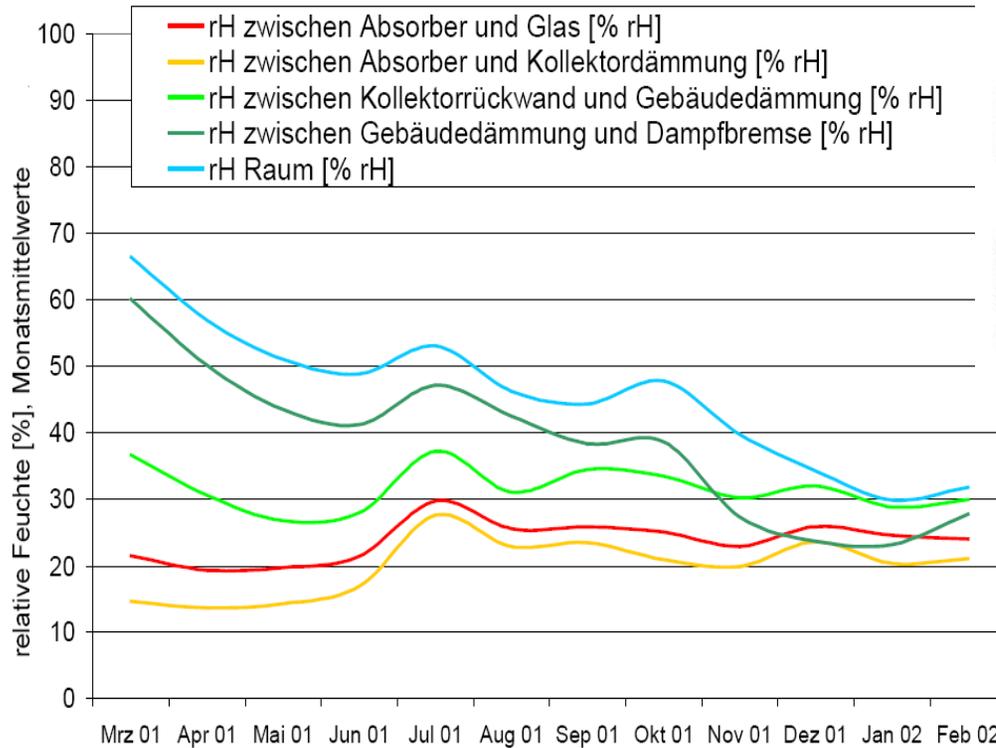
.....auf der Baustelle kaum trockenes Bauholz

.....dampf- bzw. luftdichtes Abschließen von  
.....feuchten Holzkonstruktionen ist abzulehnen.

.....führt zu Schimmel- und Pilzbildungen und Holzzerstörung

Die bauphysikalischen Anforderungen der entsprechenden Normen und Richtlinien sind grundsätzlich einzuhalten, jedoch im gegebenen Fall auf Sinnhaftigkeit zu prüfen. Die innenliegende Dampfbremse muss diffusionsoffen sein, so dass die Konstruktion nach innen austrocknen kann. Im Fall der Testanlage wurde eine Dampfbremse mit einem  $s_d$ -Wert kleiner als 0,8 m verwendet.

**Testanlage** → **Messung**

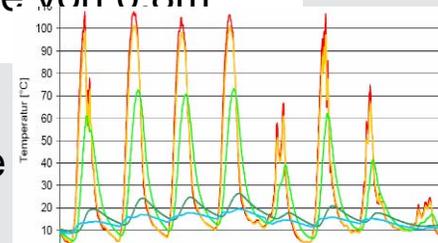


Die an die ÖNorm B 8110-2 „Wärmeschutz im Hochbau - Wasserdampfdampfdiffusion und Kondensationsschutz“ angelehnte und durchgeführte Berechnung berücksichtigt keinerlei Baufeuchtigkeiten im Wandaufbau ( $s_D > 20$  m). Die Verwendung und Einhaltung dieser Rechtsvorschrift für Holzständerkonstruktionen mit integrierten Fassadenkollektoren ist daher nur bedingt geeignet.

Abbildung 7.18: Monatsmittelwert der relativen Feuchtigkeiten im Bauteil bei einem  $s_D$ -Wert der eingesetzten Dampfbremse von 0,8m

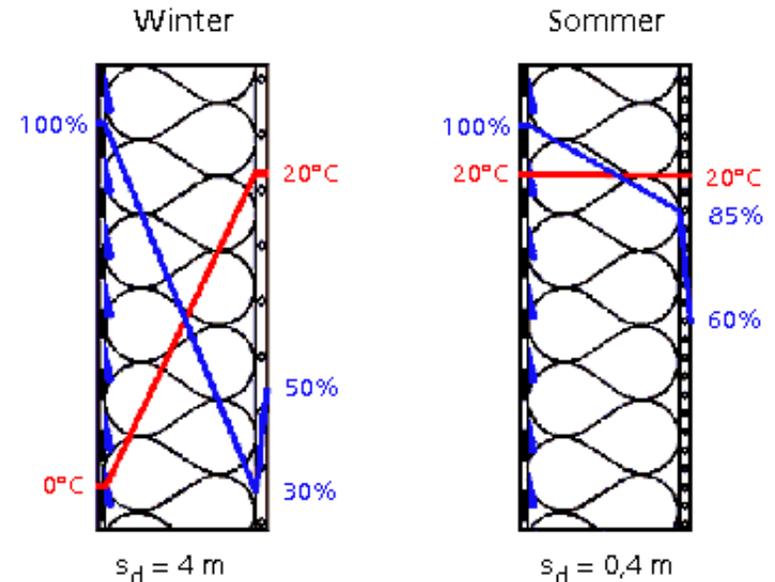
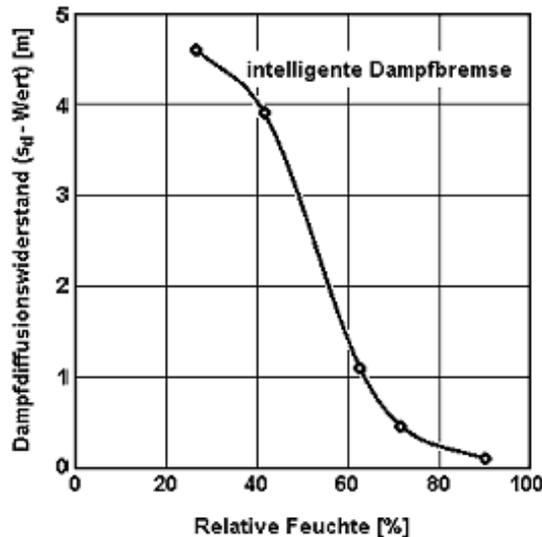
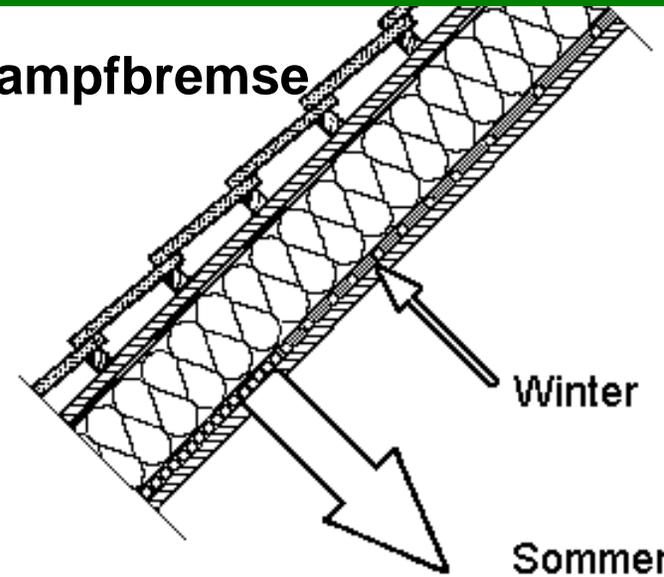
## ► Feuchteverhalten der Baukonstruktion

Nachweis der Funktionstüchtigkeit nicht mehr über einfache quasistationäre Verfahren sondern über Simulation des hygrothermischen Verhaltens



## Wirkungsweise einer Feuchteadaptiven Dampfbremse

Bei der feuchteadaptiven Dampfbremse handelt es sich um eine Folie aus Polyamid. Die Dampfdurchlässigkeit der Folie ist im feuchten Zustand deutlich höher als im trockenen. Die Polyamidfolie ist in der Lage, ihre Dampfdurchlässigkeit automatisch an die jeweiligen Erfordernisse anzupassen.



- ▶ Optimierung ist kein Schlagwort sondern eine lösbare Aufgabe
  - Zieldefinition am Anfang
  - Definition des Nachweisverfahrens (-> Rechtssicherheit)
  - ÖNORMEN derzeit unbefriedigend hinsichtlich Vereinfachungen
  - Kein Simulationstool ist bis jetzt in der Lage alle Aspekte abzubilden
- ▶ Auslegung von Anlagen auch unter Berücksichtigung von Risiken
- ▶ Realverhalten von Konstruktionen ist mess- und berechenbar
  - Validierte Modelle verwenden
  - Standardisierte Messverfahren für Baustoffkenngrößen in Arbeit
  - Feuchtetoleranz der Baustoffe ist zu ermitteln
- ▶ Virtuelle Gebäude
- ▶ Bauphysikalische kompetente ÖBA und Abnahmemessung (Schallschutzmessung, Luftdichtheit,..) verstärken
- ▶ unabhängiges Gebäude-Monitoring für Inbetriebnahme sehr hilfreich