

# VIP-Musterwand und Zuluft-Kastenfenster

Workshop „EnEff-Schule“ an der Hochschule Zittau/Görlitz (FH)

am 18. und 19.06.2008

Dr.-Ing. Stefan Helbig  
Fachgebiet Bauphysik/Prüftechnik  
MFPA an der Bauhaus-Universität Weimar

## Inhalt

### VIP-Musterwand



Aufbau der Musterwand

Versuche in Anlehnung an UEAtc-Richtlinien und Prüfungen nach Ablauf der Testzyklen

Messungen während der Tests

Bilder vom Aufbau der Prüfwand

### Zuluft-Kastenfenster

Kastenfenster – für und wider ...

Zuluft-Kastenfenster: „Kastenfenster mit Mehrwert“

Kennzahlen für das „dunkle Zuluft-Kastenfenster“

Gesamtenergiedurchlassgrad von Zuluftfenstern

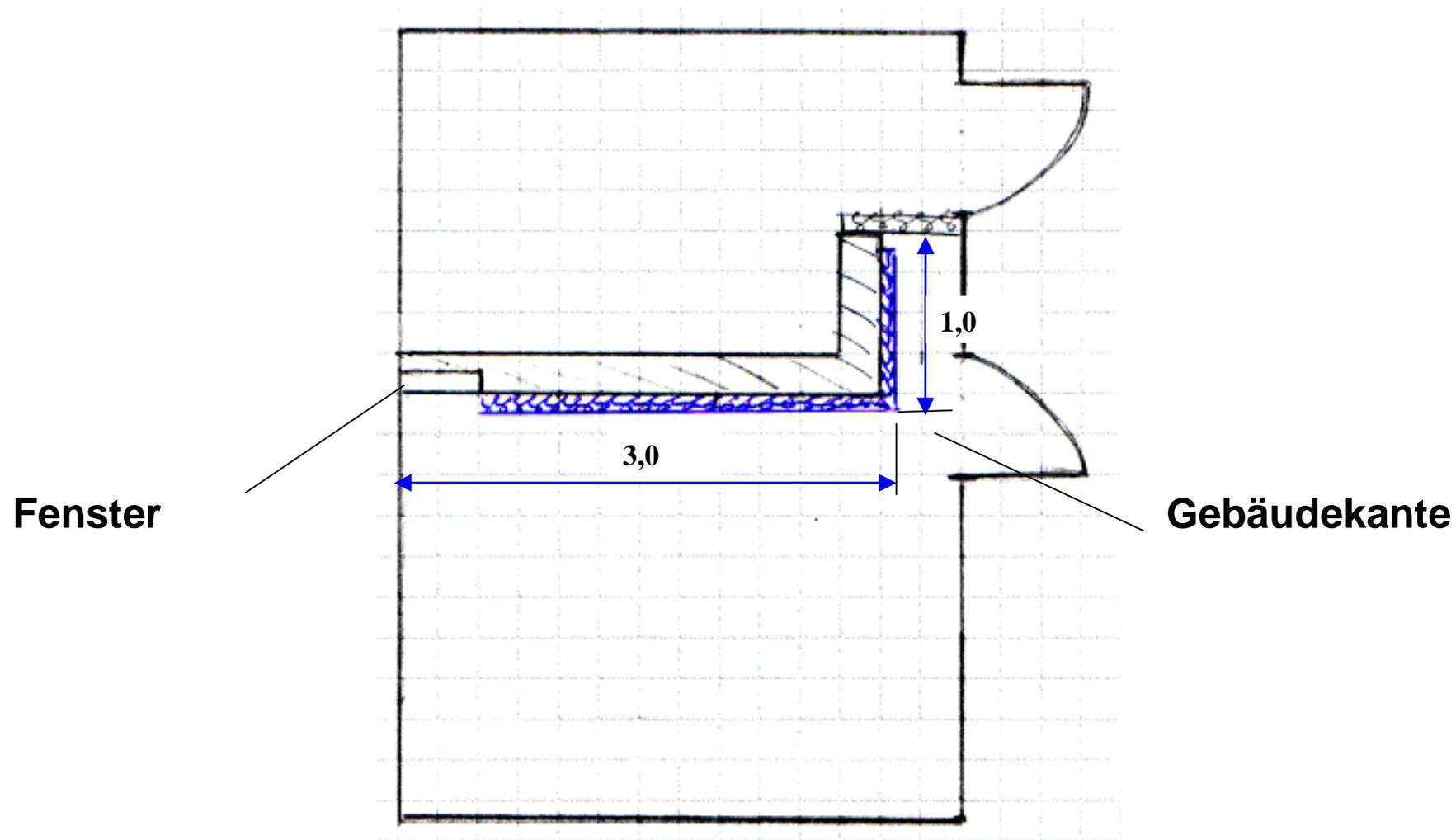
experimentelle und numerische Bewertung von Kasten-Zuluftfenstern im Projekt

„Bautzner Straße“

### Kombination Zuluft-Kastenfenster und VIP – Herausforderung im Anschlussbereich

# Aufbau der Musterwand (1)

Aufbau Musterwand in Klimakammer an der MFPA Weimar,  
Tragschicht aus 24 cm Kalksandstein

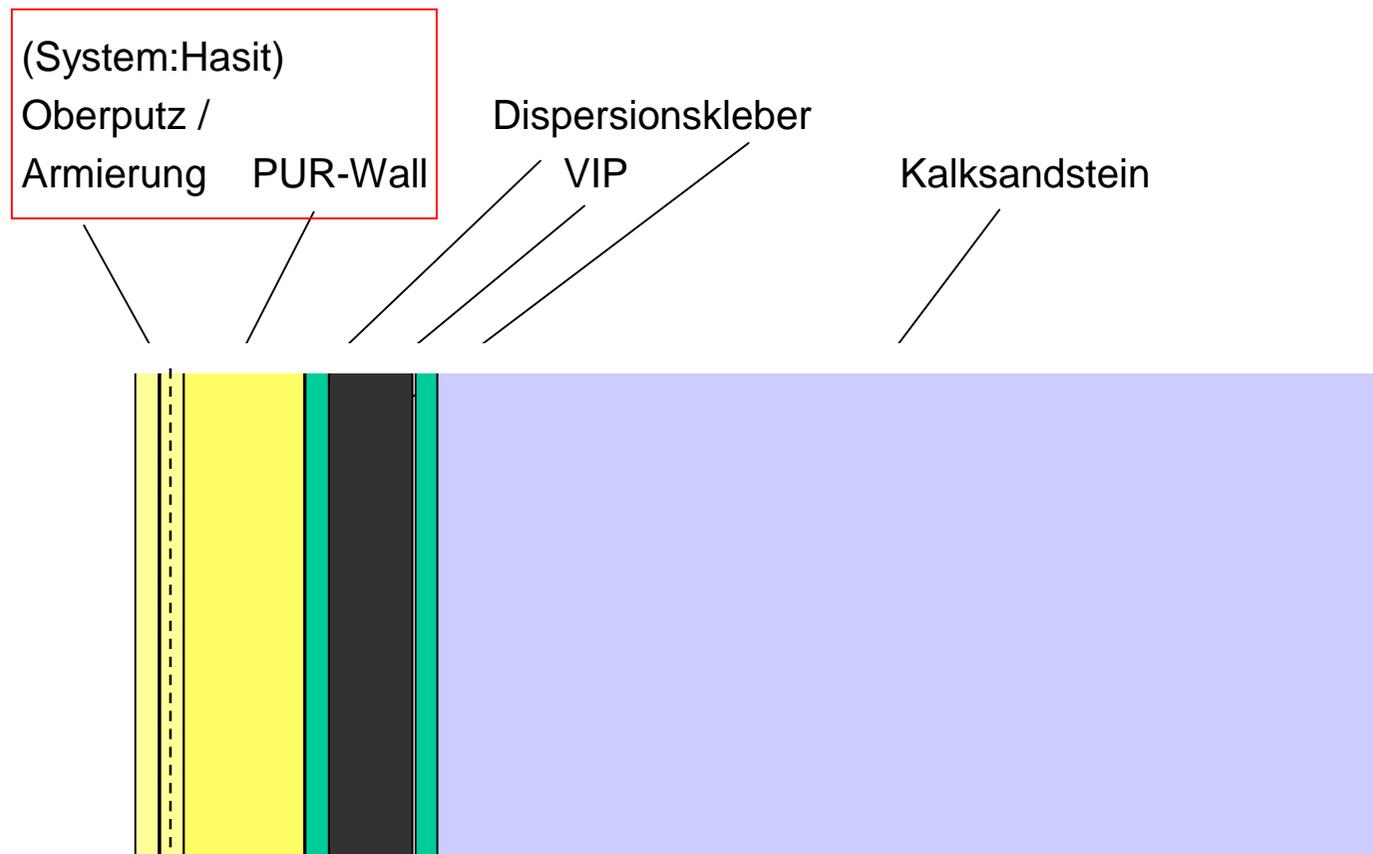


## Aufbau der Musterwand (2)

**Beteiligte bei der Konstruktionsauswahl:**

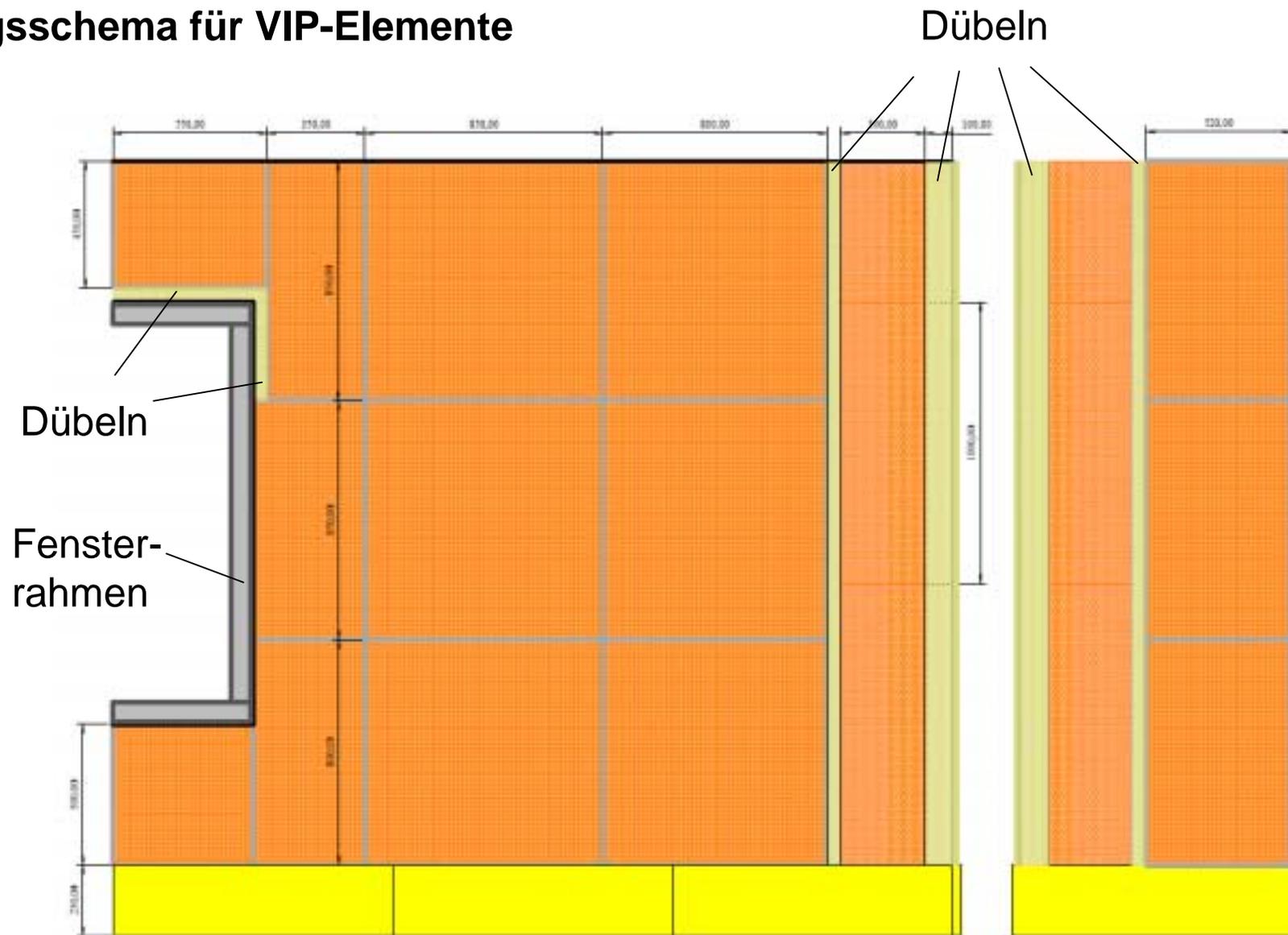
**HS Zittau/Görlitz: Prof. Bolsius, Herr Zymek, MFPA, Dr. Helbig  
va-Q-tec AG, Herr Dr. Caps; Fa. energie tib, Herr D. Bindel**

**Ausführung durch Fa. Stukkateur Schäfer**



# Aufbau der Musterwand (3)

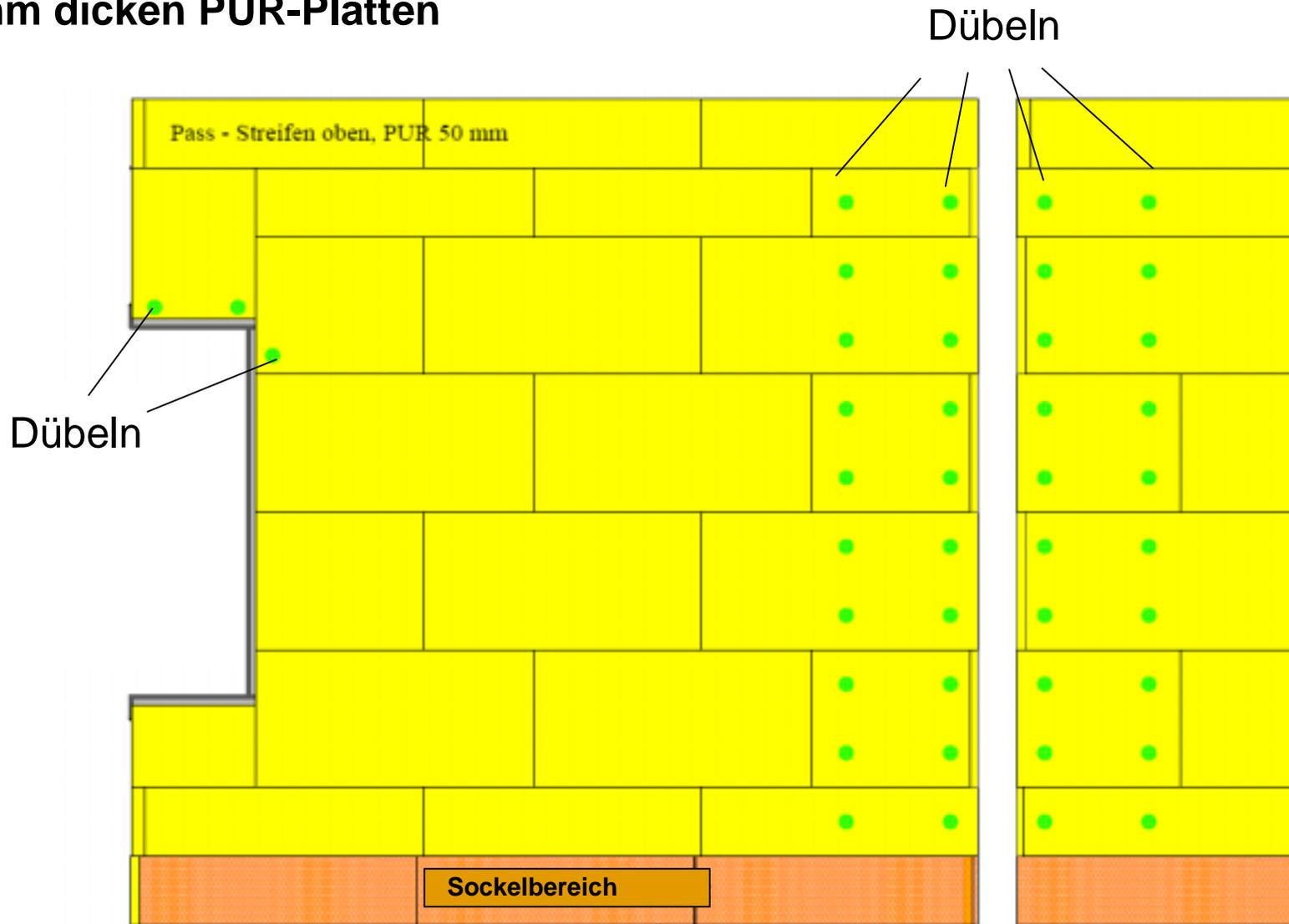
## Belegungsschema für VIP-Elemente



Zeichnung: D.Bindel, energie-tib

# Aufbau der Musterwand (4)

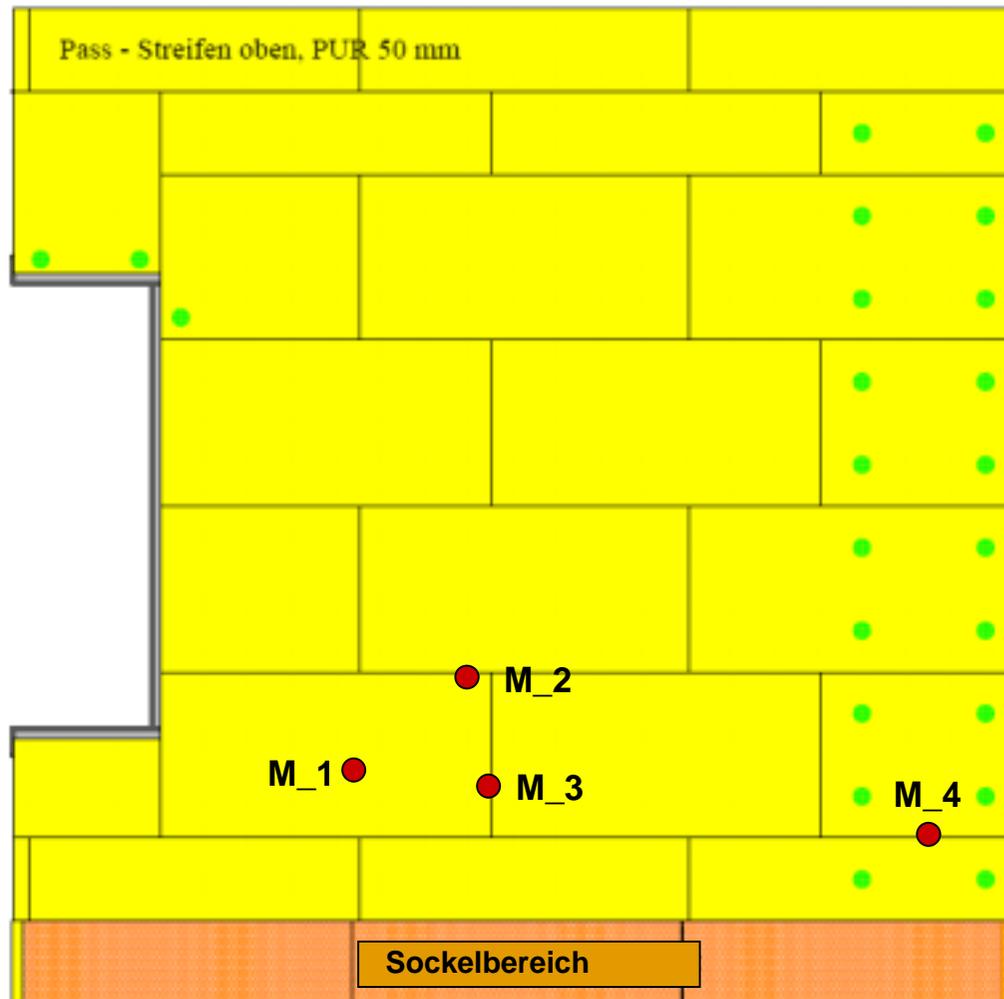
Überdämmung der VIP-Platten  
mit 30 mm dicken PUR-Platten



Zeichnung: D.Bindel, energie-tib

# Aufbau der Musterwand (5)

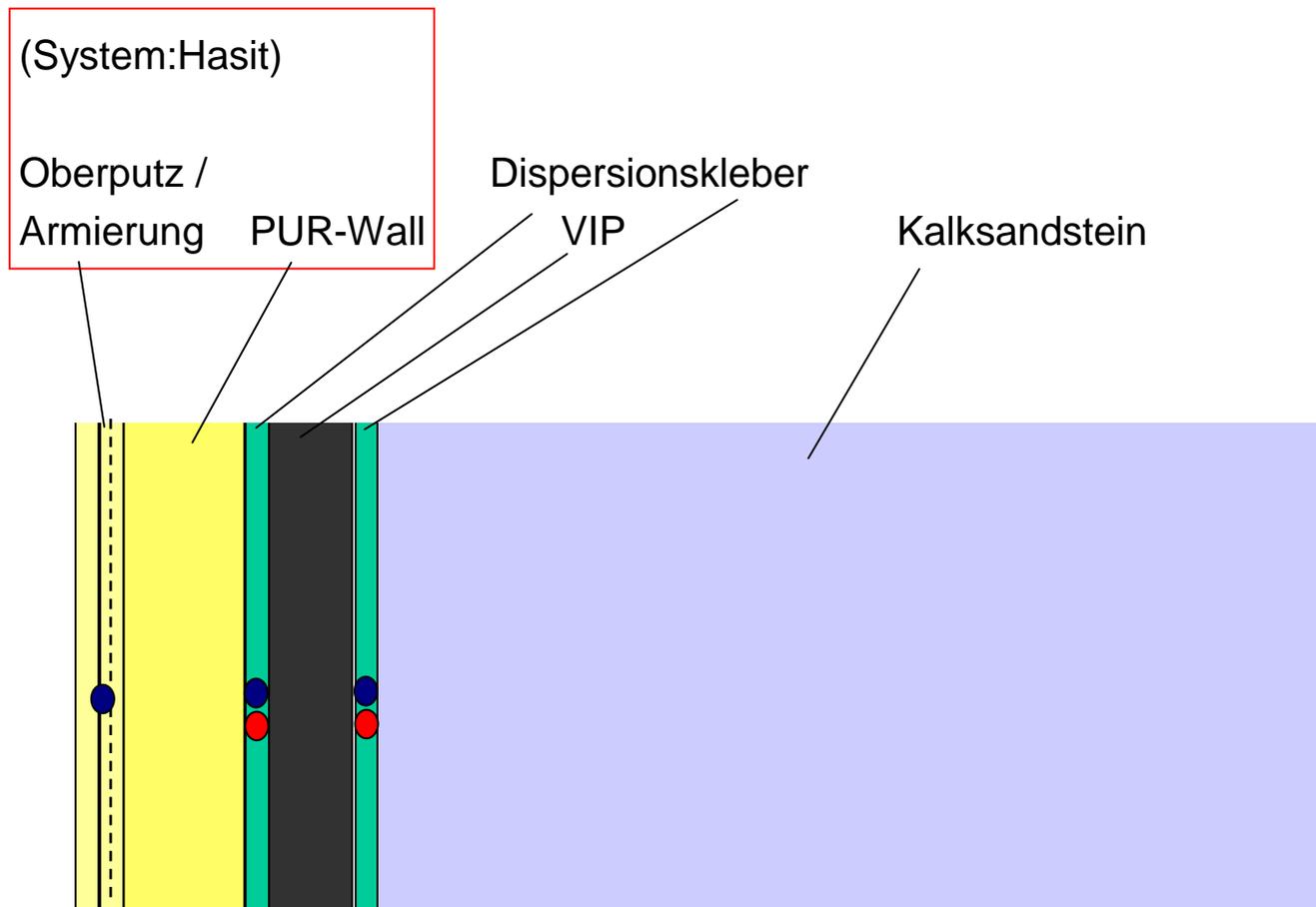
## Messstellen für Temperatur- und Feuchte-Profil



- M\_1** VIP: Regelquerschnitt  
PUR: Regelquerschnitt
- M\_2** VIP: Regelquerschnitt  
PUR: Fuge dicht, verklebt
- M\_3** VIP: Fugenbereich  
PUR: Fuge weit, ausgeschäumt
- M\_4** VIP: Regelquerschnitt  
PUR: Fuge weit und offen,  
nicht ausgeschäumt

# Aufbau der Musterwand (6)

## Messstellen für Temperatur- und Feuchte-Profil



**Messstellen:**

- Temperatur
- Relative Luftfeuchte

# Ablauf der Versuche in Anlehnung an UEAtc-Richtlinien und Prüfungen nach Ablauf des Testzyklen

## Testzyklen:

- 140 Zyklen** „Wärme + Regen“  
3 Stunden 70°C und anschließend 3 Stunden Beregnung
- 20 Zyklen** Wärme - Kälte  
16 Stunden -20°C und anschließend 8 Stunden 30°C

**Beobachtung der Oberflächen während der Testzyklen auf Rissbildung**

## Prüfungen nach Ablauf der Testzyklen:

- **Beurteilung der Funktionsfähigkeit der VIP-Platten nach Testablauf**
- **Haftzugprüfung zur Beurteilung des Verbundes**
- **Weitere Festigkeitsprüfungen beim Abbau der Prüfwand**

# Bilder vom Aufbau der Prüfwand

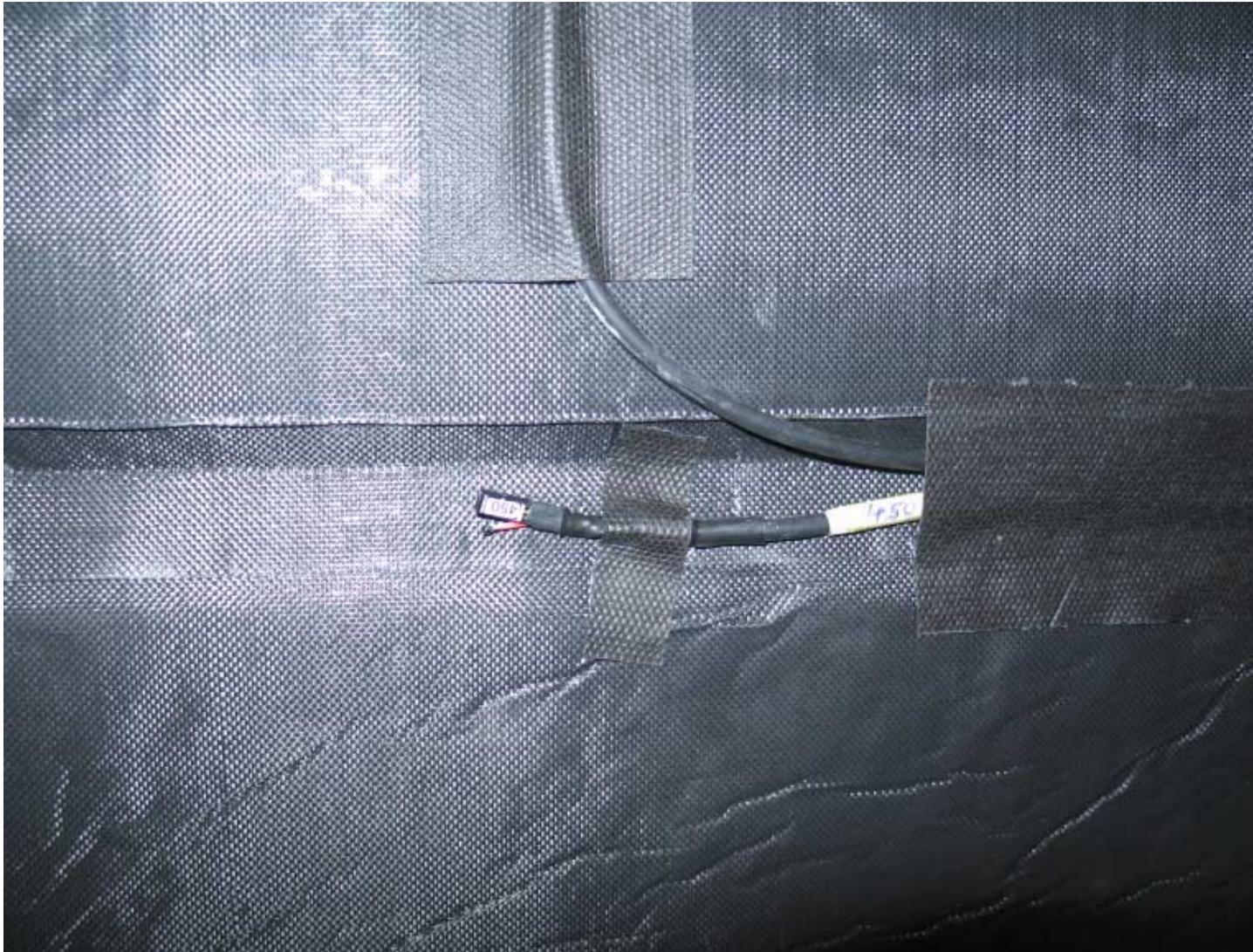
**Passgenauer Versatz der Platten – System mit Stufenfalz in Regelfläche**



## Qualität der VIP-Platten vor und nach der Montage prüfen (Prüfung des Drucks – Dichtheit)



## Befestigung der Feuchte- und Temperatursensoren



## Überdämmung Blendrahmen unten



## Überdämmung in der Regelfläche (nicht gedübelt)



## Dübeln der Überdämmung im Randbereich



## Dübeln der Überdämmung im Randbereich



## Dübeln der Überdämmung im Randbereich



## Armieren/Beschichten



## VIP-Musterwand

Aufbau der Musterwand  
Versuche in Anlehnung an UEAtc-Richtlinien  
und Prüfungen nach Ablauf der Testzyklen  
Messungen während der Tests  
Bilder vom Aufbau der Prüfwand

## Zuluft-Kastenfenster



Kastenfenster – für und wider ...  
Zuluft-Kastenfenster: „Kastenfenster mit Mehrwert“  
Kennzahlen für das „dunkle Zuluft-Kastenfenster“  
Gesamtenergiedurchlassgrad von Zuluftfenstern  
experimentelle und numerische Bewertung von Kasten-Zuluftfenstern im Projekt  
„Bautzner Straße“

**Kombination Zuluft-Kastenfenster und VIP – wo liegt die Herausforderung?**

# Kastenfenster – für und wider ...

Für Kastenfenster spricht ...

- Kastenfenster sind „historisch gewachsene“ zweischalige Fensterelemente
- häufig erstrebenswert aus der Sicht des Denkmalschutzes
- traditionell bei Fenstern in Holz: vielfältige Gestaltungsmöglichkeiten
- hervorragender Schallschutz

Gegen Kastenfenster spricht ...

- aufwendigere Konstruktion
- teurer in der Anschaffung
  - Zwei Fenster = doppelter Preis!
- aufwendiger in der Pflege
  - Zwei zusätzliche Oberflächen = doppelter Aufwand!

außerdem:

Bei Zentralheizungssystemen – Schäden durch Kondensation im Fensterzwischenraum, besonders in Obergeschossen!

# Zuluft-Kastenfenster: Kastenfenster mit Mehrwert

- definierte Zuführung der Zuluft durch „reproduzierbare Undichtheit“ möglich
- Vorwärmung der Zuluft
- Wärmerückgewinnung aus dem Transmissionsverlust infolge Durchströmung

## außerdem:

Vermeidung von Kondensationschäden im Fensterzwischenraum mit einer Durchströmung in Verbindung mit Abluftanlagen

- kein Eindringen warmer Raumluft (Druckdifferenz)
- Trocknung von Feuchte im Fensterzwischenraum durch kalte Außenluft, z.B. bei periodischem Betrieb der Abluftanlage

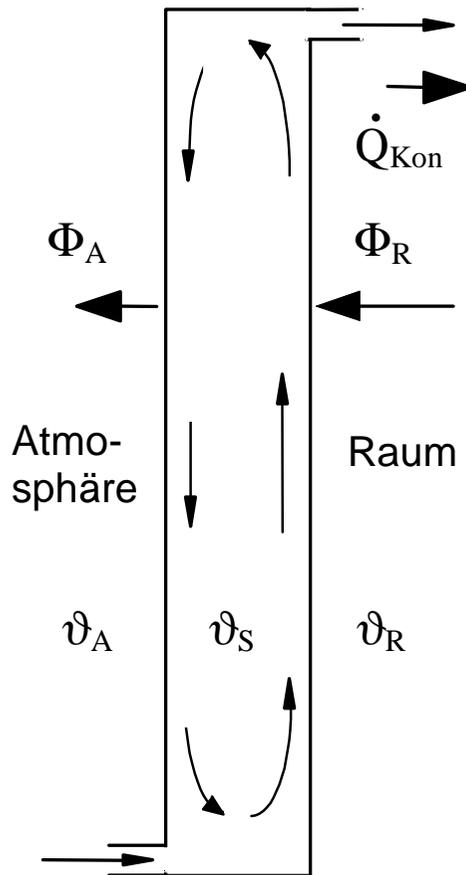
# Thermische Kennzahlen von Zuluftfenstern (1)

stationäre Wärmebilanz

$$\Phi_R(\dot{m}) = \Phi_A(\dot{m}) + \dot{Q}_{\text{Konv}}(\dot{m})$$

$$\dot{Q}_{\text{Konv}}(\dot{m}) = \dot{m} c_p (\vartheta_{\text{vor}}(\dot{m}) - \vartheta_A)$$

$$\vartheta_{\text{vor}} = \frac{1}{B \cdot b_{\text{aus}}} \frac{1}{v_m} \int_{\Gamma_{\text{aus}}} (\vartheta v) \underline{dA}$$



Wärmebilanz, auf Fläche  
und Temperaturdifferenz bezogen

$$\frac{\Phi_R(\dot{m})}{A(\vartheta_R - \vartheta_A)} = \frac{\Phi_A(\dot{m})}{A(\vartheta_R - \vartheta_A)} + \frac{\dot{m} c_p (\vartheta_{\text{vor}}(\dot{m}) - \vartheta_A)}{A (\vartheta_R - \vartheta_A)}$$

$$\frac{\Phi_R(\dot{m})}{A(\vartheta_R - \vartheta_A)} = U_W(\dot{m}) + \frac{\dot{m} c_p}{A} \tilde{\vartheta}_{\text{vor}}(\dot{m})$$

Bilanz ist durch **zwei Kennzahlen** bestimmt, beide sind vom Durchsatz abhängig!

## Thermische Kennzahlen von Zuluftfenstern (2)

Alternative Formulierung von Kennzahlen ist möglich z.B. durch Normierung der bezogenen Wärmebilanz und Einführung vom Lüftungsfaktor  $\chi$  (=dimensionslose Wärmebilanz)

$$\frac{1}{U_{W,0}} \frac{\Phi_R(\dot{m})}{A(\vartheta_R - \vartheta_A)} = \frac{U_W(\dot{m})}{U_{W,0}} + \frac{\dot{m} c_p}{U_{W,0} A} \tilde{\vartheta}_{\text{vor}}(\dot{m}) \quad \chi(\dot{m}) = \frac{U_W(\dot{m})}{U_{W,0}}$$

Petzold, K.: Zur energetischen Wirksamkeit durchlüfteter Konstruktionen, Bauplanung-Bautechnik (1982) 3, 124-129

Petzold, K.: Zur Wechselwirkung zwischen Fugenlüftung und Transmissionswärmestrom, Stadt- und Gebäudetechnik (1983), 3 Teile: Heft 6, 182-187, Heft 7, 189-199, Heft 8, 245-248

# Gesamtenergiedurchlassgrad von Zuluftfenstern

$$g = \tau_e + q_i$$

$$g = \tau_e + q_{i,Wü} + q_{i,Zuluft}$$

g	Gesamtenergiedurchlassgrad
$q_i$	sekundärer Wärmeabgabegrad
$q_{i,Wü}$ ,	sekundärer Wärmeabgabegrad aus Wärmeübergang nach innen
$q_{i,Zuluft}$ ,	sekundärer Wärmeabgabegrad aus Zuluftvorwärmung

# Bewertung von Zuluft-Kastenfenstern (1)

Kasten-Zuluftfenster für den Einsatz im Pilotprojekt

„Energetische Verbesserung von Wohnbauten der Gründerzeit, Bautzner Straße 11 in Zittau“

im Auftrag der  
Hochschule Zittau/Görlitz,  
FB Bauwesen  
Prof. Löber, Herr Zymek

Projektbeteiligte:  
PaX Classic GmbH  
Herr Schneider

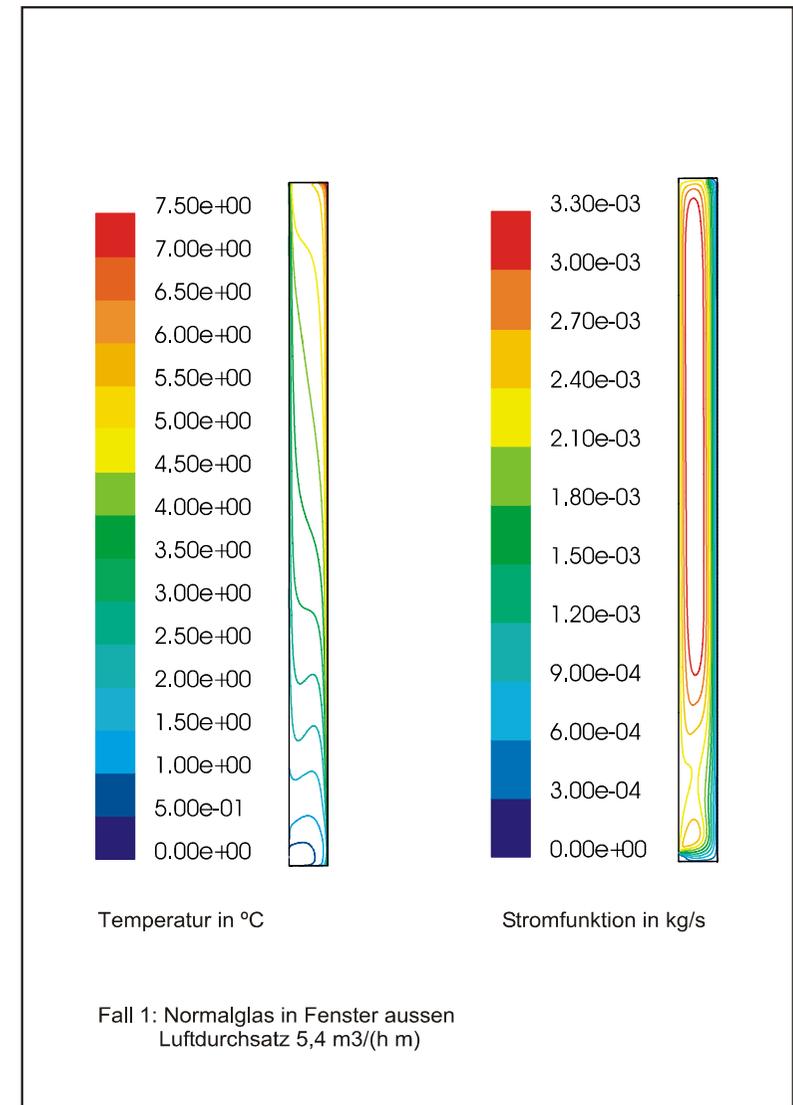


Bild 11a: Strömungs- und Temperaturfeld für Fall 1 bei geringem Durchsatz

# Beschreibung des Zuluft-Kastenfensters (1)



Rückströmsicherung

Zuluftelement  
(Hersteller: Aldes)

inneres Fenster

äußeres Fenster

**Musterfenster für Messung  
in Klimakammer**



# Beschreibung des Zuluft-Kastenfensters (2)

## inneres Fenster

Abmaße: 2,05 m \* 1,10 m

$U_{w1} = 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Holzart Kiefer

Rahmenanteil 37%

Rahmen-Querschnitte 68/94

68/114 (Stulp)

Thermoplas SN (4/16/4), Füllgas Argon,

$U_g = 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

TGI-Wave-Spacer für warme Kante

(Kunststoff-Stahl-Komposit)



## Beschreibung des Zuluft-Kastenfensters (3)



### äußeres Fenster

Abmaße: 1,96 m \* 1,01 m

$U_{w2} = 4,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Holzart Kiefer

Rahmenanteil 42%

Querschnitte

41/102

41/104 (Stulp)

Einfachverglasung aus Normalglas

# Beschreibung des Zuluft-Kastenfensters (4)



Überströmschlitz im äußeren Fenster



... von außen abgedeckt durch Wetterschutzgitter mit Insektenschutzfunktion

## Beschreibung des Zuluft-Kastenfensters (5)

Rückströmsicherung in „separatem Kästchen“



Zuluftelement, dahinter  
Teleskopdurchführung  
durch Blendrahmen  
des inneren Fensters

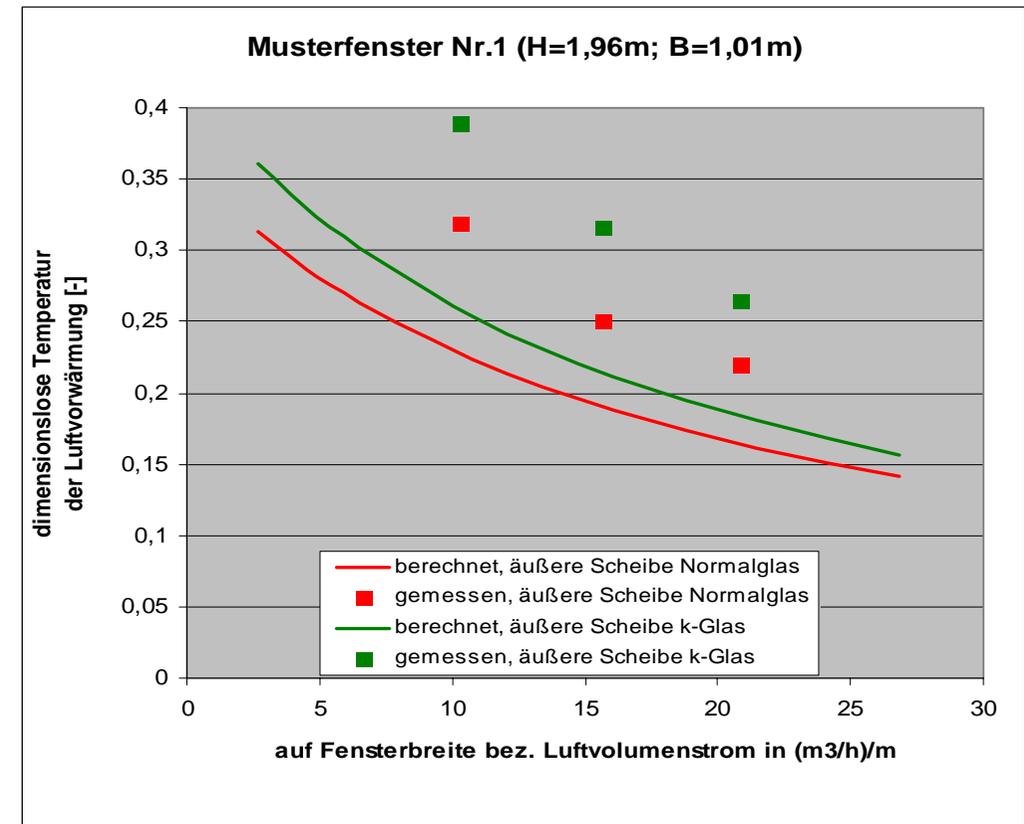
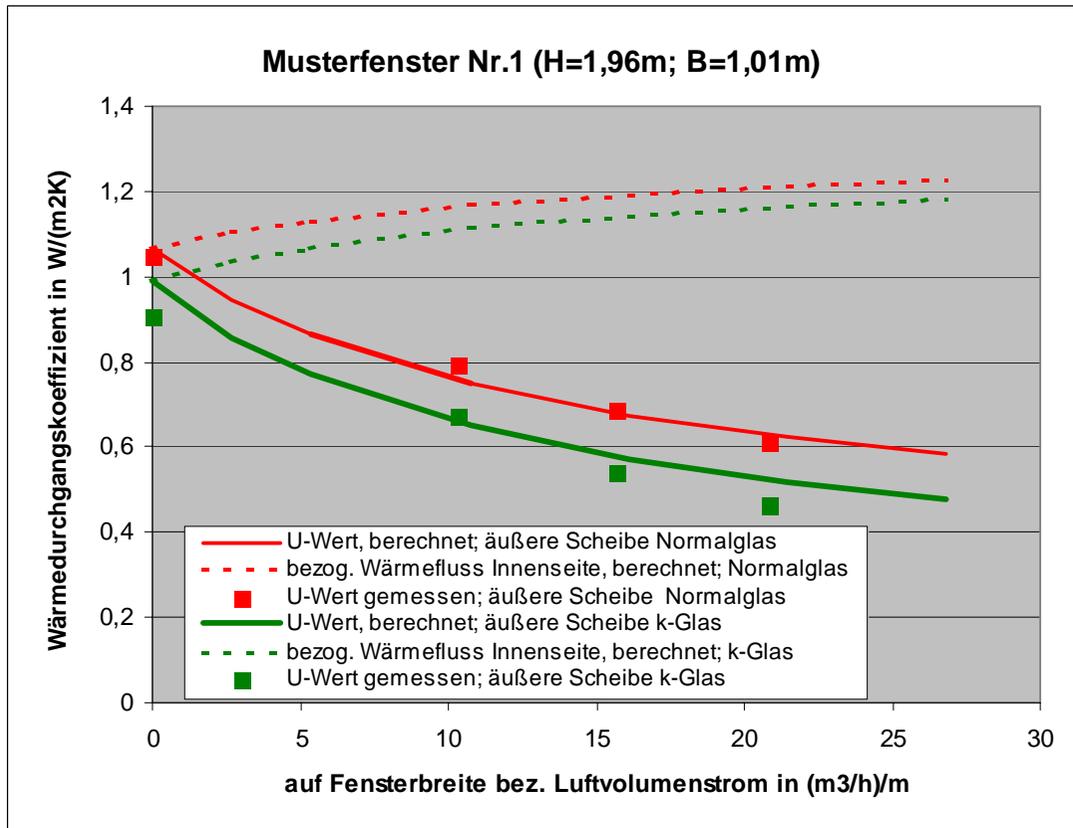
Holz-Gitterrost, herausnehmbar

Gummimembran, auf Gitterrost liegend,  
wird durch Luft angehoben  
(= druckverlustarme Rückschlagklappe)

# Bewertung von Zuluft-Kastenfenstern (2)

Für dunkles Zuluftfenster:

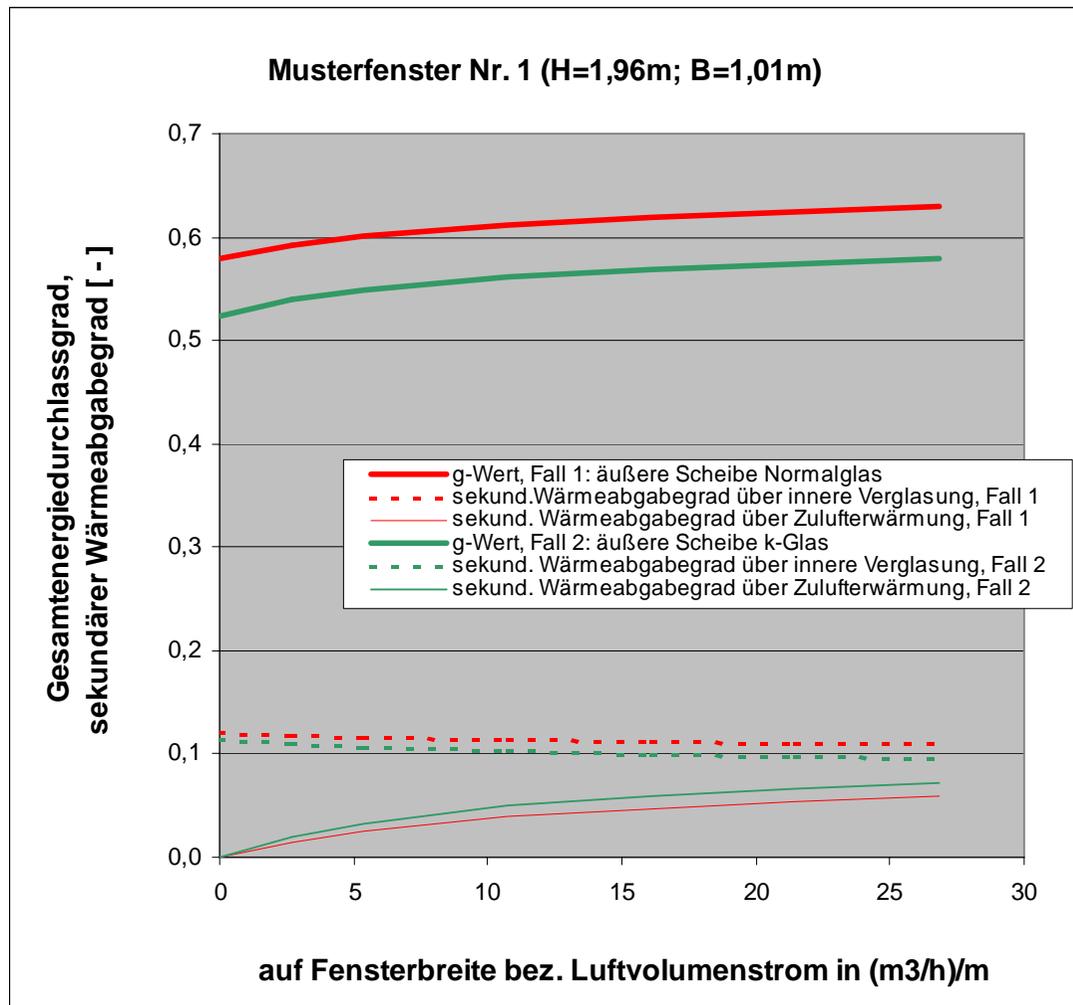
- messtechnische Bewertung (Wärmeflussmessung auf Außenseite, Luftausströmtemperatur)
- numerische Bewertung (zweidimensionale Strömungssimulation)
- Ermitteln der Kennzahlen Wärmedurchgangskoeffizient und Luftvorwärmung



# Bewertung von Zuluft-Kastenfenstern (3)

Gesamtenergiedurchlassgrad vom Zuluftfenster:

- numerische Bewertung mittels Strömungssimulation für zwei Verglasungsvarianten
- Ermitteln eines vom Luftdurchsatz abhängigen g-Wertes



## VIP-Musterwand

Aufbau der Musterwand  
Ablauf Versuche in Anlehnung an UEAtc-Richtlinien  
Zusätzliche Messungen während der Tests  
Prüfungen nach Ablauf des Testzyklen

## Zuluft-Kastenfenster

Kastenfenster – für und wider ...  
Zuluft-Kastenfenster: „Kastenfenster mit Mehrwert“  
Kennzahlen für das „dunkle Zuluft-Kastenfenster“  
Gesamtenergiedurchlassgrad von Zuluftfenstern  
experimentelle und numerische Bewertung von Kasten-Zuluftfenstern im Projekt  
„Bautzner Straße“



**Kombination Zuluft-Kastenfenster und VIP – wo liegt die Herausforderung?**

# Kombination Zuluft-Kastenfenster und VIP – wo liegt die Herausforderung?

Zur Anschlusssituation: VIP und Kastenfenster

- Kastenfenster in monolithischer Konstruktion  
Wärmebrücke a priori günstig,  
Grund: (Thermisch wirksame) Bauteilschichten in vergleichbarer Schichtdicke!
- Kastenfenster in außengedämmter Konstruktion  
erfordert Aufmerksamkeit im Anschlussbereich!
- Kastenfenster mit sehr schlanker Außendämmung (VIP)  
erfordert besondere Aufmerksamkeit !!!  
Grund: thermisch wirksame Bauteilschichten sehr unterschiedlich dick!!