

# Gebäudesanierung mit WDVS und außenliegender Wand- und Luft- Temperierung

**Referent: Prof. Dr.-Ing. Horst Altgeld**  
früher: HTW Saar und IZES gGmbH

Seminar der Landesinnung Saar „Stuck – Putz – Trockenausbau“  
Bostalsee, 26. Januar 2018

# Projektförderung durch BMWi

Im Programm



***Projektleitung:***

*Institut für ZukunftsEnergie- und Stoffstromsysteme  
(IZES) gGmbH, Saarbrücken*

## IZES gGmbH, Saarbrücken (Foto 2017) im iT Park Saarbrücken



- **Schwerpunkte:** anwendungsnahe F&E auf dem Gebiet von
  - Energie- und Stoffstromsystemen
  - beratende, begleitende und ausführende Tätigkeitenin Projekten zur rationellen Energienutzung und zur Nutzung Erneuerbarer Energien

## **Beispielprojekte Mobilität**

### **Solarcarport mit „VRF“ -Batteriespeicher**

**VRF = Vanadium Redox Flow**

- Erzeugung von Solarstrom auf Carport,
- Speichern in neuartigen Batteriesystemen  
→ Ladestationen für E-Mobile

### **Wasserstoffherzeugung mit Solarstrom und Wasserstoff- Tankstelle**

# **Forschungsprojekt LEXU II** **Außenliegende Wand- und Luft- Temperierung**

## **Motivation**

*Sanierung „von außen“*

*Nutzung von Niedertemperatur-  
Abwärme*

**Trockene temperierte Wände**

## LEXU II: Konzept und Feldversuch

### ➤ Außenliegende Wand Temperierung (aWT)

1) Aufbringen eines Flächentemperierungssystems in einer Putzschicht „von außen“

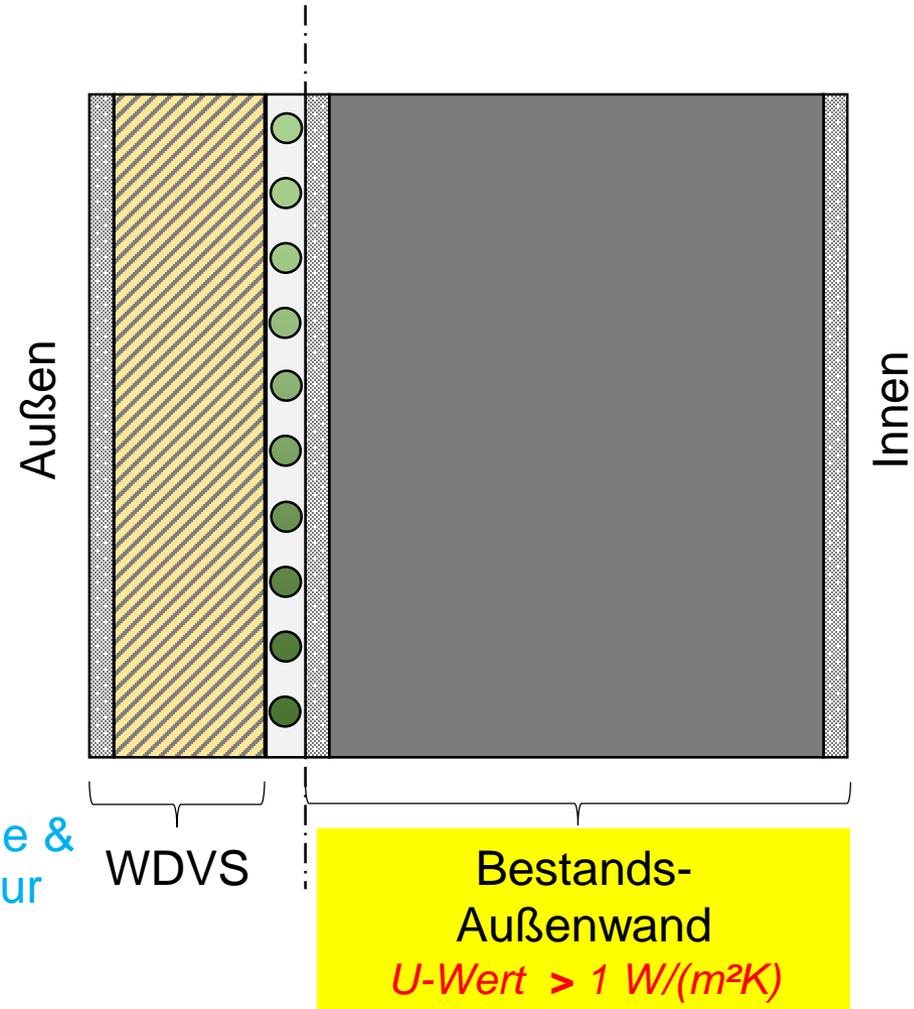
2) Installation eines WDVS

→ Lage der Flächentemperierung:

Innerhalb der thermischen Hülle des Gebäudes

→ Ziele:

Flächentemperierung für Bestandsgebäude & thermische Aktivierung der Gebäudestruktur



## LEXU II: Temperaturprofile in der Wand

### ➤ Außenliegende Wandtemperierung (aWT) $Q_0$ = Transmissionsverluste von innen

1) Temperaturverlauf im Ruhezustand

→ Knotentemperatur  $T_{k0}$  „Ruhetemperatur“

2) Aktivierung der Wandtemperierung

$Q_w > 0$  → Anhebung der Knotentemperatur  $T_k$

→ In Relation von  $T_k$  zu  $T_{k0}$  und  $T_i$  ergeben sich die folgenden theoretischen Betriebsituationen:

Teilkompensatorischer Betrieb:

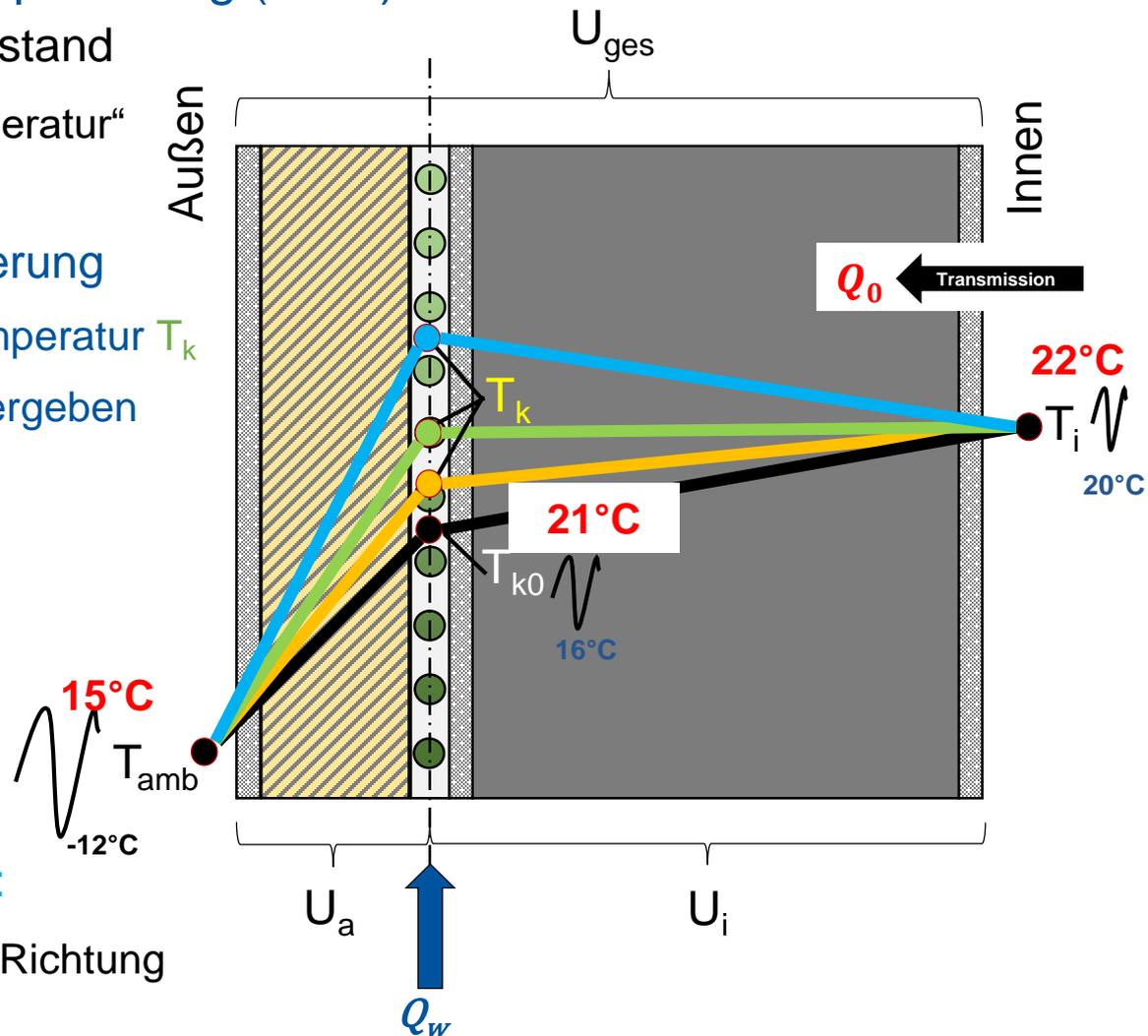
$$T_{k0} < T_k < T_i \rightarrow Q_0 \downarrow$$

Kompensatorischer Betrieb:

$$T_{k0} < T_k = T_i \rightarrow Q_0 = 0$$

Überkompensatorischer Betrieb:

$$T_{k0} < T_k > T_i \rightarrow Q_0 \text{ ändert Richtung}$$





## Außenliegende Wandtemperierung (aWT): **Wirkungsgrad** der aWT

Wirkungsgrad der aWT in Abhängigkeit des U-Wertes der Bestandswand und der Dämmstärke des WDVS

U-Wert [W/m²K]	Dämmstärke [mm]																	
	10	20	30	40	50	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
1.0	25%	37%	46%	53%	58%	62%	68%	73%	76%	79%	81%	83%	84%	85%	86%	87%	88%	89%
1.1	27%	40%	49%	55%	60%	64%	70%	75%	78%	80%	82%	84%	85%	86%	87%	88%	89%	90%
1.2	29%	42%	51%	57%	62%	66%	72%	76%	79%	82%	84%	85%	86%	88%	88%	89%	90%	91%
1.3	30%	44%	53%	59%	64%	68%	74%	78%	81%	83%	85%	86%	87%	88%	89%	90%	91%	91%
1.4	32%	46%	55%	61%	66%	70%	75%	79%	82%	84%	86%	87%	88%	89%	90%	91%	91%	92%
1.5	34%	48%	57%	63%	68%	71%	77%	80%	83%	85%	87%	88%	89%	90%	91%	91%	92%	92%
1.6	35%	49%	58%	65%	69%	73%	78%	81%	84%	86%	87%	89%	90%	90%	91%	92%	92%	93%
1.7	37%	51%	60%	66%	71%	74%	79%	82%	85%	87%	88%	89%	90%	91%	92%	92%	93%	93%
1.8	38%	52%	61%	67%	72%	75%	80%	83%	86%	87%	89%	90%	91%	92%	92%	93%	93%	94%
1.9	40%	54%	63%	69%	73%	76%	81%	84%	86%	88%	89%	90%	91%	92%	93%	93%	94%	94%
2.0	41%	55%	64%	70%	74%	77%	82%	85%	87%	89%	90%	91%	92%	92%	93%	93%	94%	94%
2.1	42%	57%	65%	71%	75%	78%	83%	85%	88%	89%	90%	91%	92%	93%	93%	94%	94%	95%
2.2	43%	58%	66%	72%	76%	79%	83%	86%	87%	88%	89%	90%	91%	92%	92%	93%	93%	95%
2.3	45%	59%	67%	73%	77%	80%	84%	87%	88%	89%	90%	91%	92%	92%	93%	93%	94%	95%
2.4	46%	60%	68%	74%	78%	81%	85%	87%	88%	89%	90%	91%	92%	93%	93%	94%	94%	95%
2.5	47%	61%	69%	75%	79%	81%	85%	88%	90%	91%	92%	93%	93%	94%	94%	95%	95%	95%
2.6	48%	62%	70%	76%	79%	82%	86%	88%	90%	91%	92%	93%	94%	94%	95%	95%	95%	96%
2.7	49%	63%	71%	76%	80%	83%	86%	89%	90%	92%	92%	93%	94%	94%	95%	95%	96%	96%
2.8	50%	64%	72%	77%	81%	83%	87%	89%	91%	92%	93%	94%	94%	95%	95%	95%	96%	96%
2.9	51%	65%	73%	78%	81%	84%	87%	89%	91%	92%	93%	94%	94%	95%	95%	96%	96%	96%
3.0	52%	66%	74%	78%	82%	84%	88%	90%	91%	92%	93%	94%	95%	95%	95%	96%	96%	96%

sinnvoll mit aWT zu heizen,  
falls *Wirkungsgrad* mögl. hoch

Wirkungsgrad der aWT in Abhängigkeit des U-Wertes der Bestandswand und der Dämmstärke des WDVS (für das WDVS wurde die Wärmeleitgruppe 040 angenommen). Zusätzlich zu der Dämmschicht wurde noch eine 20 mm starke Putzschicht und der äußere Wärmeübergang mit 0.04 (m²K)/W angesetzt.

## Forschungsprojekt LEXU II

### Teilprojekt: Außenliegende **Luft**temperierung

#### Motivation

*Sanierung „von außen“*

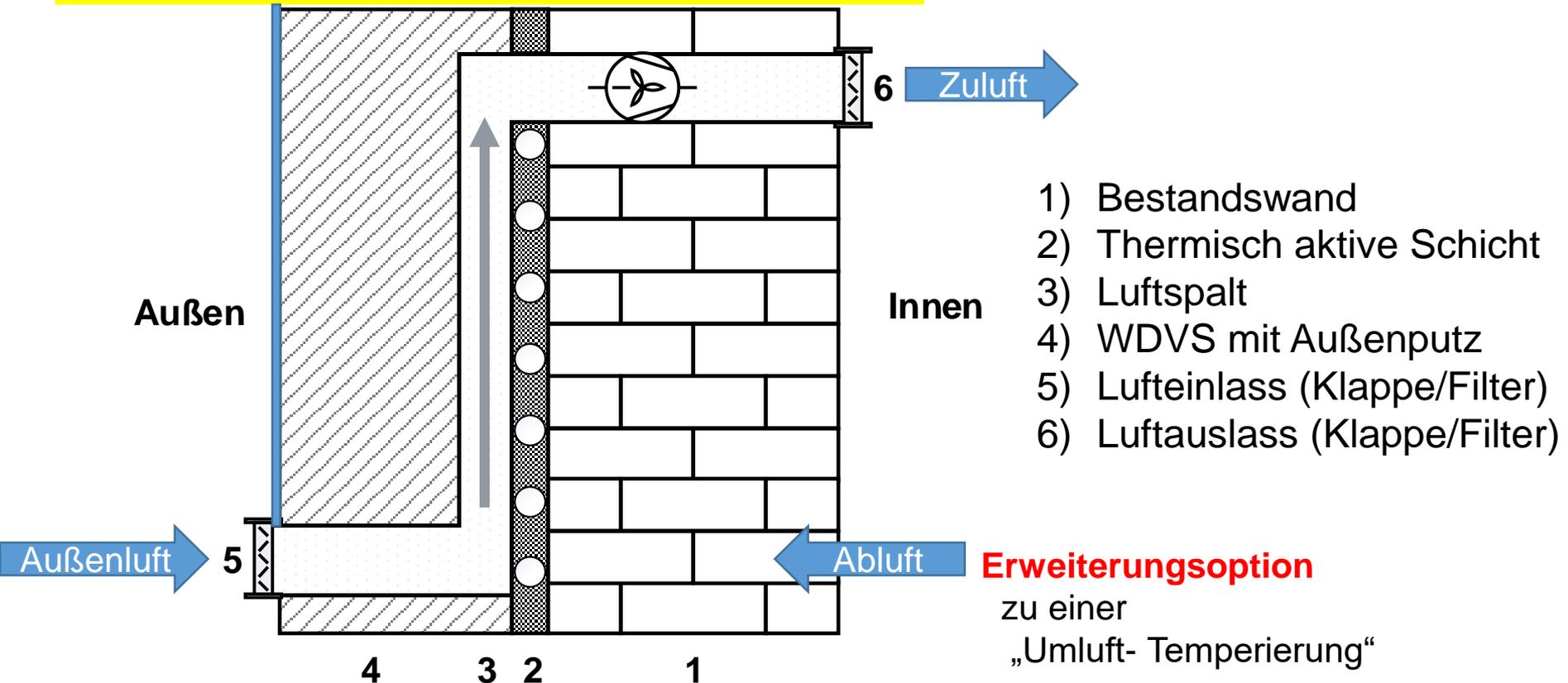
*Verringerung der Wärmeverluste /  
Erhöhung des Wirkungsgrades*

*Thermisch Schnelles System*

*Reduzierung der Heizlast durch  
Temperierung der Zuluft*

## LEXU II: Feldtestobjekt

### Außenliegende Lufttemperierung (aLT)

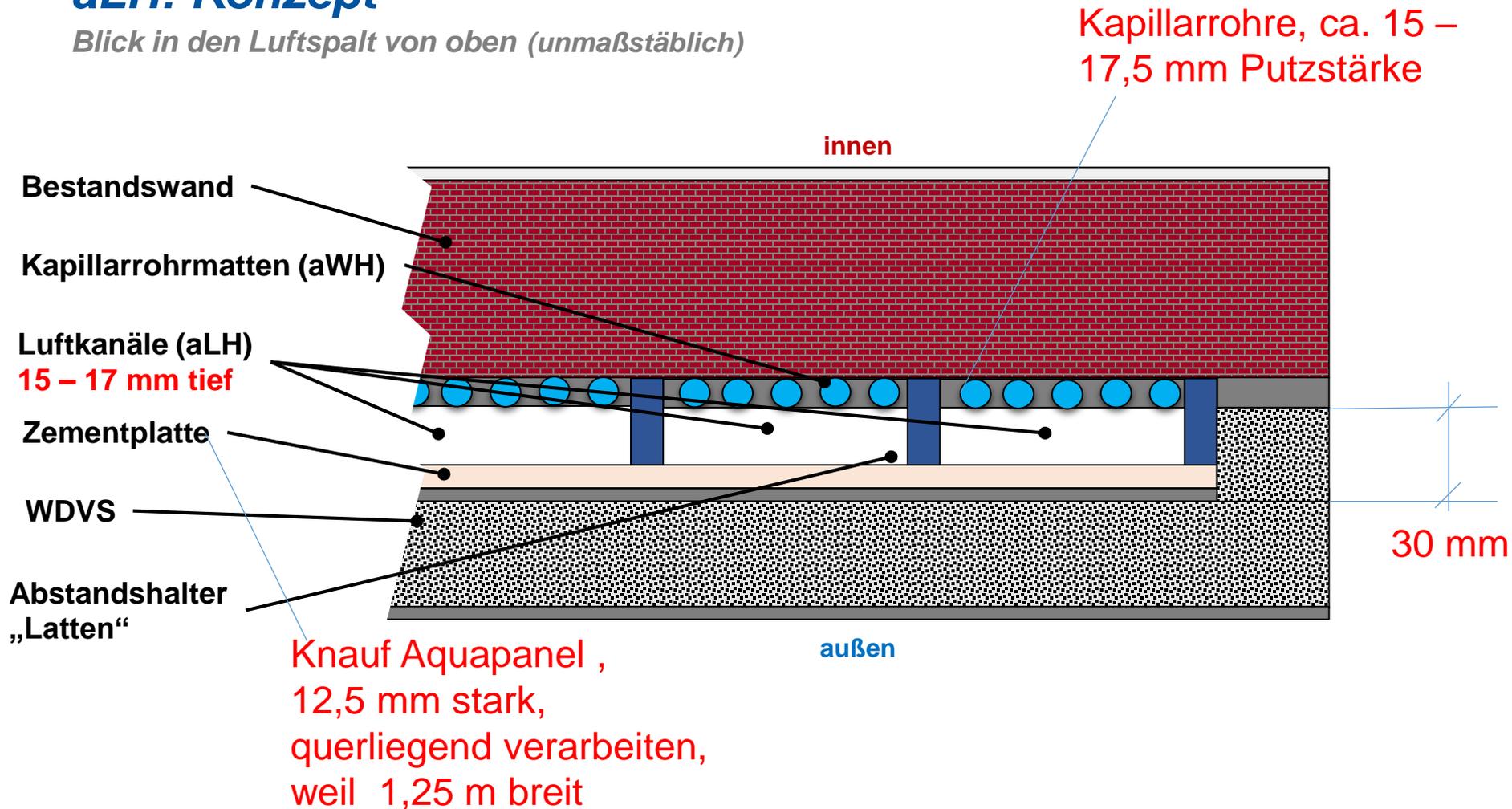


**Ziel:** Erarbeitung sinnvoller Systemkonzepte unter Nutzung der Abluft

# LEXU II: Konstruktion aLH

## aLH: Konzept

Blick in den Luftspalt von oben (unmaßstäblich)

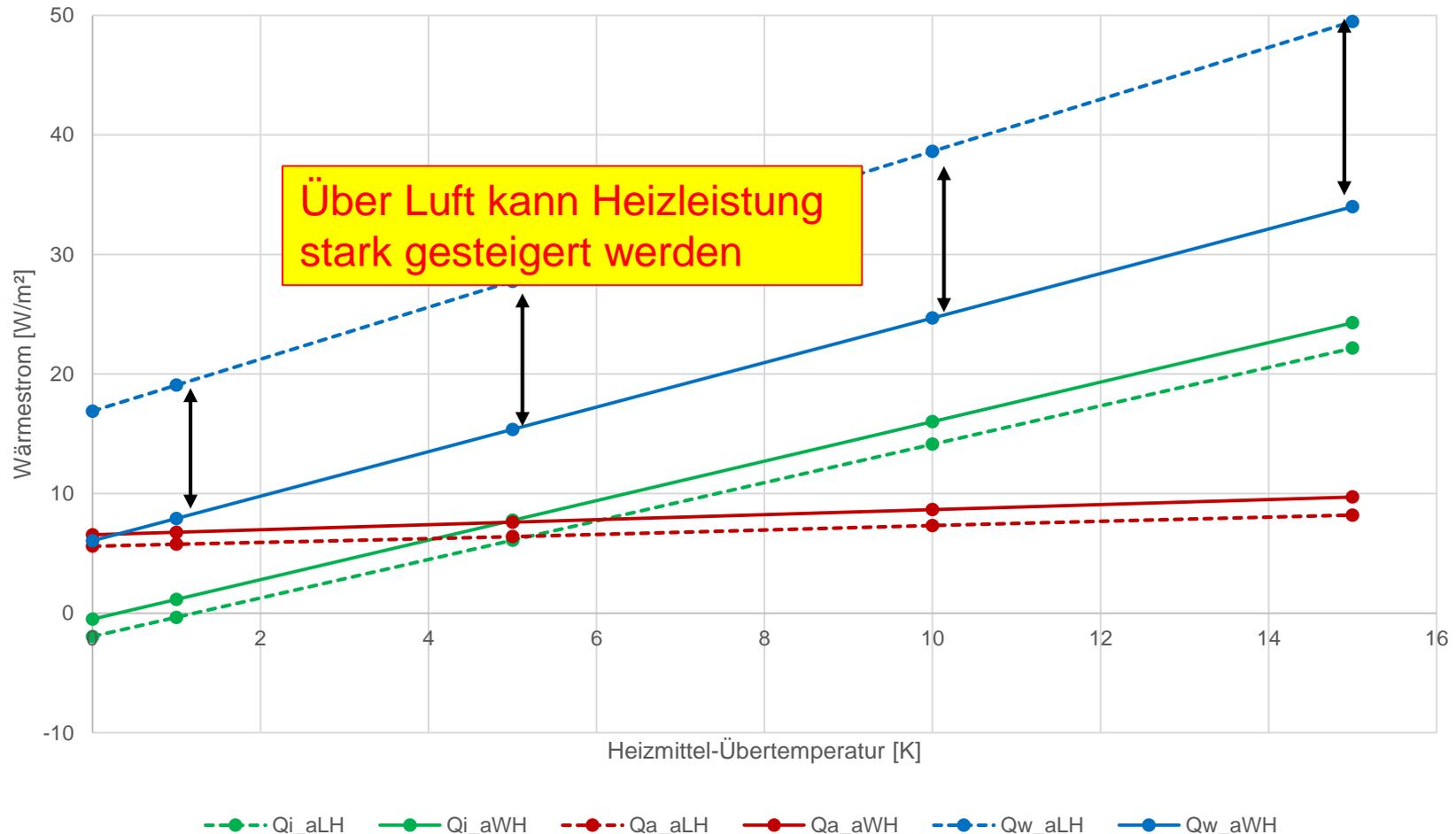




## LEXU II: Vorteil aLT

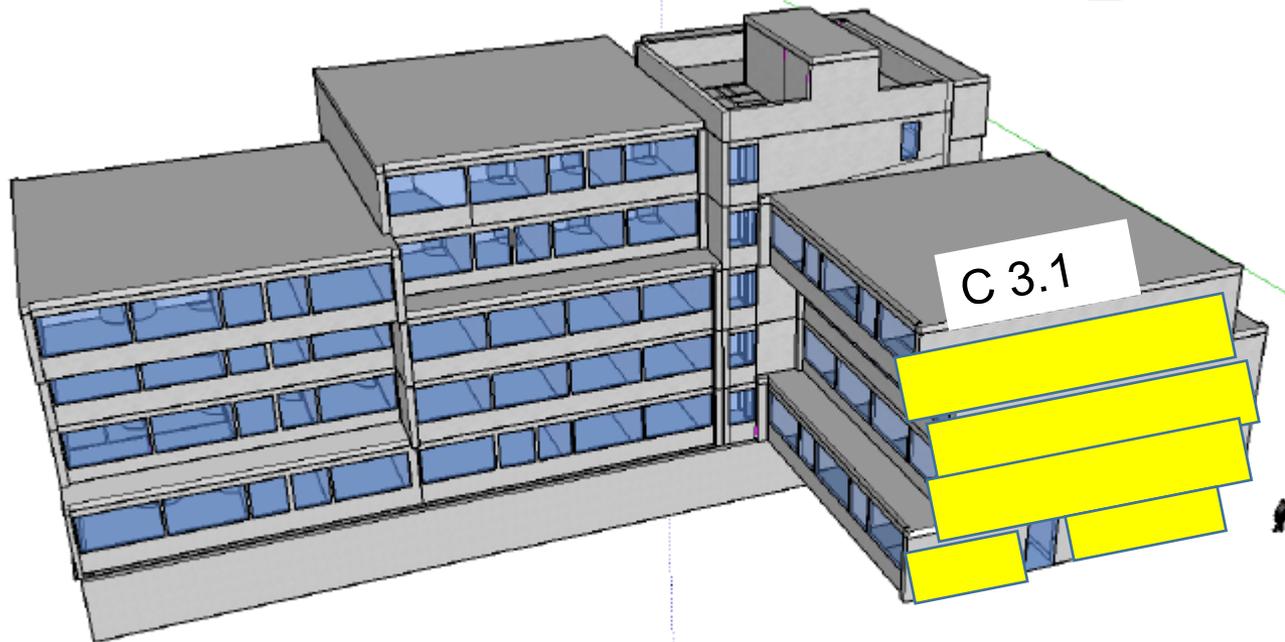
### : Außenliegende Lufttemperierung (aLT)

Beispielhafter Vergleich aWT – aLT (bezogen auf 20°C Innentemperatur):





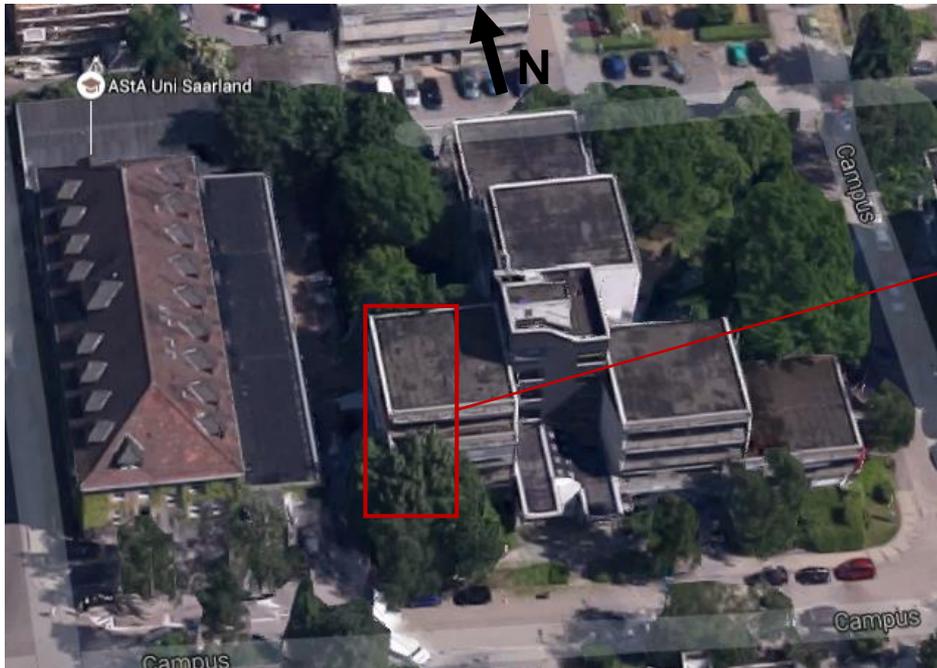
## West Ansicht des Gebäudes mit Blick auf Feldtest- Fassade (gelb)



## LEXU II: Umsetzung am Gebäude 3.1

### Luftbild Gebäude C3.1 auf dem Campus der Universität des Saarlandes

Baujahr: 1969



Quelle: Google Maps, 2017

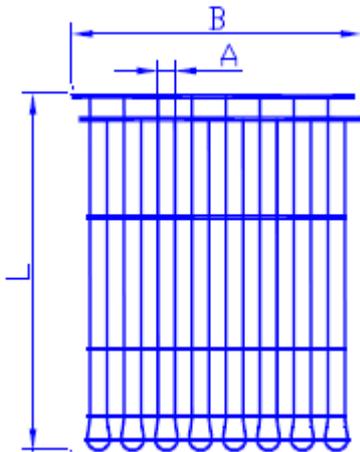


### Fassadenmängel

- Westfassade
  - Höhe: ~15 m
  - Breite: ~13,5 m
  - Fläche: ~200 m<sup>2</sup>
  - AW: 0,36 m Stahlbeton

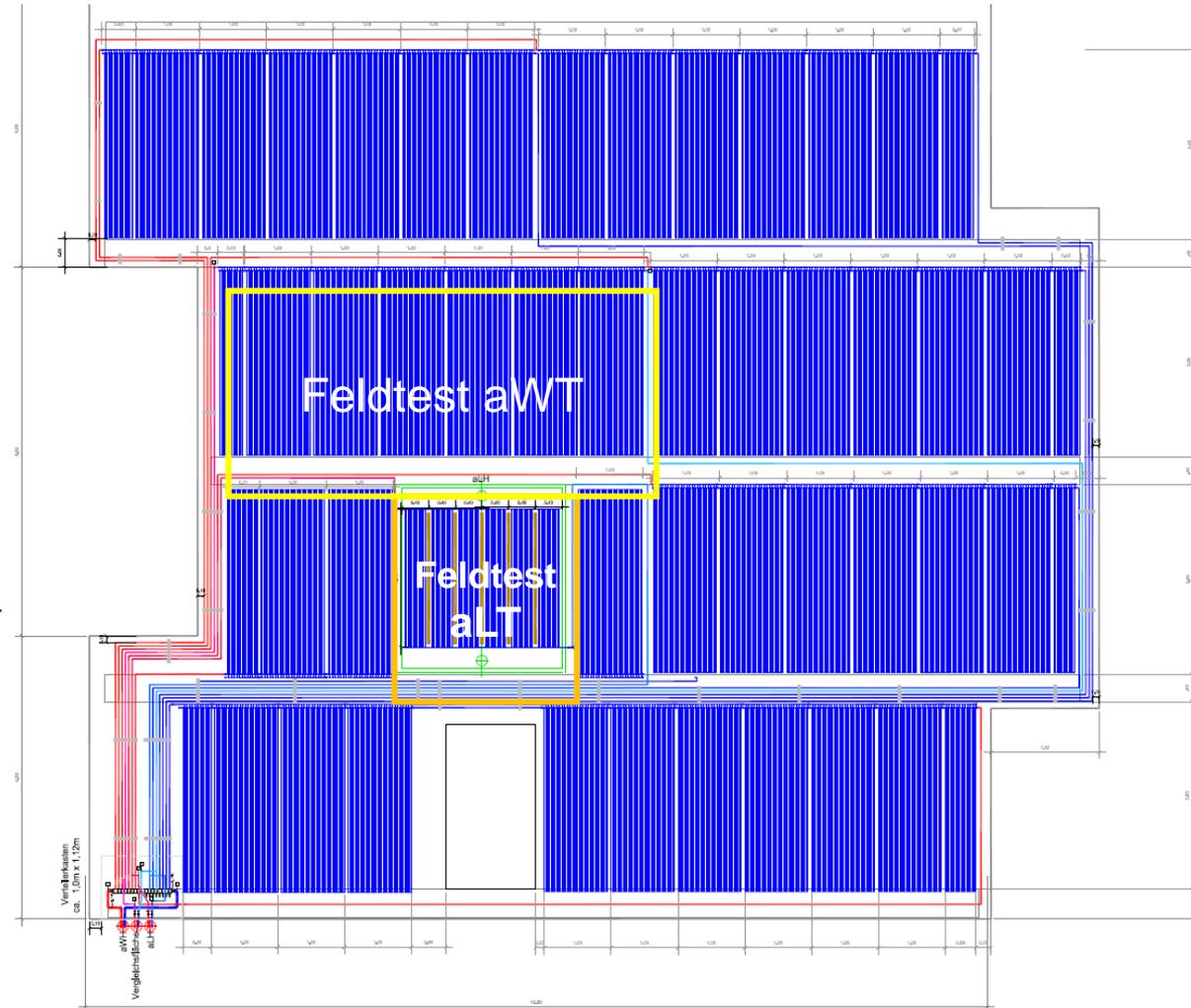
## LEXU II: Feldtestobjekt : Belegungsplan Fassade mit Kapillarrohren

### Prototyp: Raumweise Regelung der aWT + Feldtestfläche aWT & aLT



- Kapillarrohrmatte „Optimat SB 20“
- Hersteller: Clina, Berlin
- Stammrohr: 20 x 2 mm
- Kapillarrohr 4,3 x 0,8 mm
- Abstand A: 20 mm
- Länge L: 600-6000 mm
- Breite B: ab 150 mm

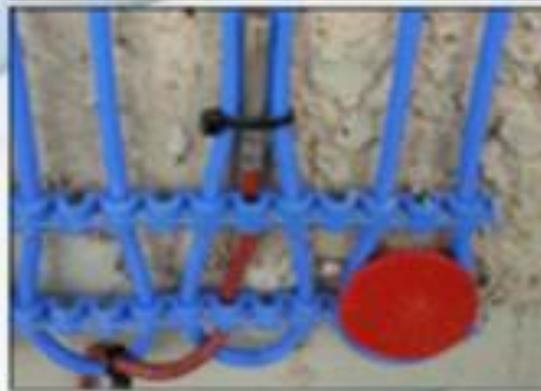
→ Konfektionierung der Matten:  
passend für die Fassade  
beim Hersteller



# Vorbefestigung der Kapillarrohrmatten



**Dübelhaken** zur Fixierung der Stammrohre



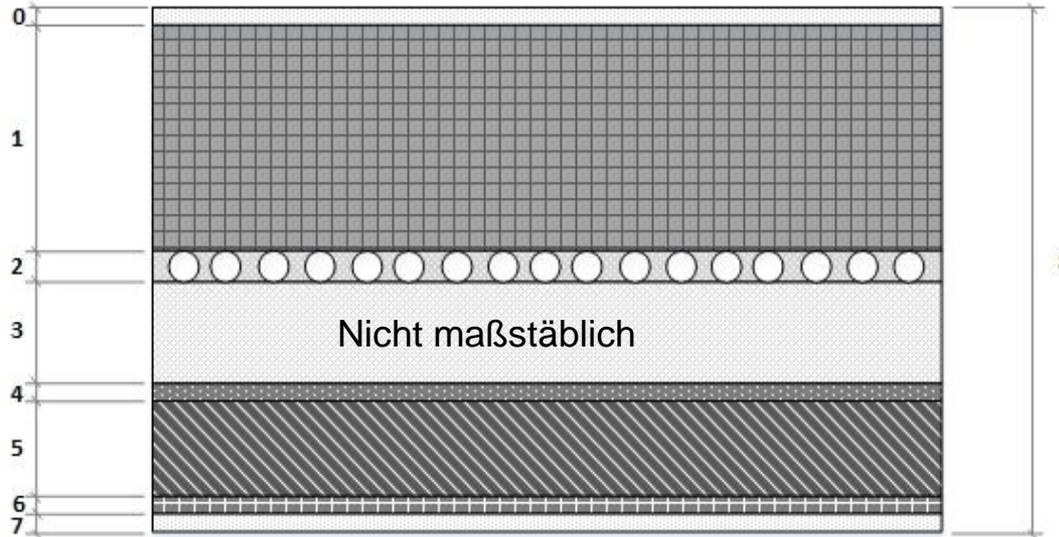
**Dübelnägeln** zur Fixierung einzelner Kapillarrohre nach Bedarf



**Clipschiene** zur Befestigung mehrerer Stammrohre

## Konkreter Schichtaufbau der Feldtestfassade mit aWT

innen



	Dicke [mm]	Name	Material
0	≈10-15	Gips-Leichtputz	Knauf MP 75 L
1	≈360	Bestandswand	Bewehrter Beton
2	≈10	Klebemörtel	Knauf SM 300
3	≈40	Kalk-Zement-Putz	Knauf LUP 222
4	≈5	Klebemörtel	Knauf SM 700
5	160	WDVS	Knauf EPS 032
6	≈5-6	Armierung	Knauf SM 700
7	≈3-4	Oberputz	Knauf SP 360
8	≈ 600	Gesamter Wandaufbau <sup>1</sup>	



## LEXU II: Kapillarrohrsystem: Problematik Sammelrohr- Einputzstärke

- ❖ Problematik Putzdicke wegen „Überputzen“ dicker Muffen
- ❖ Aus Gewährleistungsgründen musste für das geklebte WDVS eine vollflächige, ebene Klebefläche hergestellt werden
  - Putzdicke richtet sich nach dem „dicksten“ Bauteil der Temperierungsebene → hier: Schweissmuffe für Tauchhülsen

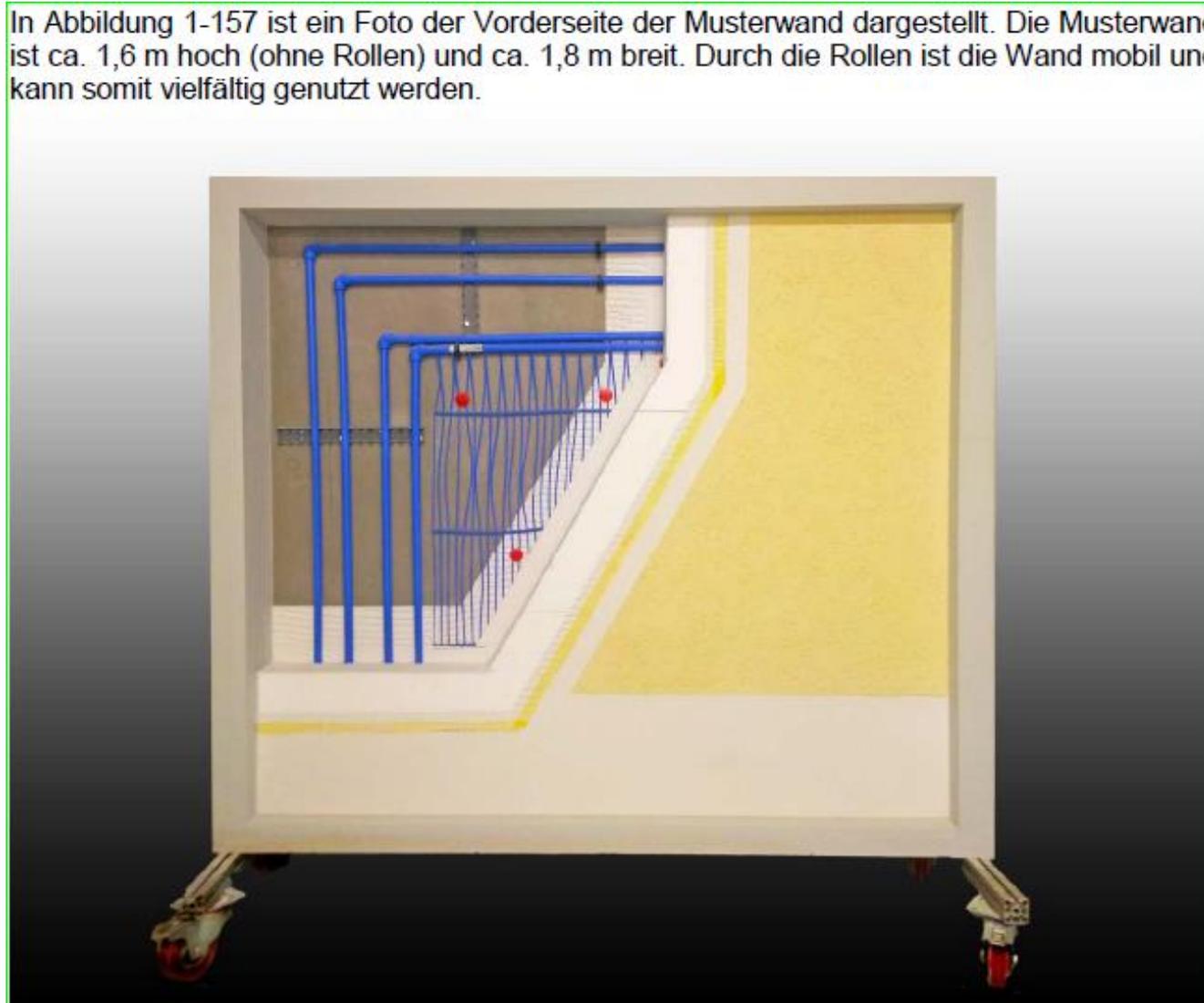


- ❖ **Resultat:** aus Zeitgründen war Dickputzsystem erforderlich
- neues Problem:** → **Trocknungszeit & Stabilität und Kosten**

# Demo-Wand angefertigt von **Kompetenzzentrum Stuck - Rutesheim**

(**Aufgaben:** *Modell, Leitfaden Montage, Systemkosten*)

In Abbildung 1-157 ist ein Foto der Vorderseite der Musterwand dargestellt. Die Musterwand ist ca. 1,6 m hoch (ohne Rollen) und ca. 1,8 m breit. Durch die Rollen ist die Wand mobil und kann somit vielfältig genutzt werden.



Zusatz- Ziel:

Konzept mit geringerer  
Putzstärke

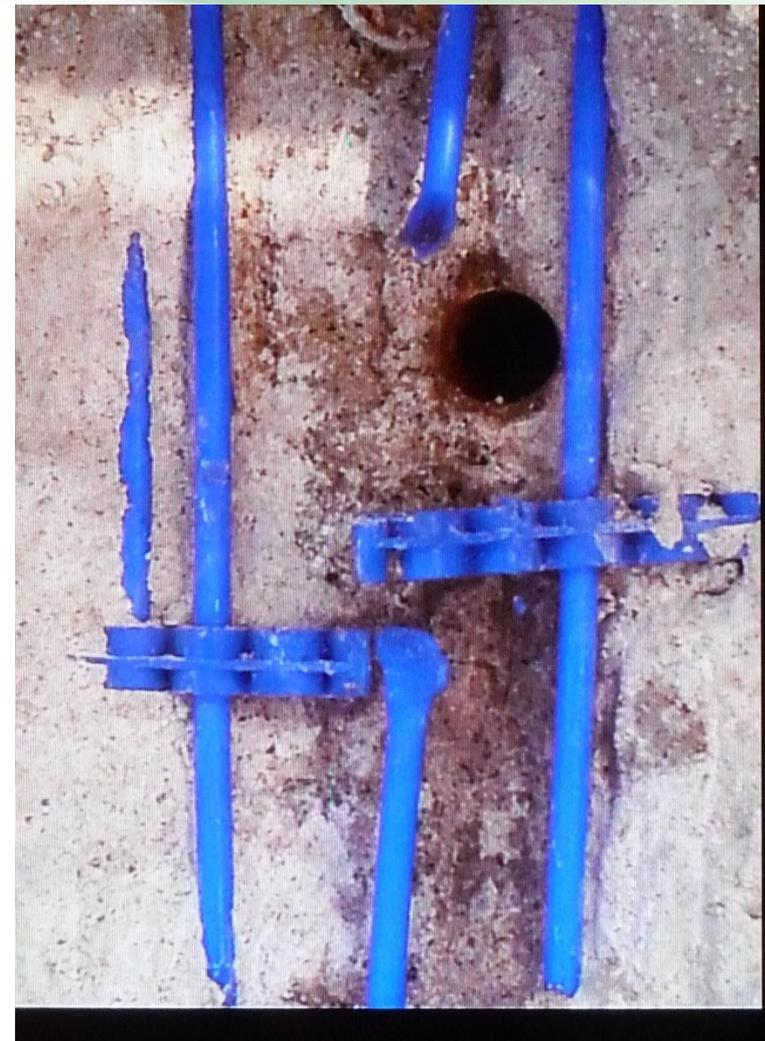
# Putzdicke verringern durch „Ausklinklösung“



## Montage: Was kann auch noch passieren?



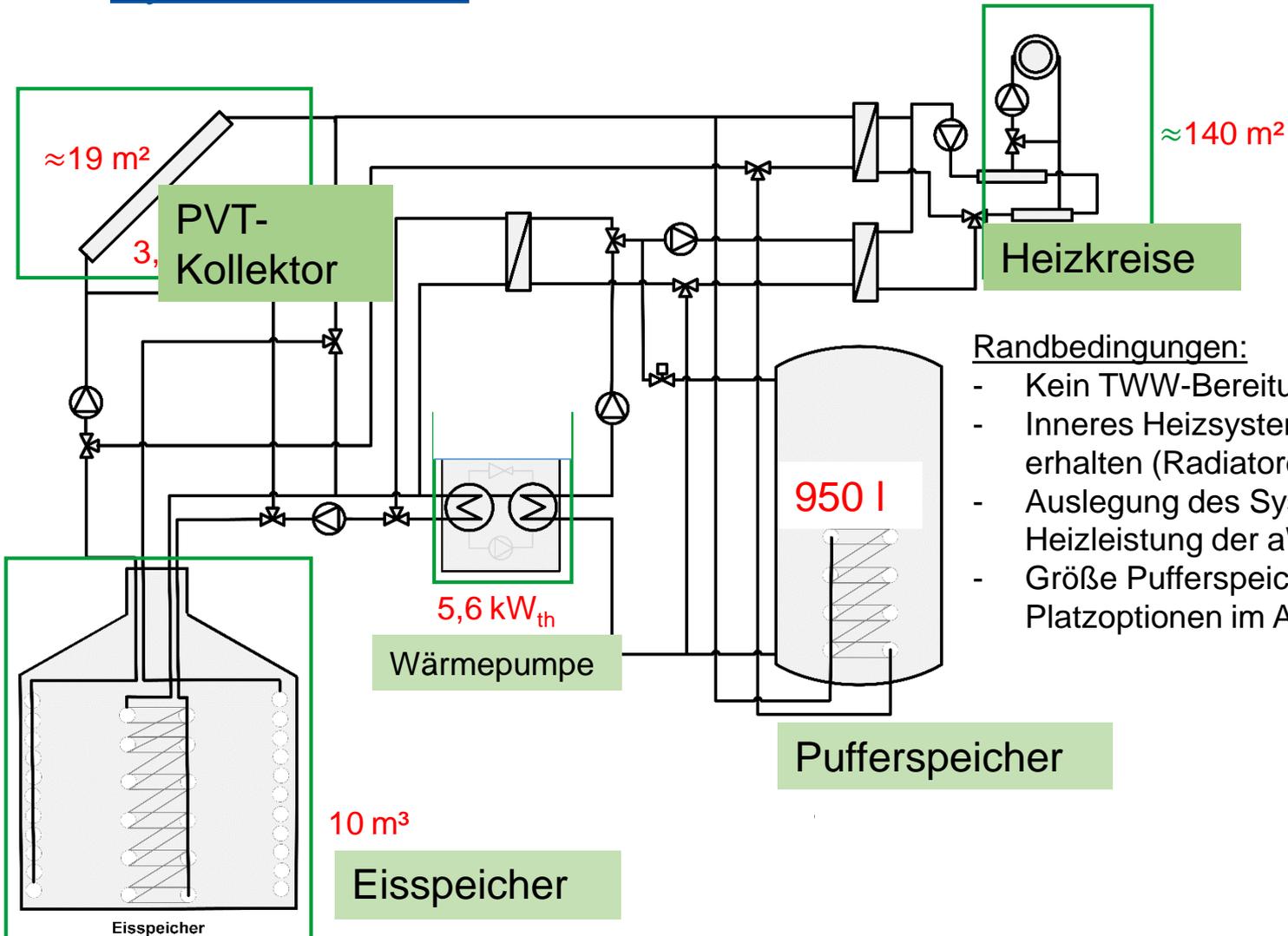
Zerstörung einer Kapillare  
durch Gerüsthaken



Zerstörte Kapillare „totgelegt“  
(verschweißt)

## LEXU II: Feldtestobjekt

### Hydraulikschemata



#### Randbedingungen:

- Kein TWW-Bereitung.
- Inneres Heizsystem des Gebäudes bleibt erhalten (Radiatoren an Fernwärme).
- Auslegung des Systems anhand der max. Heizleistung der aWT ( $\approx 40 \text{ W/m}^2$ ).
- Größe Pufferspeicher richtet sich nach Platzoptionen im Aufstellcontainer (Tür).

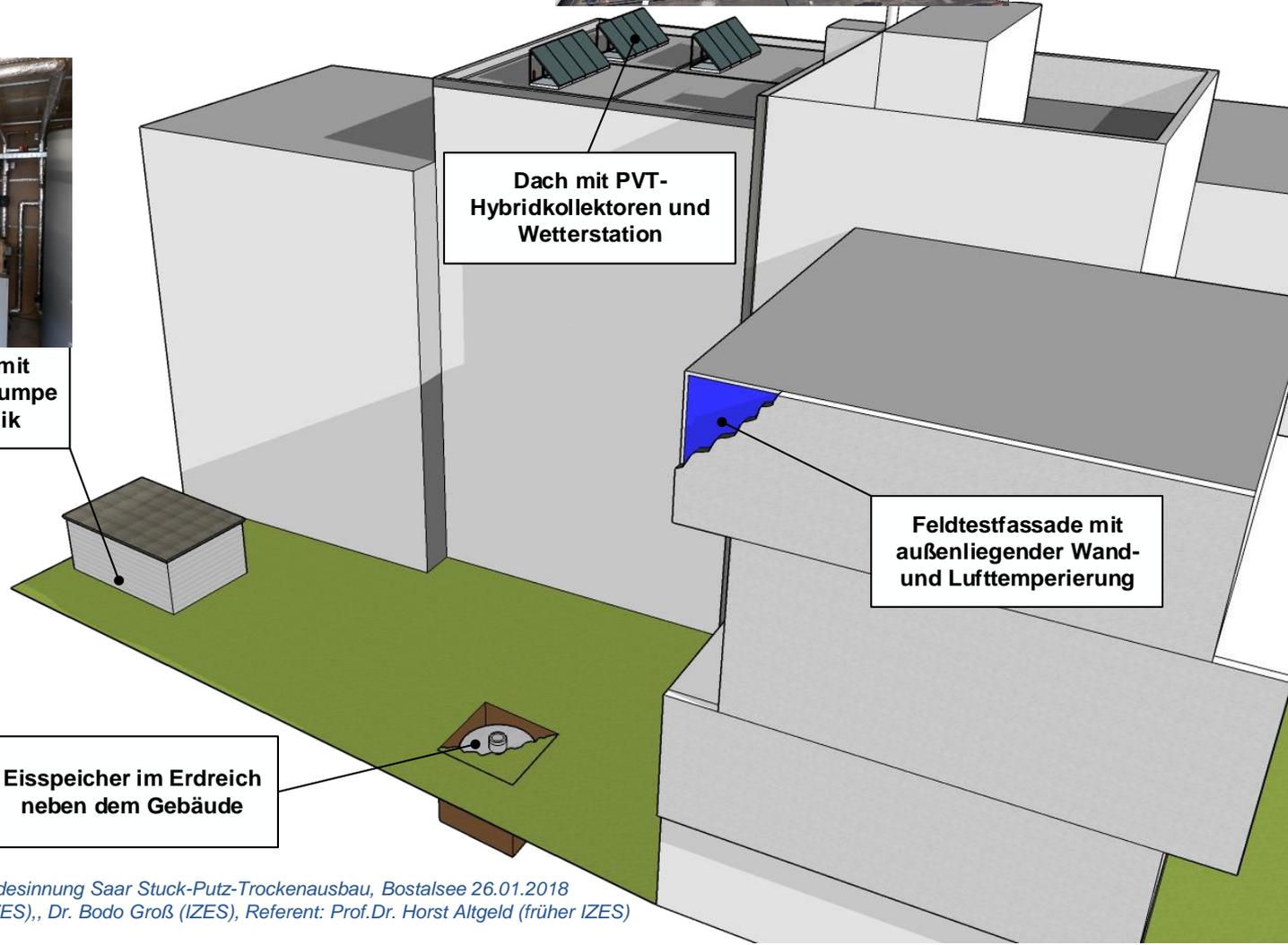
## Überblick Komponenten



Technikzentrale mit  
Hydraulik, Wärmepumpe  
und MSR-Technik



Eisspeicher im Erdreich  
neben dem Gebäude



## Ausblick: Außenliegende Wand- und Lufttemperierung

- ◆ Ausblick „LEXU II“ → „Feldtest & Simulationen“
  - ◆ Anfang 2018: Inbetriebnahme Großdemonstrator
  - ◆ Herbst 2018 (Fj 2019): Ende Forschungsprojekt „LEXU II“
- ◆ Ausblick „Großdemonstrator“ → „Reallabor“

weitergehende Forschungen durchführbar:
- ◆ Ausblick Thematik „aWT/aLT“ → „Schritte in die Baupraxis“
  - ◆ Erhöhung Vorfertigungsgrad → Systemanbieter
  - ◆ Integration der Bauteile in Niedertemperatur Systemkonzepte  
→ „Baukasten“ entwickeln
  - ◆ Integration der aLT in Heiz-/ Lüftungskonzepte mit WRG

## Vor- und Nachteile - Zusammenfassung

### Vorteile:

- Je nach Betriebsweise sehr niedrige Vorlauftemperaturen möglich (Nutzung „Abfallwärme“)
- Bestandswand wird thermisch aktiviert → Speicher.
- Oberflächentemperatur an der Innenseite wird erhöht.  
→ Thermische Behaglichkeit
- Sanierung „von außen“  
(weitgehende Störungsfreiheit der Bewohner) → minimalinvasiv.
- Primärenergieeinsparung*

### Nachteile:

- Theoretischer Wirkungsgrad der aWT liegt bei maximal ca. 90%  
→ 10% gehen nach außen verloren
- Durch die Lage handelt es sich um ein sehr träges Heizsystem.
- Entwicklung von anspruchsvolleren Regelungsstrategien notwendig.
- aWT in vielen Fällen eher als „Grundlastheizung“ geeignet.

## Wissenschaftliche Begleitung

### WIDAG GbR:

*Prof. Dr. Horst Altgeld; wissenschaftliche Projektleitung*

### Forschungsstelle Zukunftsenergie der Universität des Saarlandes:

*Dr. Gerhard Luther; wissenschaftliche Unterstützung*

## Industriepartner

**Clina** Heiz- und Kühlelemente GmbH, Berlin (*Kapillarrohrmatten*)

**GEFGA** Energiesysteme GmbH, Limburg (*Belegungsplanung*)

**HGE Ingenieure** GmbH, Kaiserslautern (*Hydraulikplanung*)

**Thermea Energiesysteme** GmbH, Dresden (*CO<sub>2</sub>-WP*)  
*inzwischen Dürre thermea GmbH*

**Isocal HeizKühlsysteme** GmbH, Friedrichshafen (*Eisspeicher*)  
*inzwischen Viessmann Eis-Energiespeicher GmbH*

Berufsförderungsverein des baden-württembergischen  
**Stuckateurhandwerks** e.V. ; Kompetenzzentrum Rutesheim (*Anbringung  
aWT, Leitfaden, Modell, Systemkosten*)

**Sto** SE & Co. KGaA, Stühlingen (WDVS)

→ bei Ausführung ersetzt durch **Knauf Gips KG**, Iphofen

# Vielen Dank

**Danke - den Fördermittelgebern,  
unsere Projektpartnern und Unterstützern**

**Kontakt: Christoph Schmidt  
schmidt@izes.de**

## Projektleitung



## Unterstützer



## Förderung

Gefördert durch:



**Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie**

**aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages**