

# ***Außenliegende Wand- und Lufttemperierung „Modellierung und Validierung von Simulationsansätzen für die außenliegende Lufttemperierung“***

**>> BauSIM 2018, Karlsruhe, 27.09.2018**

***M.Eng. Christoph Schmidt, IZES gGmbH, Saarbrücken***

*Dr. Horst Altgeld, IZES gGmbH, Saarbrücken*

*Dr. Bodo Groß, IZES gGmbH, Saarbrücken*

*Prof. Dr. Stefan Maas, Université du Luxembourg, Luxembourg*

*Prof. Dr. Frank Scholzen, Université du Luxembourg, Luxembourg*

Ein Projekt von



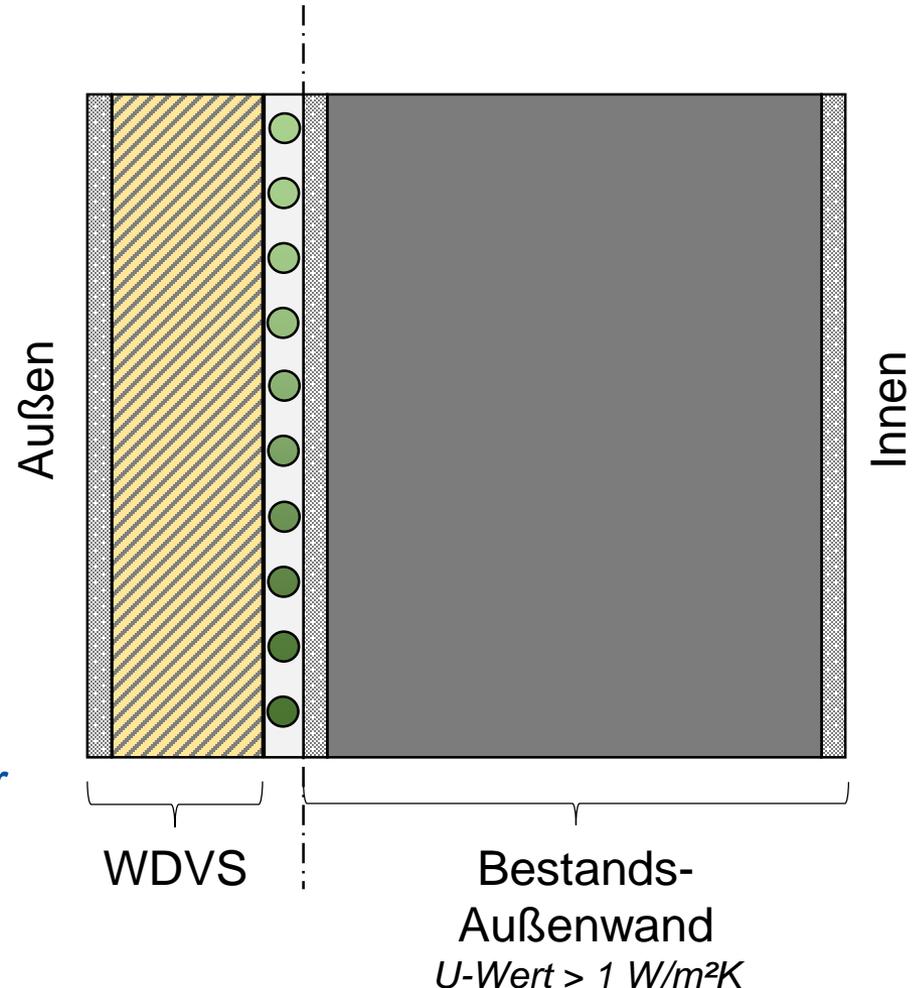
Forschung für  
energieoptimierte  
Gebäude und Quartiere

## LEXU II: Außenliegende Wandtemperierung

### ➤ Außenliegende Wandtemperierung (aWT): TABS-Sonderfall

#### ➤ Vorteile:

- Heiz- und Kühlbetrieb möglich
- Oberflächentemperatur an der Innenseite wird erhöht.  
→ *Thermische Behaglichkeit*
- Nutzung sehr niedriger Fluidtemperaturen möglich  
→ LowEx / Niedertemperatur
- Bestandswand wird thermisch aktiviert → Speicherung
- Sanierung „von außen“  
(weitgehende Störungsfreiheit der Bewohner) → minimalinvasiv

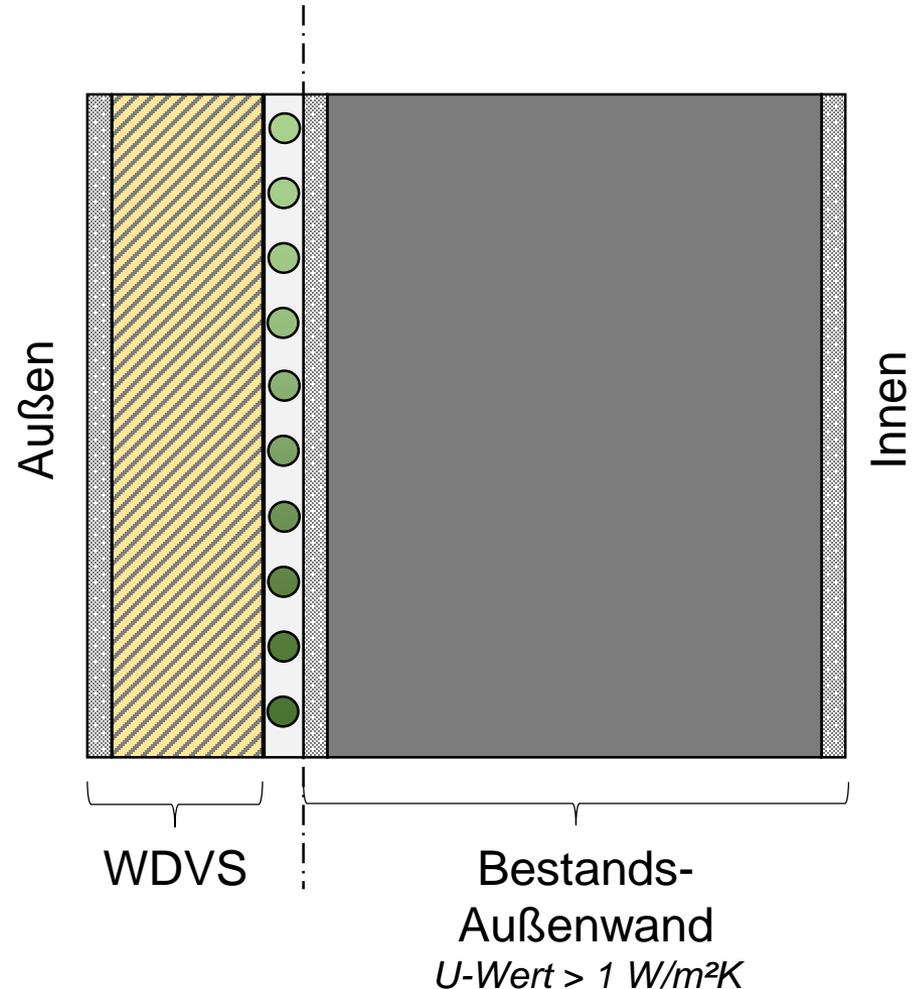


## LEXU II: Außenliegende Wandtemperierung

### ➤ Außenliegende Wandtemperierung (aWT): TABS-Sonderfall

#### ➤ Nachteile:

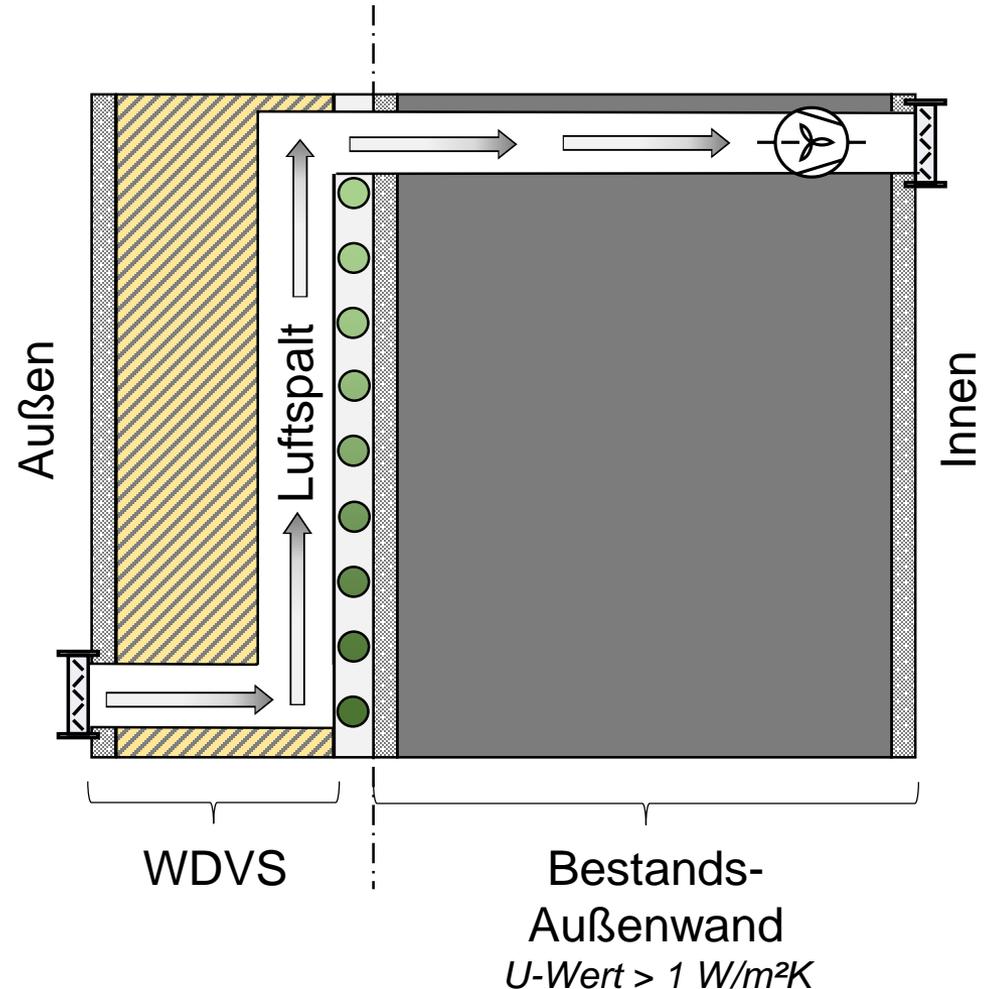
- Mehraufwand: Zusätzlichen Wärmeverluste der aWT  
→ Wirkungsgrad der aWT
- Durch die Lage handelt es sich um ein sehr träges Heizsystem  
➤ → „Grundlastheizung“



## LEXU II: außenliegende Lufttemperierung

- Außenliegende Lufttemperierung (aLT): Frischlufttemperierung von „außen“

- Vorteile:
- Zusätzliche Wärmeübertragungsfläche
- Erhöhung der Effizienz durch Verringerung der Verluste
- Schnelle Regelbarkeit  
→ Spitzenlast möglich



## LEXU II: außenliegende Lufttemperierung, Arbeitsschritte

### ❖ Theoretische Grundlagen der aLT:

- ❖ U.a.: Luther, G. 2013: Außenliegende Luftheizung, Konzept, Modellierung und Analysen. Fachbericht für das Projekt LEXU II, Universität des Saarlandes, FSt. Zukunftsenergie, Saarbrücken; <http://www.fze.uni-saarland.de/Speicher.htm>

### ❖ Aufbau einer Laborwand und Messdatenaufnahme

- ❖ Ermittlung der relevanten Kennwerte wie  $U_{WÜT}$  / NTU-Wert

### ❖ Erarbeitung von Simulationsmöglichkeiten (TRNSYS, HEAT)

#### ❖ Verifizierung:

- ❖ Vergleich mit Berechnungen und den Modellen untereinander

#### ❖ Validierung:

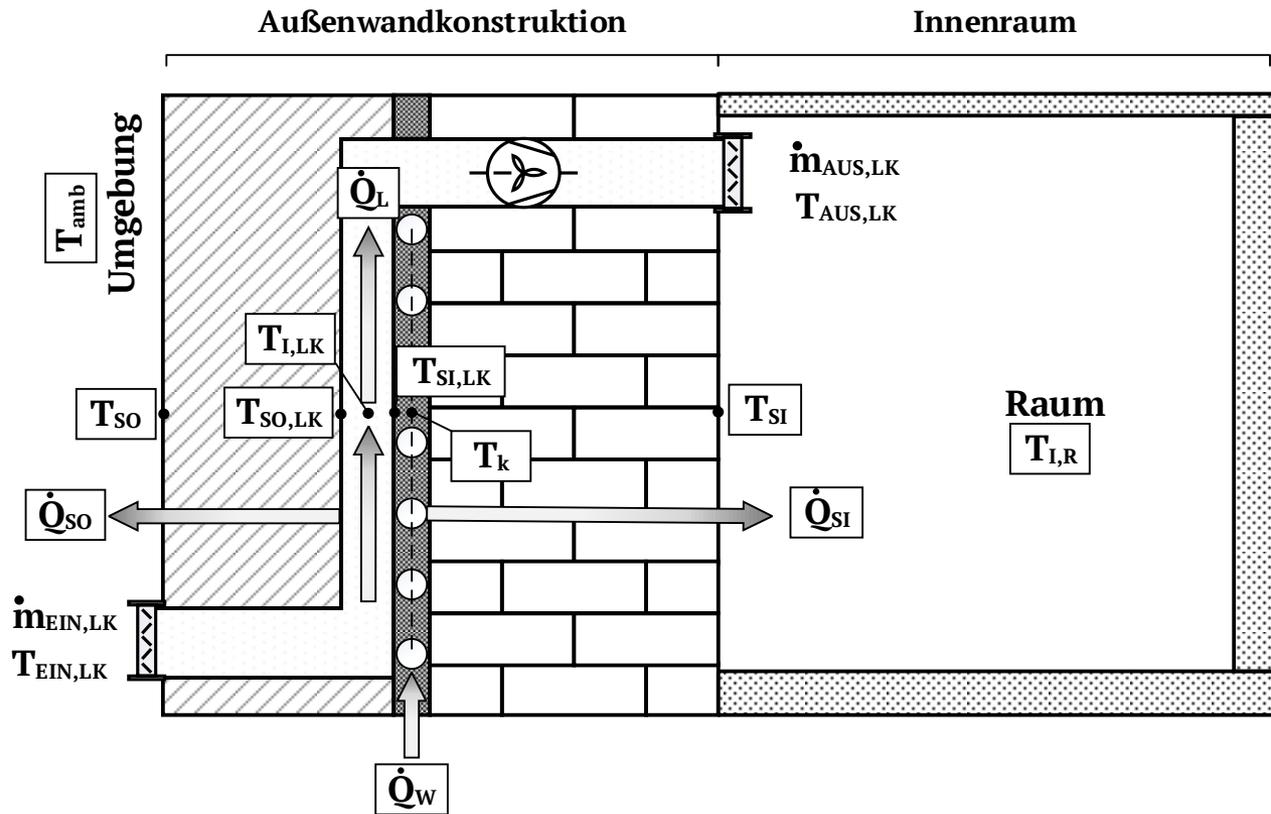
- ❖ Vergleich mit Messdaten von der Laborwand (Labor) → quasi-stationär
- ❖ Vergleich mit Messdaten von der Feldtestumsetzung (Praxis) → instationär

### ❖ Simulations- und Potentialstudien

### ❖ Fazit

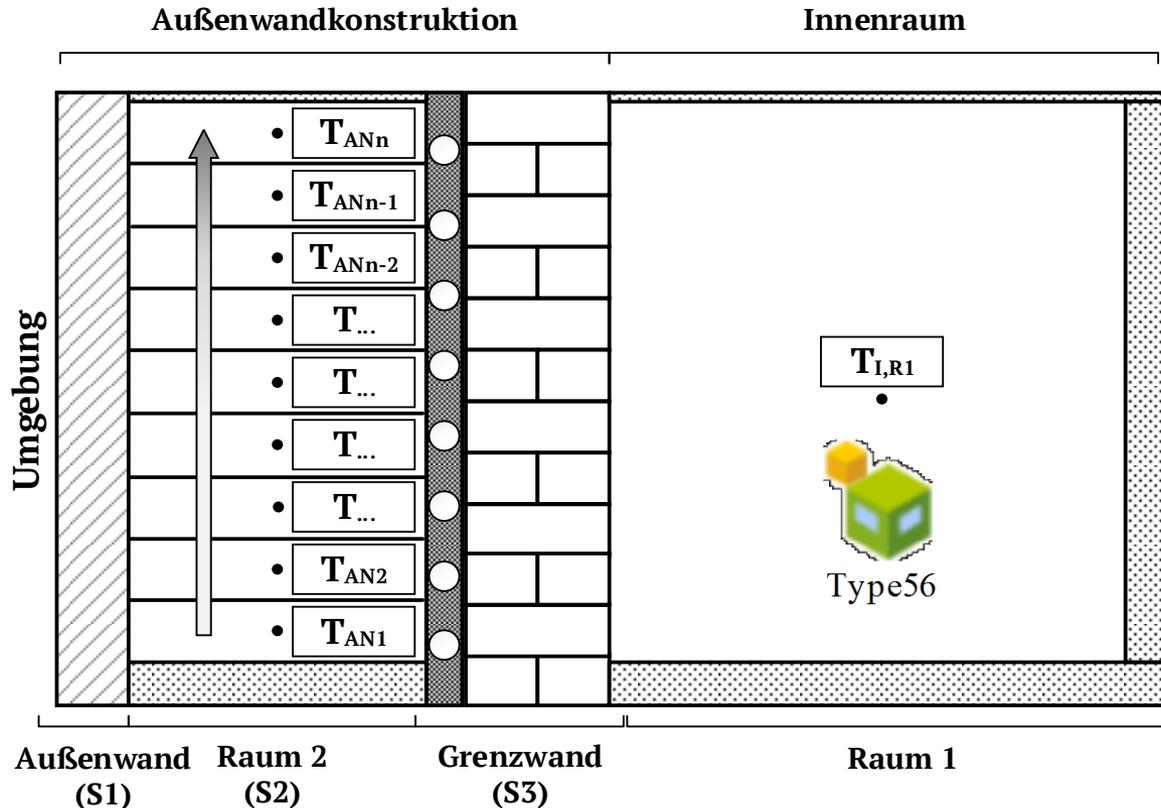
# LEXU II: außenliegende Lufttemperierung, Modellierung

## Simulationmöglichkeiten mit TRNSYS: Konzept



## LEXU II: außenliegende Lufttemperierung, Modellierung

### Mehrzonenmodell innerhalb von Type 56:

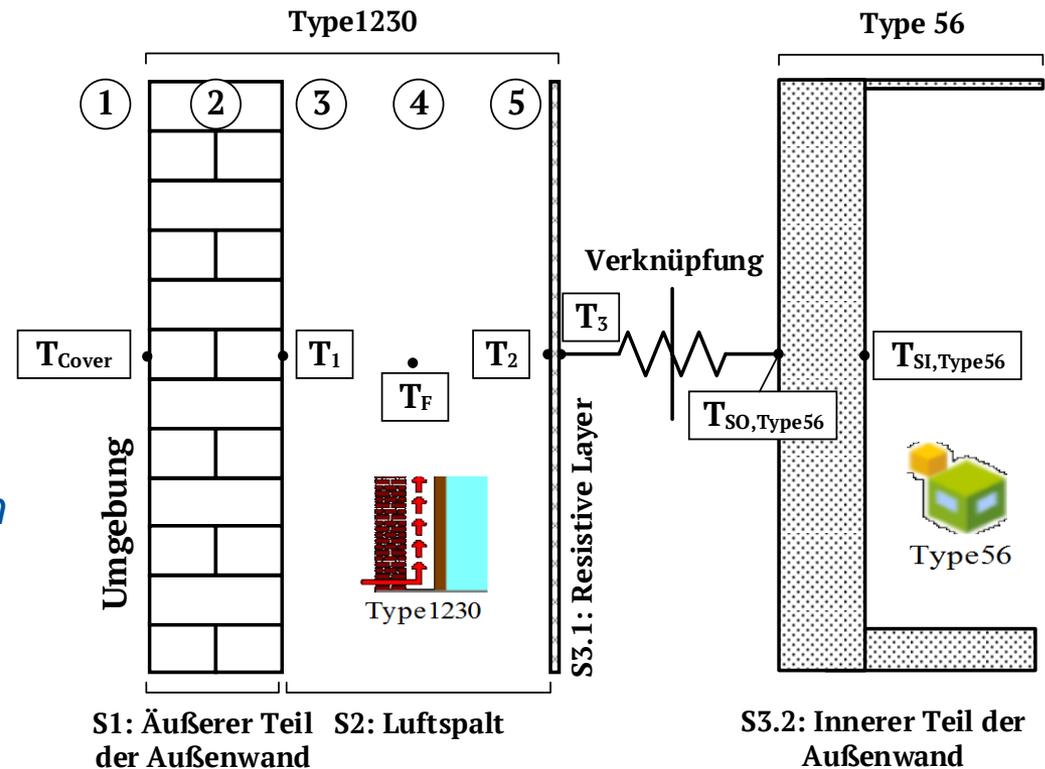


### Fazit:

Modellierung in 3D und Unterteilung bis hin zu 128 Zonen → Funktioniert, aber Eingabeaufwand & Fehleranfälligkeit

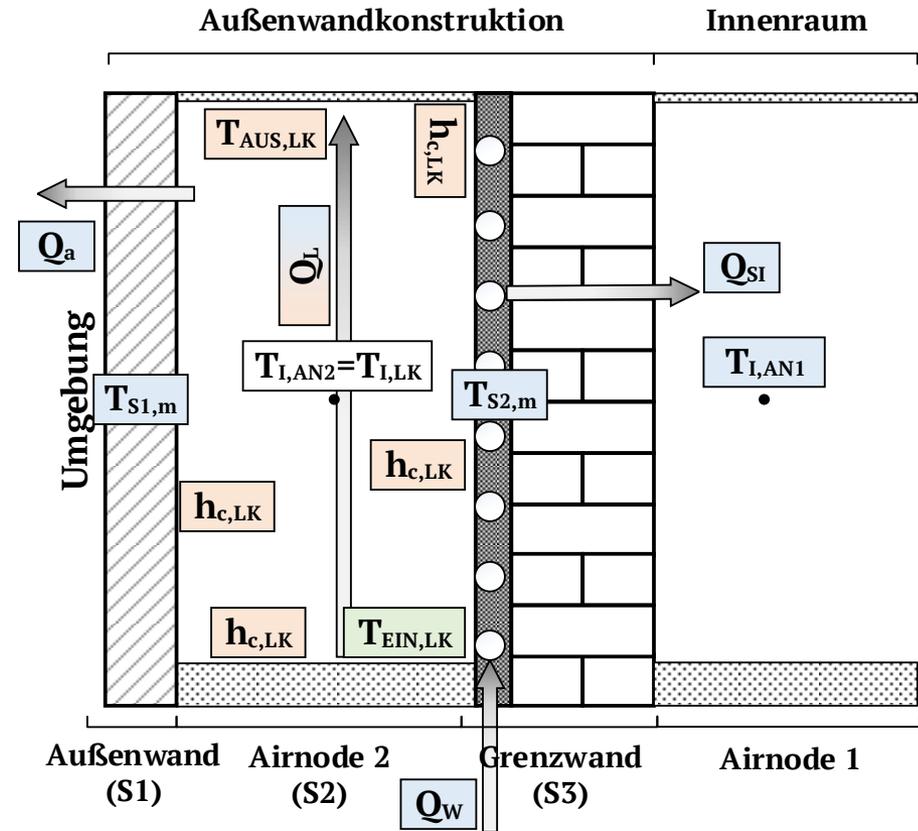
## LEXU II: außenliegende Lufttemperierung, Modellierung

- Nutzung von Type1230\* aus der TESS-Library:
- Simulation von hinterlüfteten Fassaden
- Temperatur am Ende des Luftkanals wird als Output ausgegeben
- Muss mit Type 56 verknüpft werden
- Bei Segmentierung der aktiven Fläche → Probleme mit Energiebilanz



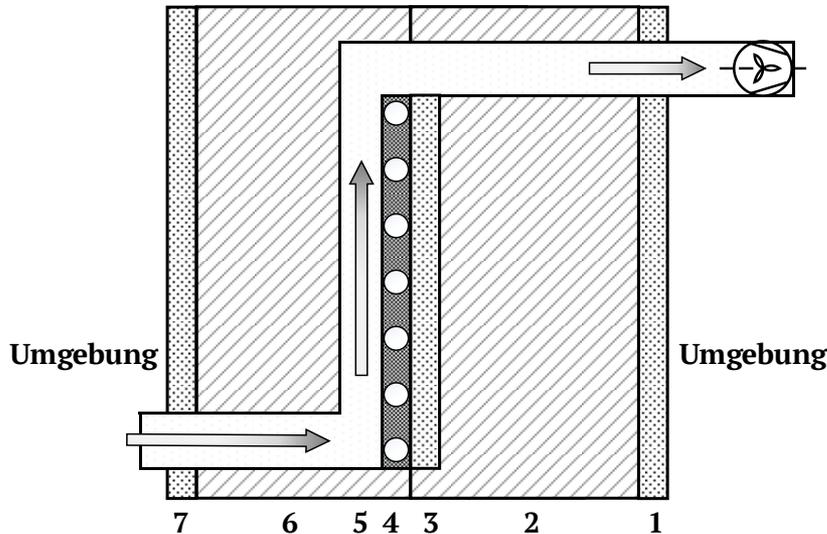
## LEXU II: außenliegende Lufttemperierung, Modellierung

- ❖ Modellierung und Berechnung nach DIN EN 13363 für belüftete Zwischenräume:
- ❖ Berechnung von belüfteten Zwischenräumen von Fenstern mit einer konstanten, bekannten Strömungsgeschwindigkeit
- ❖ Kombination von **analytischem Modell (Equation)** & **Modellierung (Type 56)**
- ❖ Berechnung einer Wärmeäquivalent-Temperatur  $T_{I,LK}$  → Definition als Set-Temperatur für Airnode 2 in Type 56 → Resultat: äquivalente Wärmeströme



## LEXU II: außenliegende Lufttemperierung, Laborwand

### Laborwand mit Fokus auf dem Wärmeübergang im Luftspalt



- Arbeitsschritte
- Auslegung der Laborwand auf einen Raum mit einem Luftvolumen von  $\sim 40\text{m}^3$
- Auslegung der luftüberströmten Fläche durch Berechnungen und Detailbetrachtung durch Strömungssimulationen mit ANSYS
- Überprüfung der homogenen Überströmung durch Luft-Geschwindigkeitsmessungen über die komplette Fläche

Nr.	Beschreibung	Dicke	Schicht
1	MDF-Trägerplatte	19 mm	S3
2	Styropor-Isolierung	160 mm	S3
3	MDF-Platte (Halterung für Matten)	10 mm	S3
4	Kapillarrohmatte in Spezialputz	10 mm	S3
5	Luftkanal mit Abstandshaltern	20 mm	S2
6	Styropor-Isolierung	150 mm	S1
7	MDF-Trägerplatte	19 mm	S1

#### Variationsbereich der Versuchsparameter

Name	Einheit	MIN	MAX
Luftvolumenstrom	$\text{m}^3/\text{h}$	13	52
Luftgeschwindigkeit	$\text{m/s}$	0,13	0,45
Spez. Wassermassenstrom aWT	$\text{kg}/(\text{m}^2\text{h})$	12	54
Gesamter Massenstrom	$\text{kg/h}$	28	129
Wasser-Vorlauftemperatur	$^{\circ}\text{C}$	33	60
$\Delta T (T_{W,\text{ein}} - T_{L,\text{ein}})$	K	16	40

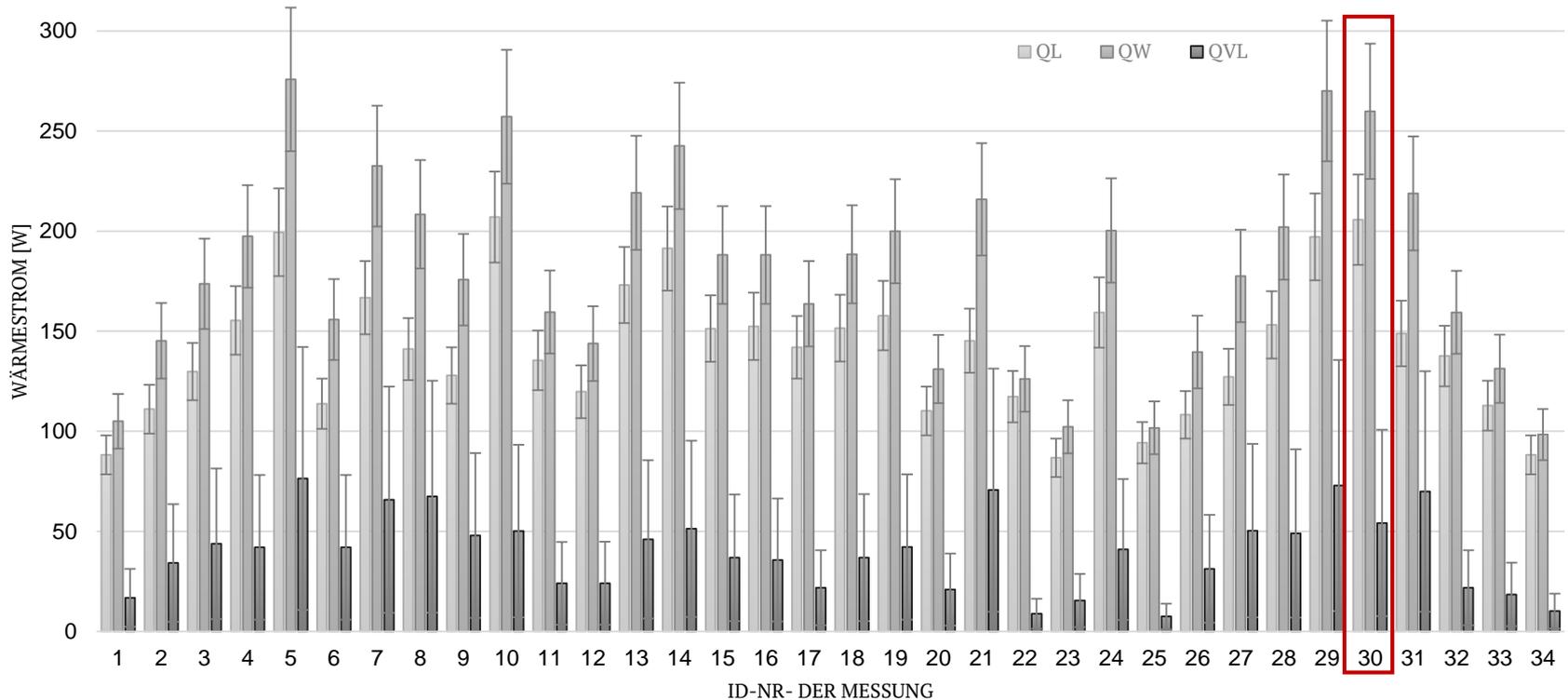
## LEXU II: außenliegende Lufttemperierung, Laborwand

### Fotos Laborwand:



# LEXU II: außenliegende Lufttemperierung, Messungen Laborwand

## Wärmeströme: Messwerte mit Messunsicherheitsbudget

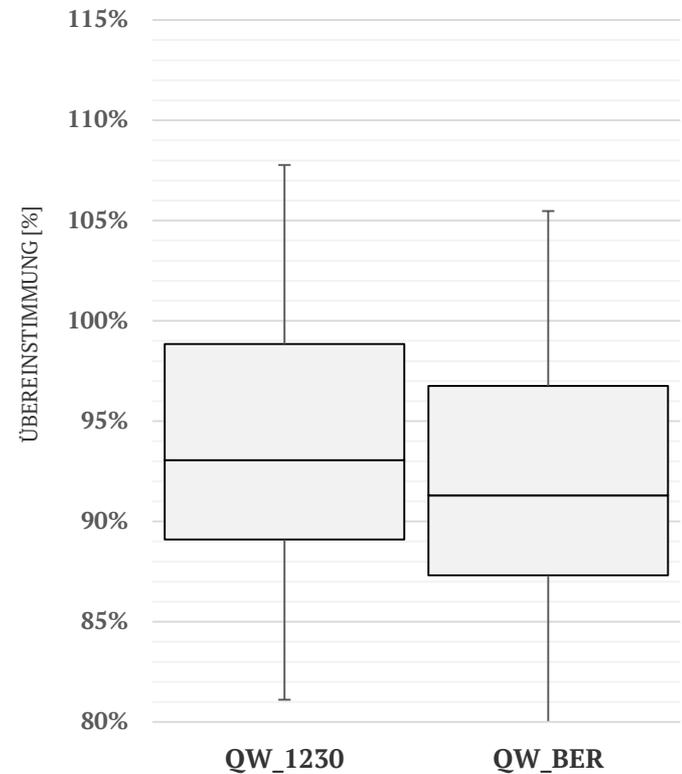
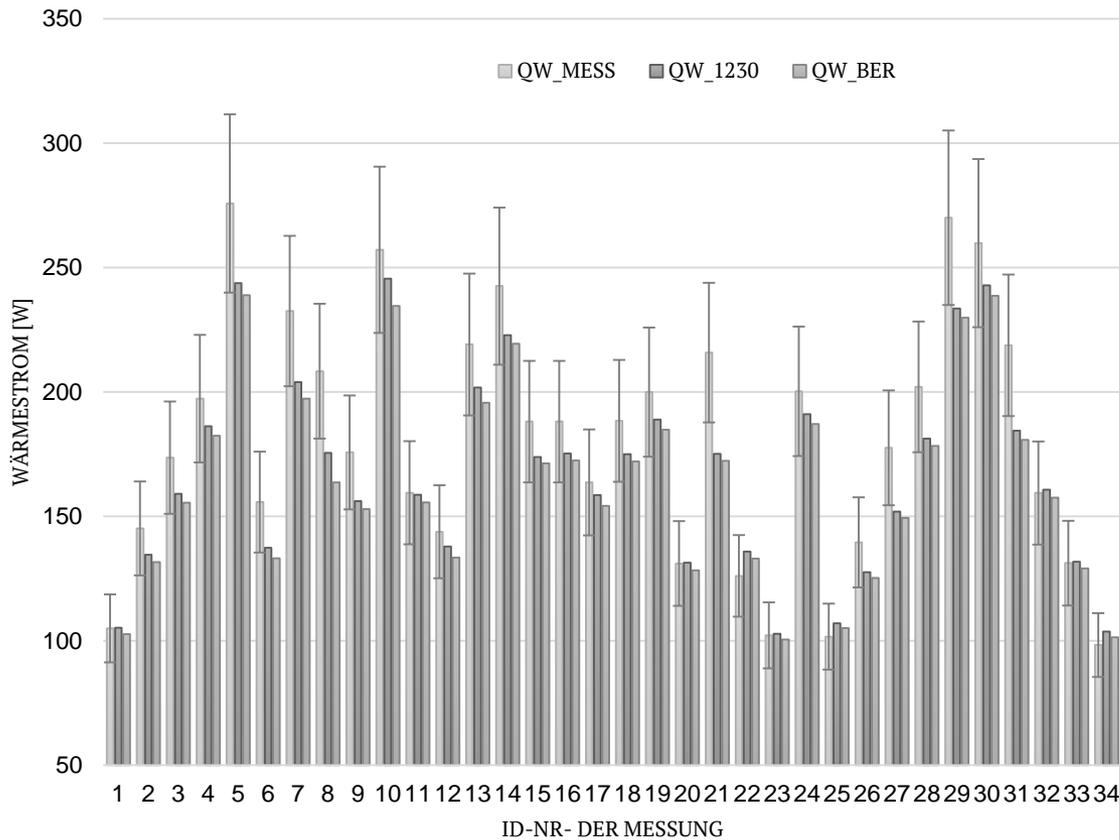


Untersuchung 34 quasi-stationärer Zustände / Berechnung der Standardabweichung der kompletten Messkette (Sensor bis Datenerfassung) → Messunsicherheitsbudget entsprechend „Guide to the Expression of Uncertainty for Measurement“

$Q_w = \sim 255 \text{ W}$ , erweiterte Messunsicherheit  $\pm 32 \text{ W}$  bzw. 13%       $Q_{VL} = Q_w - Q_L = \sim 50 \text{ W}$ , erw. Messunsicherheit  $\pm 39 \text{ W}$  bzw. 86%  
 $Q_L = \sim 206 \text{ W}$ , erweiterte Messunsicherheit  $\pm 23 \text{ W}$  bzw. 11%

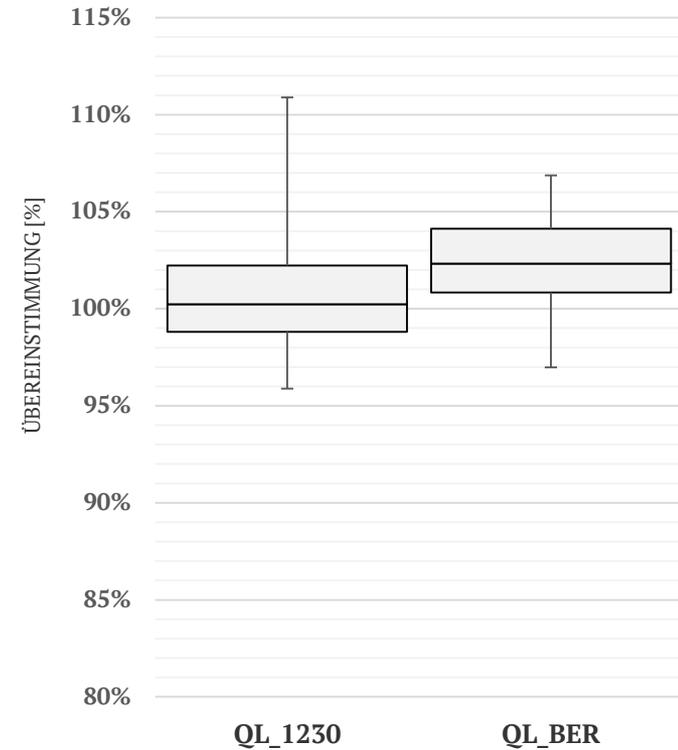
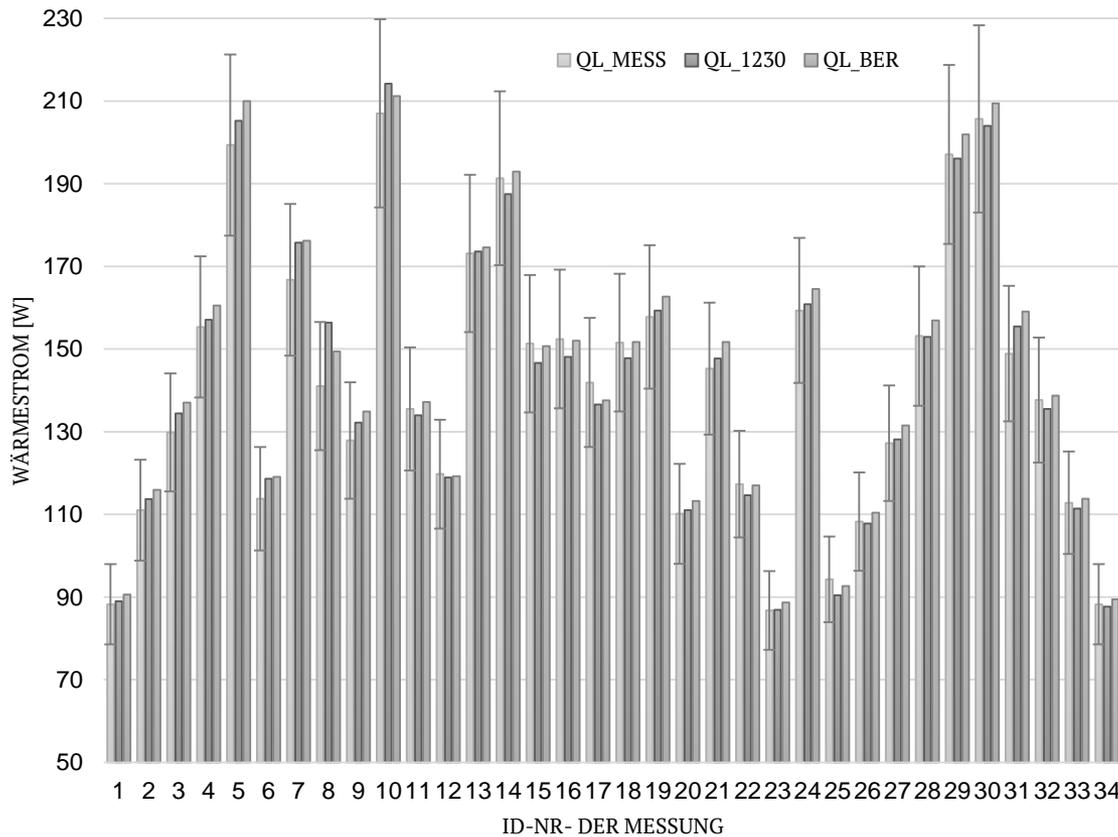
# LEXU II: außenliegende Lufttemperierung, Messungen Laborwand

## Wasserseitiger Wärmestrom $Q_W$ : Vergleich der Messwerte mit den Simulationsergebnissen



# LEXU II: außenliegende Lufttemperierung, Messungen Laborwand

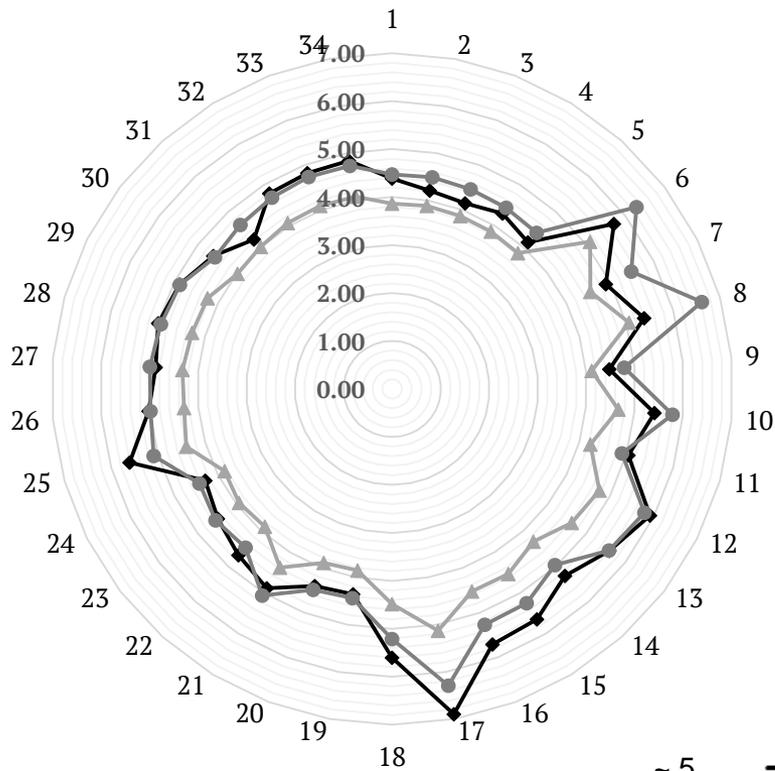
## Luftseitiger Wärmestrom $Q_L$ : Vergleich der Messwerte mit den Simulationsergebnissen



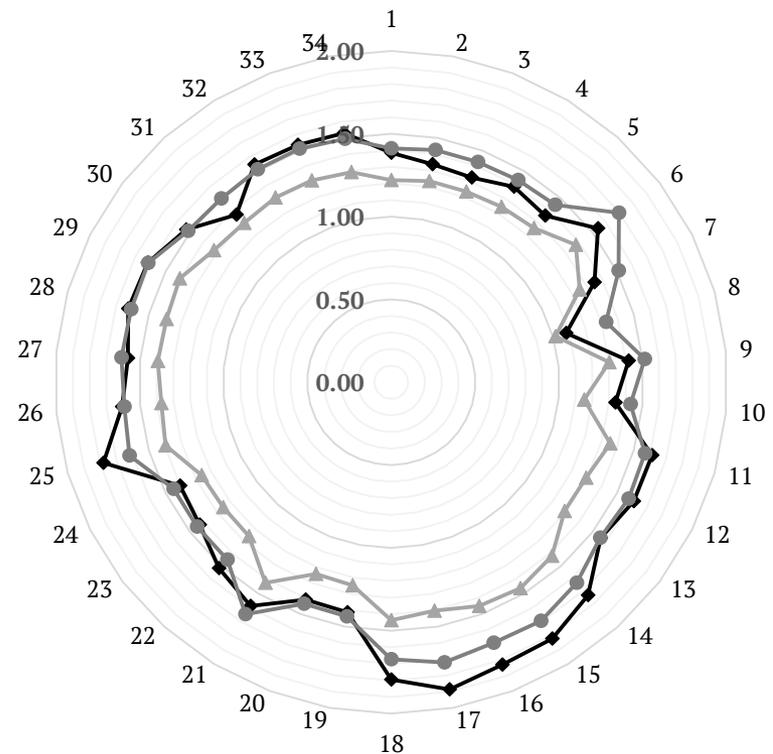
# LEXU II: außenliegende Lufttemperierung, Messungen Laborwand

## Resultierende Kennzahlen der aLT als Wärmetauscher

Wärmeübertragerkennzahl [W/m²K]



Number of Transer Units / NTU-Wertl [ ]



- ~ 5      ◆ Messung      ~ 1,5
- ~ 5      ● SIM: Type 1230      ~ 1,5
- ~ 4,3    ▲ SIM: BER13363      ~ 1,3

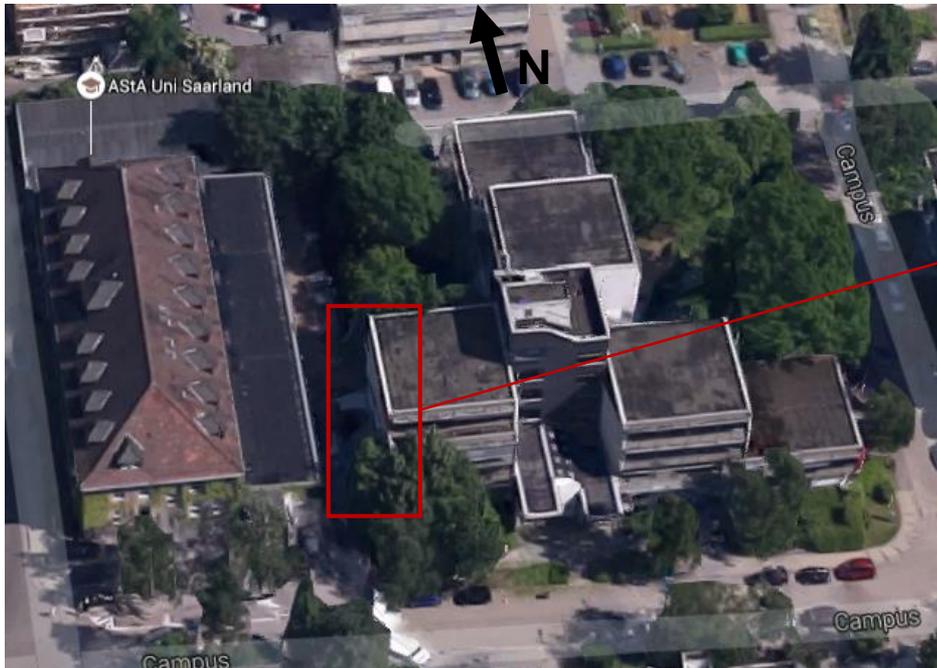
## LEXU II: außenliegende Lufttemperierung, Fazit Validierung

- ❖ Laborwand: Fazit für den quasistationären Betrieb
- ❖ Sehr gute Übereinstimmung der beiden Simulationsmodelle mit den Messergebnissen, insbesondere für die Luft-Austrittstemperatur aus dem Luftspalt und den Kennwerten  $U_{WÜT}$  & NTU-Wert
- ❖ Vorteil des Modells nach DIN ISO 13363: Modellierung komplett in Type 56 möglich, keine Unterteilung der thermischen Hülle des Gebäudes in Type 56 und Type 1230 nötig
- ❖ Datenbasis zu gering (zu wenig Messdaten, v.a. instationär)
- ❖ Validierung für instationäre Zustände noch ausstehend (Feldtest)
- ❖ Modellierung Lufteinlass/Luftauslass & ggfs. Einfluss d. Ventilators

## LEXU II: Großdemonstrator

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

Baujahr: 1969



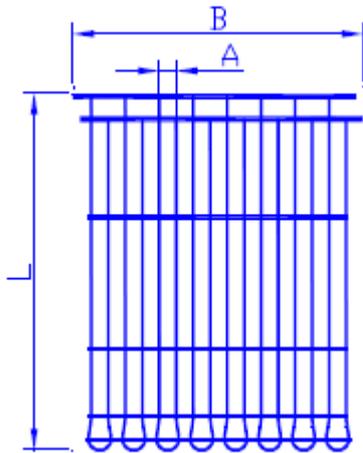
Quelle: Google Maps, 2017



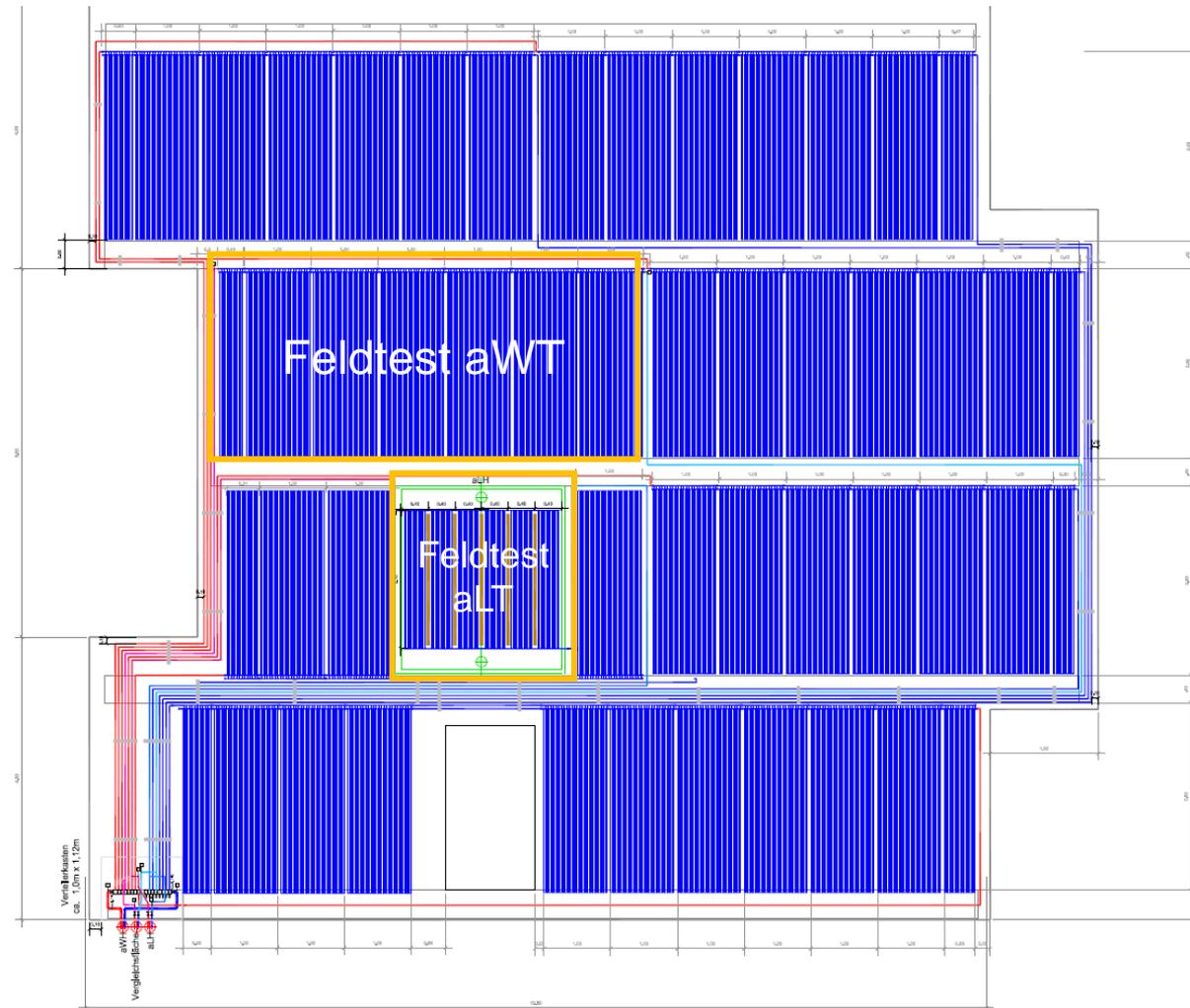
- Westfassade
  - Höhe: ~15 m
  - Breite: ~13,5 m
  - Fläche: ~200 m<sup>2</sup>
  - 0,36 m Stahlbeton

## LEXU II: Großdemonstrator, Belegungsplanung

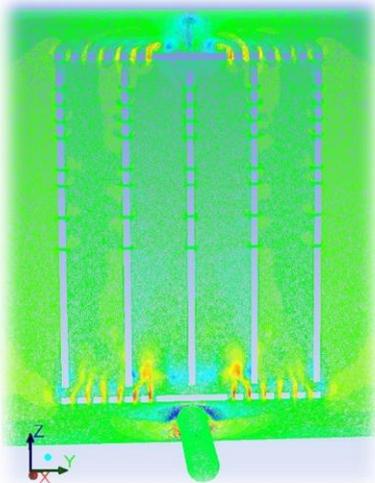
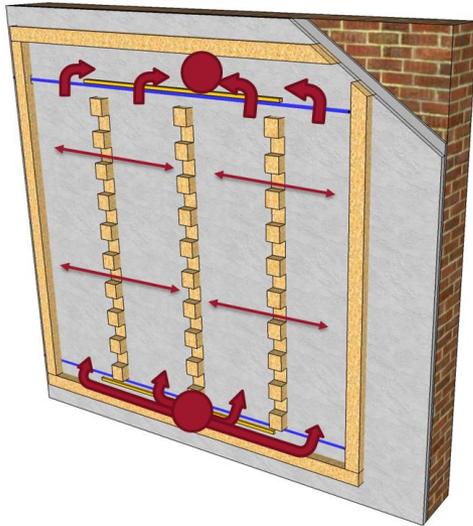
- Ansatz: Raumweise Regelung der aWT + Feldtestfläche aWT & aLT



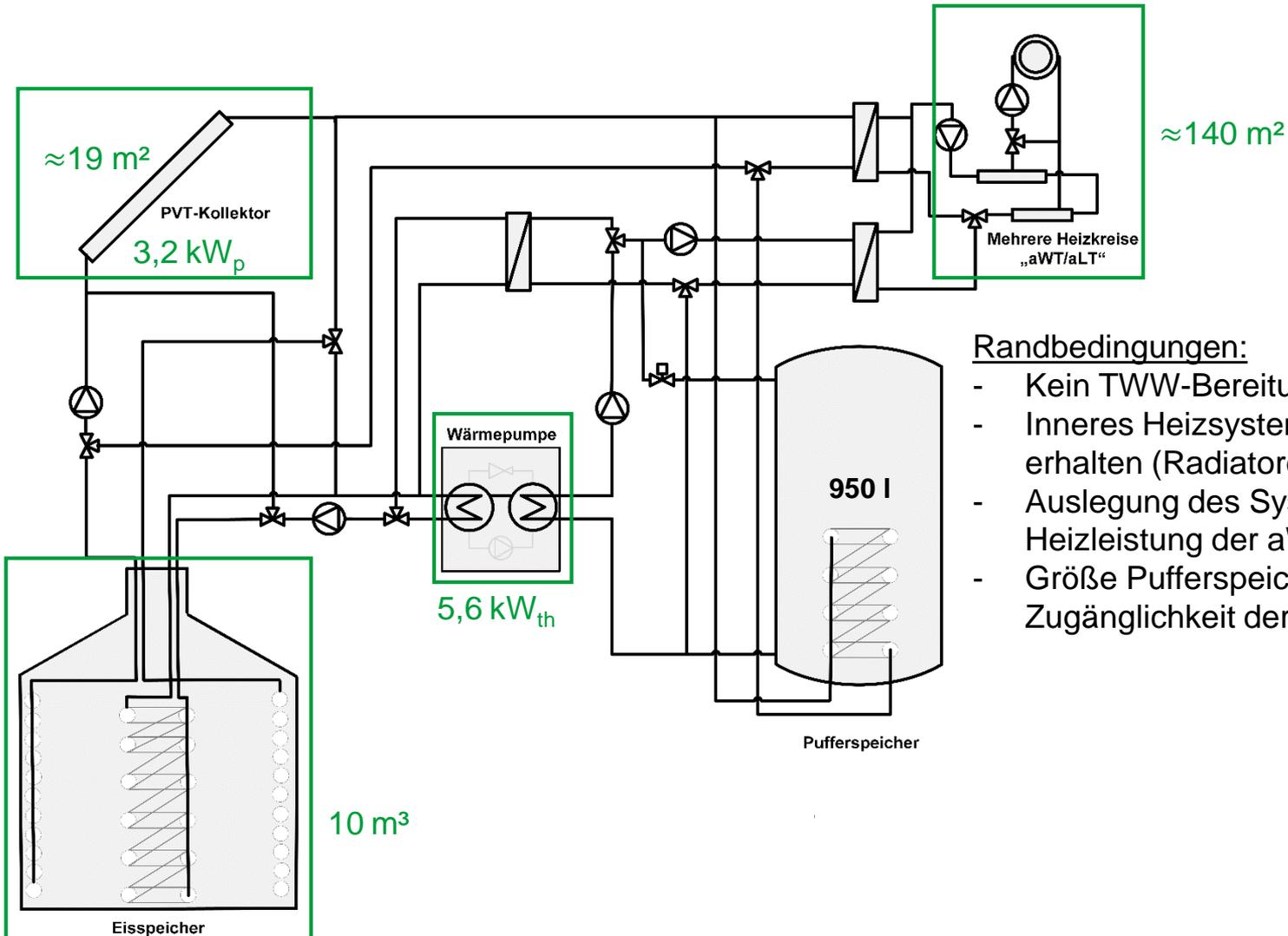
- Kapillarrohrmatte „Optimat SB 20“
- Hersteller: Clina, Berlin
- Stammrohr: 20 x 2 mm
- Kapillarrohr 4,3 x 0,8 mm
- Abstand A: 20 mm
- Länge: 60-600 mm
- Breite: ab 150 mm
- Fertigung der Matten passend für die Fassade



## LEXU II: Großdemonstrator, Feldtestfläche der aLT



# LEXU II: Großdemonstrator, Hydraulik und Auslegung



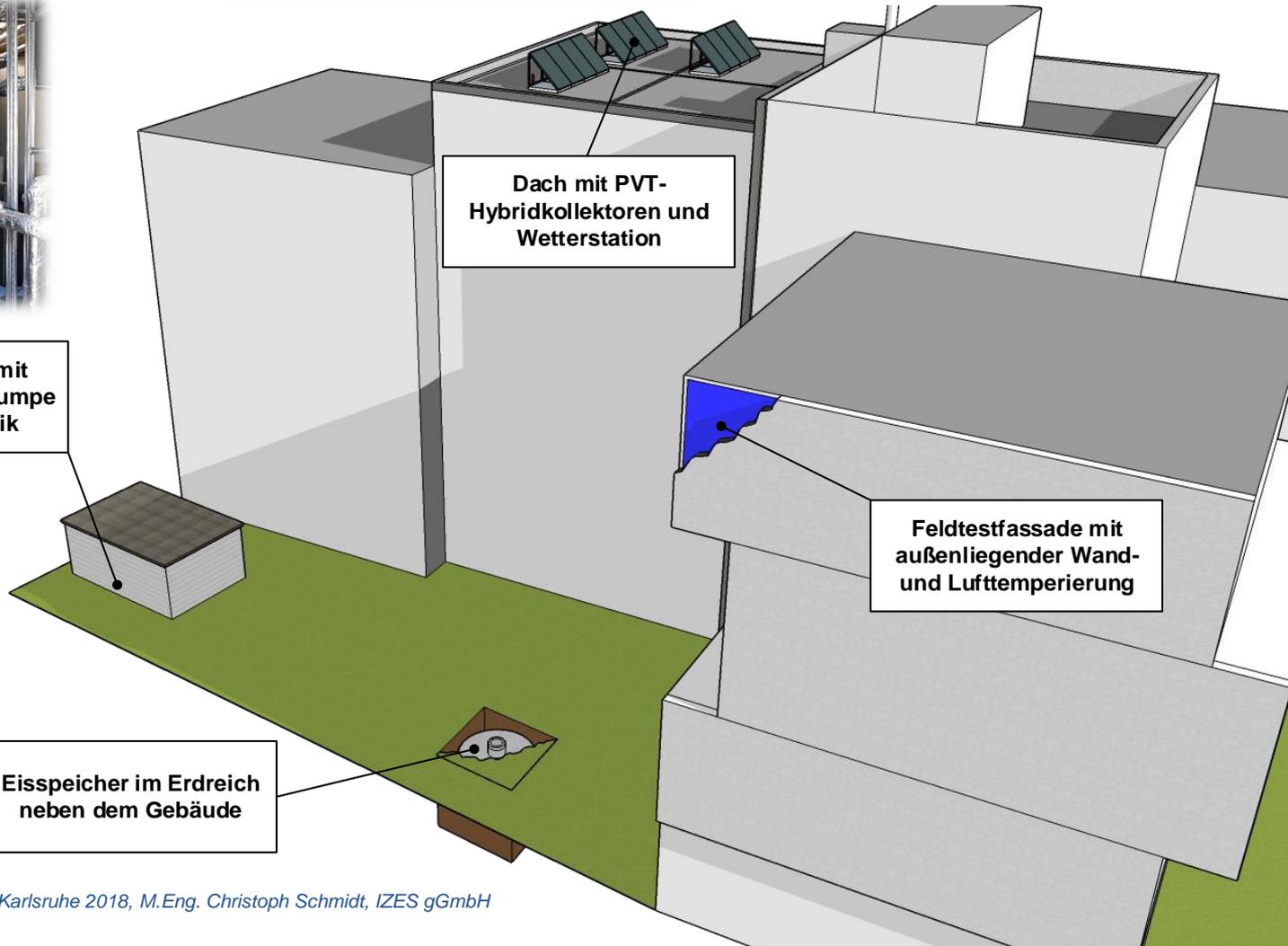
### Randbedingungen:

- 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 Zugänglichkeit der Aufstellfläche (Tür).

# LEXU II: Großdemonstrator, Überblick Komponenten



Technikzentrale mit  
Hydraulik, Wärmepumpe  
und MSR-Technik



Eisspeicher im Erdreich  
neben dem Gebäude

# FRAGEN?

**Vielen Dank an den Fördermittelgeber, unsere Projektpartner und Unterstützer!**

Projektleitung	Projektpartner	Unterstützer	Förderung
 Institut für ZukunftsEnergie- und Stoffstromsysteme   Großes entsteht immer im Kleinen.	 <b>Kapillarrohrtechnologie</b> für Heiz- und Kühlsysteme   KOMPETENZZENTRUM AUSBAU UND FASSADE   <b>VIESSMANN</b>   UNIVERSITÄT DES SAARLANDES Dezernat FM: Facility Management   <b>GEFGA</b> Energiesysteme GmbH  WIDAG GbR Dr. Gerhard Luther	      HGE Ingenieur GmbH	Gefördert durch:   Bundesministerium für Wirtschaft und Energie    aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages