

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



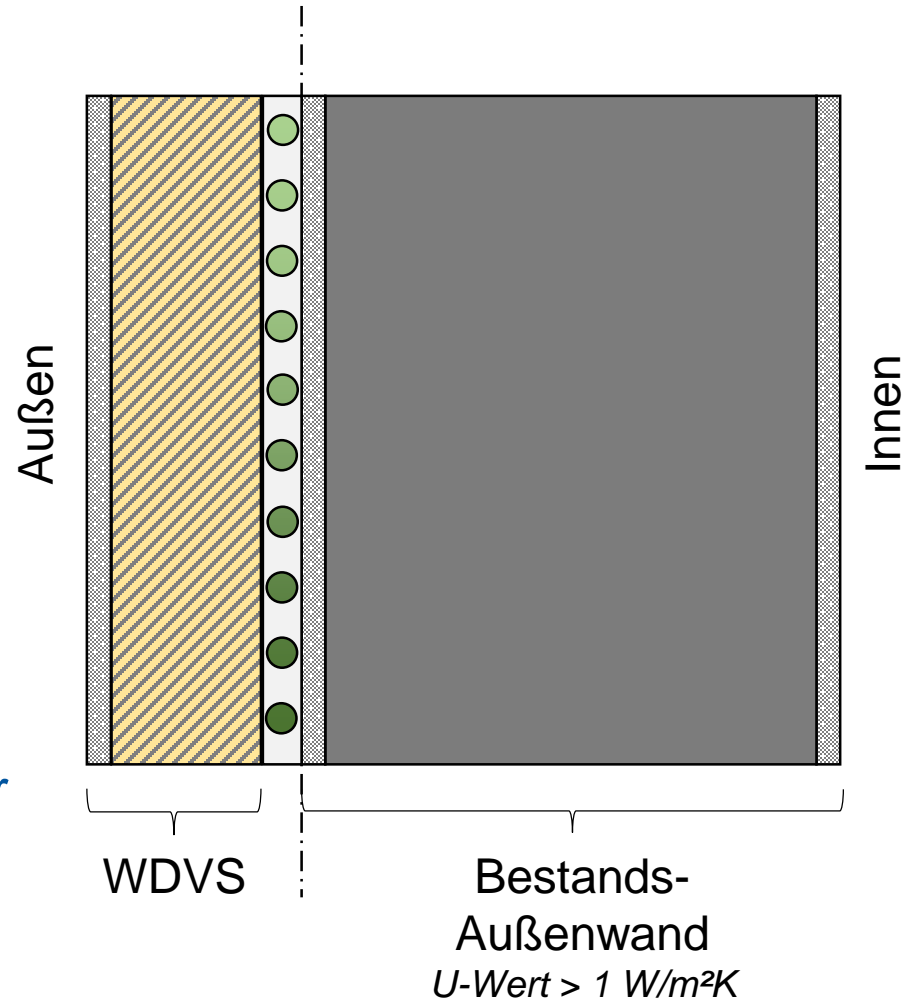
Forschung für
energieoptimierte
Gebäude und Quartiere

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

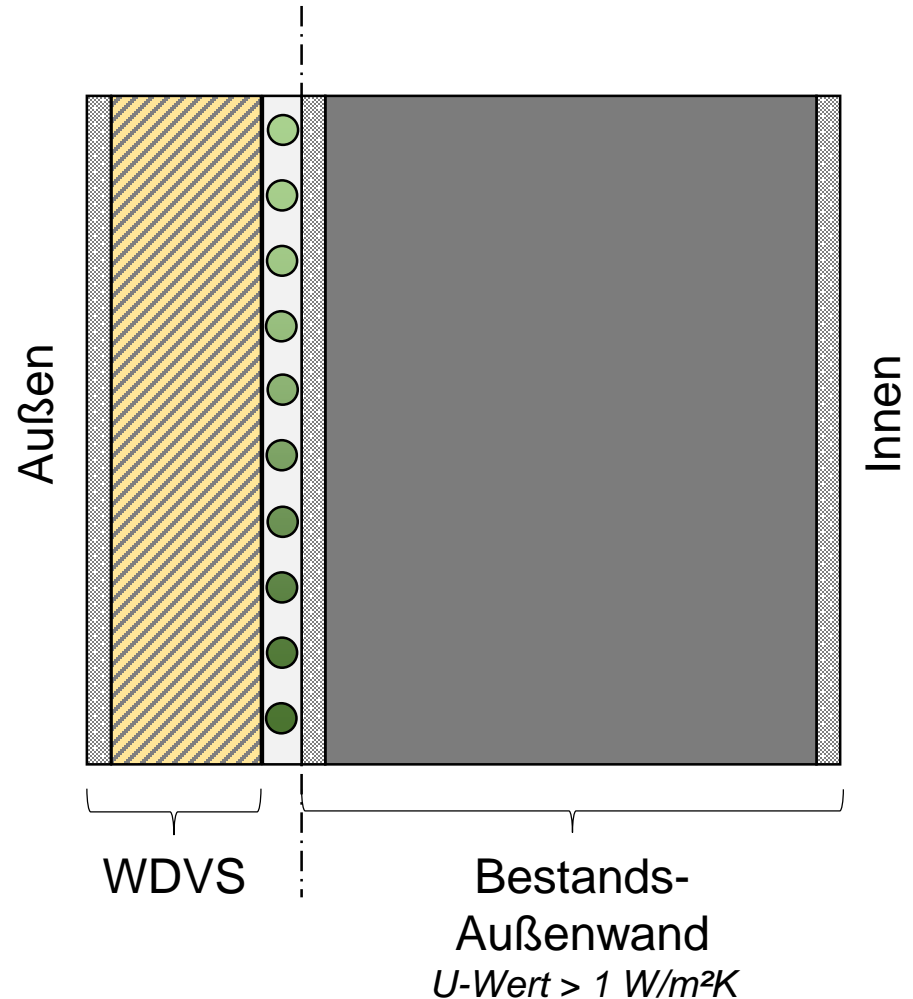


LEXU II: Außenliegende Wandtemperierung

➤ Außenliegende Wandtemperierung (aWT): TABS-Sonderfall

➤ Nachteile:

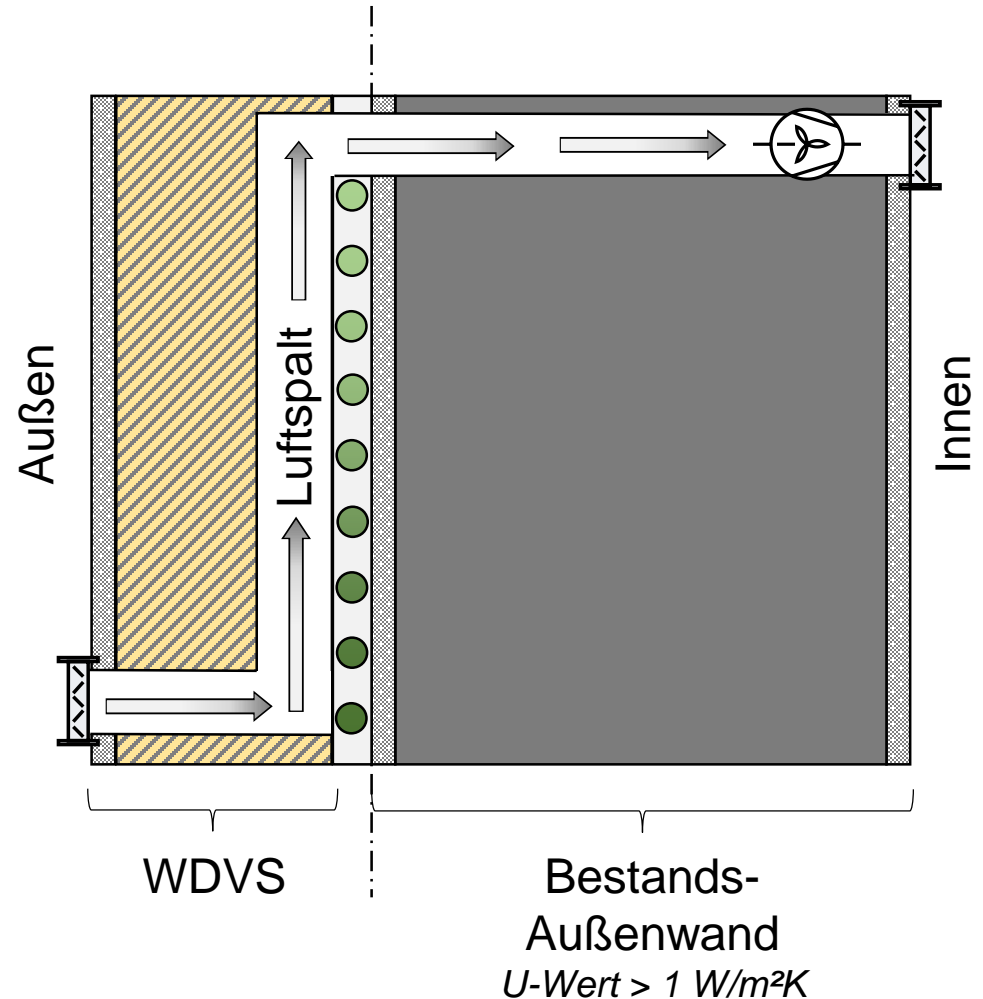
- Mehraufwand: Zusätzlichen Wärmeverluste der aWT
→ Wirkungsgrad der aWT
- Durch die Lage handelt es sich um ein sehr träges Heizsystem
➤ → „Grundlastheizung“



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:

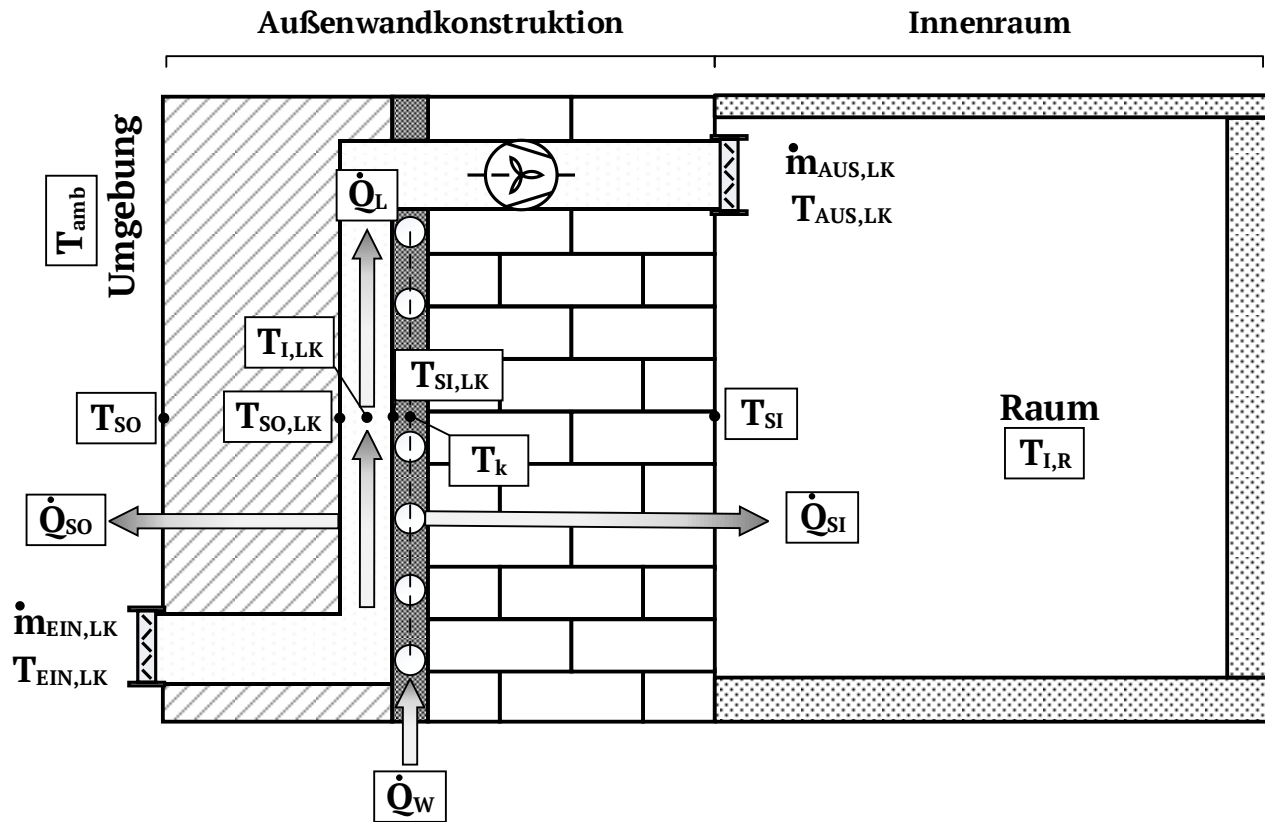
- ❖ Vergleich mit Messdaten von der Laborwand (Labor) → quasi-stationär
- ❖ Vergleich mit Messdaten von der Feldtestumsetzung (Praxis) → instationär

❖ Simulations- und Potentialstudien

❖ Fazit

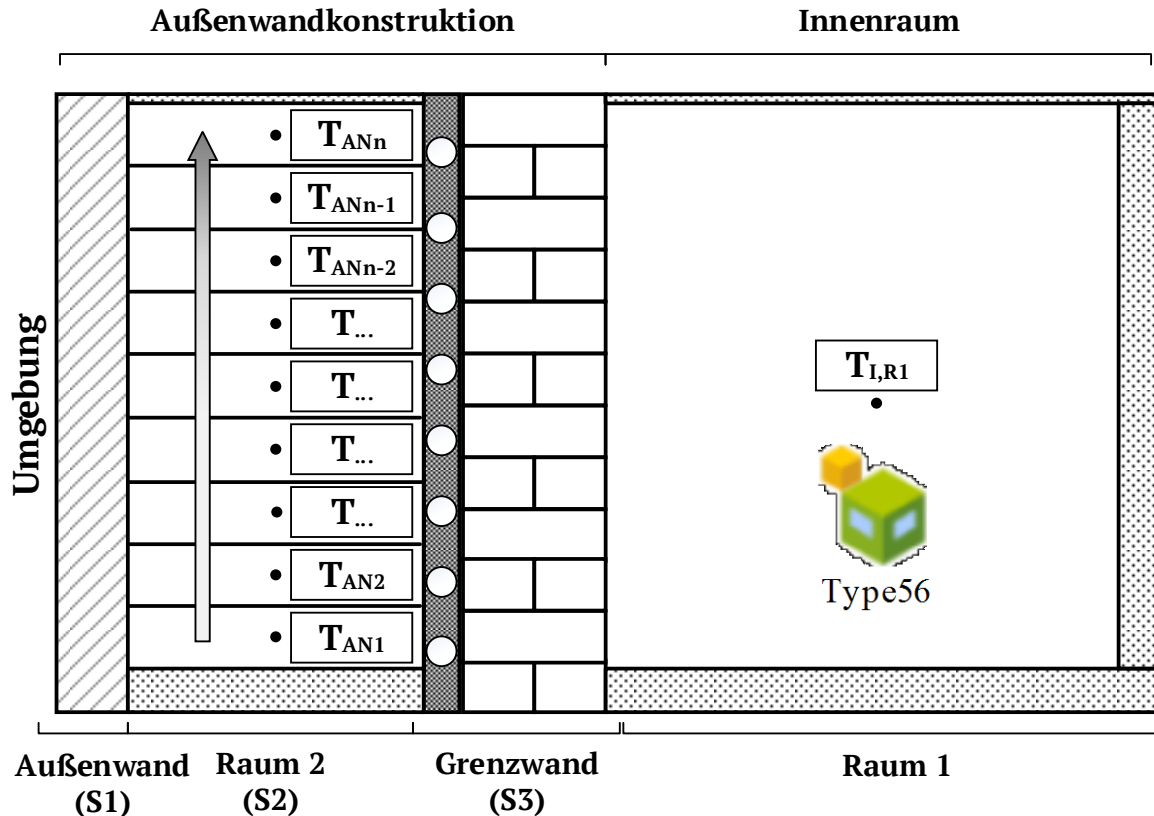
LEXU II: außenliegende Lufttemperierung, Modellierung

Simulationmöglichkeiten mit TRNSYS: Konzept



LEXU II: außenliegende Lufttemperierung, Modellierung

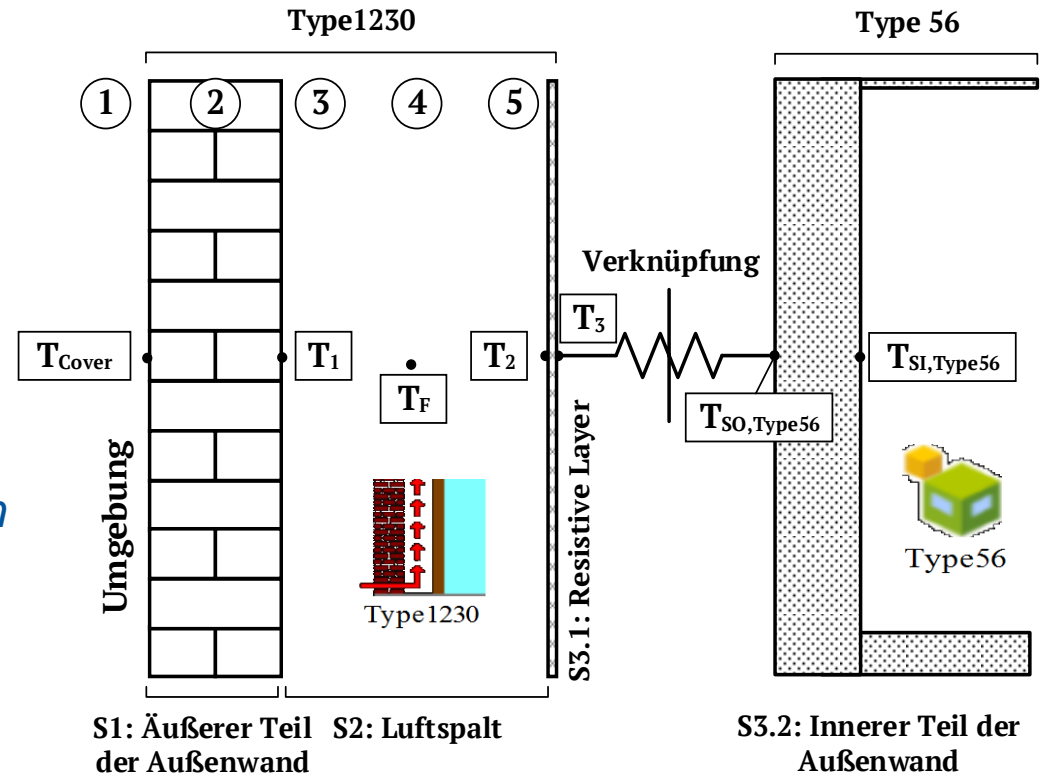
Mehrzonenmodell innerhalb von Type 56:



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

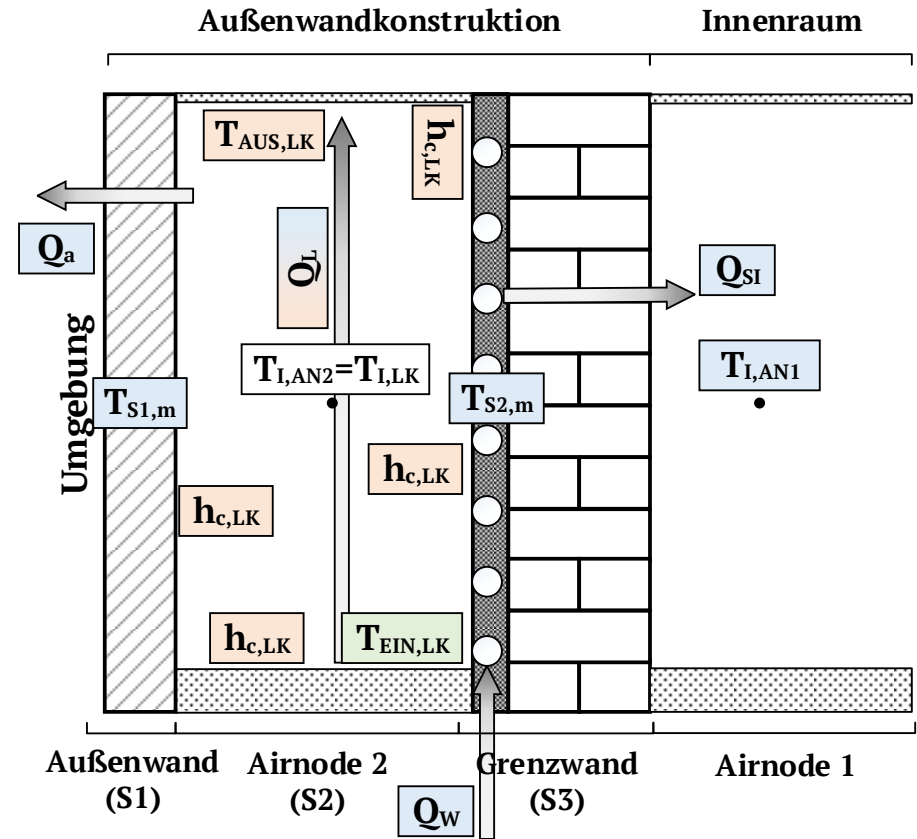
LEXU II: außenliegende Lufttemperierung, Modellierung

- 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



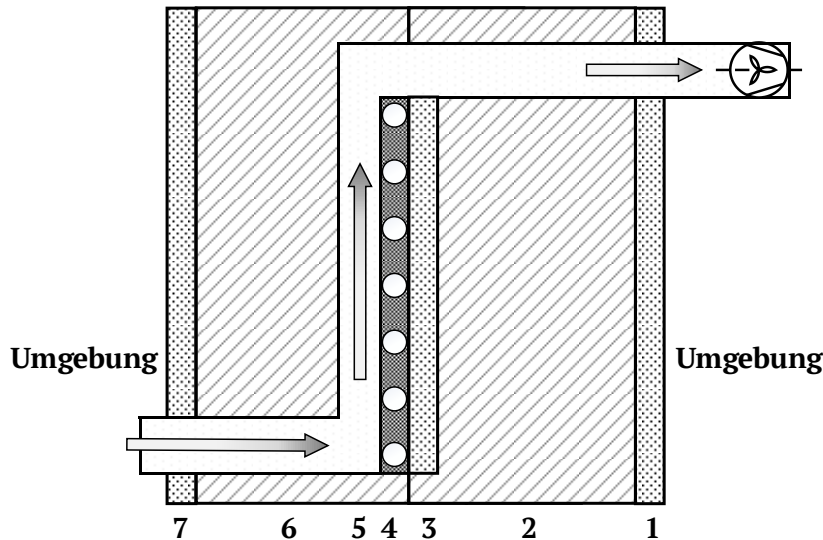
LEXU II: außenliegende Lufttemperierung, Modellierung

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

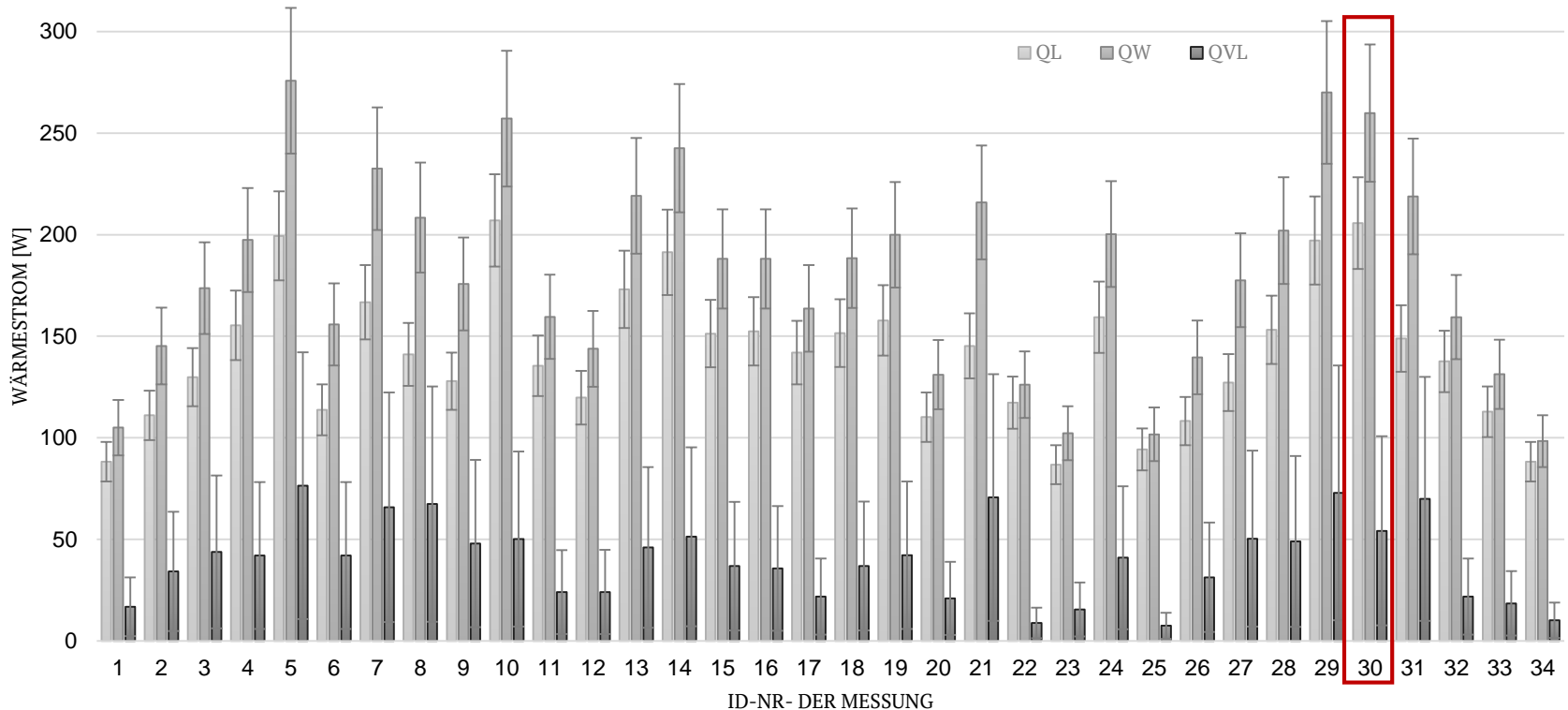
LEXU II: außenliegende Lufttemperierung, Laborwand

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“

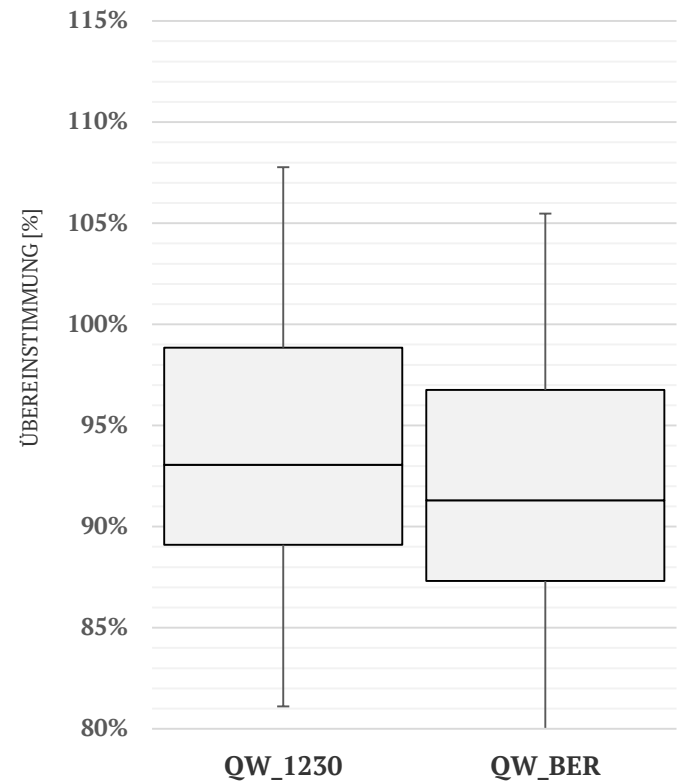
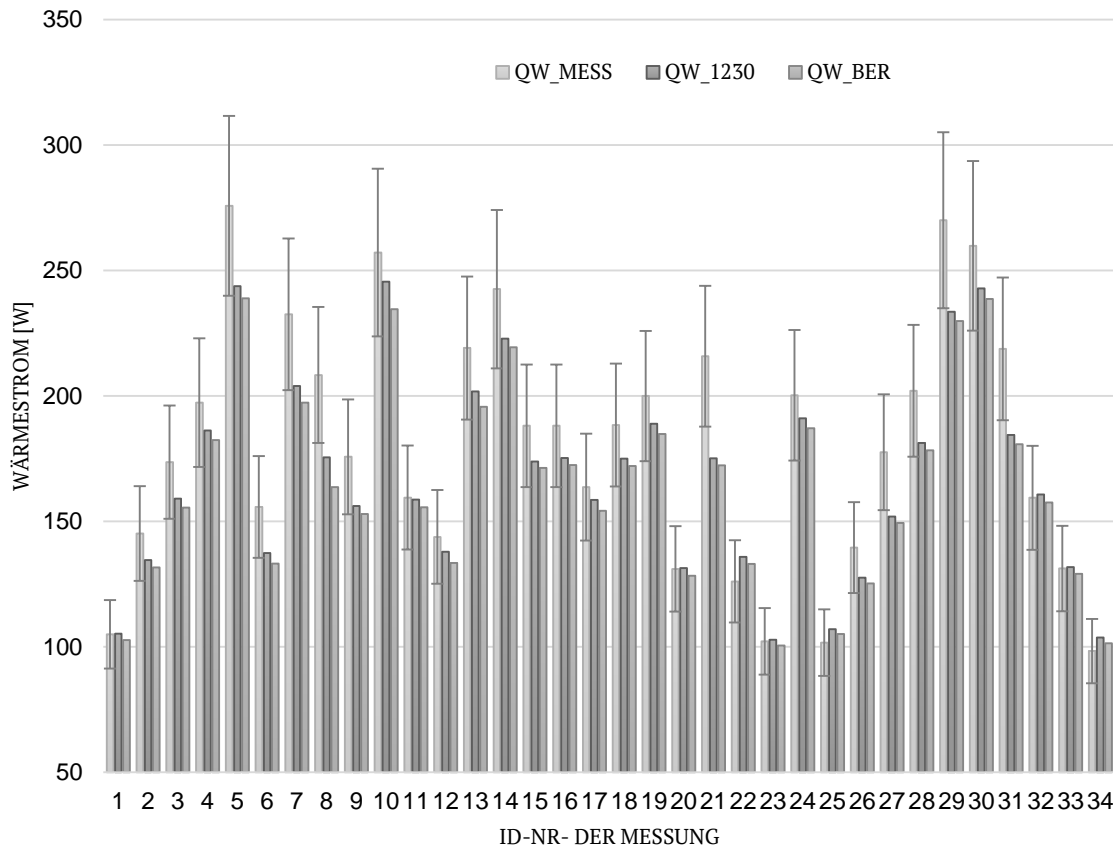
$Q_w = \sim 255 \text{ W}$, erweiterte Messunsicherheit $\pm 32 \text{ W}$ bzw. 13%

$Q_{VL} = Q_w - Q_L = \sim 50 \text{ W}$, erw. Messunsicherheit $\pm 39 \text{ W}$ bzw. 86%

$Q_L = \sim 206 \text{ W}$, erweiterte Messunsicherheit $\pm 23 \text{ W}$ bzw. 11%

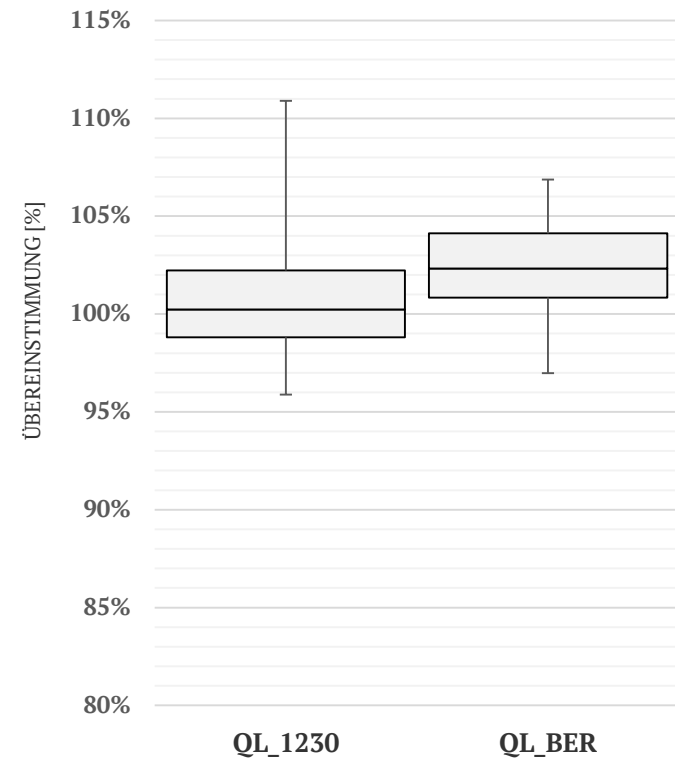
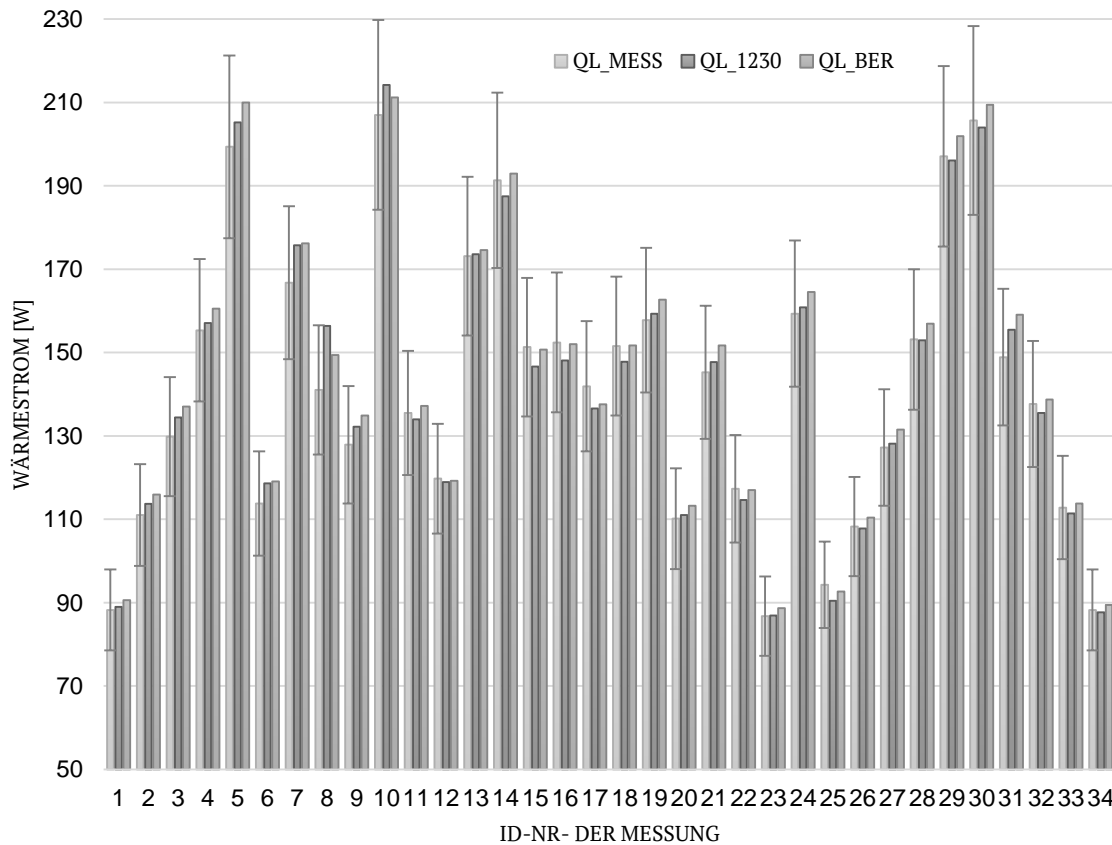
LEXU II: außenliegende Lufttemperierung, Messungen Laborwand

Wasserseitiger Wärmestrom Q_W : Vergleich der Messwerte mit den Simulationsergebnissen



LEXU II: außenliegende Lufttemperierung, Messungen Laborwand

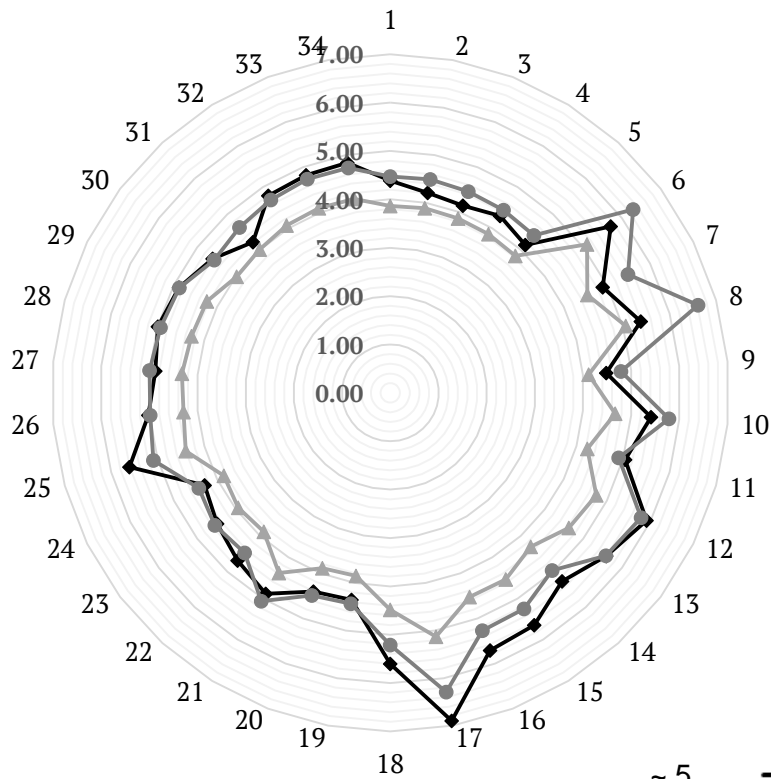
Luftseitiger Wärmestrom Q_L : Vergleich der Messwerte mit den Simulationsergebnissen



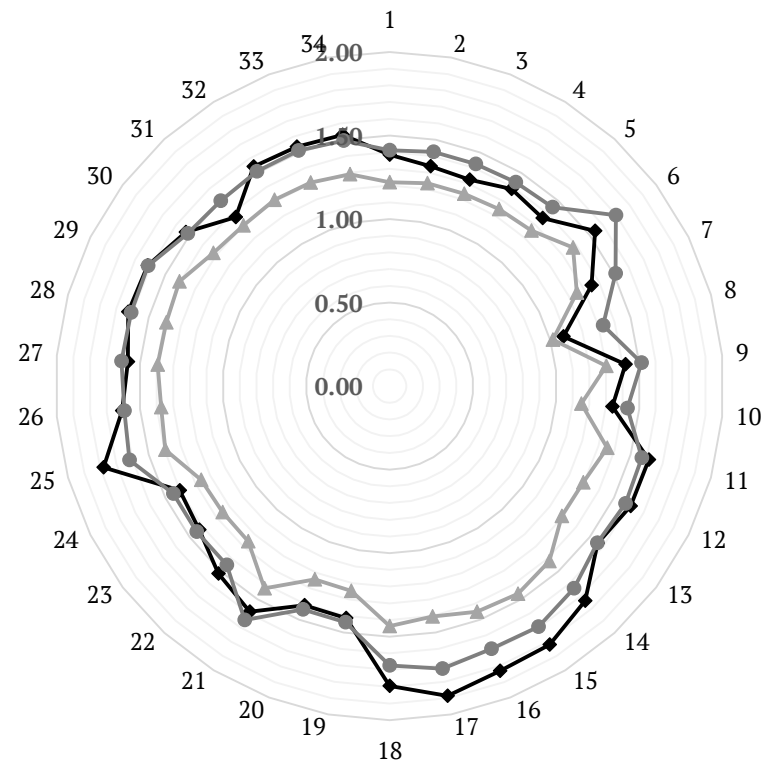
LEXU II: außenliegende Lufttemperierung, Messungen Laborwand

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

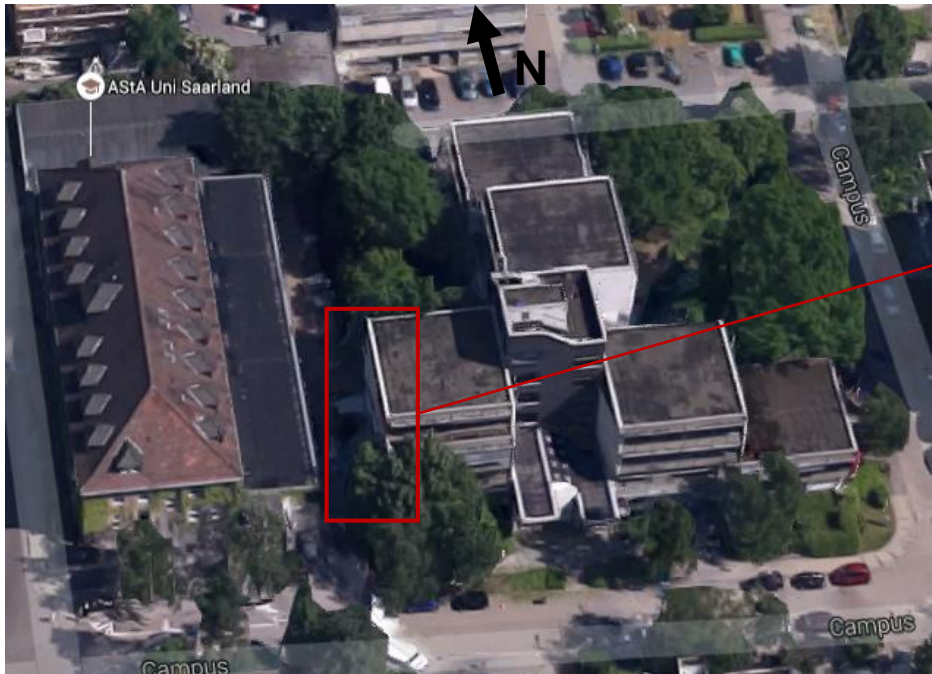
LEXU II: außenliegende Lufttemperierung, Fazit Validierung

- ❖ Laborwand: Fazit für den quasistationären Betrieb
- ❖ Sehr gute Übereinstimmung der beiden Simulationsmodelle mit den Messergebnisse, 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



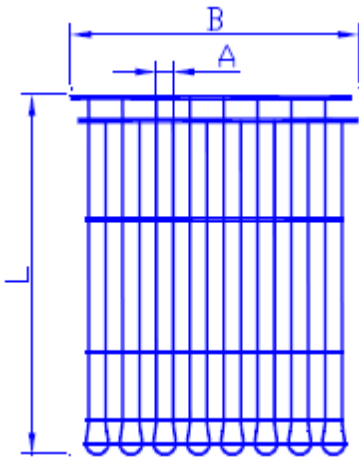
Quelle: Google Maps, 2017



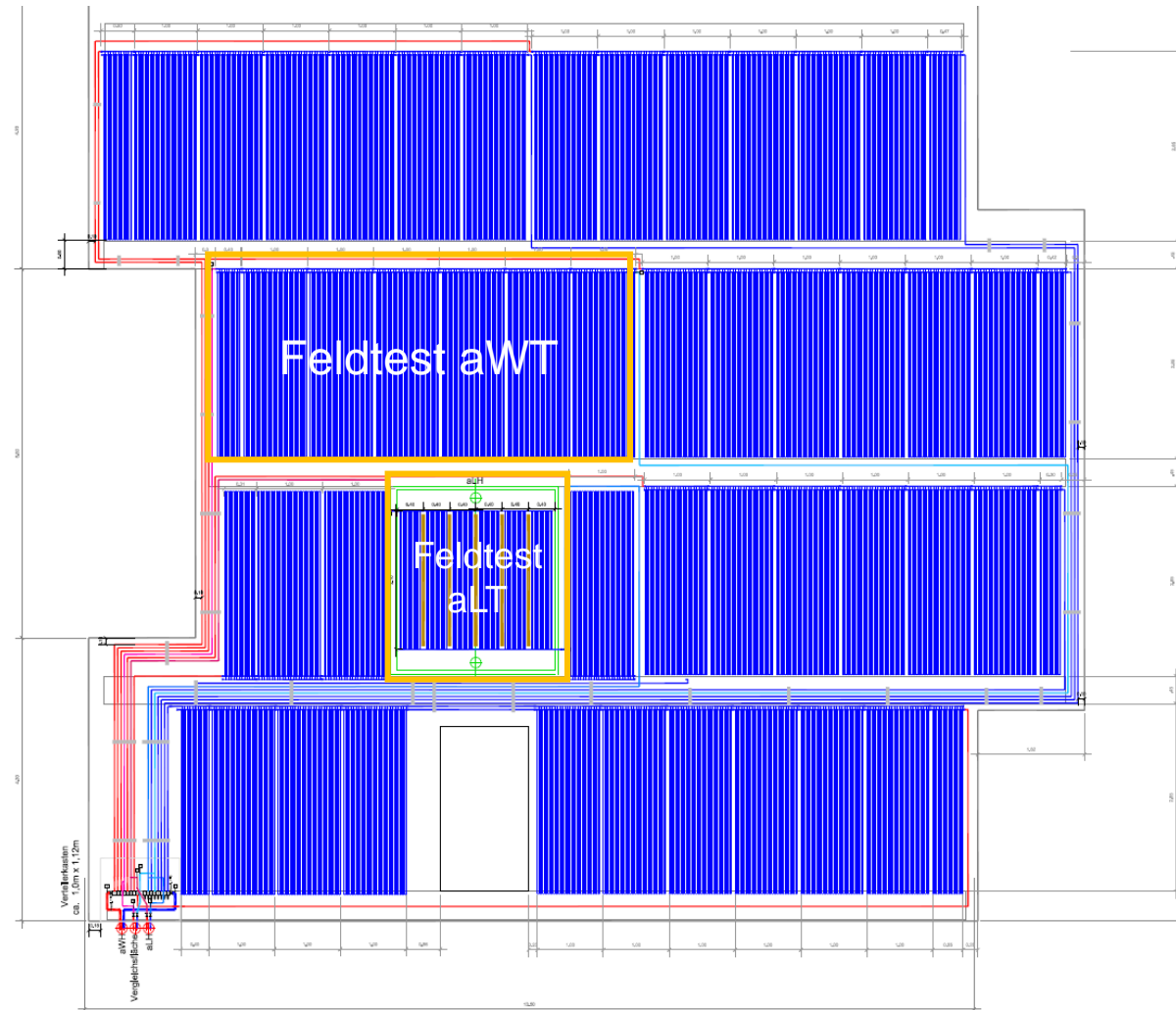
- Westfassade
 - Höhe: ~15 m
 - Breite: ~13,5 m
 - Fläche: ~200 m²
 - 0,36 m Stahlbeton

LEXU II: Großdemonstrator, Belegungsplanung

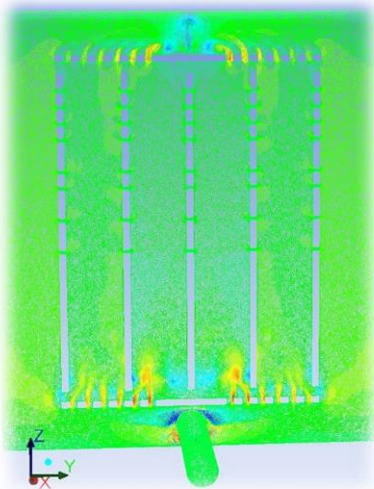
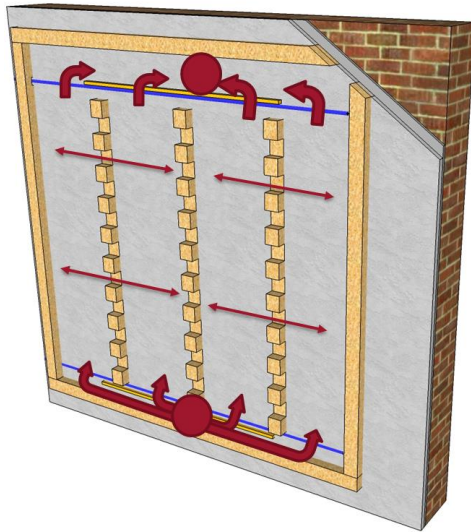
- Ansatz: Raumweise Regelung der aWT + Feldtestfläche aWT & aLT



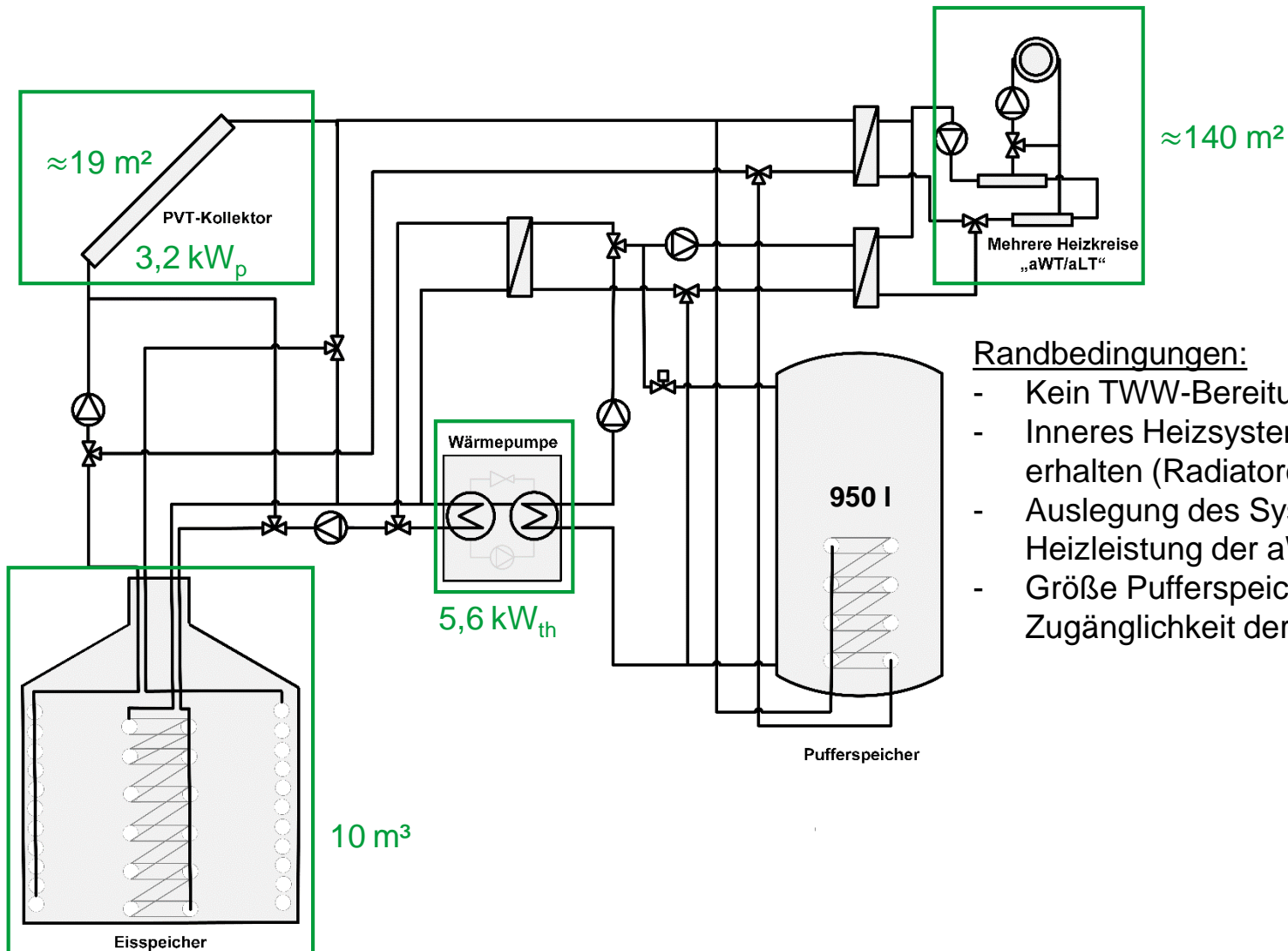
- Kapillarrohrmatte „Optimat SB 20“
- Hersteller: Clina, Berlin
- Stammrohr: 20 x 2 mm
- Kapillarrohr 4,3 x 0,8 mm
- Abstand A: 20 mm
- Länge: 60-600 mm
- Breite: ab 150 mm
- Fertigung der Matten passend für die Fassade



LEXU II: Großdemonstrator, Feldtestfläche der aLT



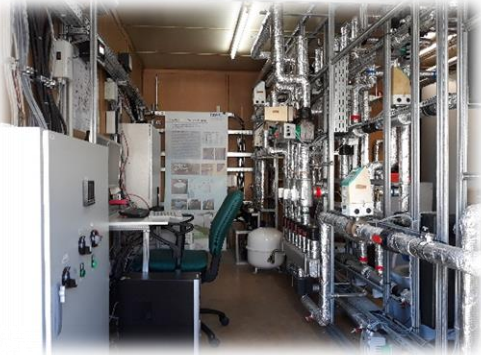
LEXU II: Großdemonstrator, Hydraulik und Auslegung



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).

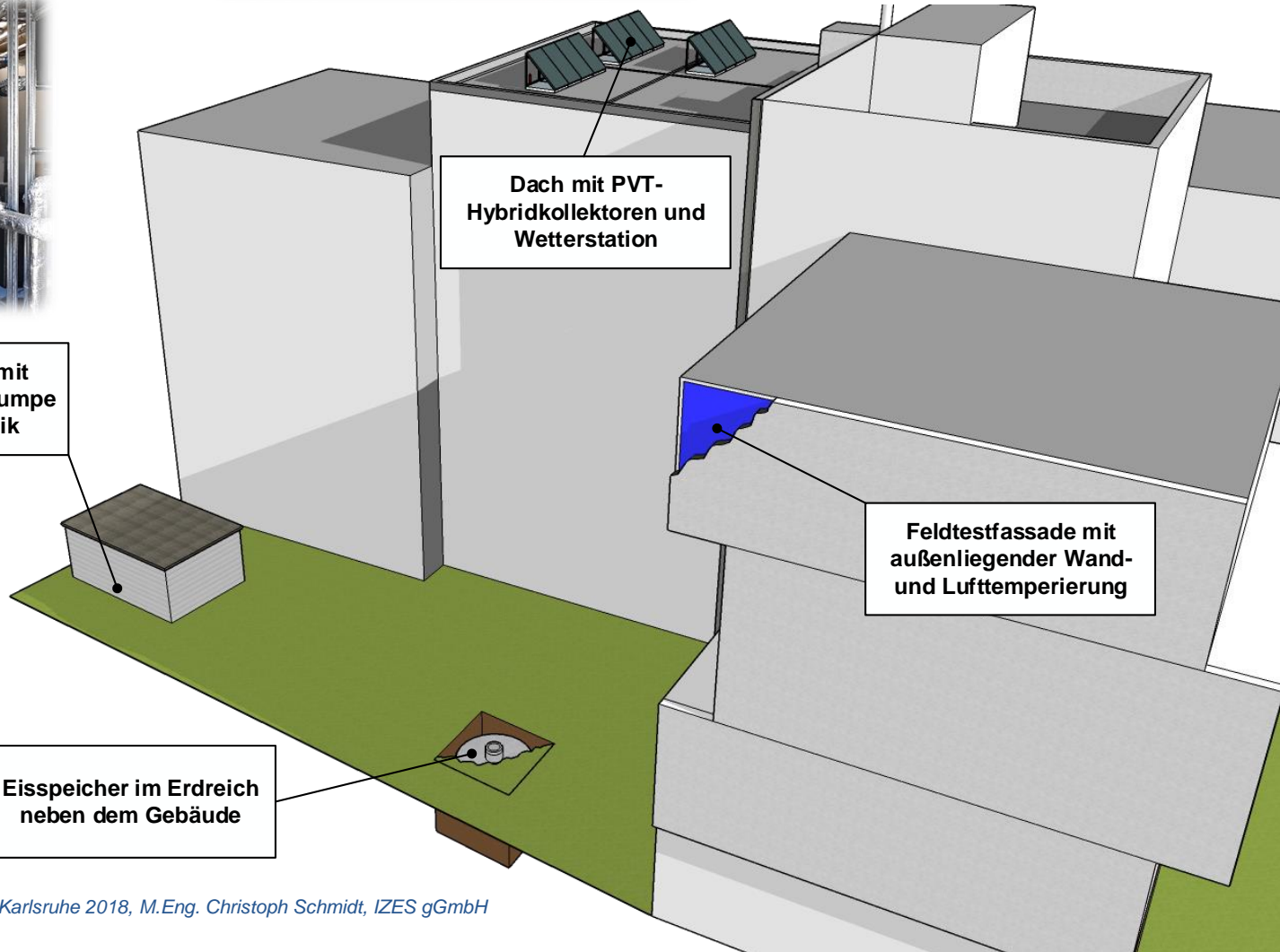
LEXU II: Großdemonstrator, Überblick Komponenten



**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.	 Kapillarrohrtechnologie für Heiz- und Kühlsysteme  KOMPETENZZENTRUM AUSBAU UND FASSADE  VIESSMANN  UNIVERSITÄT DES SAARLANDES Dezernat FM: Facility Management  GEFGA Energiesysteme GmbH WIDAG GbR Dr. Gerhard Luther	   KOSTAL HGE Ingenieur GmbH	Gefördert durch:  Bundesministerium für Wirtschaft und Energie  aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages