

***Außenliegende Wand- und Lufttemperierung  
„LowEx-Anwendung zur Temperierung von  
Bestandsgebäuden und thermischer Aktivierung der  
Bestandswand“  
Umsetzung eines Großdemonstrators***

**>> Präsentation im Rahmen des 11. SENSAL-Treffens**

**Luzern, 29.11.2017**

*Dr. Bodo Groß, IZES gGmbH, Saarbrücken*

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

Ein Projekt von



Forschung für  
energieoptimierte  
Gebäude und Quartiere

# **Überblick Institut für ZukunftsEnergie- und Stoffstromsysteme (IZES) gGmbH**

**Arbeitsfelder und Struktur**



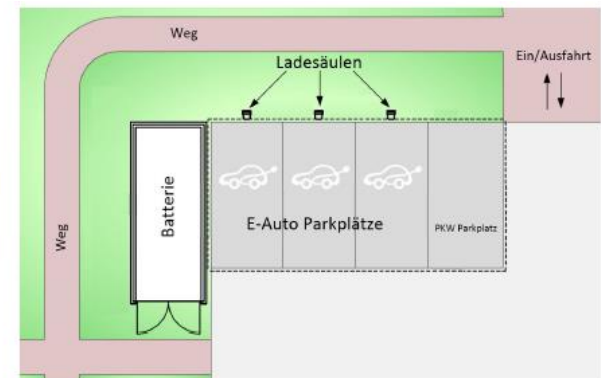
- Rechtsform:           gemeinnützige GmbH
- Schwerpunkte:       anwendungsnahe F&E auf dem Gebiet von
  - Zukunftstechnologien und Zukunftsmärkten für Energie- und Stoffstromsysteme
  - beratende, begleitende und ausführende Tätigkeiten bei der Initiierung, Konzeption und Umsetzung von innovativen Maßnahmen zur rationellen Energienutzung und zur Nutzung Erneuerbarer Energien

**Projekt OptiCharge „Solarcarport mit VRF-Batteriespeicher“**

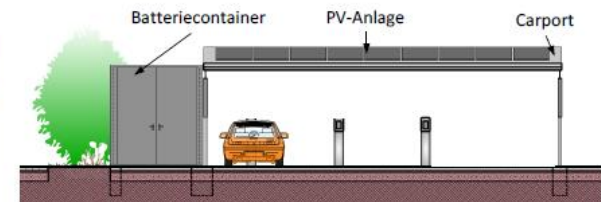


- PV-Leistung: 10,32 kWp
- VRFB-Leistung: 34 kW<sub>AC</sub>
- Kapazität (brutto): 120 kWh
- Parkplätze: 4
- Ladepunkte: 1 x Mode 1, 3 x Mode 3

Draufsicht



Von Vorne



Aufbauschema OptiCharge

Projekt GENCOMM „Wasserstofftankstelle“

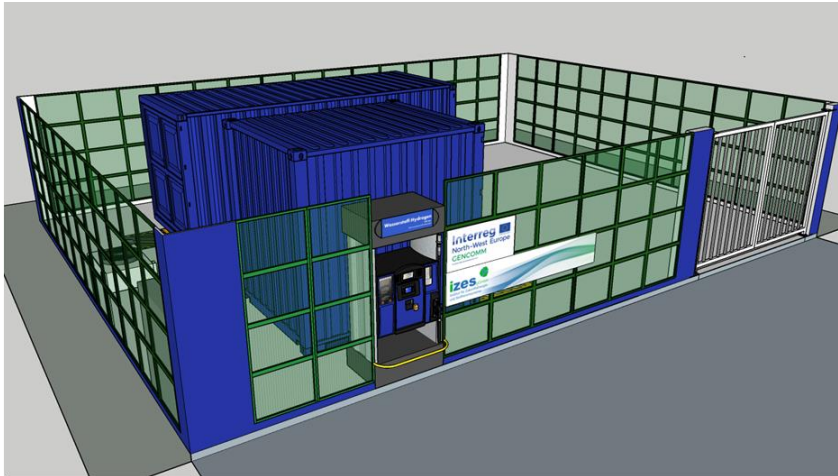


Fig 2.H<sub>2</sub> Refueling Station (ISO View)

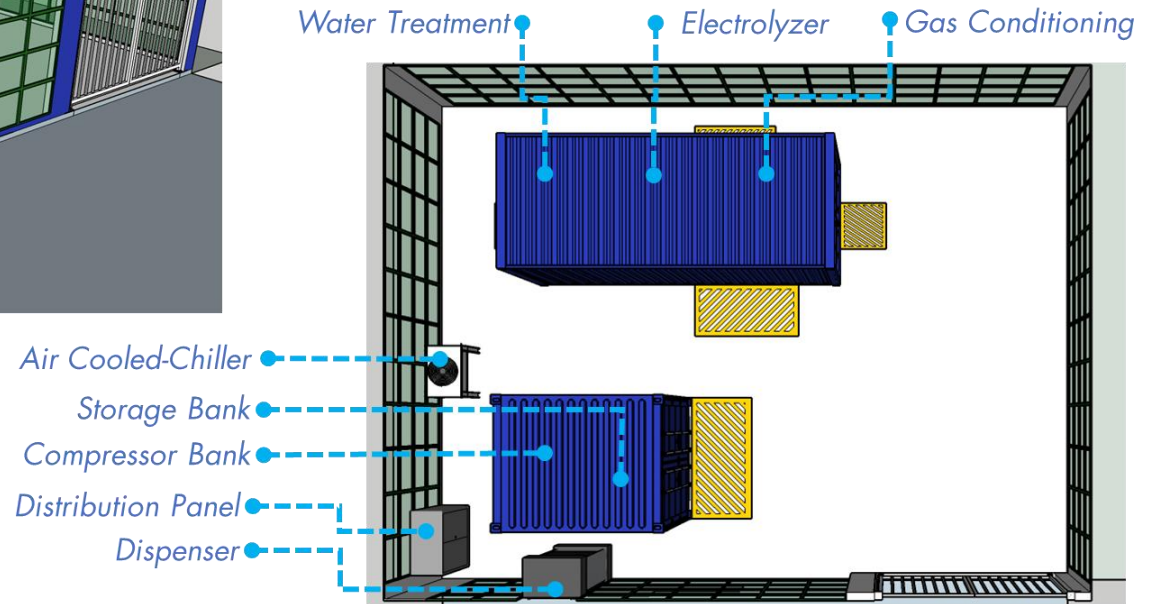


Fig 3.H<sub>2</sub> Refueling Station (Component View)

***Forschungsprojekt LEXU II***  
***Außenliegende Wandtemperierung***  
Motivation, Inhalte und Arbeitspakete

***Forschungsprojekt LEXU II***  
***Außenliegende Wandtemperierung***  
**Motivation**, Inhalte und Arbeitspakete

*Sanierung „von außen“*

*LowEx-Ansatz*

*Nutzung von Niedertemperatur-  
Abwärme*

## LEXU II: Großdemonstrator

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

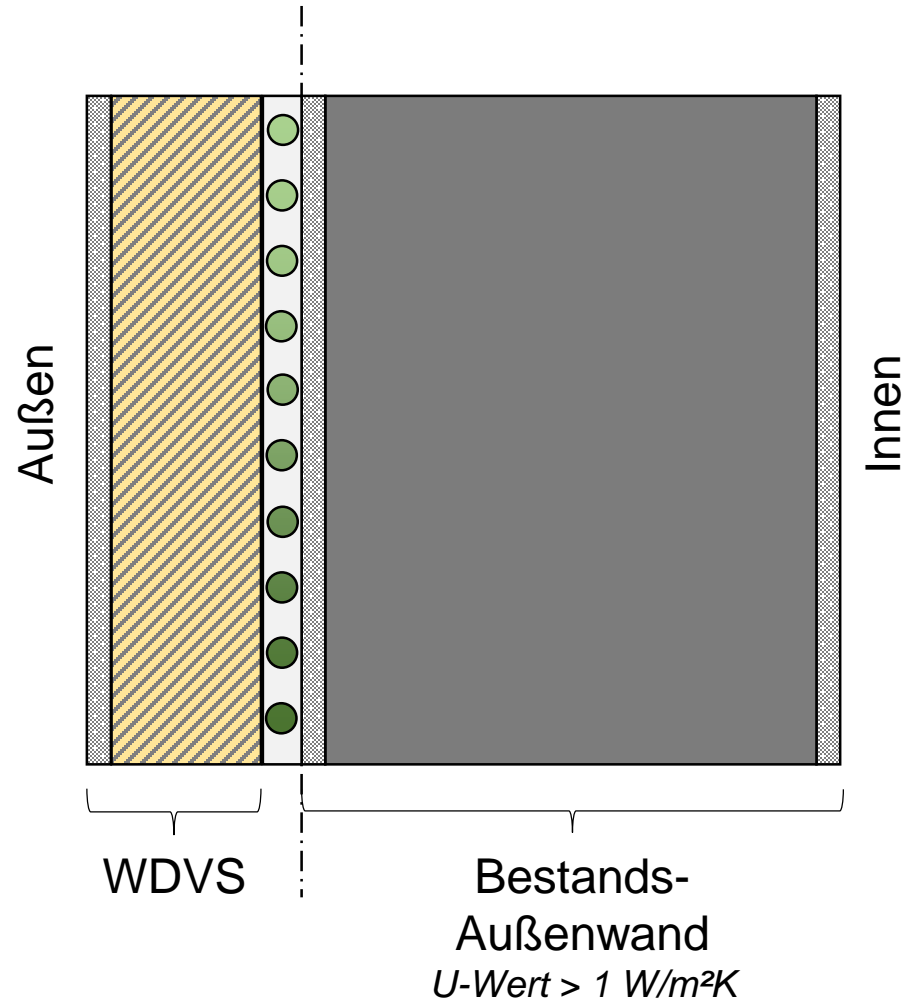
1) Aufbringen eines Flächentemperierungssystems in einer Putzschicht „von außen“

2) Installation eines WDVS

Lage der Flächentemperierung:

In der thermischen Hülle des Gebäudes und „hinter“ der Bestandswand, vor dem WDVS

→ Flächentemperierung für den Bestand & thermische Aktivierung der Bestandsstruktur





## LEXU II: Großdemonstrator

### ➤ Außenliegende Wandtemperierung (aWT)

- 1) Temperaturverlauf im Ruhezustand  
→ Knotentemperatur  $T_{k0}$  „Ruhetemperatur“
- 2) Aktivierung der Wandtemperierung  
→ Neue Knotentemperatur  $T_k$   
→ In Relation von  $T_k$  zu  $T_{k0}$  und  $T_i$  ergeben sich die folgenden theoretischen Betriebsituationen:

#### Teilkompensatorischer Betrieb:

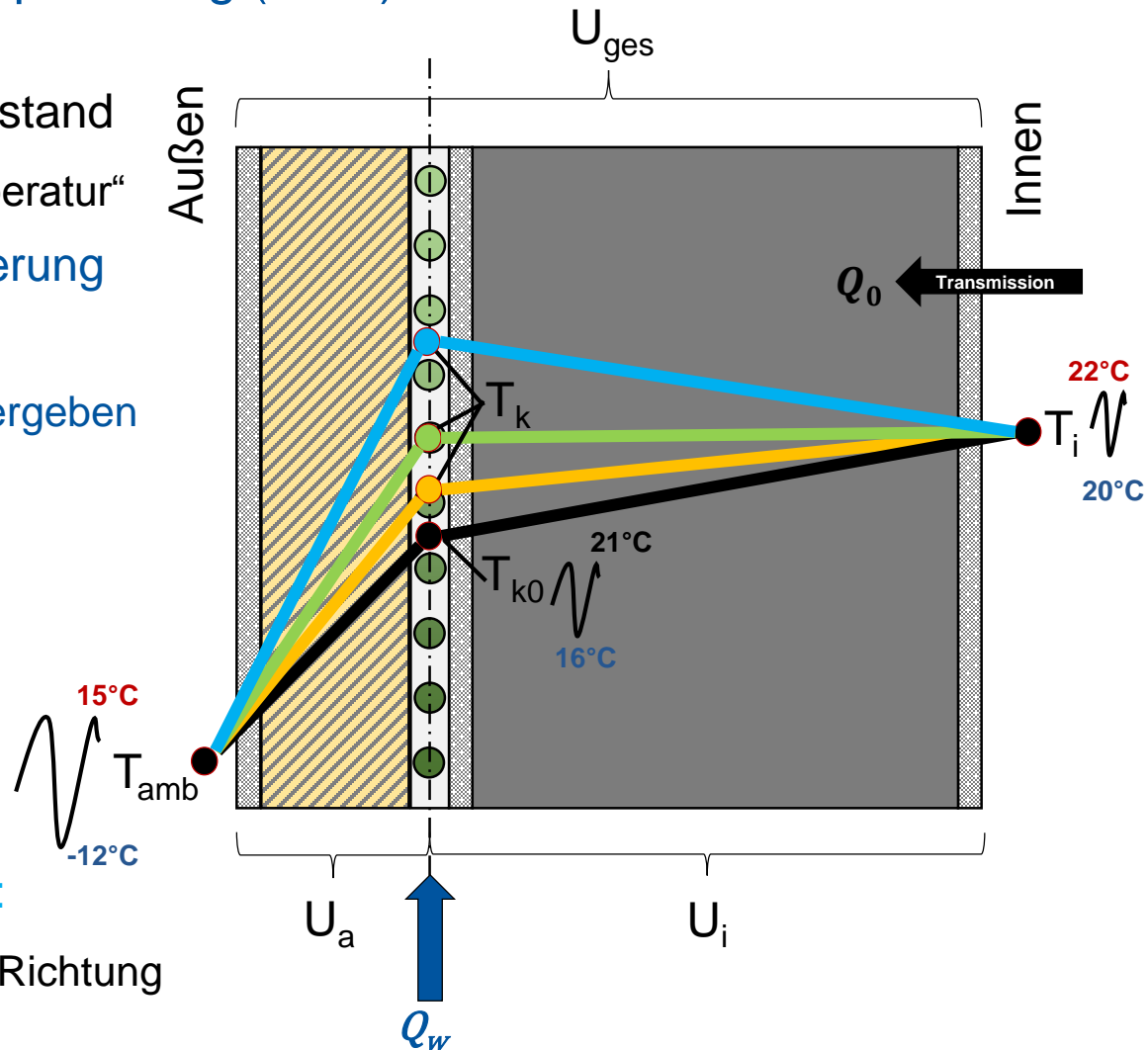
$$T_{k0} < T_k < T_i \rightarrow Q_0 \downarrow$$

#### Kompensatorischer Betrieb:

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

#### Überkompensatorischer Betrieb:

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



Schematische Darstellung, nicht maßstäblich

## LEXU II: Großdemonstrator

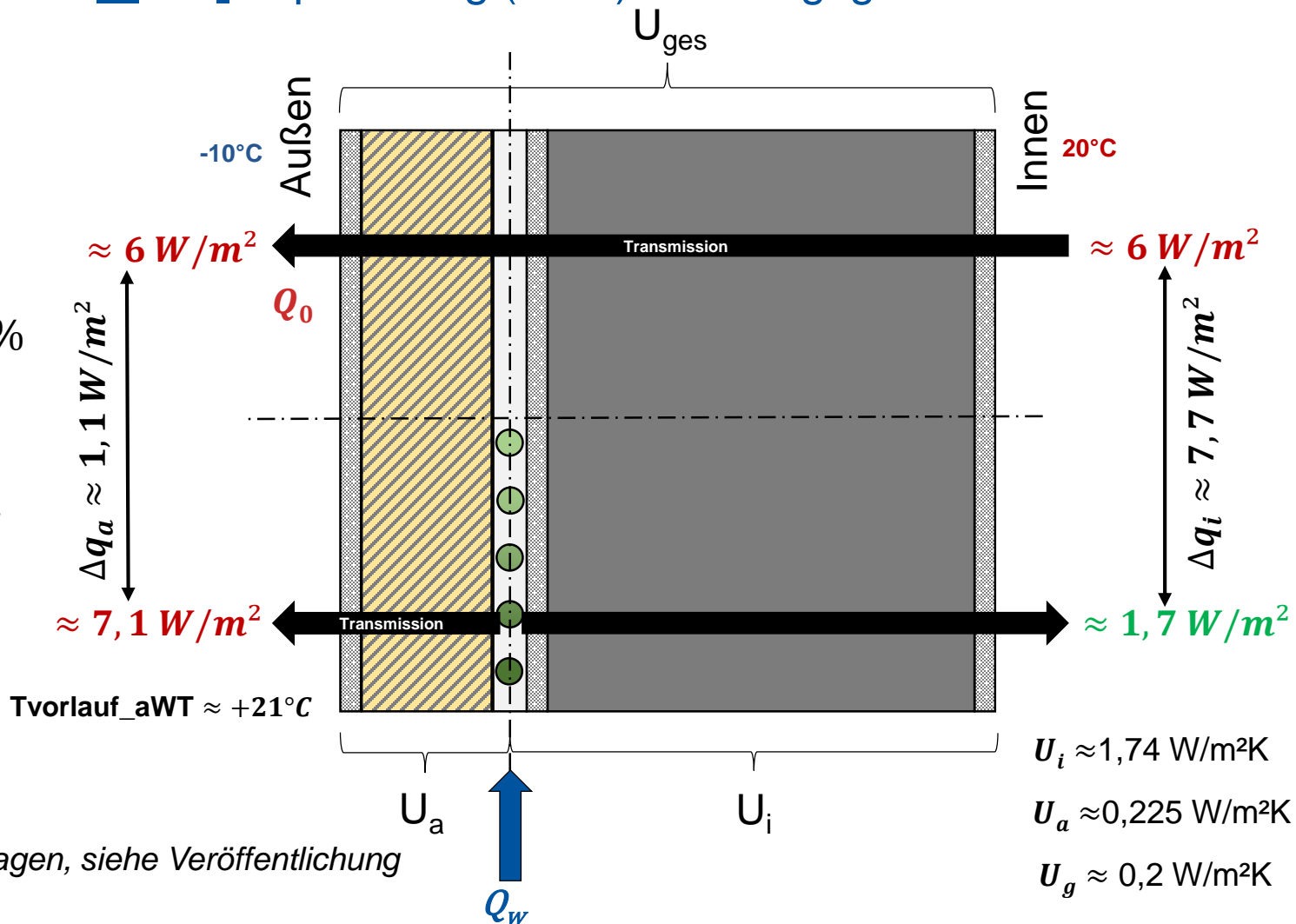
### ❖ Außenliegende Wandtemperierung (aWT): Wirkungsgrad der aWT

$$\eta_{aWT} = \frac{\Delta q_i}{q_w}$$

$$\eta_{aWT} = \frac{7,7}{8,8} \approx 88\%$$

$$\eta_{aWT} = \left( \frac{1}{U_a} \right) * U_g$$

$$\eta_{aWT} \approx 88\%$$



Theoretische Grundlagen, siehe Veröffentlichung  
in der Bauphysik

Schematische Darstellung, nicht maßstäblich  
Ergebnisse erzeugt mit HEAT 2 6.0

## Außenliegende Wandtemperierung (aWT): Wirkungsgrad der aWT

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

U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]	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%	88%	90%	91%	92%	92%	93%	94%	94%	94%	95%
2.3	45%	59%	67%	73%	77%	80%	84%	87%	89%	90%	91%	92%	93%	93%	94%	94%	95%	95%
2.4	46%	60%	68%	74%	78%	81%	85%	87%	89%	90%	92%	92%	93%	94%	94%	95%	95%	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%

10 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 für R<sub>noch</sub> eine 20 mm starke Putzschicht und der äußere Wärmeübergang mit 0.04 (m<sup>2</sup>K)/W angesetzt.

# LEXU II: Überblick „Außenliegende Wandtemperierung“

## ❖ Theoretische Grundlagen

### ❖ Bauteilsimulationen

- ❖ Systeme
- ❖ Anbindung
- ❖ Rohrabstände

### ❖ Laborwand

### ❖ Dynamische Gebäude- und Anlagensimulation

- ❖ Validierung Simulationsmodell
- ❖ Potentialstudien

### ❖ Praktische Umsetzung

- ❖ Optimierungspotential
- ❖ Systemkosten
- ❖ Fehlerquellen

### ❖ Betriebserfahrungen

- ❖ Regelung
- ❖ Einsatzgrenzen

### ❖ Wirtschaftlichkeit

## ❖ Aktuelle Aspekte und Ansatzpunkte

### ❖ Stichworte

- ❖ Grundtemperierung (Vermietung)
- ❖ Lastverschiebung (Spitzenlastvermeidung, Vortemperierung)
- ❖ Thermische Aktivierung der Bestandsstruktur → Speicherung
- ❖ Wärmebrücken
- ❖ Bauschäden
- ❖ Wärmesenke für Wärmepumpe
- ❖ Wärmesenke für Solarthermie
- ❖ „Altbausolarisierung“
- ❖ Niedertemperatur-Abwärme
- ❖ Kalte Nahwärme
- ❖ Findung geeigneter Versorgungssysteme
- ❖ Vorgefertigte Fassadenelemente
- ❖ Thermische Behaglichkeit

***Forschungsprojekt LEXU II***  
***Außenliegende Lufttemperierung***  
Motivation, Inhalte und Arbeitspakete

**Forschungsprojekt LEXU II**  
**Außenliegende Lufttemperierung**  
**Motivation, Inhalte und Arbeitspakete**

*Sanierung „von außen“*

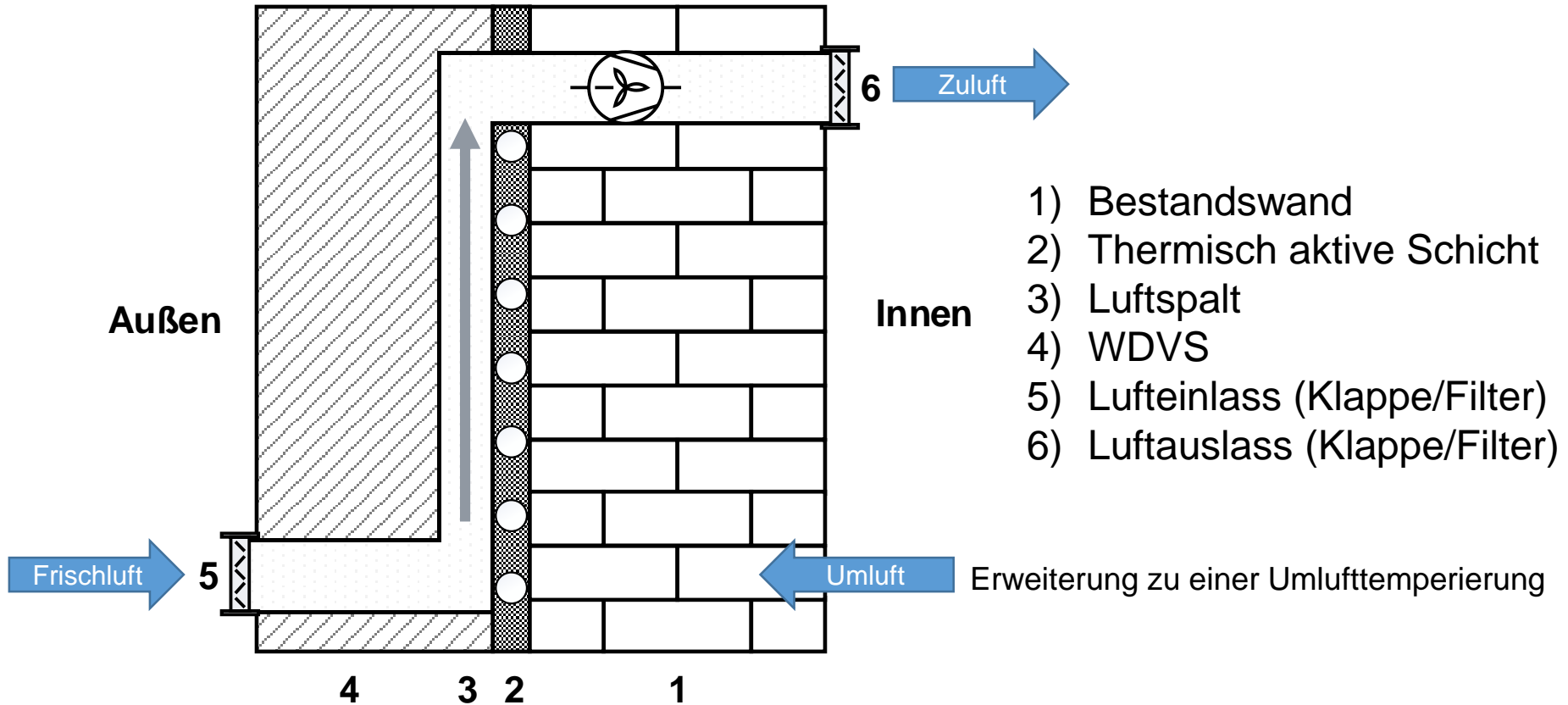
*Verringerung der Wärmeverluste /  
Erhöhung des Wirkungsgrades*

*Reduzierung der Heizlast durch  
Temperierung der Zuluft*

*Schnelles System*

## LEXU II: Großdemonstrator

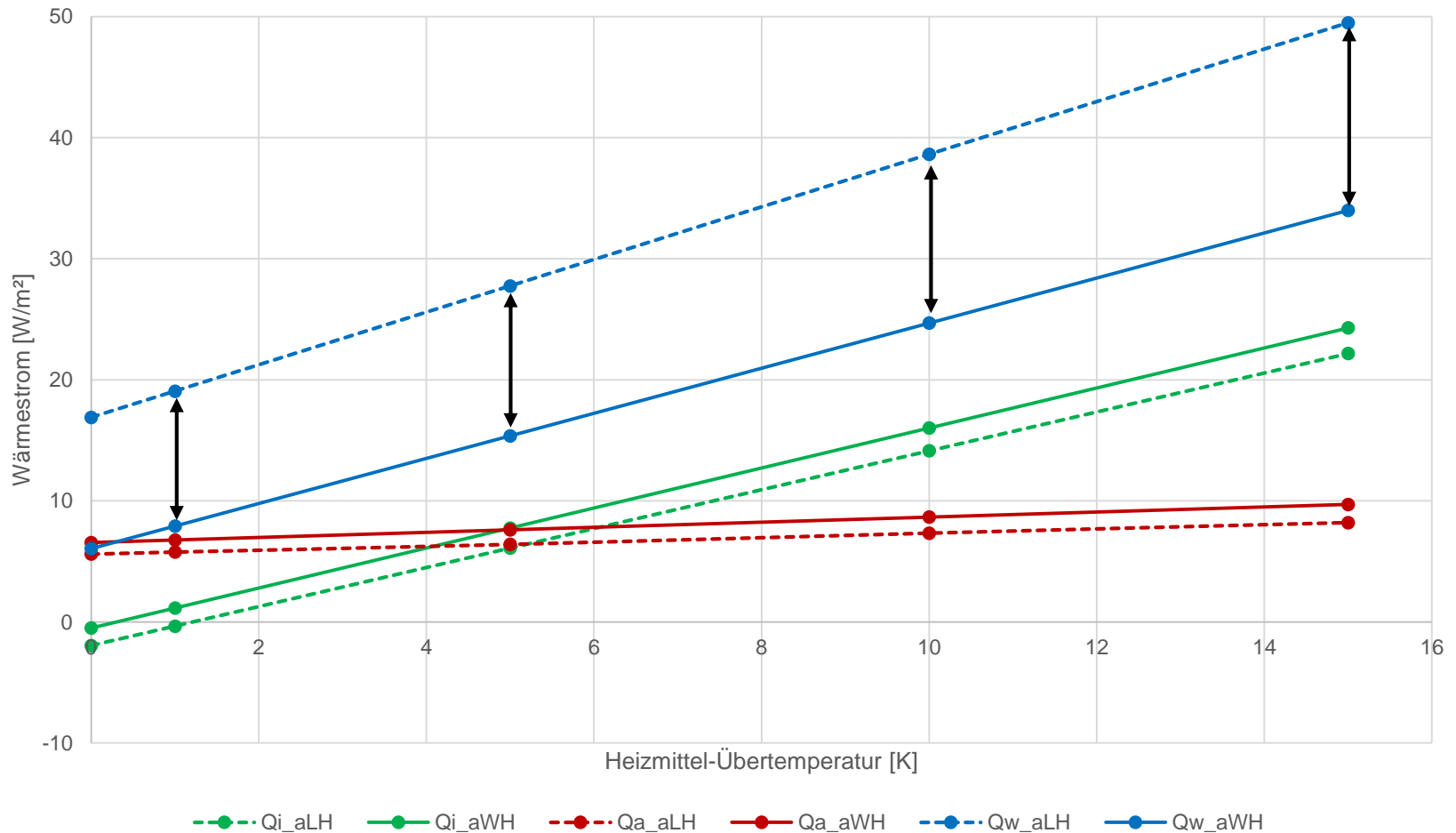
### Exkurs: Außenliegende Lufttemperaturierung (aLT)



Erarbeitung sinnvoller Systemkonzepte unter Nutzung der Ablauft

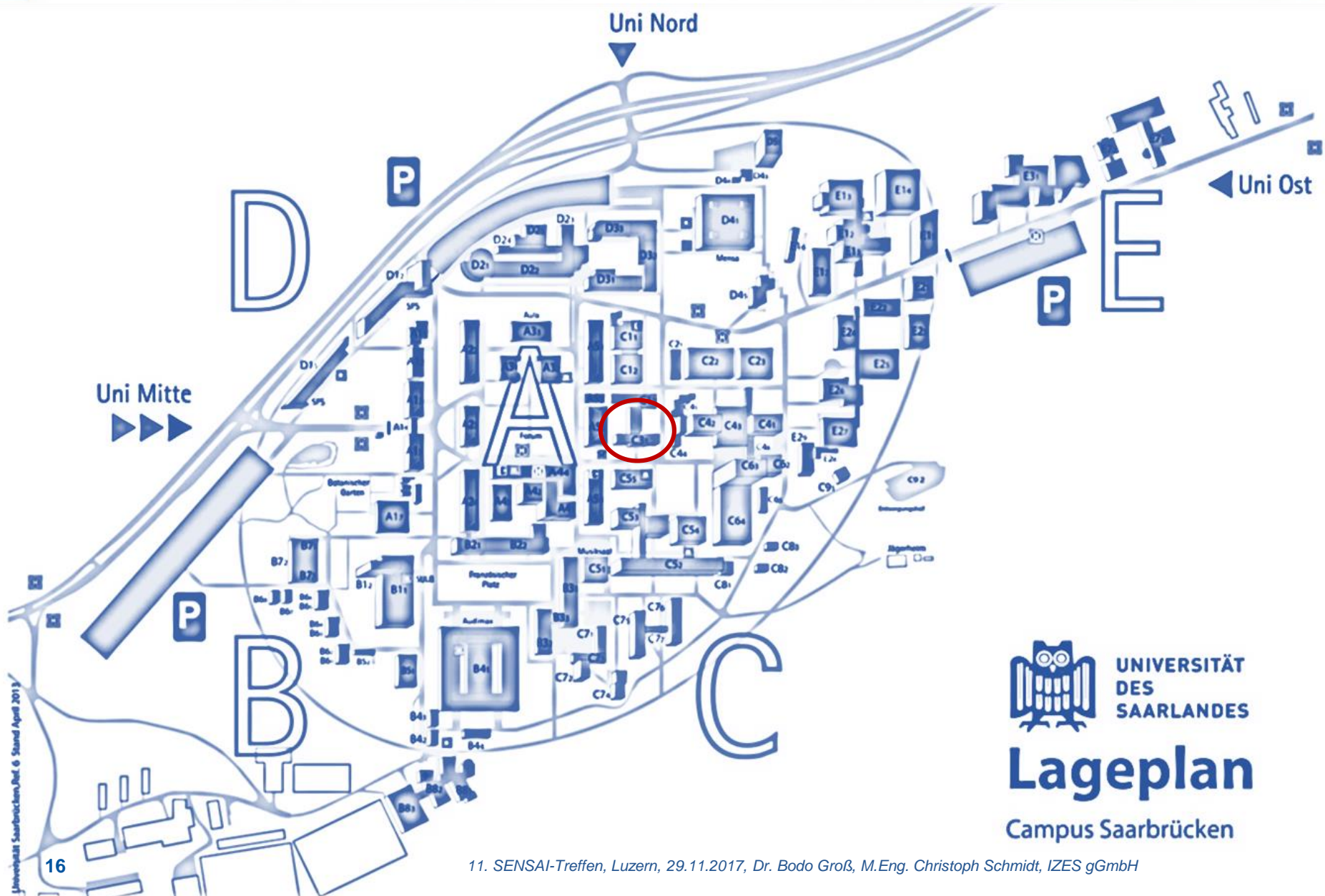
## Exkurs: Außenliegende Lufttemperaturierung (aLT)

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





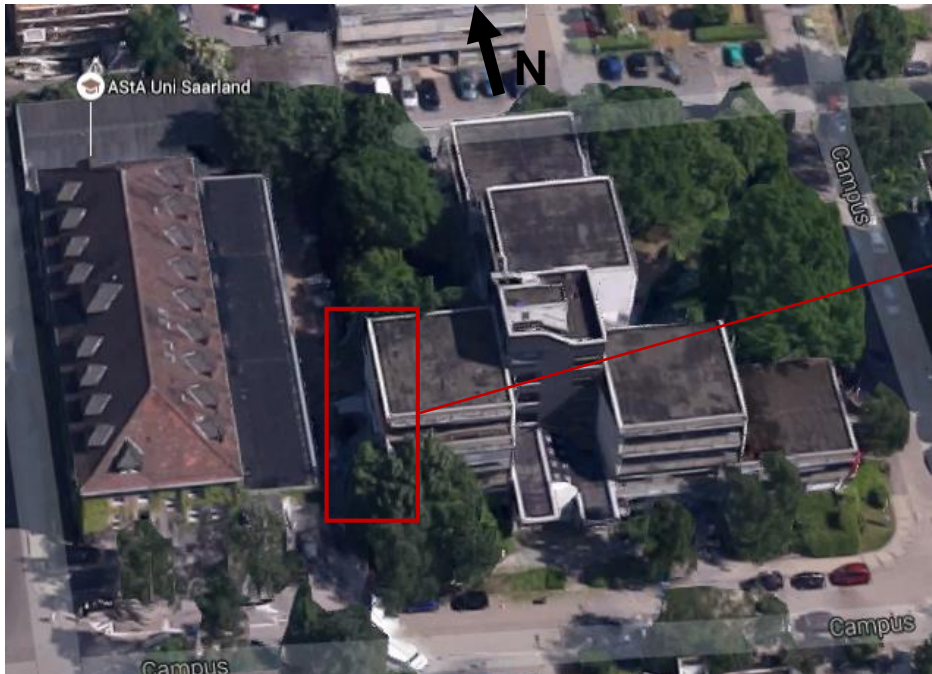
# LEXU II: Großdemonstrator



## LEXU II: Großdemonstrator

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

Baujahr: 1969, erste Aufstockung 1971



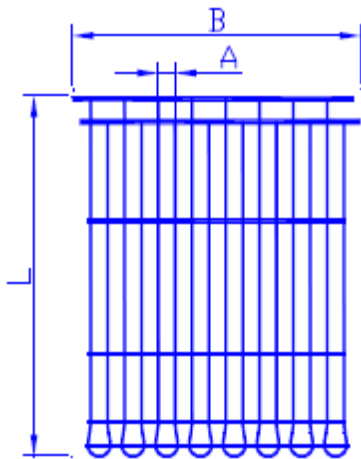
Quelle: Google Maps, 2017



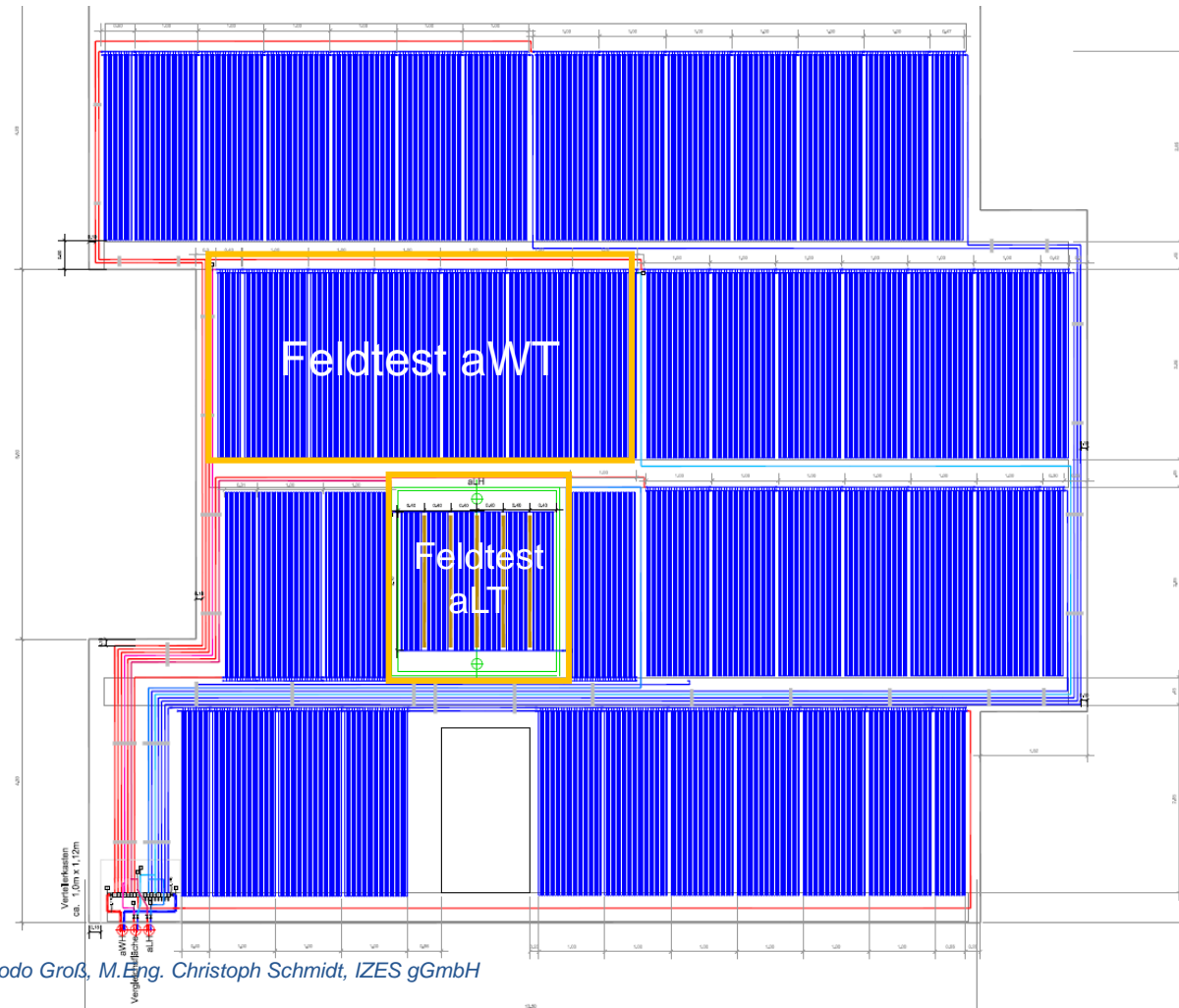
- Westfassade
- Höhe: ~15 m
- Breite: ~13,5 m
- Fläche: ~200 m<sup>2</sup>
- 0,36 m Stahlbeton

## LEXU II: Großdemonstrator

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

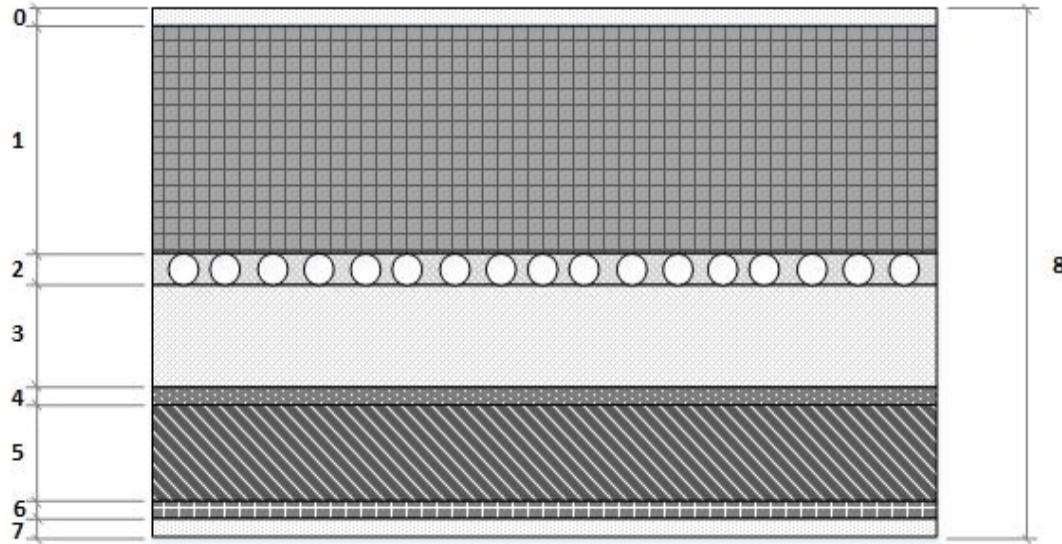


- Kapillarrohrmatte „Optimat SB 20“
- Hersteller: Clina, Berlin
- Stammrohr: 20 x 2 mm
- Kapillarrohr 4,3 x 0,8 mm
- Abstand A: 20 mm
- Länge: 60-600 mm
- Breite: ab 150 mm
- Fertigung der Matten passend für die Fassade



# LEXU II: Großdemonstrator

## Schichtaufbau der Feldtestfassade mit aWT



	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: Großdemonstrator

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

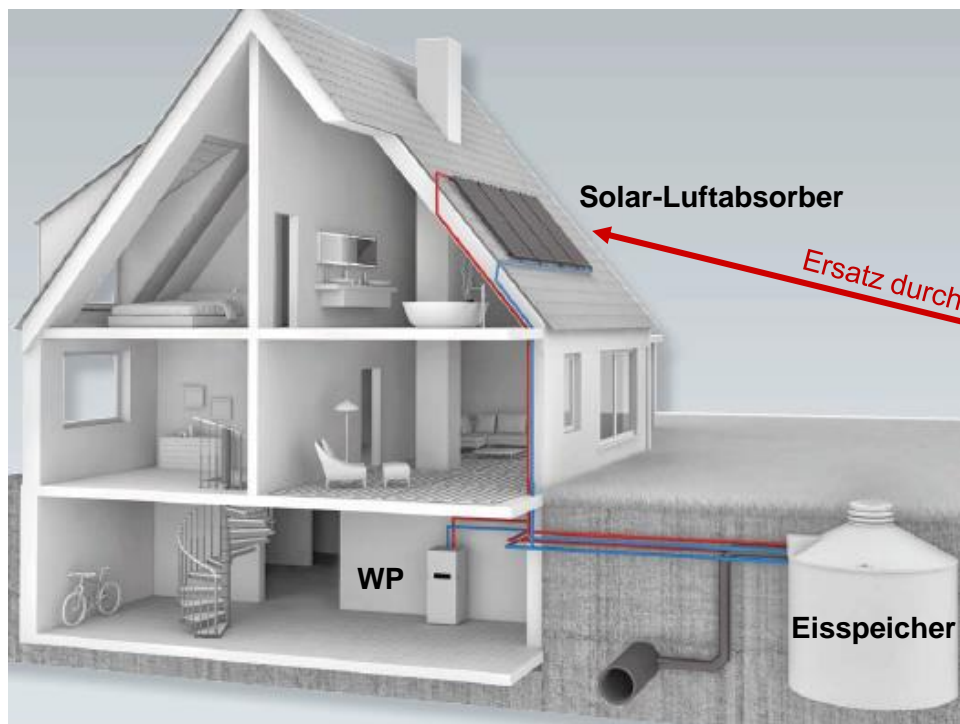


- ❖ Resultat: Dickputzsystem → Trocknung & Stabilität und Kosten

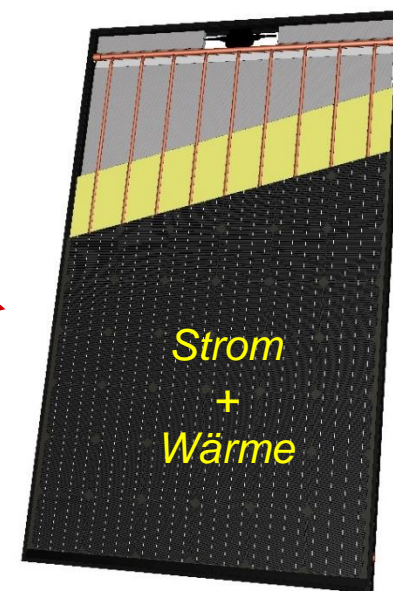
## LEXU II: Großdemonstrator

### ❖ Versorgungssystem „Großdemonstrator“

- ❖ Ansatz: Niederexergetisch mit einem hohen Anteil Erneuerbarer Energien
- ❖ Aus Vorprojekt LEXU: aWT als Wärmesenke für WP und Solarthermie
- ❖ Integration Projektpartner ISOCAL HeizKühlsysteme GmbH (inzwischen von Viessmann übernommen): Kombination von Eisspeicher und WP
- ❖ Für LEXU II: Ersatz der Solar-Luftabsorber durch PVT-Hybridkollektoren



Quelle: Viessmann Deutschland GmbH, Datenblatt „Vitofriocal“

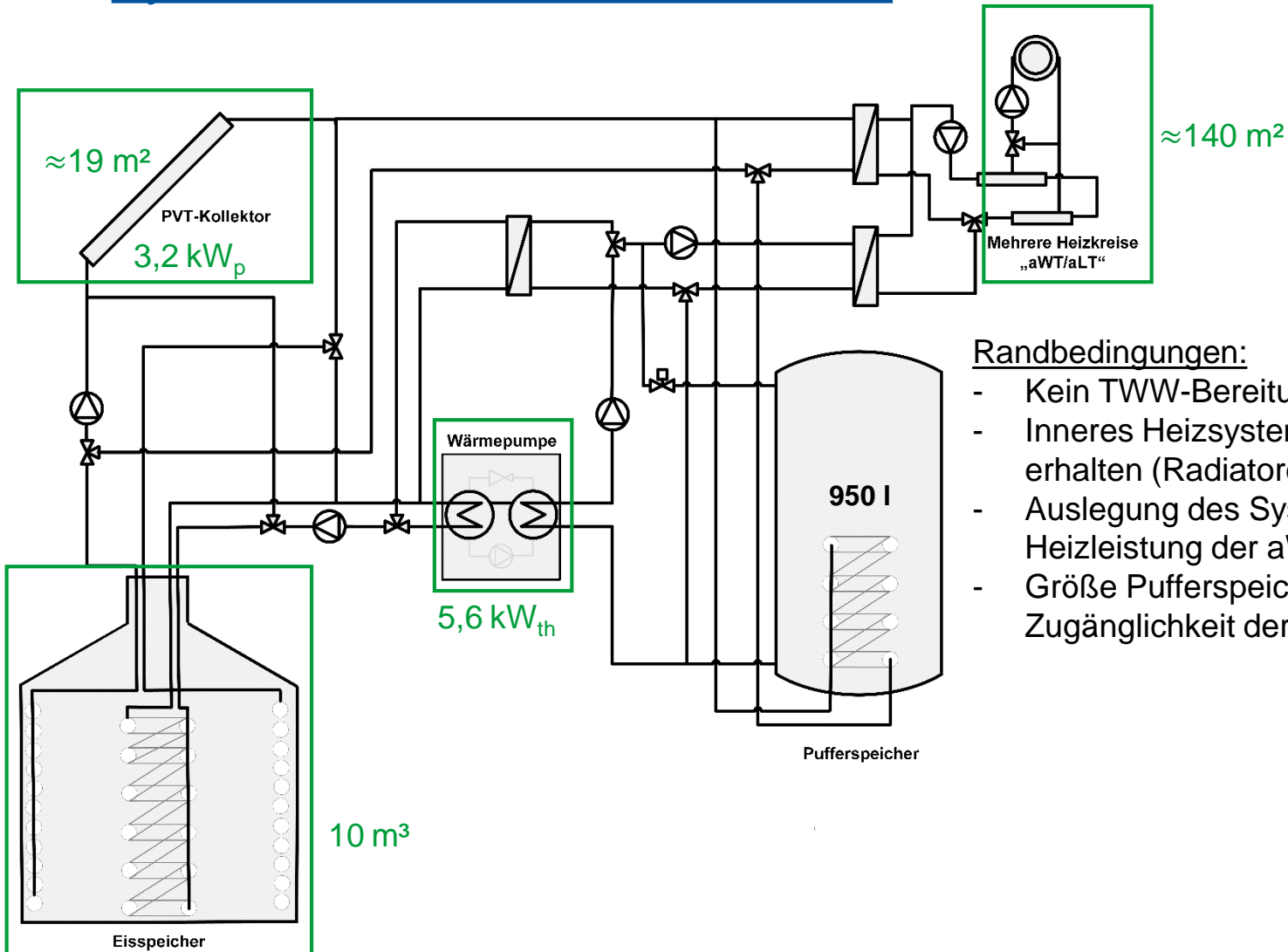


PVT-Kollektor mit rückseitiger Wärmedämmung; für LEXU II wurde diese entfernt.

Quelle: Kioto Photovoltaics GmbH, Datenblatt „Hybridmodul“

# LEXU II: Großdemonstrator

## Hydraulikschemata „Großdemonstrator“

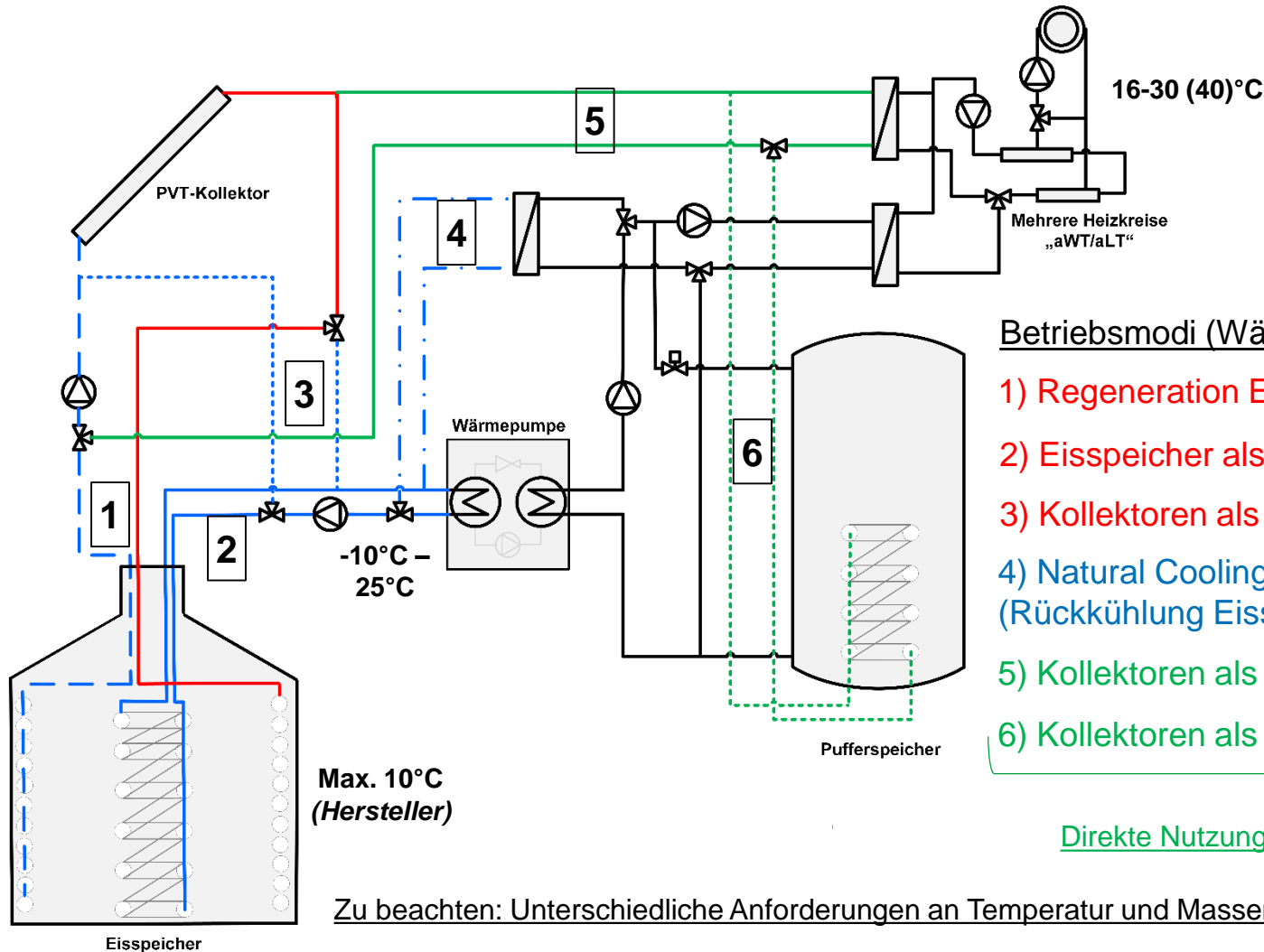


### Randbedingungen:

- 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

## Hydraulikschema „Großdemonstrator“



### Betriebsmodi (Wärmequellenmanagement):

- 1) Regeneration Eisspeicher über Kollektoren
- 2) Eisspeicher als Wärmequelle für WP
- 3) Kollektoren als Wärmequelle für WP
- 4) Natural Cooling über Eisspeicher (Rückkühlung Eisspeicher über Kollektoren)
- 5) Kollektoren als Wärmequelle für aWT
- 6) Kollektoren als Wärmequelle für Puffersp.

Direkte Nutzung von NT-Wärme möglich!

**Zu beachten: Unterschiedliche Anforderungen an Temperatur und Massenstrom der Komponenten!**

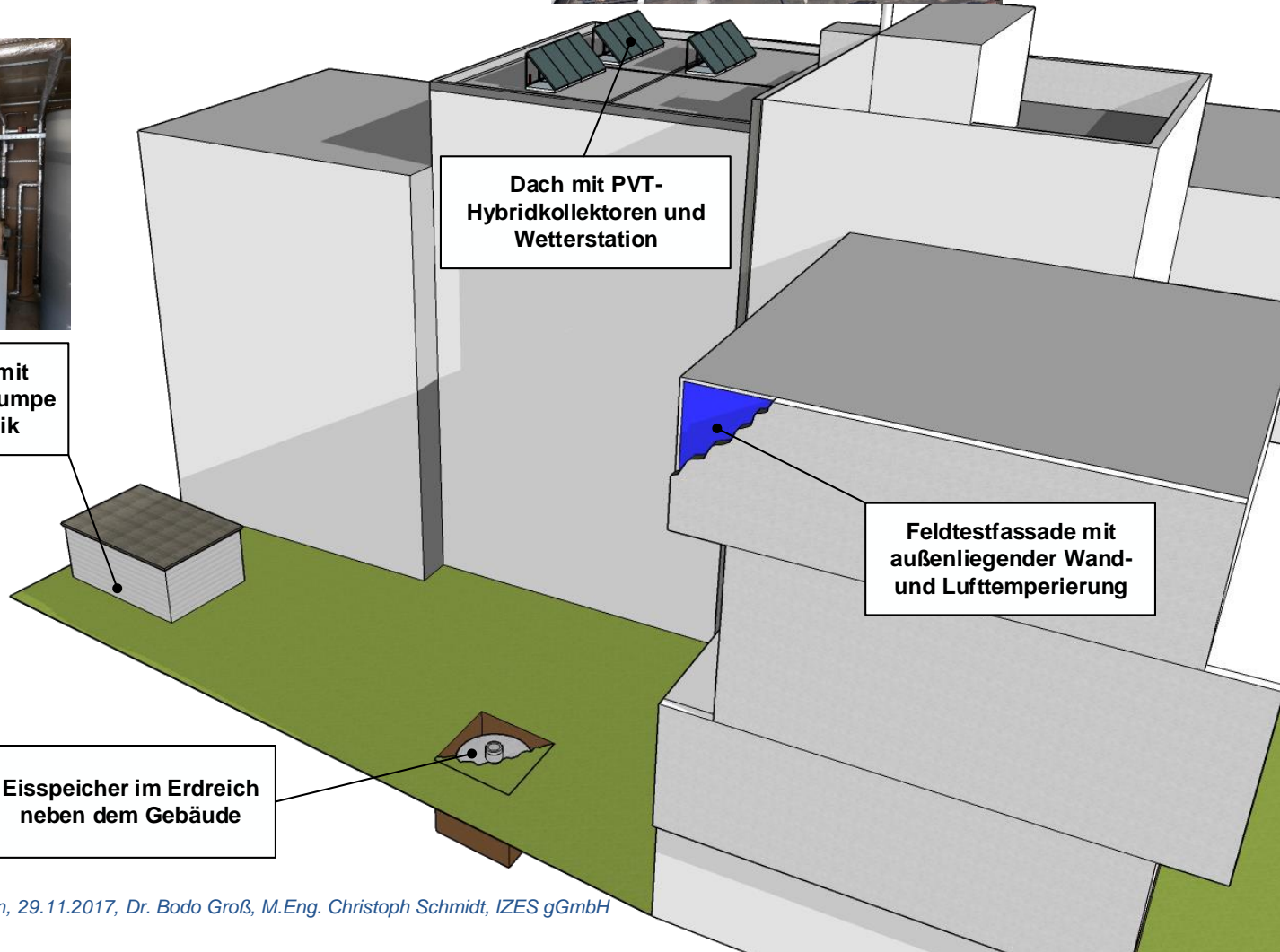


# LEXU II: Großdemonstrator

## 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“
  - ◆ Ende 2017: Inbetriebnahme Großdemonstrator
  - ◆ Heizperiode 2017/18: Aufnahme Messdaten „Heizbetrieb“
  - ◆ Kühlperiode 2018: Aufnahme Messdaten „Kühlbetrieb“
  - ◆ Parallel: Simulationsstudien (TRNSYS)
  - ◆ Herbst 2018: Ende Forschungsprojekt „LEXU II“
- ◆ Ausblick „Großdemonstrator“ → „Reallabor“
  - ◆ Nutzung für weitere Forschungsprojekte und Forschungstätigkeiten
    - ◆ Regelstrategien
    - ◆ Integration Batteriespeicher → Eigenstrom
    - ◆ Integration „Nutzer“ über Raumbediengeräte
    - ◆ Erweiterung / Austausch / Optimierung von Komponenten
- ◆ Ausblick Thematik „aWT/aLT“ → „Weg in die Baupraxis“
  - ◆ Erhöhung Vorfertigungsgrad & Systemanbieter
  - ◆ Integration der Bauteile in niederexergetische Systemkonzepte → „Baukasten“
  - ◆ Integration der aLT in Lüftungskonzepte mit WRG
  - ◆ Tbc. : Ideen / Vorschläge?

# 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   <b>KOMPETENZZENTRUM</b> <b>AUSBAU UND FASSADE</b>     <b>UNIVERSITÄT</b> <b>DES</b> <b>SAARLANDES</b> Referat FM: Facility Management   <b>GEFGA</b> Energiesysteme GmbH  <b>WIDAG GbR</b> <b>Dr. Gerhard Luther</b>	    <b>KOSTAL</b>    <b>HGE Ingenieur GmbH</b>	Gefördert durch:   <b>Bundesministerium</b> <b>für Wirtschaft</b> <b>und Energie</b>  aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages