

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

>> saar.is, Arbeitskreis „Rationelle Energienutzung“

Saarbrücken, 18.09.2019

M.Eng. Christoph Schmidt, IZES gGmbH, Saarbrücken
Dr. Horst Altgeld, IZES gGmbH, Saarbrücken
B.Eng. Felix Hähn, IZES gGmbH, Saarbrücken
Dr. Bodo Groß, IZES gGmbH, Saarbrücken

Ein Projekt von



Forschung für energieoptimierte Gebäude und Quartiere

LEXU II: Idee der außenliegenden Wandtemperierung

Forschungsprojekt LEXU II Außenliegende Wandtemperierung Motivation

Sanierung „von außen“

LowEx-Ansatz

Nutzung von Niedertemperatur-Abwärme

1

saar.is, Arbeitskreis „Rationelle Energienutzung“, 20.09.2019, IZES gGmbH

LEXU II: Erstveröffentlichung der Idee 2002

8

gi Gesundheits-Ingenieur – Haustechnik – Bauphysik – Umweltschutz 123 (2002) Heft

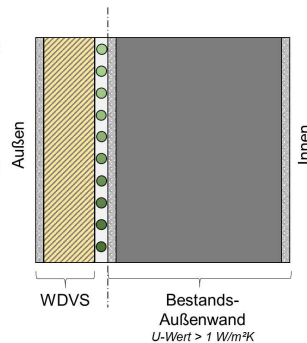
Die außen liegende Wandheizung

Gerhard Luther und Horst Altgeld

Zur Ausnutzung von Wärmequellen mit sehr niedriger Vorlauftemperatur wird das Konzept der außen liegenden Wandheizung (aWL) theoretisch untersucht. Bei der aWL wird Heizwärme an der Außenseite einer Außenwand und zwar zwischen der massiven Wand und einer neu aufzubringenden Wärmedämmung übertragen. Die aWL eignet sich insbesondere zur kostengünstigen und bewohnfreundlichen Nachrüstung eines gesonderten Niedertemperaturheizsystems für Altbauten im Zusammenhang mit der Anbringung einer Außendämmung (Thermohaut). Die aWL-Heizung erfordert einen zusätzlichen Wärmeeintrag. Da hierbei jedoch Wärmequellen genutzt werden können und auch sollen, die bei höherer Temperatur eine wesentlich geringere Abgabe ergeben würden, stellt dies nicht im Widerspruch zum Gehalt der Energieeffizienz.

cken kann. Um auch Energie mit geringen Energiegehalt zur Heizung heranzubringen, mit der Wärme auf niedrigem Temperaturniveau übertragen werden. (s. g. [1])

Inzwischen hat sich das Interesse an zahlreichen Heizquellen mit niedriger Temperatur erhöht, deren Einsatz jedoch nur mit entsprechend geeigneten Heizkörpern, Heizflächen oder mit besonderen Formen des Heizbetriebes [2] möglich ist. Zur weitestgehenden Ausnutzung der Abgaswärme herkömmlicher Heizungsanlagen, zur sinnvollen Nutzung von Wärmequellen (auch in Verbindung mit geothermischen Wärmequellen [3]) und zum zukaufbaren Einsatz von dazwischen Brennstoffzellen in Strome-Wärme-Kopplung und von solaren Zusatzheizungen müssen nicht nur bei Neubauten sondern auch verstärkt im Altbau Heizungsanlagen mit sehr niedrigen Vorlauftemperaturen



2

saar.is, Arbeitskreis „Rationelle Energienutzung“, 20.09.2019, IZES gGmbH

LEXU II: Bestandteile der Idee der aWL als TABS-Sonderfall

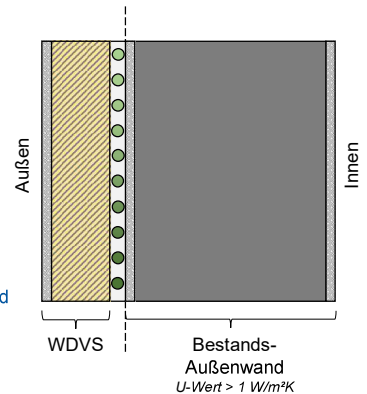
1) Aufbringen eines Flächentemperierungssystems in einer Putzschicht „von außen“

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



3

saar.is, Arbeitskreis „Rationelle Energienutzung“, 20.09.2019, IZES gGmbH

Temperaturverläufe durch eine (un)aktivierte Außenwand

- 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_1 ergeben sich die folgenden theoretischen Betriebssituationen:

Teilkompensatorischer Betrieb:

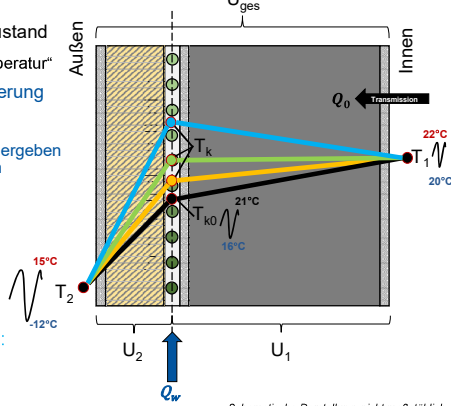
$$T_{k0} < T_k < T_1$$

Kompensatorischer Betrieb:

$$T_{k0} < T_k = T_1$$

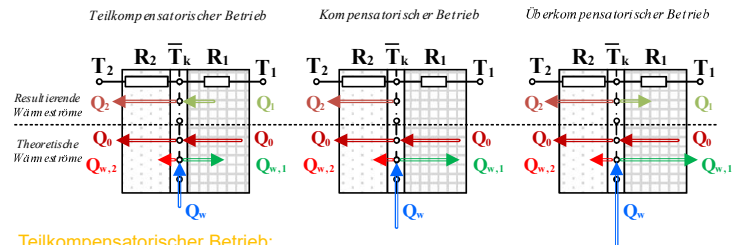
Überkompensatorischer Betrieb:

$$T_{k0} < T_k > T_1$$



Schematische Darstellung, nicht maßstäblich

Resultierende generelle Betriebsmodi der aWT



Teilkompensatorischer Betrieb:

$$T_{k0} < T_k < T_1$$

Kompensatorischer Betrieb:

$$T_{k0} < T_k = T_1$$

Überkompensatorischer Betrieb:

$$T_{k0} < T_k > T_1$$

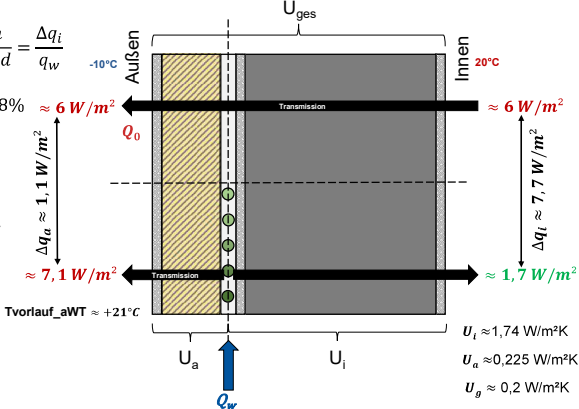
Ermittlung und Darstellung des Wirkungsgrads der aWT

$$\eta_{aWT} = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}} = \frac{\Delta q_i}{q_w}$$

$$\eta_{aWT} = \frac{7,7}{8,8} \approx 88\% \approx \mathbf{6}$$

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

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



Schematische Darstellung, nicht maßstäblich
Ergebnisse erzeugt mit HEAT 2 6.0

Berechnung des Wirkungsgrades über Dämmstärke und Bestandswand

U-Wertgrad der aWT in Abhängigkeit des U-Werts der Bestandwand und der Dämmstärke des WDVS		Dämmstärke WDVS [mm]																	
U-Wert [W/m²K]		10	20	40	50	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	
1.0		27%	40%	49%	58%	61%	65%	71%	75%	78%	81%	83%	84%	86%	87%	88%	89%	89%	90%
1.1		29%	42%	52%	58%	61%	67%	73%	77%	80%	82%	84%	86%	87%	88%	89%	90%	90%	91%
1.2		31%	45%	54%	60%	65%	69%	75%	79%	82%	84%	85%	87%	88%	89%	90%	90%	91%	92%
1.3		33%	47%	56%	62%	67%	71%	76%	80%	83%	85%	86%	88%	89%	90%	90%	91%	92%	92%
1.4		34%	49%	58%	64%	69%	73%	78%	81%	84%	86%	87%	89%	90%	90%	91%	92%	92%	93%
1.5		36%	51%	60%	66%	70%	74%	79%	82%	85%	87%	88%	90%	91%	92%	92%	93%	93%	93%
1.6		38%	52%	61%	67%	72%	75%	80%	83%	86%	87%	89%	90%	91%	92%	92%	93%	93%	94%
1.7		39%	54%	63%	69%	73%	76%	81%	84%	86%	88%	89%	90%	91%	92%	93%	93%	94%	94%
1.8		41%	55%	64%	70%	74%	78%	82%	85%	87%	89%	90%	91%	92%	92%	93%	94%	94%	94%
1.9		42%	57%	66%	71%	75%	79%	83%	86%	88%	89%	91%	91%	92%	93%	93%	94%	94%	95%
2.0		44%	58%	67%	72%	76%	79%	84%	86%	88%	90%	91%	92%	93%	93%	94%	94%	95%	95%
2.1		45%	59%	68%	74%	77%	80%	84%	87%	89%	90%	91%	92%	93%	93%	94%	94%	95%	95%
2.2		46%	61%	69%	75%	78%	81%	85%	88%	89%	91%	92%	93%	93%	94%	94%	95%	95%	95%
2.3		47%	62%	70%	75%	79%	82%	86%	88%	90%	91%	92%	93%	94%	94%	95%	95%	95%	96%
2.4		48%	63%	71%	76%	80%	83%	86%	89%	90%	92%	92%	93%	94%	94%	95%	95%	95%	96%
2.5		50%	64%	72%	77%	81%	83%	87%	89%	91%	92%	93%	94%	94%	95%	95%	96%	96%	96%
2.6		51%	65%	73%	78%	81%	84%	87%	89%	91%	92%	93%	94%	94%	95%	95%	96%	96%	96%
2.7		52%	66%	74%	79%	82%	84%	88%	90%	91%	92%	93%	94%	94%	95%	95%	96%	96%	96%
2.8		53%	67%	74%	79%	83%	85%	88%	90%	92%	93%	94%	94%	95%	95%	96%	96%	96%	96%
2.9		54%	68%	75%	80%	83%	85%	89%	91%	92%	93%	94%	94%	95%	95%	96%	96%	96%	97%
3.0		55%	69%	76%	81%	84%	86%	89%	91%	92%	93%	94%	95%	95%	96%	96%	96%	96%	97%

7 Wirkungsgrad der aWT in Abhängigkeit des U-Wertes der Bestandwand und der Dämmstärke des WDVS (für das WDVS wurde die Wärmeleitgruppe 035 angenommen). Zusätzlich zu der Dämmschicht wurde für noch eine 20 mm starke Putzschicht und der äußere Wärmeübergang mit 0,04 ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$) angesetzt.

Vorteile:

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

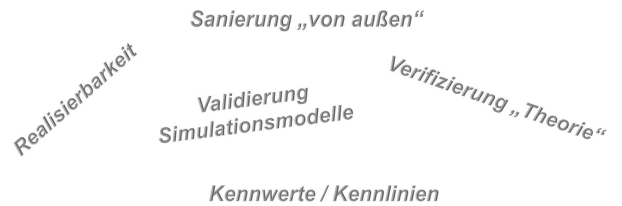
Nachteile:

- Mehraufwand: Zusätzlichen Wärmeverluste der aWT
→ Wirkungsgrad der aWT
- Durch die Lage handelt es sich um ein sehr träges Heizsystem.
→ Fokus: Regelstrategien
→ „Grundlastheizung“
- „Neues“ bauseitig erstelltes System:
→ Schnittstellen und Fehlerquellen

8

saar.is, Arbeitskreis „Rationelle Energienutzung“, 20.09.2019, IZES gGmbH

Forschungsprojekt LEXU II Außenliegende Wandtemperierung Ziele / Motivation Umsetzung Großdemonstrator



9

saar.is, Arbeitskreis „Rationelle Energienutzung“, 20.09.2019, IZES gGmbH

- Luftbild Gebäude C3.1 auf dem Campus der Universität des Saarlandes
- Baujahr: 1969



Quelle: Google Maps, 2017



Westfassade

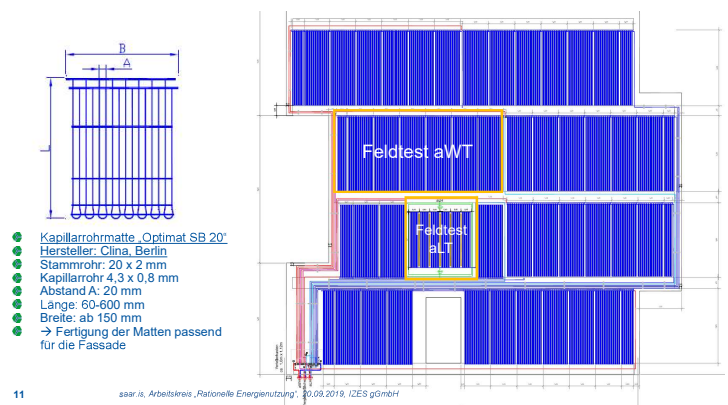
- Höhe: ~15 m
- Breite: ~13,5 m
- Fläche: ~200 m²
- 0,36 m Stahlbeton



10

saar.is, Arbeitskreis „Rationelle Energienutzung“, 20.09.2019, IZES gGmbH

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

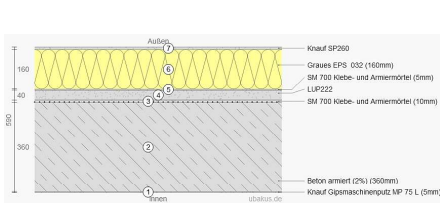


11

saar.is, Arbeitskreis „Rationelle Energienutzung“, 20.09.2019, IZES gGmbH

LEXU II: Umsetzung der aWT

Schichtaufbau der Feldtestfassade mit aWT / Arbeitsschritte



Nr.	Name / Bezeichnung	Dicke (mm)	Material	Wärmeleitfähigkeit (W/mK)
1	Gips-Leichtputz	5	Knauf MP 75L	0,34
2	Bestandswand	360	Bewehrter Beton	2,5
3	Klebmörtel	10	Knauf SM 300	0,54
4	Kalk-Zement-Putz	40	Knauf LUP 222	0,43
5	Klebmörtel	5	Knauf SM 700	0,89
6	Wärmedämmung	160	Knauf EPS 032	0,032
7	Armierung und Überputz	10	Knauf SP 360	0,89
Gesamter Wandaufbau		≈ 590		



LEXU II: Umsetzung der aWT → kein Standardfall

- Problematic 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: Umsetzung der aWT

Systemkosten der aWT

Feldtest

Bezug	$A_{\text{ges,aWT}}$	$A_{\text{pez,aWT}}$
Fläche [m²]	≈ 192	≈ 140
Gesamtkosten brutto [€]	24.883	24.883
Systemkosten [€/m²]	≈ 130	≈ 177

Standard, V1: standardisierte Belegungsplanung, geringere Putzdicke

Bezug	$A_{\text{ges,aWT}}$	$A_{\text{pez,aWT}}$
Fläche [m²]	≈ 192	≈ 157
Gesamtkosten brutto [€]	≈ 18.100	≈ 18.100
Systemkosten [€/m²]	≈ 95	≈ 116

Standard, V2: standardisierte Belegungsplanung, Ausklink-Lösung

Bezug	$A_{\text{ges,aWT}}$	$A_{\text{pez,aWT}}$
Fläche [m²]	≈ 192	≈ 157
Gesamtkosten brutto [€]	13.200	13.200
Systemkosten [€/m²]	≈ 69	≈ 84

LEXU II: Fazit Umsetzung der aWT

Forschungsprojekt LEXU II Außenliegende Wandtemperierung Fazit „Umsetzung“

Sanierung „von außen“

Realisierbarkeit

Validierung
Simulationsmodelle

Verifizierung „Theorie“

Kennwerte / Kennlinien: **Systemkosten**

Forschungsprojekt LEXU II Außenliegende Lufttemperierung

Motivation

Sanierung „von außen“

Reduzierung der Heizlast durch
Temperierung der Zuluft

Verringerung der Wärmeverluste /
Erhöhung des Wirkungsgrades

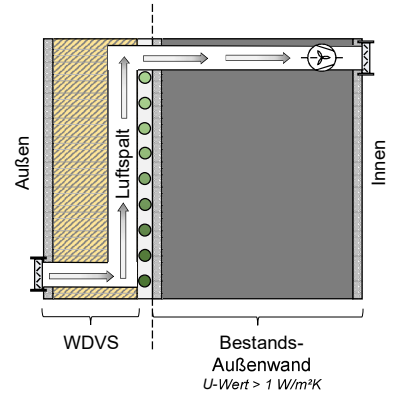
Schnelles System

16

saar.is, Arbeitskreis „Rationelle Energienutzung“, 20.09.2019, IZES gGmbH

- Frischlufttemperierung von „außen“

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



17

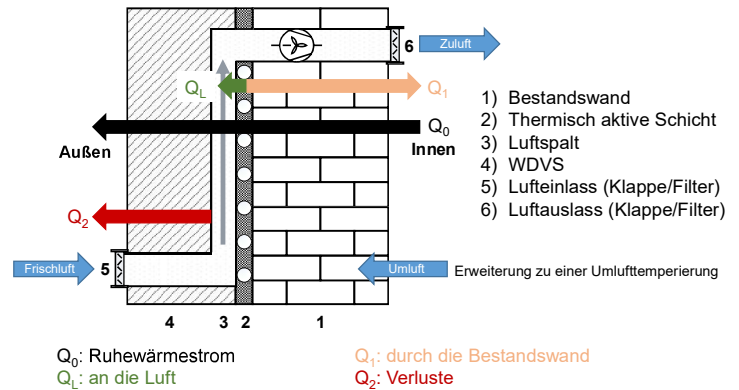
saar.is, Arbeitskreis „Rationelle Energienutzung“, 20.09.2019, IZES gGmbH



18

saar.is, Arbeitskreis „Rationelle Energienutzung“, 20.09.2019, IZES gGmbH

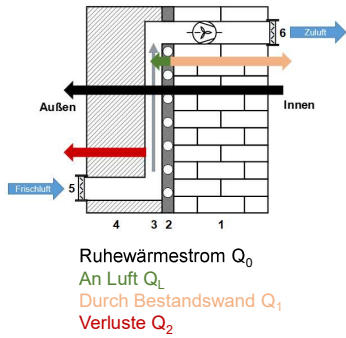
- Wärmeströme der außenliegenden Lufttemperierung (Querschnitt)



19

saar.is, Arbeitskreis „Rationelle Energienutzung“, 20.09.2019, IZES gGmbH

Wirkungsgrad der aLT & Vergleich mit der aWT

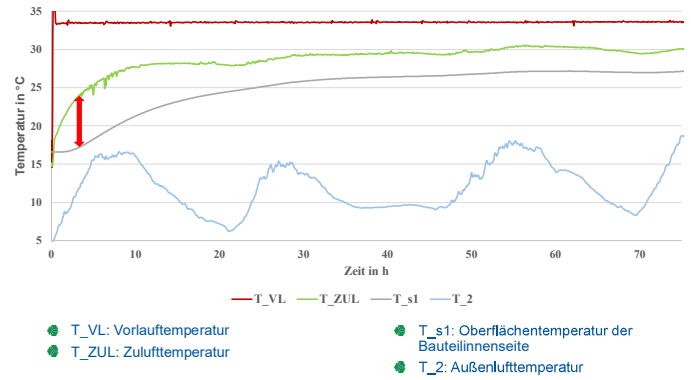


$$\eta_{aLT} = \frac{\text{Nutzen}}{\text{Aufwand}} = \frac{Q_L + Q_1}{Q_2 + Q_L + Q_1}$$

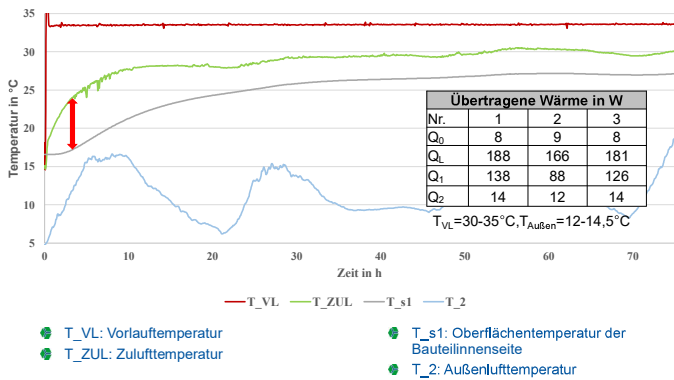
Min	Max	Mittel
94,4%	97,2%	95,8%

Wirkungsgrad aWT: 93,8%

Messreihe mit Sprung in der Vorlauftemperatur der therm. Aktivierung



Messreihe mit Sprung in der Vorlauftemperatur der therm. Aktivierung



Exkurs: Außenliegende Lufttemperierung (aLT)

Regelstrategie: Außentemperaturgeführte Vorlauftemperaturregelung

- f_1 definiert eine Kennzahl für den Wärmetransport durch die Wand
 - Über alle Messungen sehr konstant
 - Abhängig vom Wandaufbau
- f_2 definiert eine Kennzahl für den Wärmeübergang an die Luft
 - Abhängig vom Luftvolumenstrom

$$T_G = \frac{q_v + f_1 \cdot T_{1,soil} + f_2 \cdot T_2}{f_1 + f_2}$$

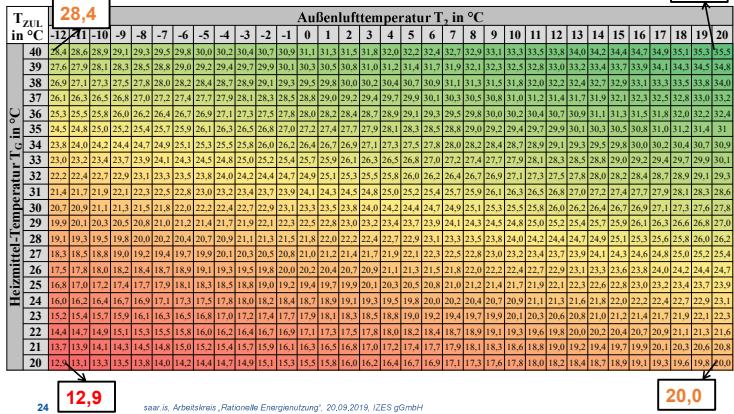
Wärmeverluste

Komfort

$$T_{ZUL} = T_2 + \frac{(T_G - T_2) \cdot f_2 \cdot A}{\dot{W}}$$

Wärmekapazitätsstrom:
 $\dot{W} = \dot{V} \cdot \rho \cdot c_p$

Zulufttemperatur in Anhängigkeit der Umgebungstemperatur und der mittleren Temperatur der thermischen Aktivierung



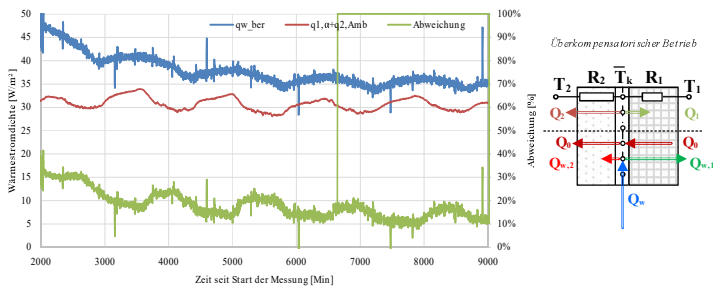
Forschungsprojekt LEXU II
Außenliegende Wandtemperierung
Messungen

Validierung
Simulationsmodelle

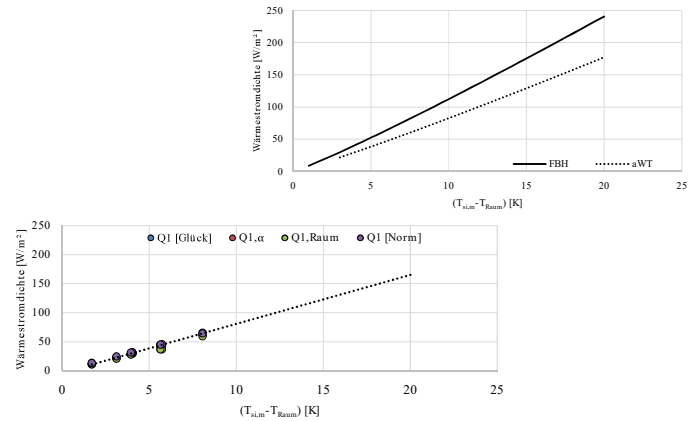
Verifizierung „Theorie“

Kennwerte / Kennlinien

Verifizierung der Wärmeströme und Ermittlung der Verluste /
Messunsicherheit

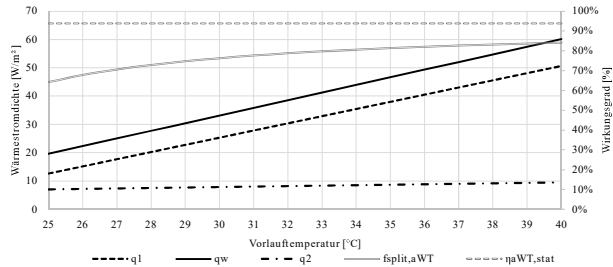


Ermittlung der Basiskennlinie und Vergleich mit FBH



LEXU II: Messergebnisse der aWT

- Ermittelte Wärmestromdichte über die Vorlauftemperatur
(ermittelt nach DIN EN 1264 aus den Messdaten der Feldtestfläche)



- Randbedingungen
- Wandaufbau der Feldtestfassade
- Raumtemperatur 20°C
- Umgebungstemperatur -12°C
- Spez. Massenstrom: 12,5 kg/hm²

28

saar is, Arbeitskreis „Rationale Energienutzung“, 20.09.2019, IZES gGmbH

LEXU II: Messergebnisse der aWT

- Näherung des Nutzwärmestroms (q1) über die Vorlauftemperatur und die Bestandwand

U-Wert [W/m²K]	Vorlauftemperatur der thermischen Aktivierung [°C]																			
0.5	2.2	2.6	3.0	3.5	3.9	4.3	4.8	5.2	5.6	6.1	6.5	6.9	7.3	7.8	8.2	8.6				
0.6	2.5	3.1	3.6	4.1	4.6	5.1	5.6	6.1	6.6	7.1	7.7	8.2	8.7	9.2	9.7	10.2				
0.7	3.0	3.6	4.2	4.9	5.5	6.1	6.7	7.3	7.9	8.5	9.1	9.7	10.3	11.0	11.6	12.2				
0.8	3.5	4.2	4.9	5.6	6.3	7.0	7.7	8.4	9.1	9.8	10.5	11.2	11.9	12.6	13.3	14.0				
0.9	3.9	4.7	5.5	6.3	7.1	7.8	8.6	9.4	10.2	11.0	11.8	12.6	13.3	14.1	14.9	15.7				
1.0	4.4	5.3	6.1	7.0	7.9	8.8	9.7	10.6	11.4	12.3	13.2	14.1	15.0	15.8	16.7	17.6				
1.1	4.8	5.8	6.8	7.7	8.7	9.7	10.7	11.6	12.6	13.6	14.6	15.5	16.5	17.5	18.4	19.4				
1.2	5.3	6.4	7.4	8.5	9.6	10.6	11.7	12.7	13.8	14.9	15.9	17.0	18.1	19.1	20.2	21.3				
1.3	5.8	7.0	8.1	9.3	10.5	11.6	12.8	14.0	15.1	16.3	17.5	18.6	19.8	21.0	22.1	23.3				
1.4	6.2	7.5	8.8	10.0	11.3	12.5	13.8	15.0	16.3	17.6	18.8	20.1	21.3	22.6	23.8	25.1				
1.5	6.7	8.1	9.4	10.8	12.1	13.5	14.8	16.2	17.5	18.9	20.2	21.6	22.9	24.3	25.7	27.0				
1.6	7.2	8.7	10.1	11.6	13.1	14.5	16.0	17.4	18.9	20.3	21.8	23.3	24.7	26.2	27.6	29.1				
1.7	7.7	9.3	10.8	12.4	14.0	15.5	17.1	18.6	20.2	21.7	23.3	24.8	26.4	28.0	29.5	31.1				
1.8	8.2	9.9	11.5	13.2	14.8	16.5	18.1	19.8	21.4	23.1	24.7	26.4	28.0	29.7	31.4	33.0				
1.9	8.7	10.5	12.3	14.0	15.8	17.5	19.3	21.1	22.8	24.6	26.3	28.1	29.8	31.6	33.4	35.1				
2.0	9.2	11.1	12.9	14.8	16.6	18.5	20.4	22.2	24.1	25.9	27.8	29.6	31.5	33.4	35.2	37.1				
2.1	9.7	11.7	13.6	15.6	17.5	19.5	21.4	23.4	25.3	27.3	29.2	31.2	33.1	35.1	37.1	39.0				
2.2	10.2	12.3	14.3	16.4	18.5	20.5	22.6	24.6	26.7	28.8	30.8	32.9	34.9	37.0	39.1	41.1				
2.3	10.8	12.9	15.1	17.3	19.4	21.6	23.8	25.9	28.1	30.3	32.4	34.6	36.7	38.9	41.1	43.2				
2.4	11.3	13.6	15.9	18.2	20.5	22.7	25.0	27.3	29.6	31.9	34.1	36.4	38.7	41.0	43.3	45.5				
2.5	11.9	14.2	16.6	19.0	21.4	23.8	26.2	28.6	31.0	33.3	35.7	38.1	40.5	42.9	45.3	47.7				
2.6	12.4	14.9	17.4	19.9	22.4	24.8	27.3	29.8	32.3	34.8	37.3	39.8	42.3	44.8	47.3	49.8				
2.7	12.9	15.5	18.1	20.7	23.3	25.9	28.5	31.1	33.7	36.3	38.9	41.5	44.1	46.7	49.3	51.9				
2.8	13.5	16.2	18.9	21.6	24.3	27.0	29.8	32.5	35.2	37.9	40.6	43.3	46.0	48.8	51.5	54.2				
2.9	14.0	16.9	19.7	22.5	25.4	28.2	31.0	33.9	36.7	39.5	42.3	45.2	48.0	50.8	53.7	56.5				
3.0	14.6	17.6	20.5	23.5	26.4	29.3	32.3	35.2	38.2	41.1	44.1	47.0	49.9	52.9	55.8	58.8				

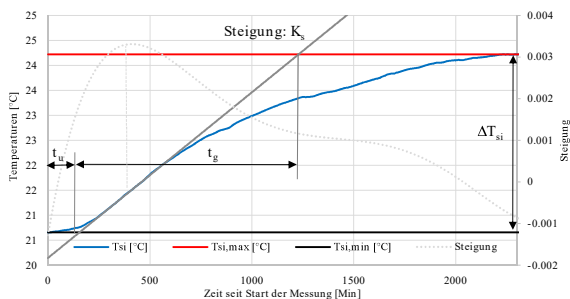
- Randbedingungen
- Neuer Wandaufbau entsprechend der Feldtestfassade
- Raumtemperatur 20°C
- Umgebungstemperatur -12°C
- Spez. Massenstrom: 12,5 kg/hm²

29

saar is, Arbeitskreis „Rationale Energienutzung“, 20.09.2019, IZES gGmbH

LEXU II: Messergebnisse der aWT

- Zeitkonstanten im Aufheizfall



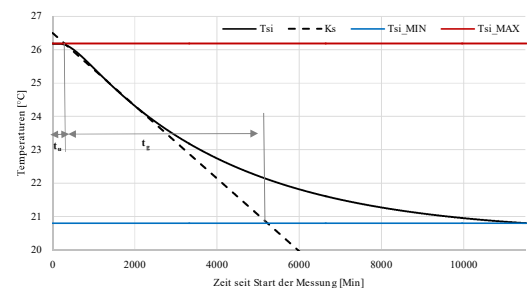
ΔT_s [K]	t_u [h]	t_g [h]	S [l]	K_s [K/h]
5	3.5	22.25	0.16	0.10
25	3.5	22.25	0.16	0.51

30

saar is, Arbeitskreis „Rationale Energienutzung“, 20.09.2019, IZES gGmbH

LEXU II: Messergebnisse der aWT

- Zeitkonstanten beim freien Abkühlen



ΔT_s [K]	t_u [h]	t_g [h]	S [l]	K_s [K/h]
5	4.8	82.3	0.06	-0.023
15	4.8	82.3	0.06	-0.065

31

saar is, Arbeitskreis „Rationale Energienutzung“, 20.09.2019, IZES gGmbH

LEXU II: Messergebnisse der aWT

Außenliegende Wandtemperierung (aWT): spezifische Pumpenleistung

$\dot{m}_{\text{spez,aWT}}$ [kg/(h·m²)]	Spezifische [W/m²]	Pumpenleistung
30.8	~4.7	
25.7	~2.6	
12.5	~0.6	

Abschätzung Pumpenstrombedarf der Heizperiode:
 $0.6 \text{ W/m}^2 \cdot 140 \text{ m}^2 \cdot 14 \text{ h/d} \cdot 180 \text{ d/a} \sim 212 \text{ kWh}$

32

saar.is, Arbeitskreis „Rationelle Energienutzung“, 20.09.2019, IZES gGmbH

LEXU II: Fazit nach Abschluss der Messungen

Forschungsprojekt LEXU II Außenliegende Wandtemperierung Fazit Messungen

Validierung
Simulationsmodelle

Verifizierung „Theorie“

**Kennwerte / Kennlinien: Wärmeströme,
Zeitkonstanten, Pumpenstrombedarf**

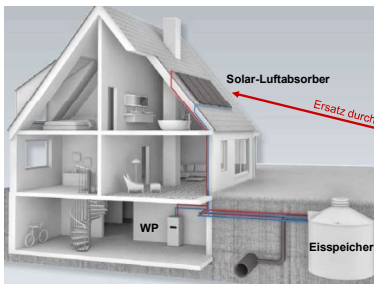
33

saar.is, Arbeitskreis „Rationelle Energienutzung“, 20.09.2019, IZES gGmbH

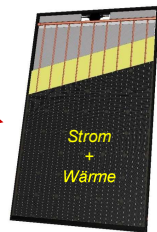
LEXU II: Versorgungssystem der aWT

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 „Vitoflora“



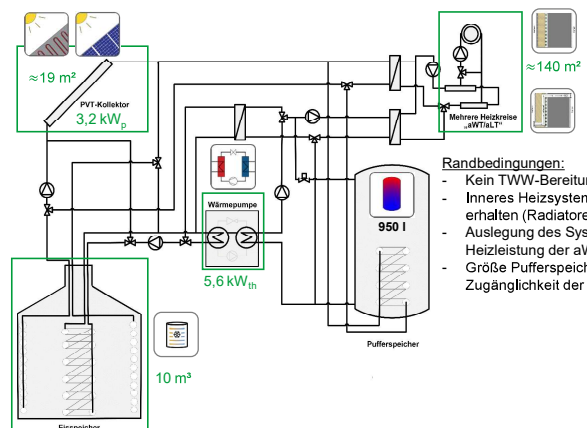
PVT-Kollektor mit rückseitiger Wärmedämmung; für LEXU II wurde diese entfernt.

Quelle: Koto Photovoltaica GmbH, Datenblatt „Hybridmodul“

34

saar.is, Arbeitskreis „Rationelle Energienutzung“, 20.09.2019, IZES gGmbH

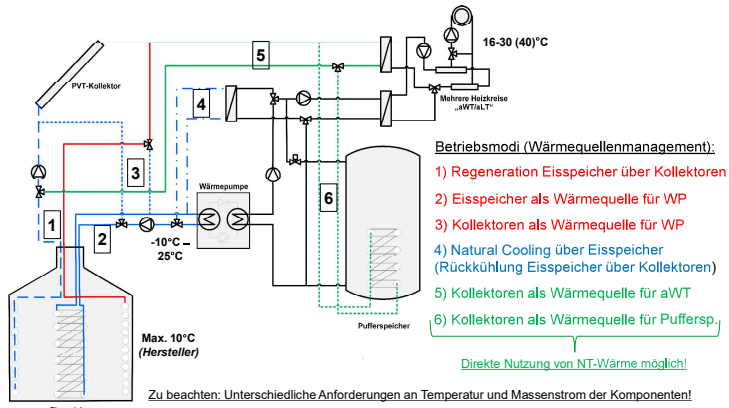
LEXU II: Hydraulikschema mit den einzelnen Komponenten



35

saar.is, Arbeitskreis „Rationelle Energienutzung“, 20.09.2019, IZES gGmbH

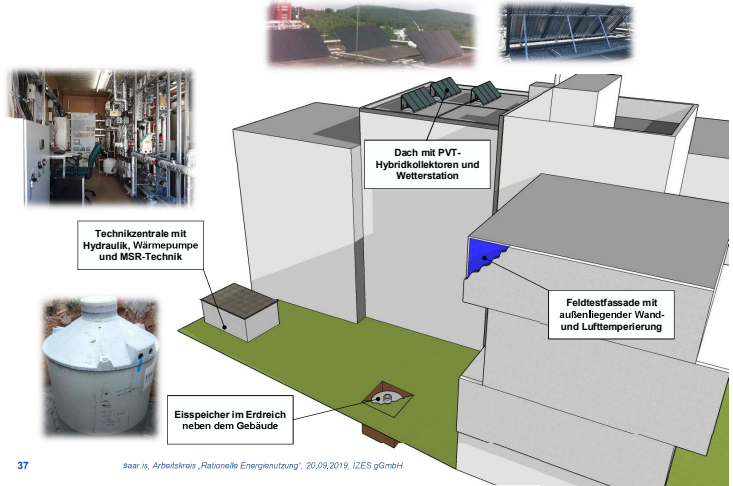
LEXU II: Hydraulikschema und mögliche Betriebsmodi



36

saar.is, Arbeitskreis „Rationelle Energienutzung“, 20.09.2019, IZES gGmbH

LEXU II: Großdemonstrator, Überblick Komponenten

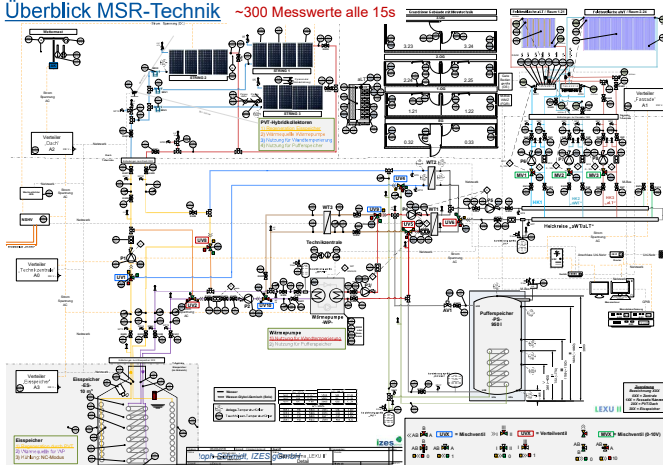


37

saar.is, Arbeitskreis „Rationelle Energienutzung“, 20.09.2019, IZES gGmbH

LEXU II: Großdemonstrator

Überblick MSR-Technik ~300 Messwerte alle 15s



38

LEXU II: Großdemonstrator

Web-Cams



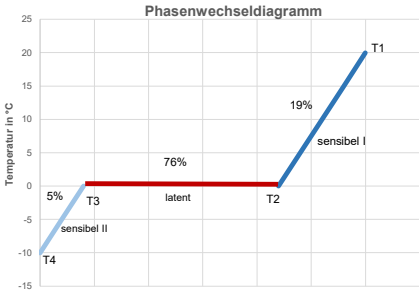
39

saar.is, Arbeitskreis „Rationelle Energienutzung“, 20.09.2019, IZES gGmbH



- Eisspeicher**
 - Unterirdisch vergraben
 - $V_{\text{Eisspeicher}} = 10 \text{ m}^3$
- Wasser als Speichermedium**
 - Wasser zwischen $[20; -10 \text{ }^\circ\text{C}]$
 - $m_{\text{Wasser}} = 9 \text{ m}^3 \approx 8992 \text{ kg}$
- zwei spiralförmige Wärmetauscher**
 - Wärmezufuhr über die Kollektoren
 - Wärmeabfuhr über die Wärmepumpe / Wandtemperierung
- Wärmeträgermedium**
 - Wasser/Glykol-Gemisch

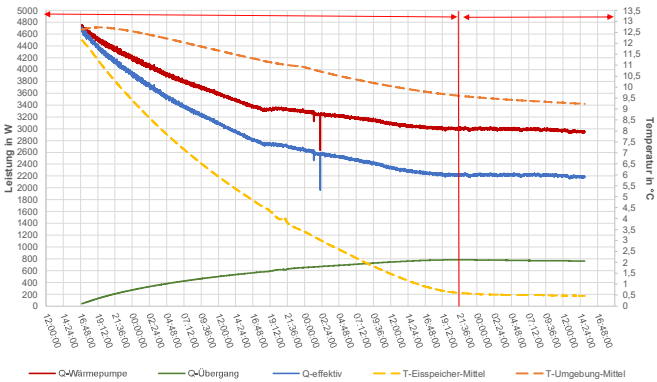
Phasenwechseldiagramm und Wärmeentzug



- Phasenwechsel beim Wärmeentzug**
 - Wärmeerzeugung beim Phasenwechsel
 - Sensibel I: Abkühlung des Wassers
 - $Q_{\text{sensibel1}} = 209 \text{ kWh} / t = 46\text{h}$
 - Latente Phase: Vereisung
 - $Q_{\text{latent}} = 833 \text{ kWh} / t = 183\text{h}$
 - Sensibel II: Abkühlung des Eises
 - $Q_{\text{sensibel2}} = 55 \text{ kWh} / t = 12\text{h}$
 - 76% der gesamten Energie in einem Temperaturintervall von $[20; -10\text{ }^\circ\text{C}]$ wird in der latenten Phase freigesetzt



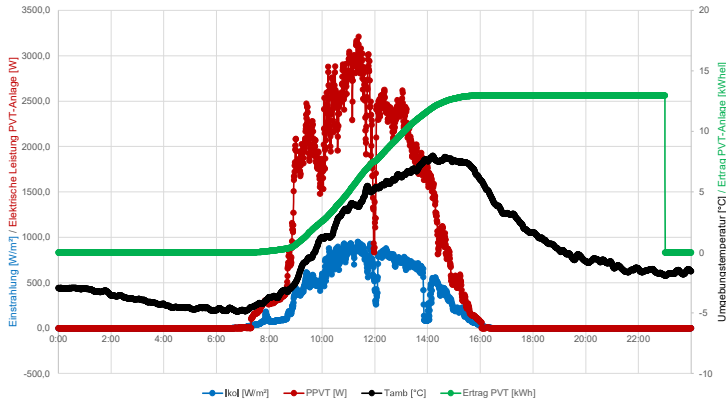
Wärmeentzug aus dem Eisspeicher - Messdaten



Web-Cam



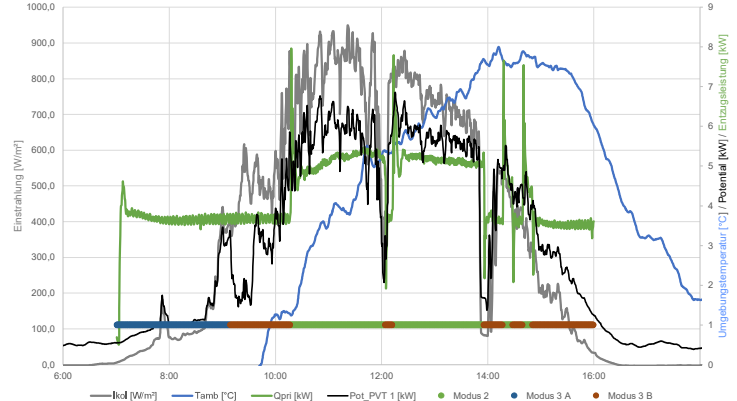
Auswertung Gesamt-Anlage (Bsp. 06.02.2019)



44

saar.is, Arbeitskreis „Rationale Energienutzung“, 20.09.2019, IZES gGmbH

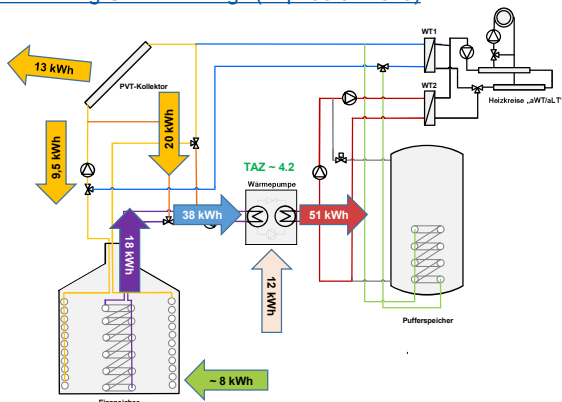
Darstellung der Regelung der Anlage für einen Beispieltag (06.02)



45

saar.is, Arbeitskreis „Rationale Energienutzung“, 20.09.2019, IZES gGmbH

Auswertung Gesamt-Anlage (Bsp. 06.02.2019)



46

saar.is, Arbeitskreis „Rationale Energienutzung“, 20.09.2019, IZES gGmbH

Offene Aspekte

- Kühlmöglichkeit mit aWT & aLT
- Potentialstudien unter Nutzung von Umweltwärme und Bewertung
- Integration und Bewertung der Speichermöglichkeiten der aWT

Ausblick Thematik „aWT/aLT“ → „Weg in die Baupraxis“

- Erhöhung Vorfertigungsgrad & Systemanbieter → Fertigteile?
- Integration der Bauteile in niederexergetische Systemkonzepte → „Baukasten“
- Integration der aLT in Lüftungskonzepte mit WRG
- Tbc. : Ideen / Vorschläge?

Ausblick Anlage UdS

- Nutzung für weitere Forschungsprojekte
 - Austausch der WP möglich
 - Austausch der PVT-Kollektoren möglich
 - Integration eines Batteriespeichers hardwareseitig vorbereitet
 - Integration „Nutzer“

47

saar.is, Arbeitskreis „Rationale Energienutzung“, 20.09.2019, IZES gGmbH

Projektidee LEXU+

LEXU I & II

Bauseitiges System für Sanierung

Smallhouse IV

Fertigbauteil für den Neubau

+

LEXU+

Vorgefertigtes Fassadenelement in Sandwichbauweise zur Sanierung

48

saar.is, Arbeitskreis „Rationelle Energienutzung“, 20.09.2019, IZES gGmbH

FRAGEN?

Vielen Dank an den Fördermittelgeber, unsere Projektpartner und Unterstützer!

Projektleitung izes gGmbH Institut für ZukunftsEnergie- und Stoffstromsysteme	Projektpartner Kapillartechnologie tur Heiz- und Kühlsysteme UNIVERSITÄT DES SAARLANDES Referat FM: Facility Management KOMPETENZZENTRUM AUSSAU UND FASSADE GEFGA Energiesysteme GmbH SAARLAND Großes entsteht immer im Kleinen VIESSMANN WIDAG GbR Dr. Gerhard Luther	Unterstützer KNAUF KIOTO SOLAR KOSTAL HGE Ingenieur GmbH	Förderung Gefördert durch: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages
--	--	---	---

Kontakt: IZES gGmbH, Altenkesseler Str. 17, Geb. A1, D-66115 Saarbrücken, Tel. 0681-844972-46, Mail: schmidt@izes.de, www.projekt-lexu.de