



# Klima-Forschungs-Station

Gemeinschaftsprojekt der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau und dem Bayerischen Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V.

Johanne Bohl - LWG

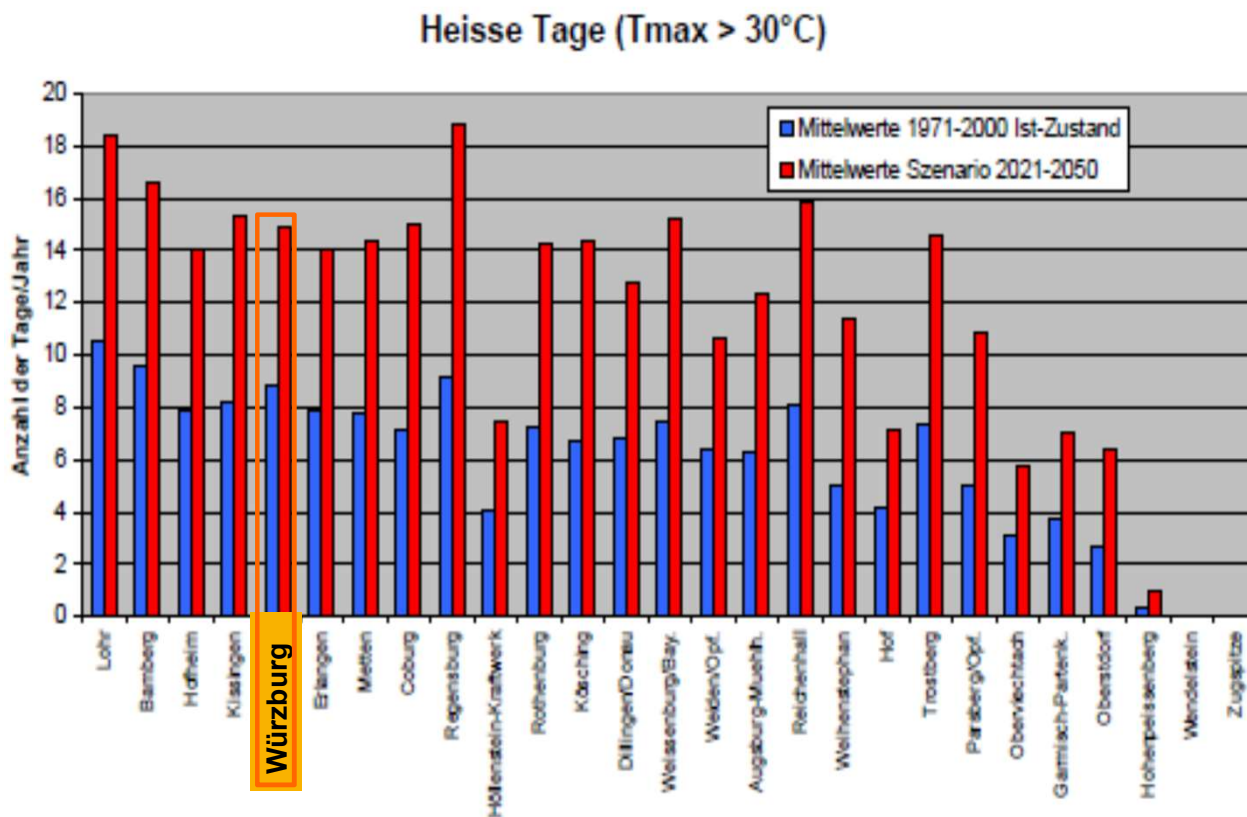
Dr. Michaela Reim - ZAE Bayern



© Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e. V.

Alle Rechte vorbehalten, auch bezüglich jeder Verfügung, Verwertung, Reproduktion, Bearbeitung und Weitergabe sowie für den Fall von Schutzrechtenmeldungen.

# Würzburg ist Hot-Spot



Überwärmungsgebiet

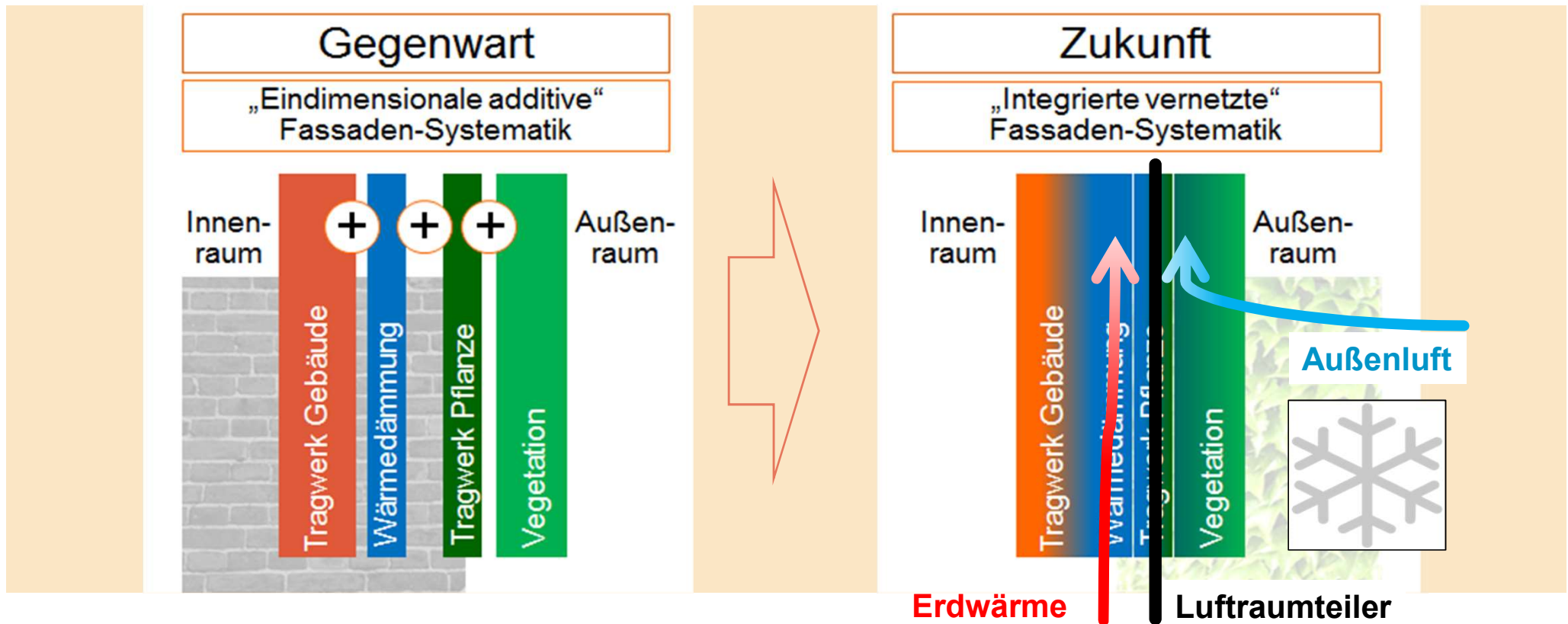
Klimaveränderung in Bayern, Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, 2006

Klimafunktionskarte, normierte Legende nach VDI 3787, Modell ENVIMET als Grundlage (Katzschner et al., 2012)

# Forschungskonzept

Entwicklung innovativer grüner Klimafassaden

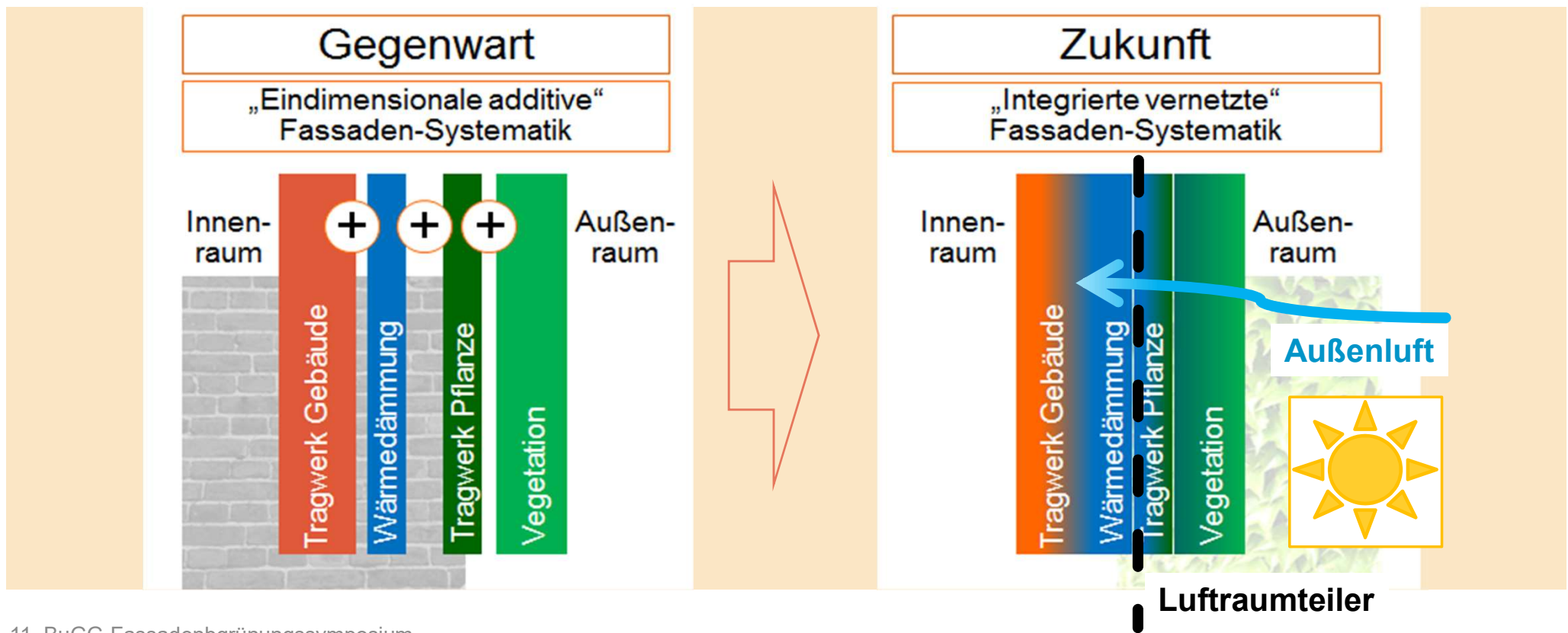
Verbundprojekt aus Bauphysik (ZAE Bayern) und Vegetationstechnik/Ökologie (LWG)



# Forschungskonzept

Entwicklung innovativer grüner Klimafassaden

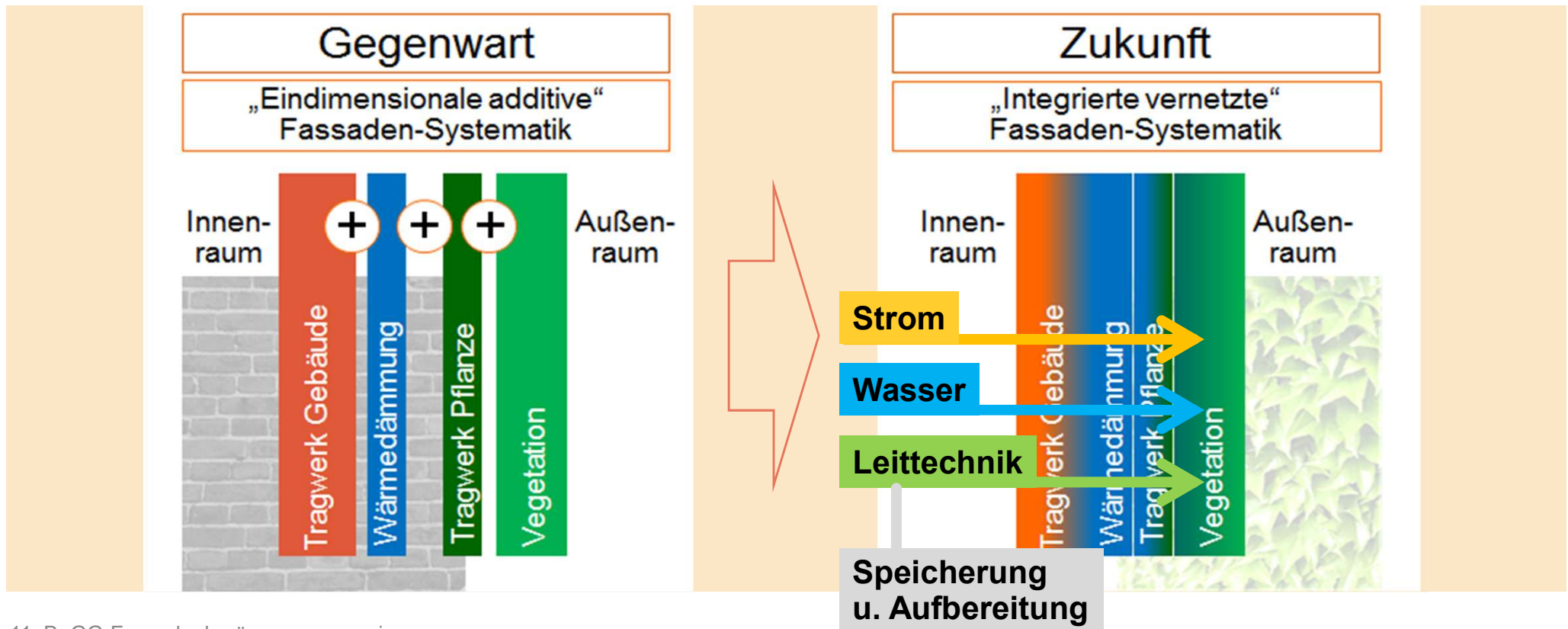
Verbundprojekt aus Bauphysik (ZAE Bayern) und Vegetationstechnik/Ökologie (LWG)



# Forschungskonzept

Entwicklung innovativer grüner Klimafassaden

Verbundprojekt aus Bauphysik (ZAE Bayern) und Vegetationstechnik/Ökologie (LWG)



## Forschungskonzept

Demonstration von klimamäßigem „Grün“  
am Bauwerk als Dach- und Fassadenbegrünung und im gebäudenahen urbanen Freiraum



## Handlungsfeld Begrünungssektor

Voll im Trend - aber mehr als nur Kunstobjekt oder Symbolarchitektur?

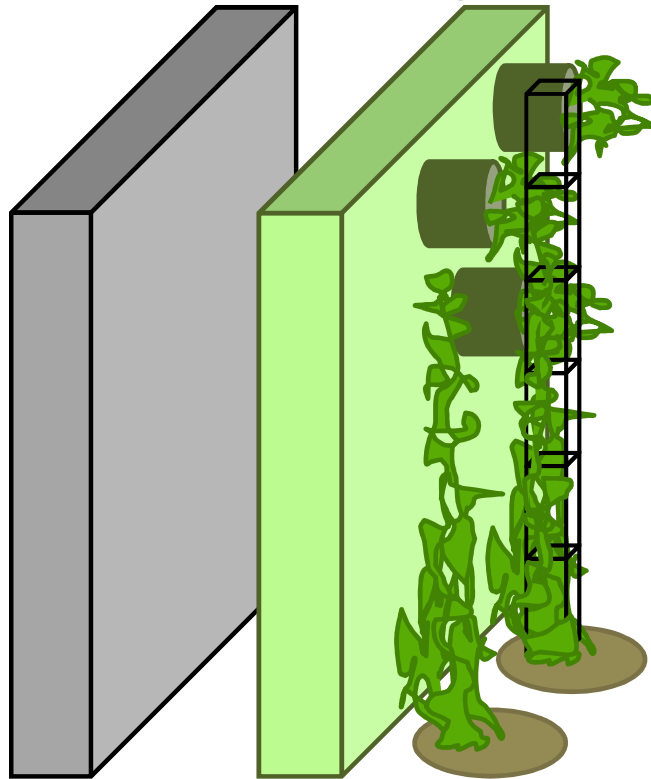


Wer  
kann/will  
sich das  
leisten?

Welcher  
Mehrwert  
lässt sich  
erzielen?

# Handlungsfeld Begrünungssektor

Welche Bauweisen eignen sich für grüne Klimafassaden?



**Wandgebundene Begrünung**

**Vertikal**  
als Modulsystem oder  
flächig bepflanzt

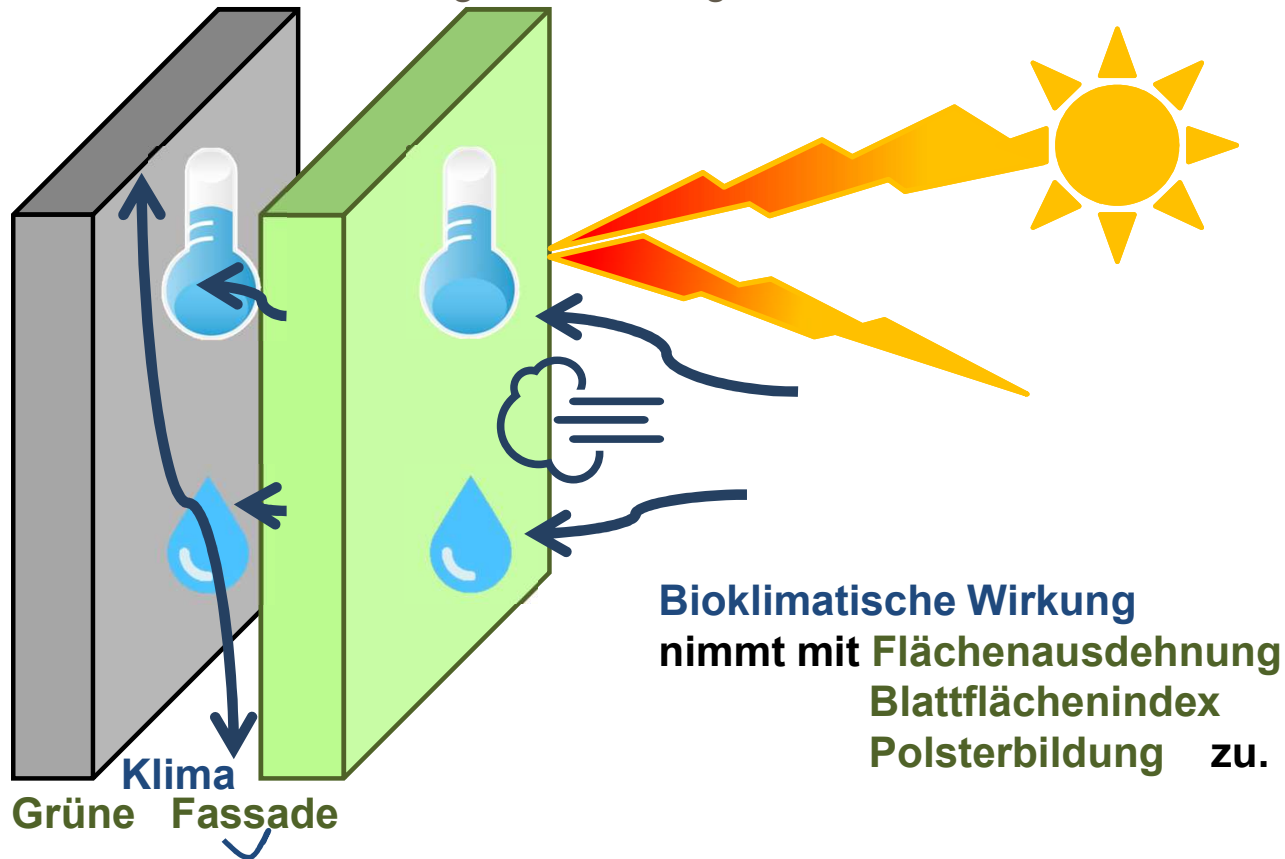
**Bodengebundene Begrünung**  
mit Selbstklimmern und  
Gerüstkletterpflanzen

**Grüne Fassade**

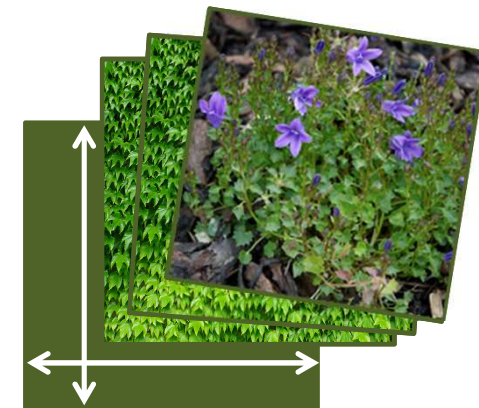


# Handlungsfeld Begrünungssektor

Welche Bauweisen eignen sich für grüne Klimafassaden?



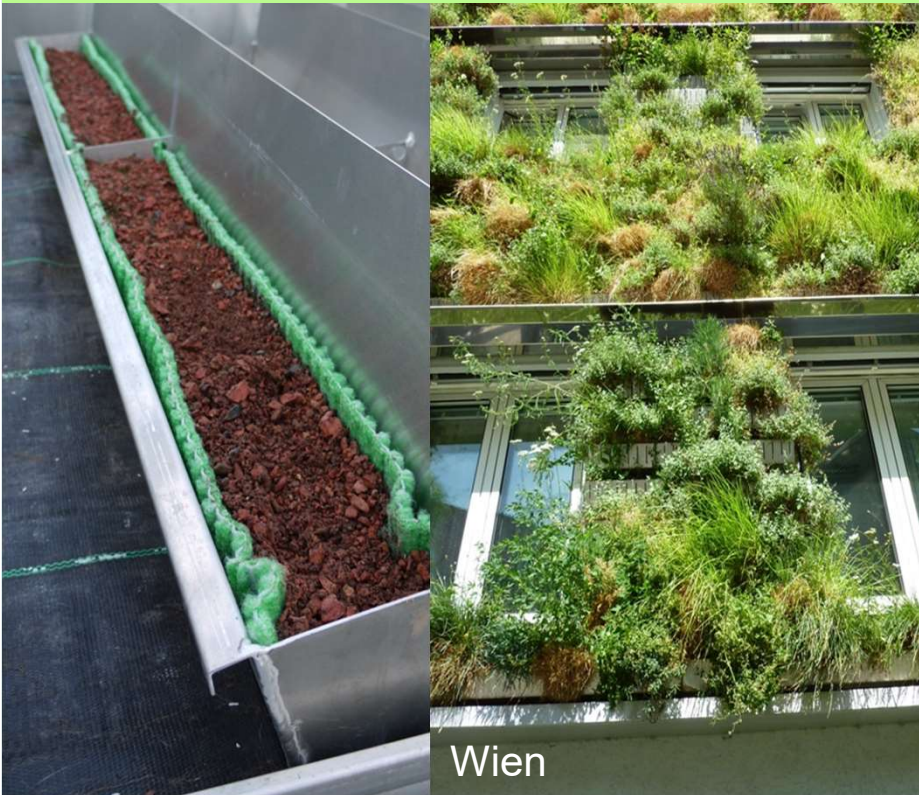
- Klimarelevanz hinsichtlich **Strahlungsbilanz**
- Lufttemperatur und Luftfeuchte
- Luftbewegung und Lufthygiene



## Handlungsfeld Begrünungssektor

Welche wandgebundene Begrünung bietet Synergien?

### Grünwand.at – Horizontales Rinnensystem



### Vertiko – Vertikales Modulsystem



## Handlungsfeld Begrünungssektor

Welche Pflanzen überleben und tragen zur Klimamäßigung bei?

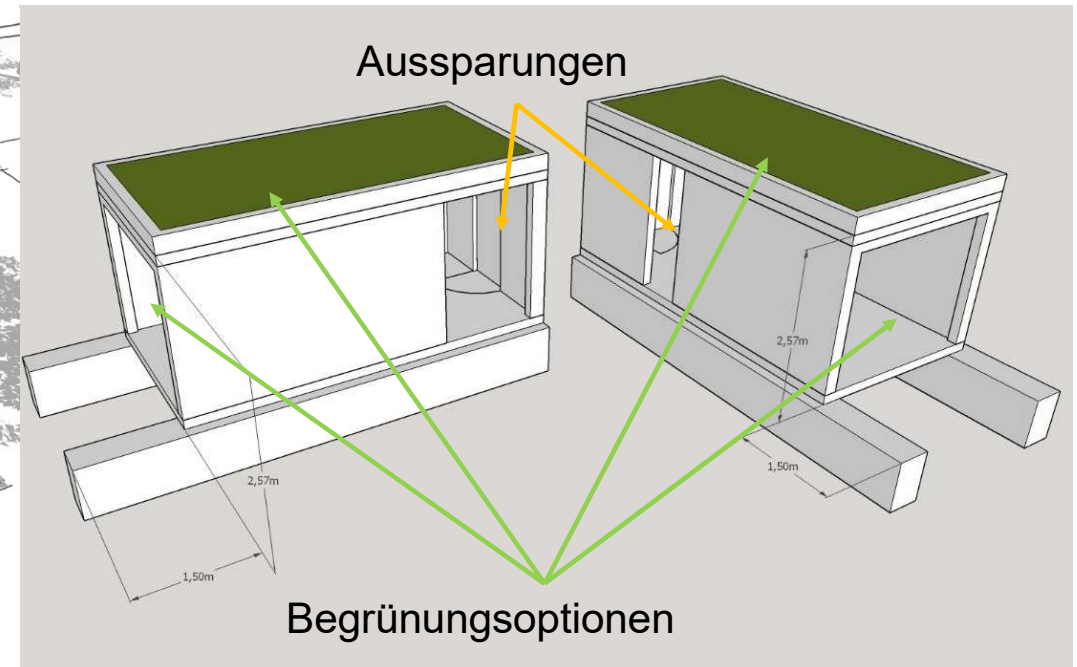
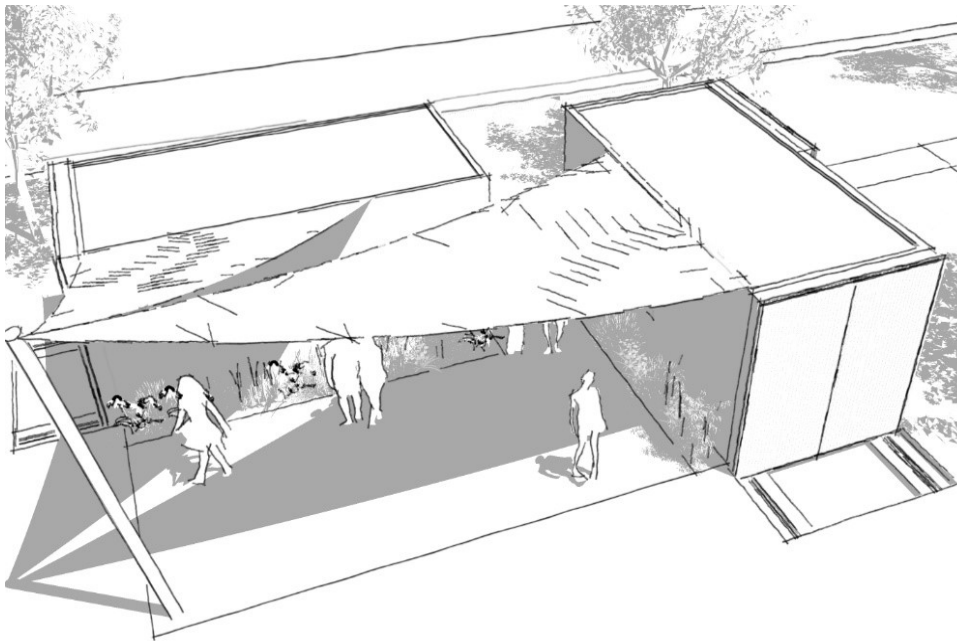
	Pflanzenart		Sorte	
	<i>Aster</i>	<i>divaricatus</i>	'Tradescant'	
	<i>Bistorta</i>	<i>amplexicaulis</i>	'Blackfield'	
	<i>Campanula</i>	<i>poscharskyana</i>	'Blauranke'	
	<i>Chrysogonum</i>	<i>virginianum</i>		
	<i>Geranium</i>	<i>macrorrhizum</i>	'Czakor'	
	<i>Hakonechloa</i>	<i>macra</i>	'Aureola'	
	<i>Heuchera</i>	<i>Hybride</i>	'Amethyst Mist'	
	<i>Heuchera</i>	<i>Hybride</i>	'Chantilly'	
	<i>Hosta</i>	<i>lancifolia</i>		
	<i>Nepeta</i>	<i>x faassenii</i>	'Walker's Low'	
	<i>Sesleria</i>	<i>heufleriana</i>		
	<i>Waldsteinia</i>	<i>geoides</i>		

10 x  
← 165 cm →

6 x  
← 155 cm →  
← 55 cm →

# Klima-Forschungs-Station - Planung

Vom Entwurf zur Werkplanung



## Aufbau Klimahäuser

### Klimahaus West

#### Verbaute **Technologie**:

- 5 Meter lange Wärmerohre, 4 Meter in Boden vertieft
- Wärmerohre = Hochleistungswärmeübertrager

#### Ideenkonzept:

- passive Nutzung von Erdwärme für das Gebäude (gespeicherte sommerliche Erdwärme)

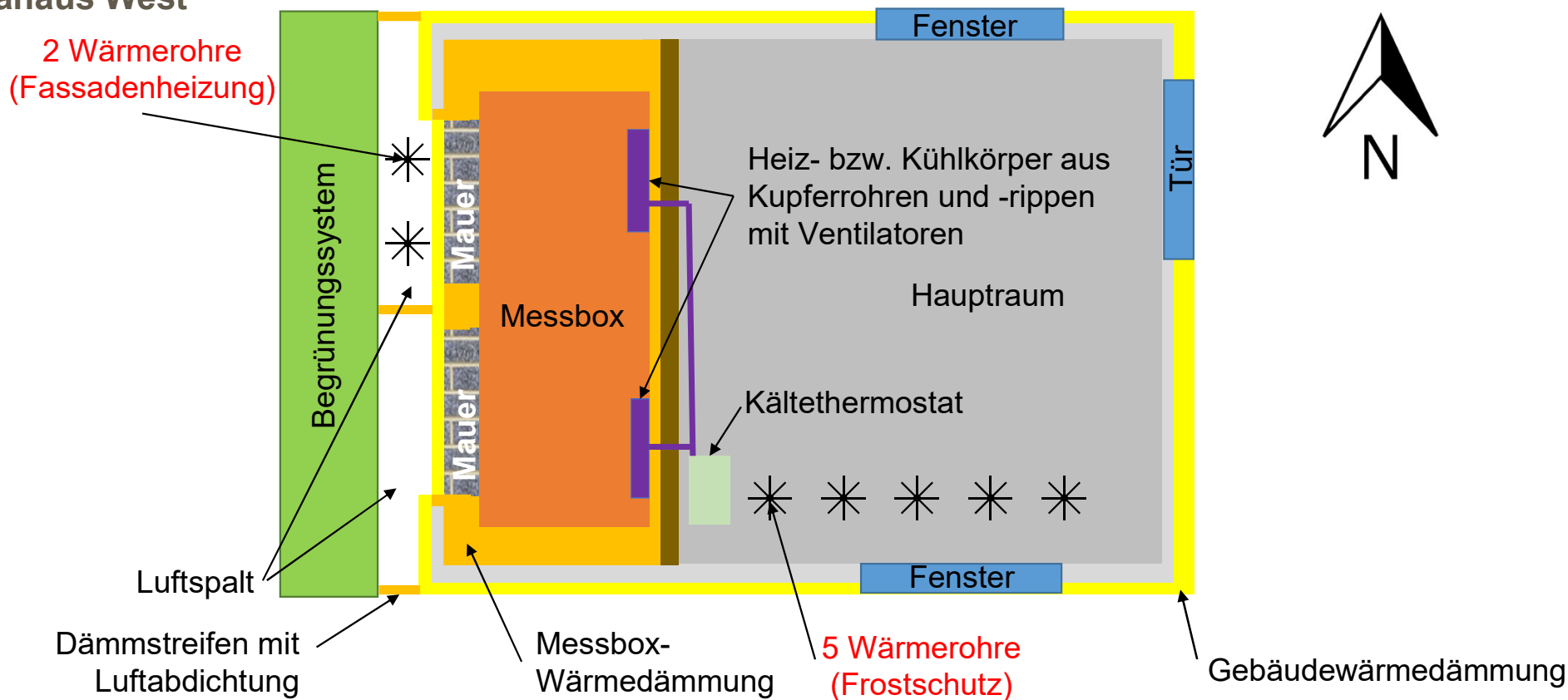
#### 2 **Anwendungen**:

- Fassaden- und Begrünungsbeheizung (Vegetationszeit dehnen)
- Frostschutz (Gewächshäuser, Garagen, Hütten)



# Aufbau Klimahäuser – Grundriss

## Klimahaus West



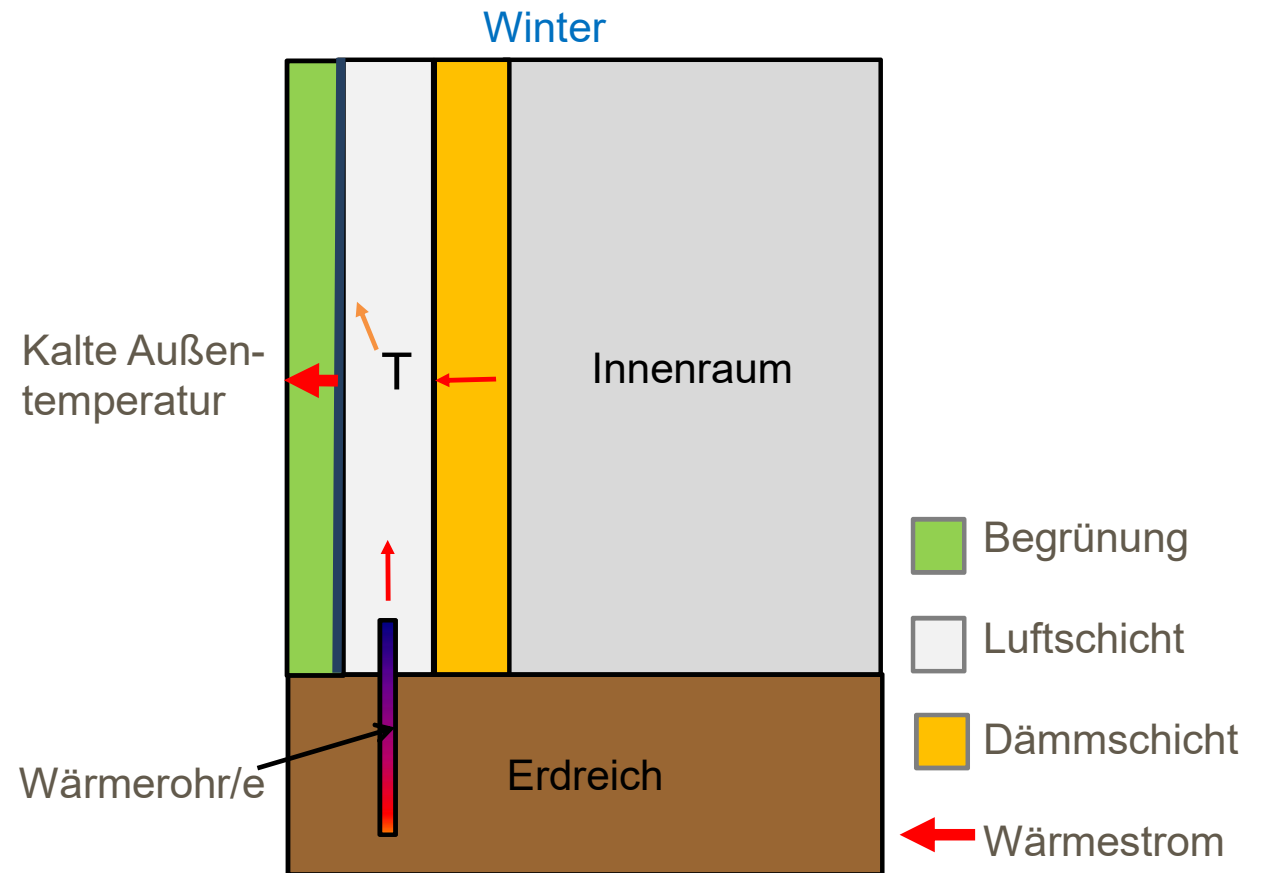
## Funktionsprinzip - Schnitt

### Wärmerohre und Begrünung

- Luftschicht wird durch Temperatur im Erdreich erwärmt (Fassadenbeheizung)

- niedriger Wärmestrom zwischen Innenraum und Luftschicht

→ reduzierter Transmissionswärmeverlust für Gebäude



# Aufbau Klimahäuser

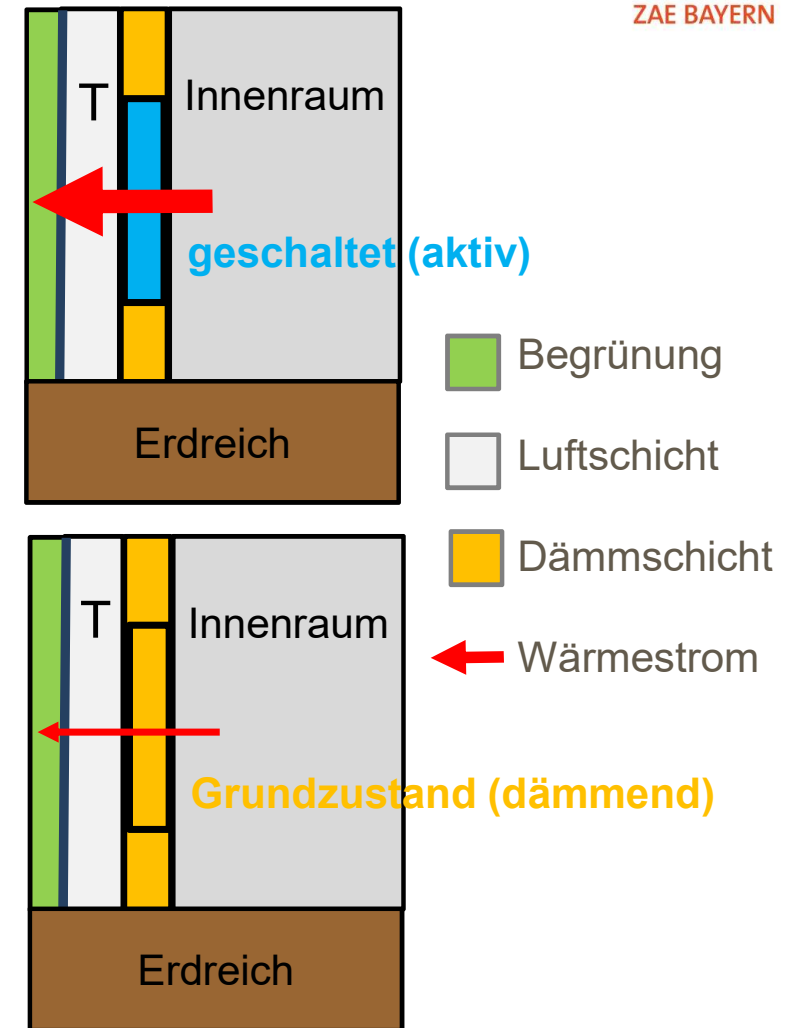
## Klimahaus Süd

### Verbaute **Technologie**:

- 2 schaltbare Wärmedämmungen (SWD) auf Basis von Vakuumisulationspaneelen
- im Dämmzustand (Grundzustand) extrem niedrige Wärmeleitfähigkeit
- im geschalteten/aktiven Zustand 50 mal größere Wärmeleitfähigkeit als im Grundzustand

### Ideenkonzept:

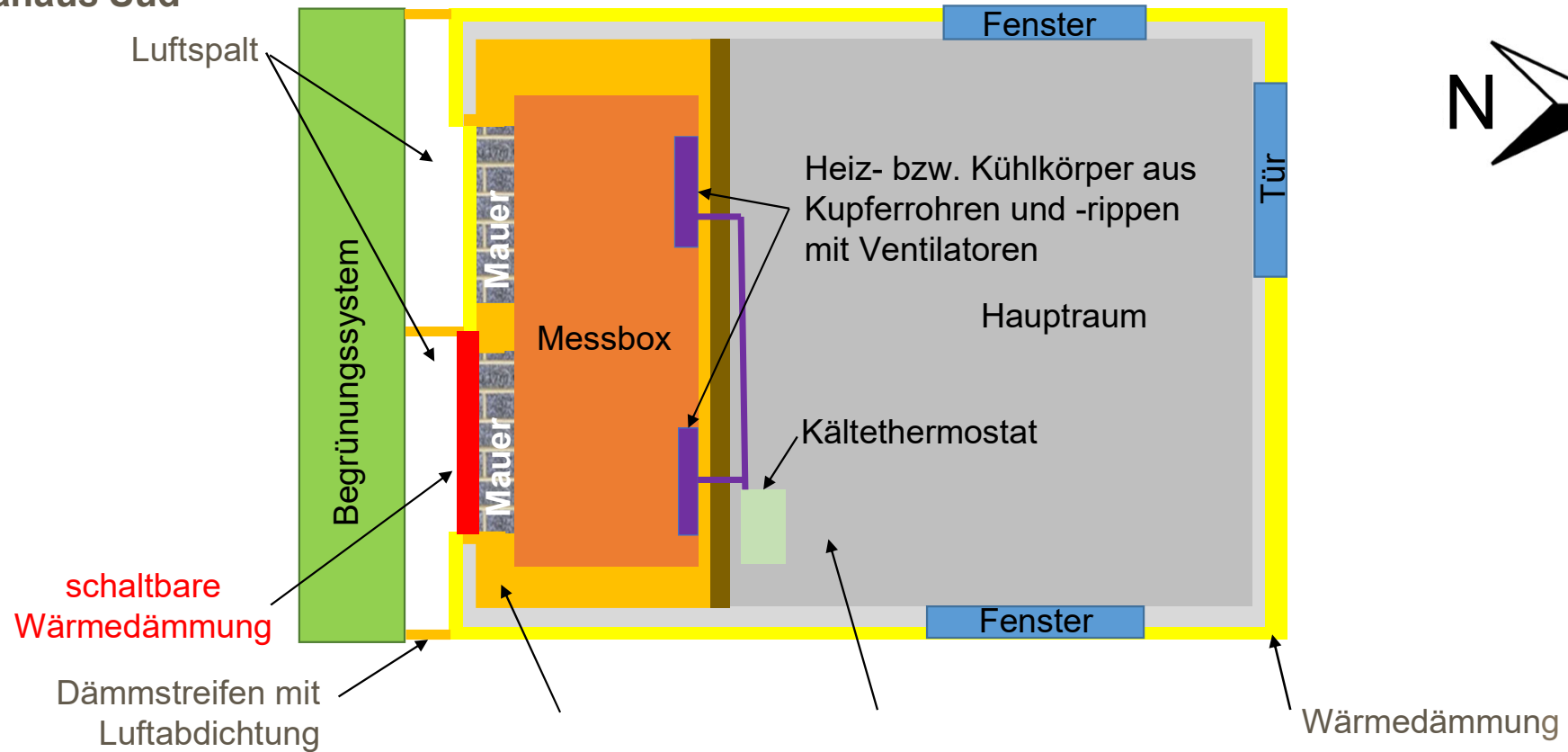
- hocheffiziente Nutzung der Evapotranspirationskälte vom Begrünungssystem Passive im Sommer **zur Gebäudekühlung** im Sommer
- Nutzung solarer Wärme im Winter zusätzlich möglich





# Aufbau Klimahäuser – Grundriss

## Klimahaus Süd



## Messprinzip

Temperatursensor  
„links“ 2/3 Raumhöhe

Regelsensor für  
Messboxtemperatur

Wärmeflussensor

Massive Mauer mit  
dahinter liegender  
Dämmung

Temperatursensor  
„links“ 1/3 Raumhöhe

Temperatursensor  
„rechts“ 1/3 Raumhöhe



Heiz- bzw.  
Kühlkörper mit  
Ventilatoren



# Klima-Forschungs-Station



eröffnete zur Landesgartenschau 2018

LANDES  
GARTENSCHAU  
WÜRZBURG  
2018

12. APRIL – 7. OKTOBER



ZAE BAYERN



## Erste Ergebnisse

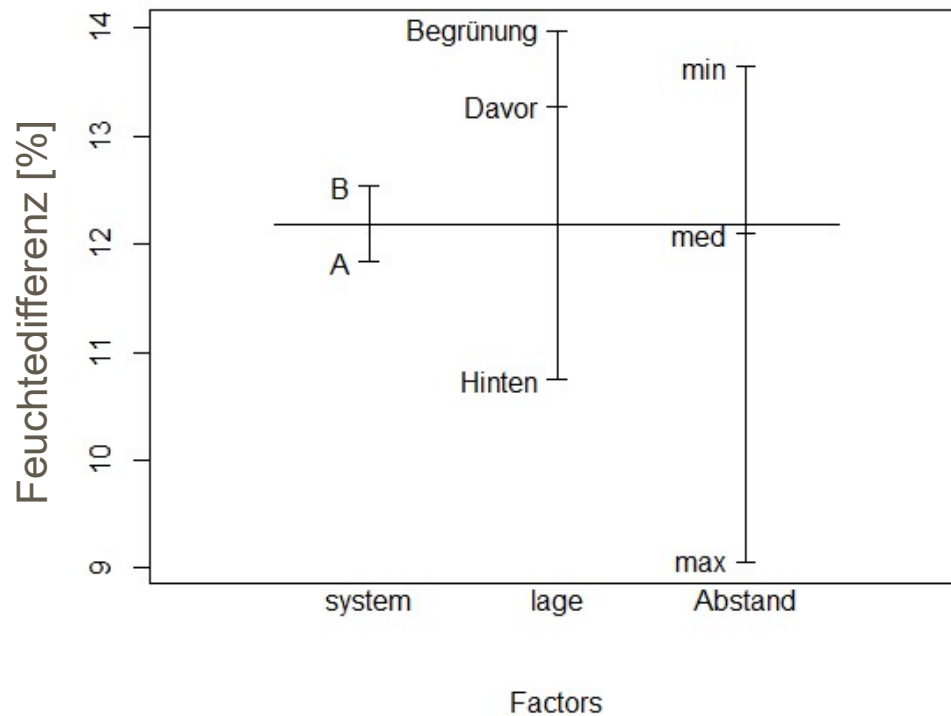
Wie gut wachsen die Versuchsarten in der Wand?

Versuchsart	Vlies	Rinne	Bewässerung	Ausfall nach 1 Jahr	Sommer	Herbst/Winter	Gesamt
<i>Heuchera Hybride</i> 'Chantilly'	++	++	++	++	++	+	Besonders gut für die Fassade geeignet
<i>Heuchera Hybride</i> 'Amethyst Myst'	++	++	++	++	++	+/-	
<i>Geranium macrorrhizum</i> 'Czakov'	++	+	++	++	++	+/-	
<i>Hosta lancifolia</i>	+	++	+	++	++	+/-	
<i>Campanula poscharskyana</i> 'Blauranke'	+	++	-	+/-	++	+/-	Mit leichten Einschränkungen verwendbar
<i>Aster divaricatus</i> 'Tradescant'	-	+	-	+	+	-	
<i>Sesleria heufleriana</i>	-	+/-	-	+/-	+	+	
<i>Waldsteinia geoides</i>	+	+/-	--	+/-	+/-	--	Funktioniert nur unter speziellen Bedingungen
<i>Nepeta</i> 'Walker's Low'	+/-	-	--	+/-	+	-	
<i>Hakonechloa macra</i> 'Aureola'	-	+/-	-	-	+/-	+/-	
<i>Bistorta amplexicaulis</i> 'Blackfield'	-	-	--	+/-	+	--	Ungeeignet für die Fassade
<i>Chrysogonum virginianum</i>	--	--	-	--	+	--	

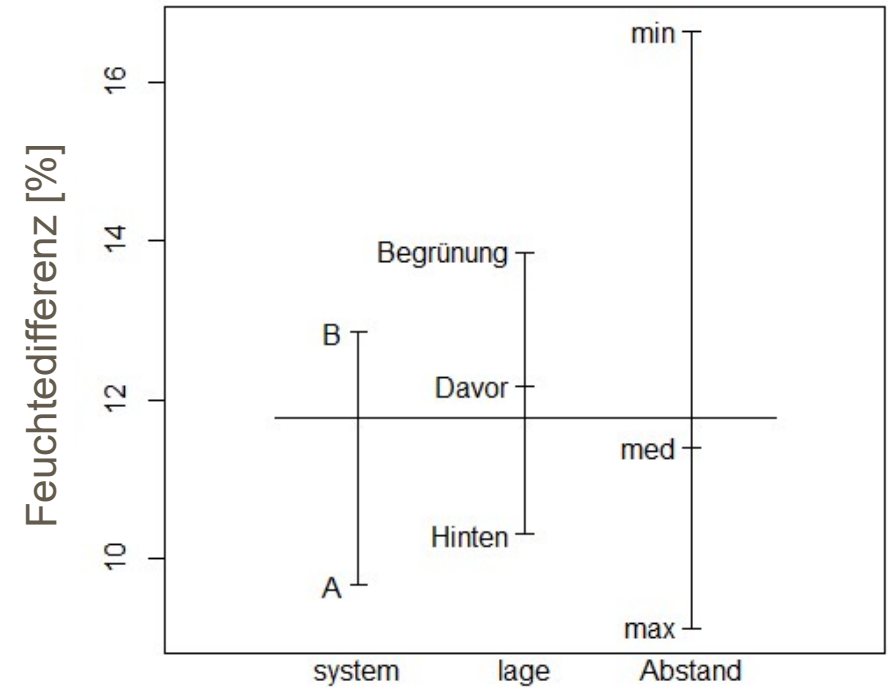
# Erste Ergebnisse

Wieviel feuchter ist es an den Klimafassaden im Vergleich zur Außenluft?

## Westen



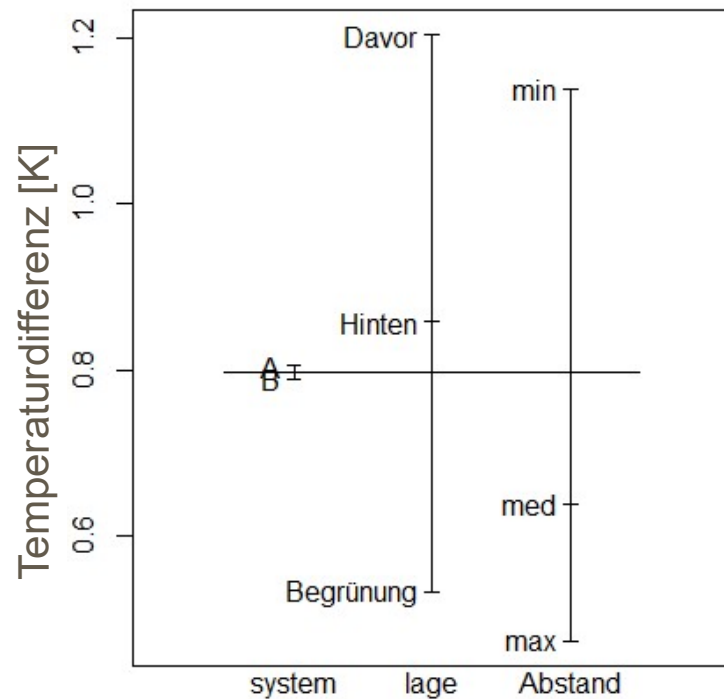
## Süden



## Erste Ergebnisse

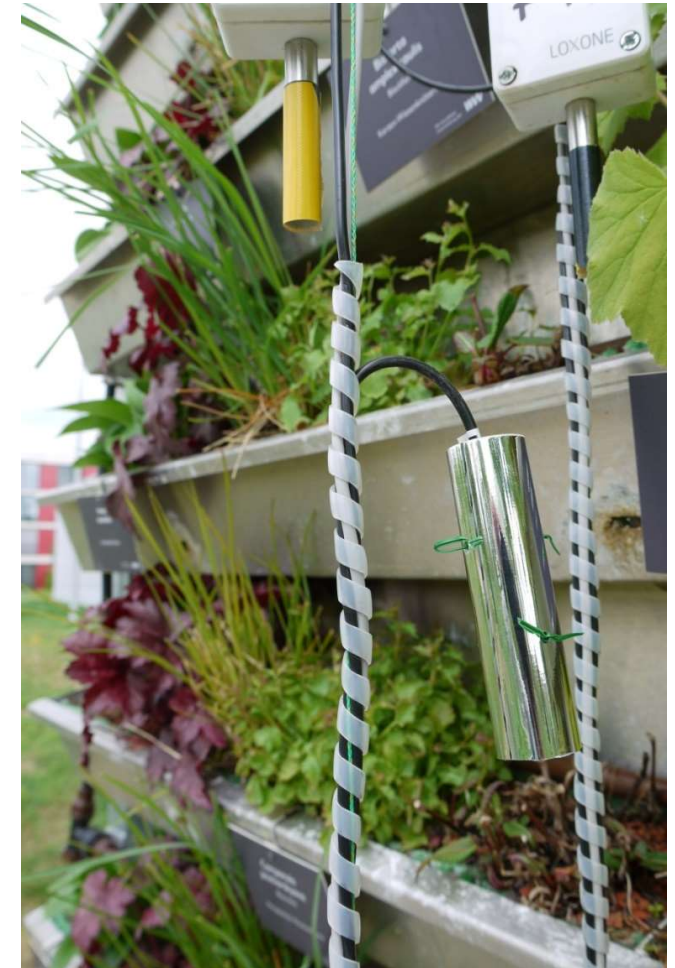
Welche Temperaturen herrschen an den Klimafassaden?

### Westen

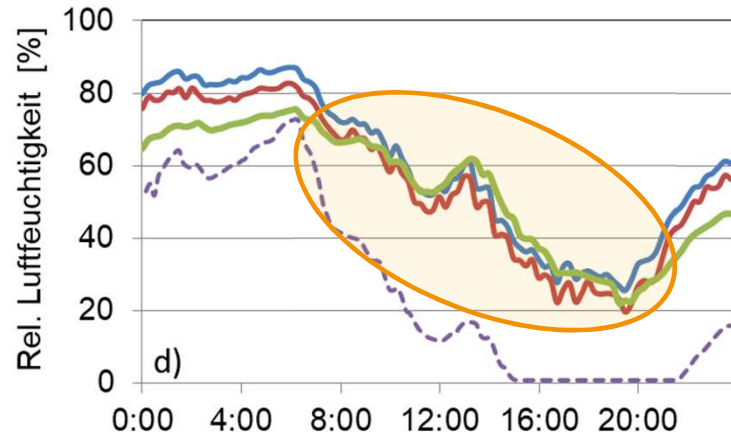
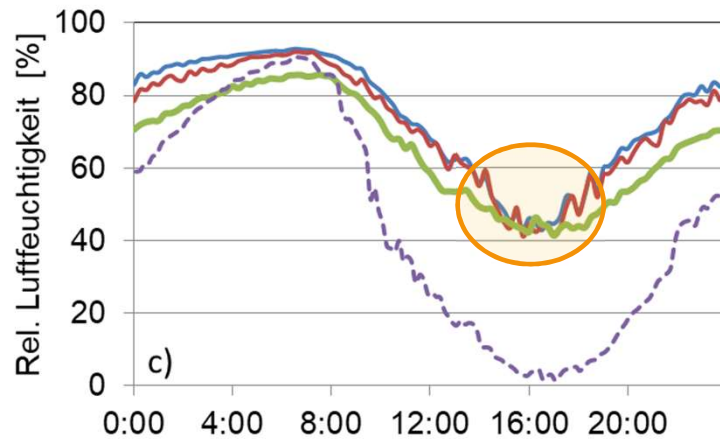
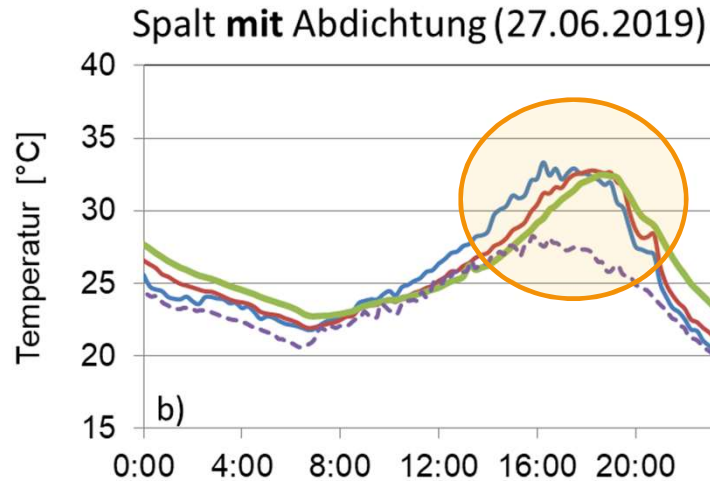
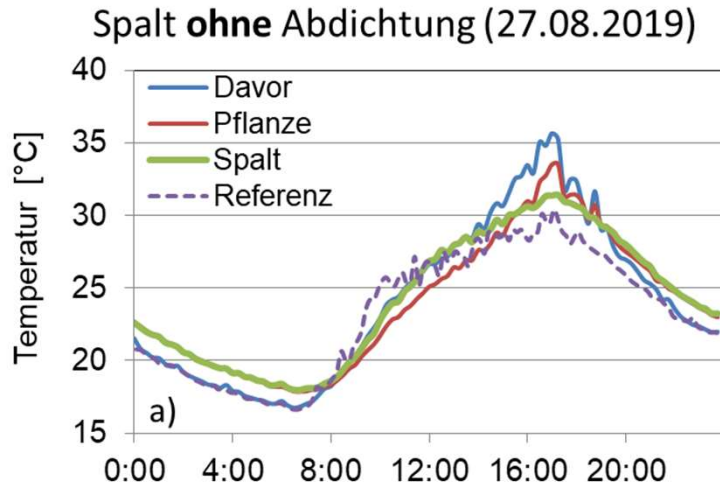


Nachbesserung der  
Temperatursensoren  
mit  
Strahlungsschutzhüllen  
im Frühling 2019

Dadurch Minimierung  
des Einflusses von  
solarer Einstrahlung und  
Wärmestrahlung auf die  
Temperaturmesswerte!



## Erste Ergebnisse

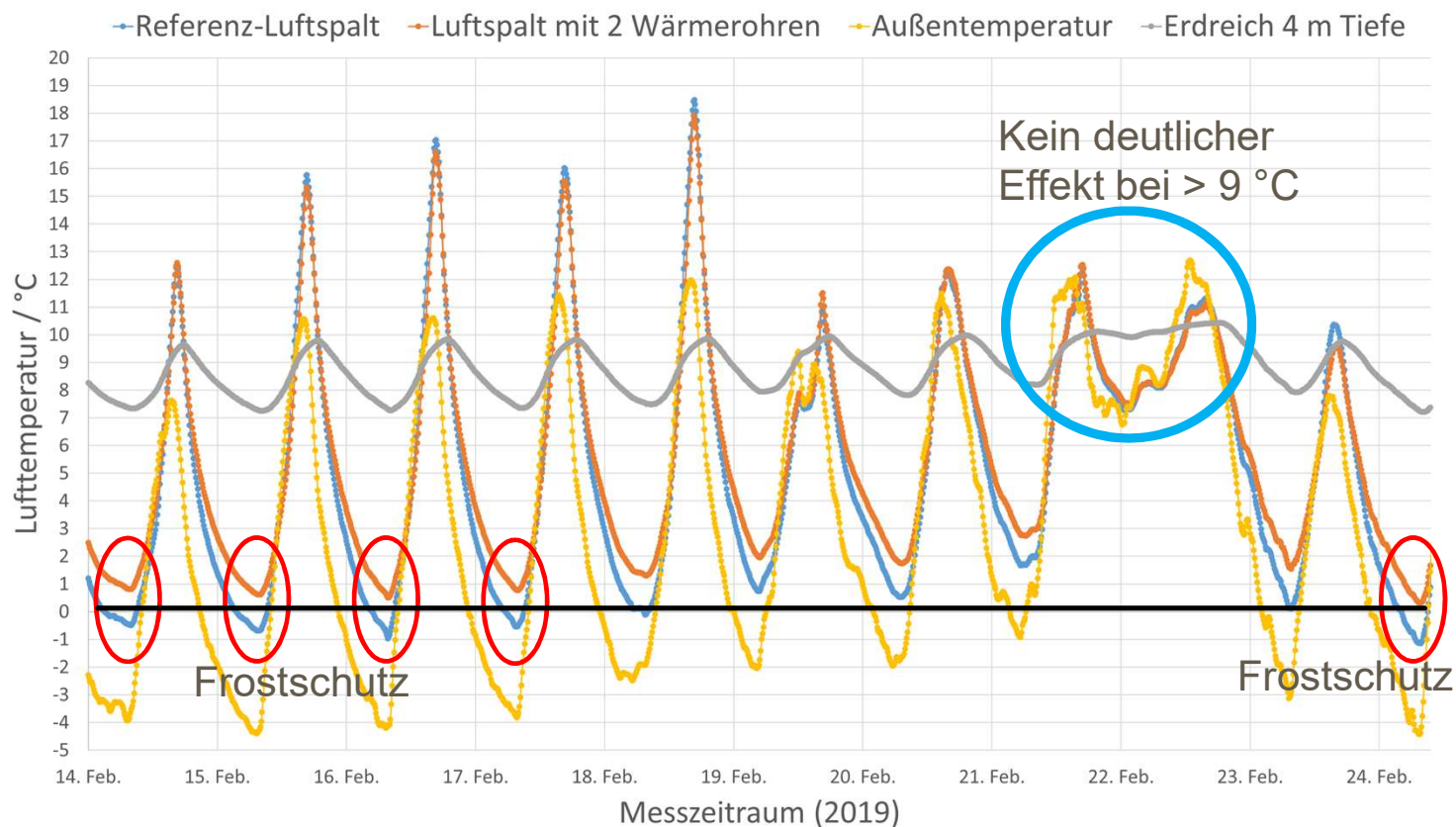


- **Ohne** Abdichtung im Luftspalt paralleler Temperaturverlauf zur Begrünungsebene
- **Mit** Abdichtung **zeitlicher Versatz**

- **Ohne** Abdichtung niedrigere **relative Luftfeuchtigkeit** als in der Begrünungsebene
- **Mit** Abdichtung **leicht erhöhte** Werte

## Erste Ergebnisse

Lässt sich Erdwärmennutzung effektiv in die Fassade integrieren?



- Luftspalt mit Wärmerohren (orange) wird bei Lufttemperaturen unter 9 °C beheizt, Lufttemperatur liegt fast 2 °C über der Referenz (blau)
- Erdreich wird bei aktivierten Wärmerohren Wärme entzogen (grau)
- bei Lufttemperaturen über 9 °C sind Wärmerohre deaktiviert

→ passiver Frostschutz durch Wärmerohre bei Außenlufttemperaturen (gelb) unter -4 °C

**ABER:** Heizleistung noch nicht ausreichend zur Substratbeheizung



## Erste Ergebnisse

Wie gut dämmt ein begrüntes Vliessystem?



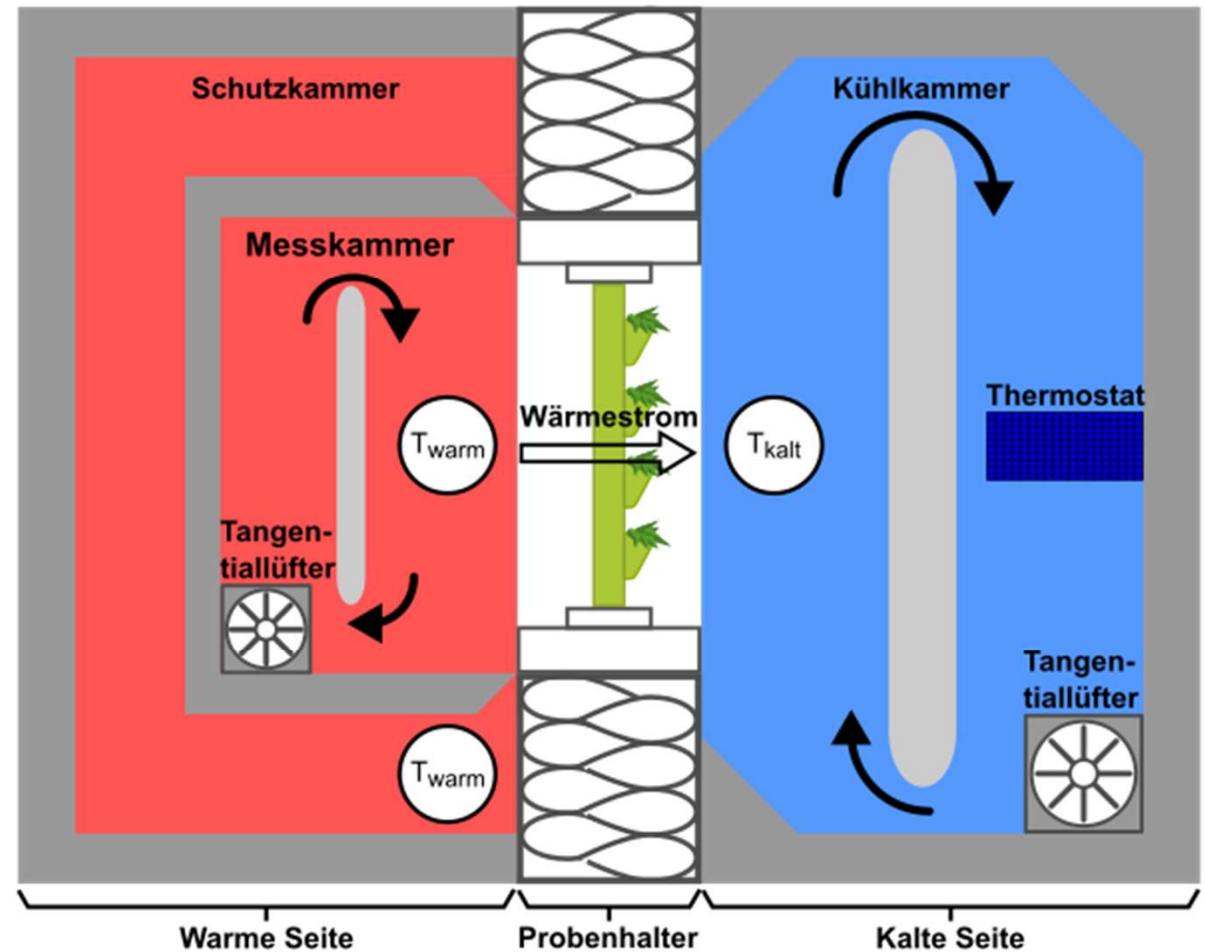
## Erste Ergebnisse

Wie gut dämmt ein begrüntes Vliesssystem?

- U-Wert für Vertiko Element unter konstanter Anströmung

→ Vertiko Element mit feuchtem Substrat und Begrünung

$$U_{\text{feucht,begrünt}} = 1,65 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$



## Fazit und Ausblick



- Um einen Frostschutz für Begrünung mittels Erdwärmerohre zu erreichen, müssen Wärmerohre effizienter gemacht werden und/oder mehr Wärmerohre verbaut werden. Projekt InnoGeoTherm wurde hierzu zum September 2019 gestartet.
- Erweiterung der Erdwärmerohre, um Wärme (von Begrünung und vom Gebäude) im Sommer über die Erdwärmerohre hocheffizient ins Erdreich zu speichern. → **Doppelnutzen!**
- Langzeitmessungen für Schaltbare Wärmedämmung im Sommer 2020!
- Umbau des Bewässerungssystems am Klimahaus West zur frostsicheren Fassadenbewässerung in Heizperiode (Frühjahr 2020)

## Fazit und Ausblick



- Wandgebundene Fassadenbegrünung hat einen signifikanten Einfluss auf das Mikroklima.
- Finanziell lohnt sich die Anschaffung bisher nur bei einem multifunktionalen Ansatz.
- 2020: weitere Messungen von Temperatur und relativer Luftfeuchte, monatliche Bonituren der Versuchsarten, Integration eines dritten Begrünungssystems mit Gabionenstruktur
- Datengrundlage bezüglich Gebäudebegrünung immer noch zu schwach, wenig vergleichbar, weitere Forschungsprojekte nötig.
- Wichtig für die Praxis: Pflege und Wartung von entscheidender Bedeutung, Kosten für Folgejahre müssen berücksichtigt sein.

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

