

# Synergien nutzen: Fassadenbegrünung trifft Grauwassernutzung



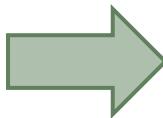
Bauhaus-Universität Weimar, Professur Bauphysik

Theresa Paskert | [theresa.paskert@uni-weimar.de](mailto:theresa.paskert@uni-weimar.de)





Urban Heat Island Effect



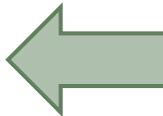
Fassadenbegrünung spart Platz

(Fassaden-) Begrünung

Boden gebunden vs.  
Wand gebunden



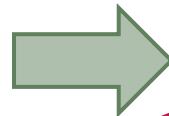
Grauwassernutzung



Hoher Wasserbedarf

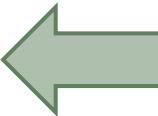


Urban Heat Island Effect



Wie kann das funktionieren?

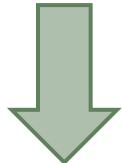
Grauwassernutzung



Fassadenbegrünung spart Platz

(Fassaden-) Begrünung

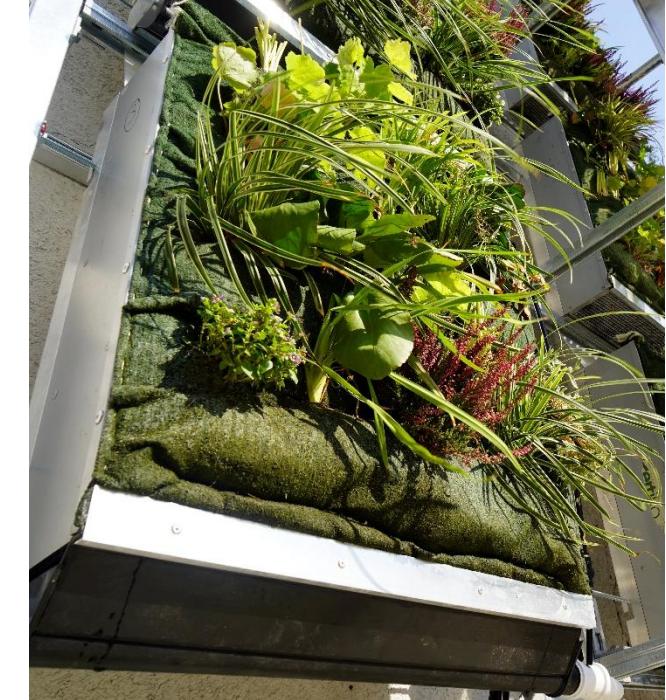
Boden gebunden vs.  
Wand gebunden



Hoher Wasserbedarf

# Kontext

*... zu Grünfassaden an der BUW, Professur Bauphysik*



Forschungsprojekte

VertiKKA  
2019-2022

VertiKKA 2  
2022-2025

Reallabor GrayToGreen  
2025-2027

## Vertikale Begrünung – Vertikale Klima-KlärAnlage VertiKKA



finanziert durch TAB (Landesmittel sowie Mittel des ESF+) im Rahmen von Thüringen MOTIVation



Thüringer Aufbaubank  
Die Förderbank.



Freistaat Thüringen  Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitale Gesellschaft



# Funktionsprinzip VertiKKA

## Synergien

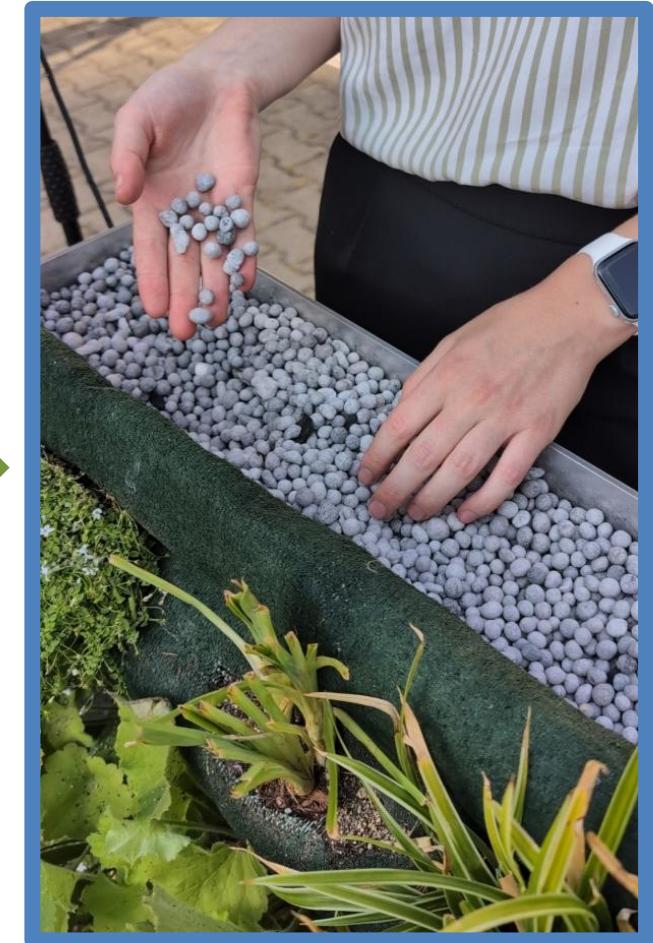
Photovoltaik-Module



Fassadenbegrünung

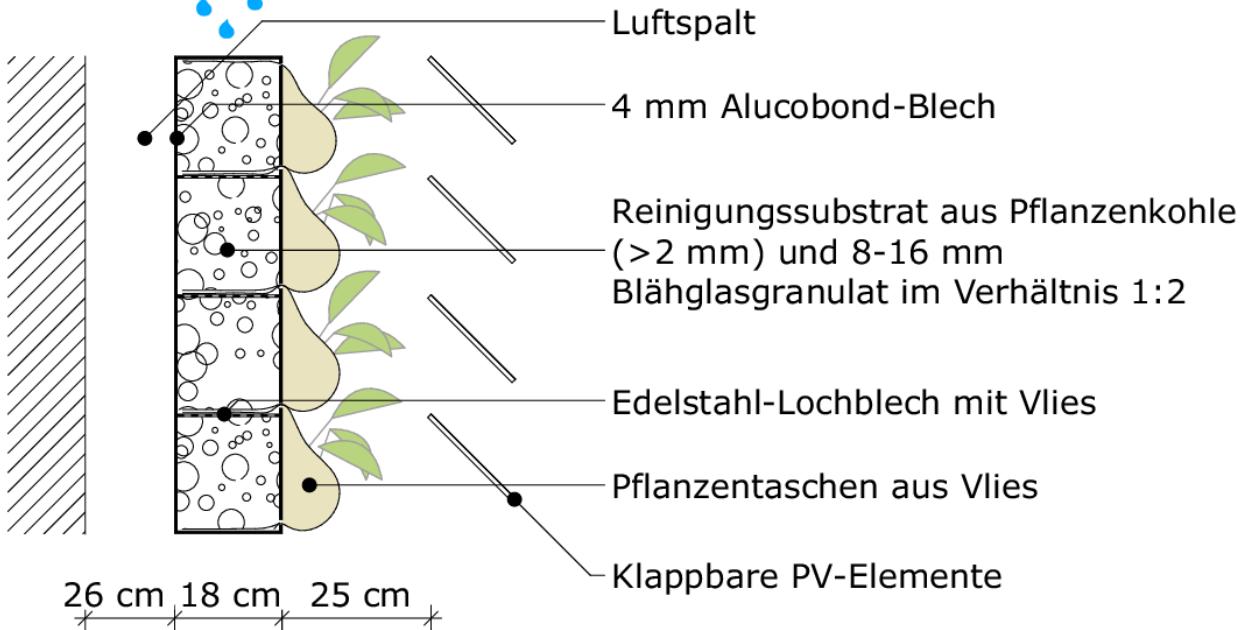
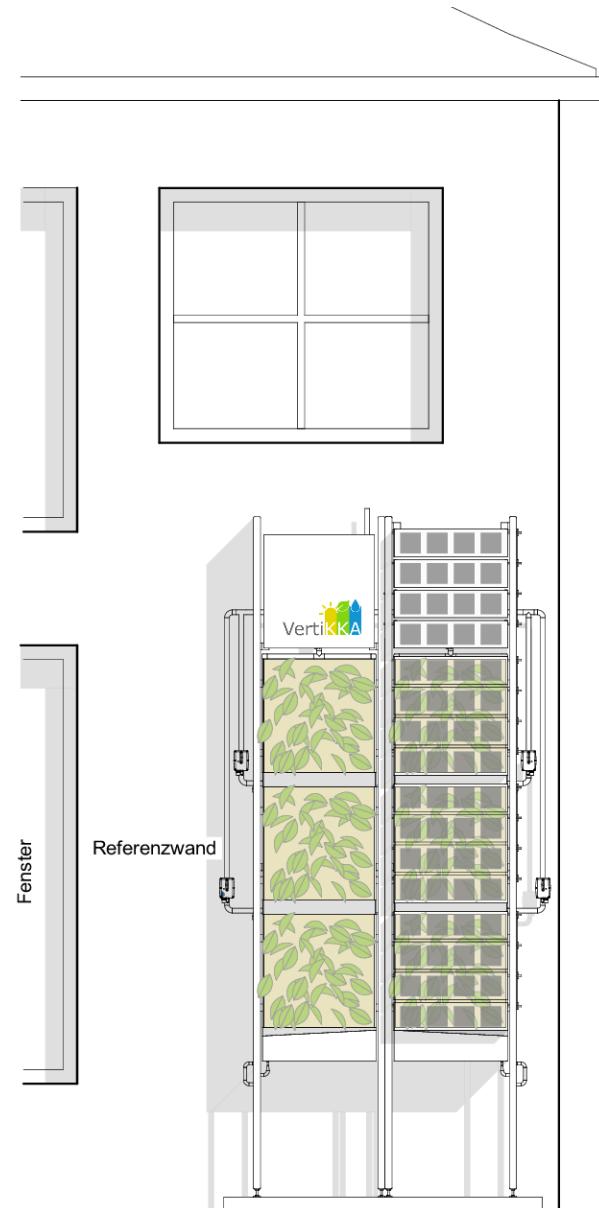


Bewässerungssystem



# Funktionsprinzip VertiKKA

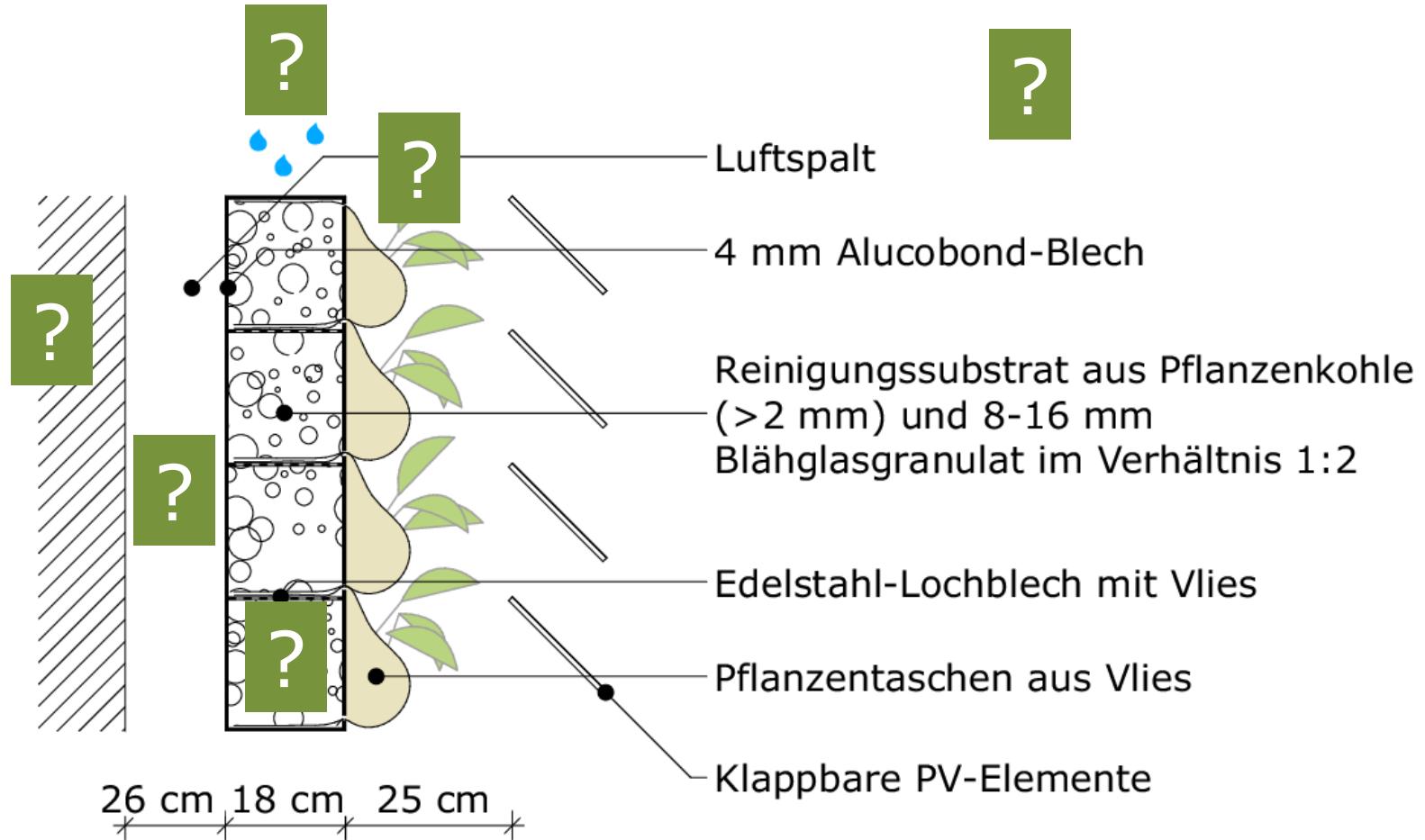
## Aufbau



Links: Ansicht der Grünfassade. Oben: Schematischer Aufbau der verschiedenen Ebenen.

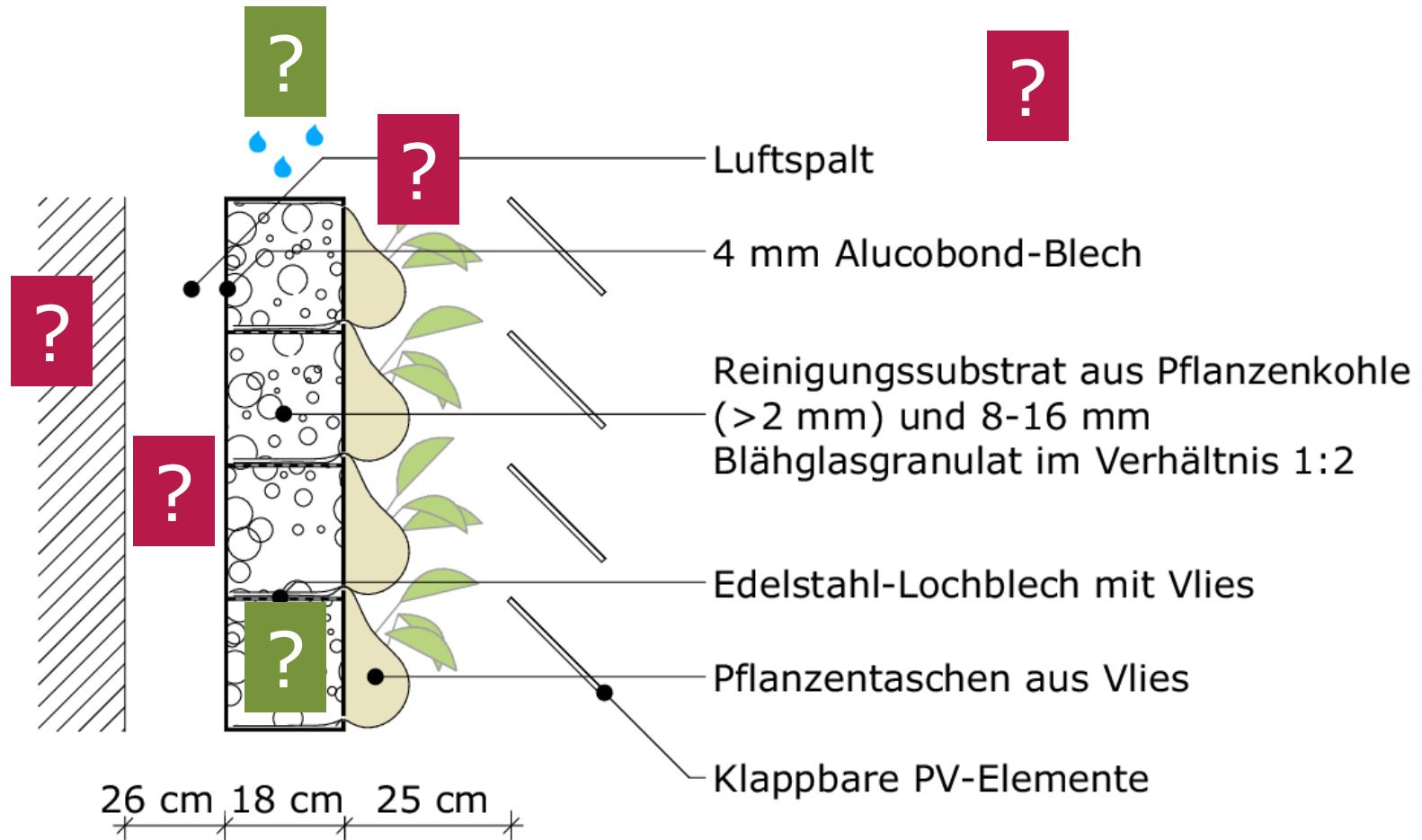
# Funktionsprinzip VertiKKA

Auswirkungen?



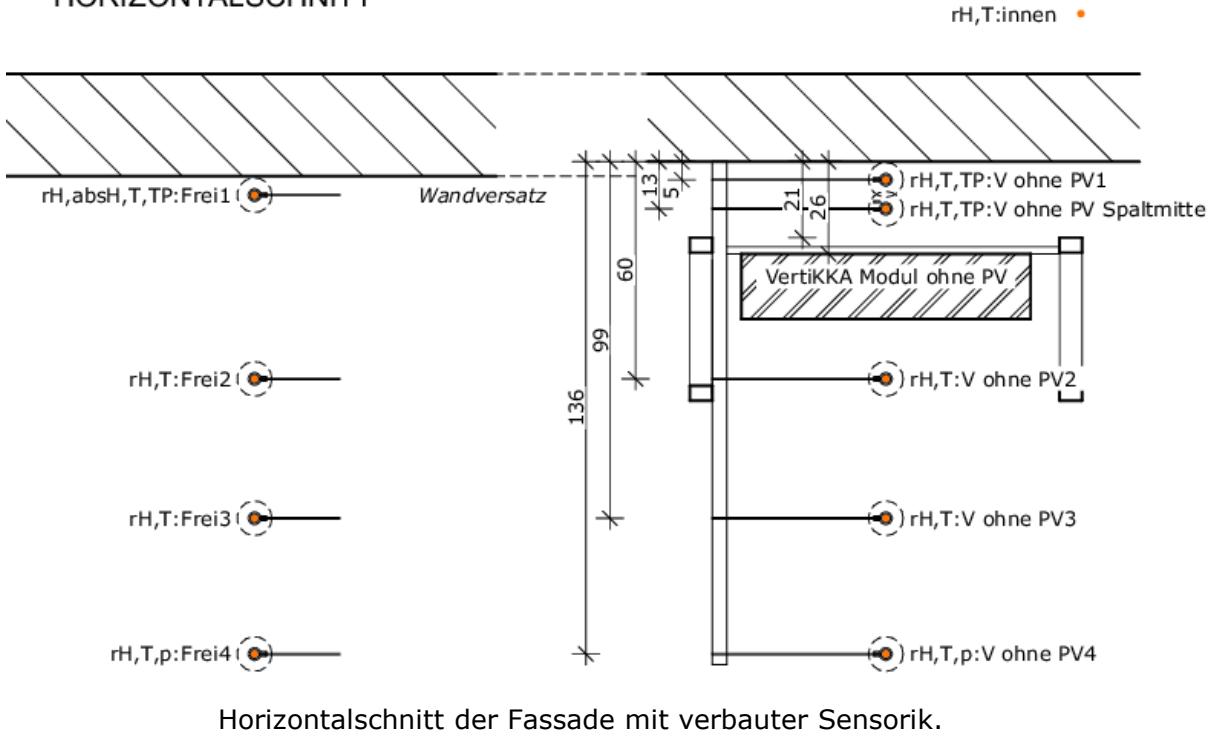
# Funktionsprinzip VertiKKA

Auswirkungen?



# Bauphysikalische Messungen

## HORIZONTALSCHNITT



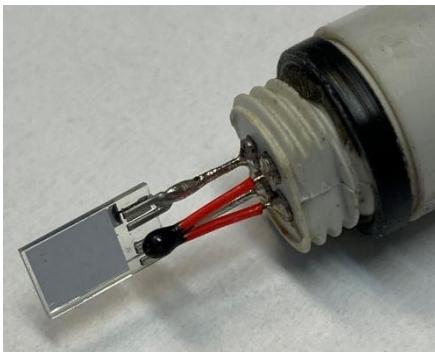
Ansicht der Grünfassade.

# Bauphysikalische Messungen

## Mikroklima

### Langzeitmonitoring

Lufttemperatur &  
relative Luftfeuchte



### Kapazitiver Feuchtefühler

Genauigkeiten  
 $\pm 0,4 \text{ K}$  (-20°C bis 0°C) und  $\pm 0,2 \text{ K}$  (0°C bis 70°C)  
 $\pm 4\%$  r.H. (5% bis 98% r.H. und 18°C bis 28°C)  
Auflösungen  
0,01 K  
0,1% r.H.



## Hygrothermik

### Wärmeflussplatte

Genauigkeiten  
 $\pm 5\%$  (bei 23°C)  
 $\pm 0,5 \text{ K}$  (0°C bis 80°C)  
Auflösungen  
0,1 W/m²  
0,01 K



**Langzeitmonitoring**  
Innen- &  
Außenlufttemperatur,  
Wärmestromdichte,  
Wandoberflächentemperatur,  
Taupunkttemperatur

Sensorik vor der Grünfassade.

# Bauphysikalische Messungen

Pflanzeneigenschaften

Bewuchsintensität &  
-tiefe

Blattflächenindex  
(Leaf Area Index  
LAI)

Substrateigenschaften

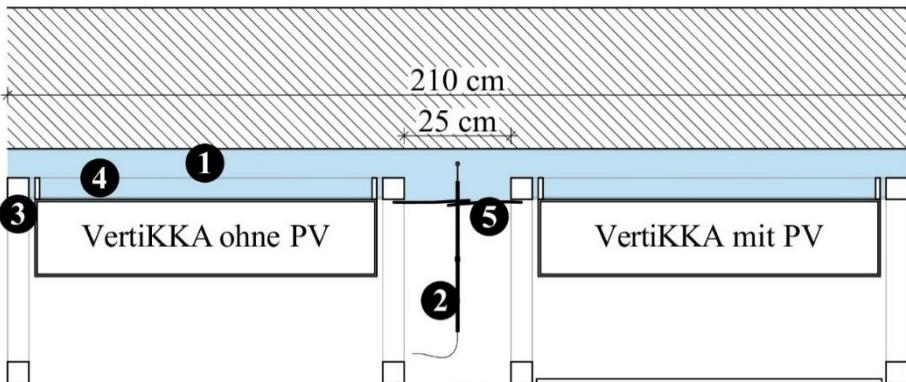
Spez.  
Wärmekapazität,  
Wärmeleitfähigkeit



Pflanzmodul der VertiKKA.

# Bauphysikalische Messungen

## Hinterlüftung



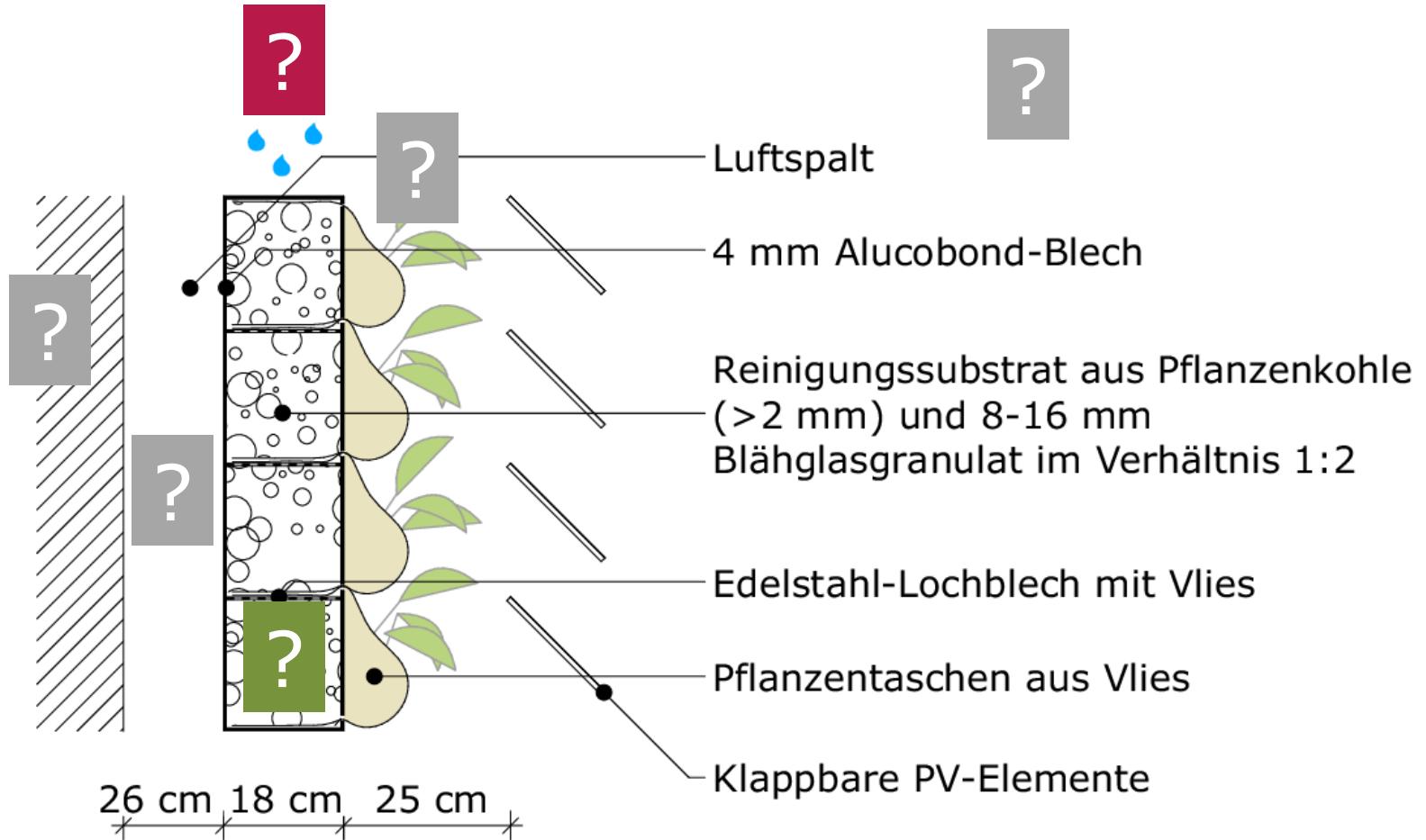
1 Luftspalt    2 Thermo-Anemometer    3 Stützen  
4 L-Profile    5 PVC-Lamellen

Horizontalschnitt.

- Strömungsgeschwindigkeit im Luftspalt  
Omnidirektionales Thermoanemometer  
Messbereich 0,05 – 2,5 m/s  
Messintervall 10 s
- Lokale Windgeschwindigkeit und -richtung
- zwei Messungen je 14 Tage
  1. Windeffekt
  2. Kamineffekt

# Funktionsprinzip VertiKKA

Auswirkungen?



# Grauwasseraufbereitung

## Grauwasser Definition

- Häusliches Abwasser ohne die Teilströme der Toiletten und Urinale
  - » Duschen/ Badewannen
  - » Waschbecken
  - » Spül-/ Waschmaschine
- Macht mehr als die Hälfte des häuslichen Gesamtabwassers aus



© Gloria Kohlhepp, BUW

Grauwasser im Vergleich zu Trink- und Abwasser.

# Grauwasseraufbereitung

## Grauwassersammlung



Absetz- und Entnahmetank in Weimar Schöndorf.

Grauwassermenge  
& -temperatur

Chemische und  
mikrobiologische  
Zusammensetzung



Analyse des Grauwassers auf CSB, Nitrit und Wasserhärte.

# Grauwasseraufbereitung

## Messung der Reinigungsleistung des Substrats



© Gloria Kohlhepp, BUW

Grauwasser nach (links) und vor (rechts)  
Reinigung.

Grauwassermenge,  
Beschickungsdauer,  
Wassertemperatur

Langzeitstabilität  
der  
Reinigungsleistung

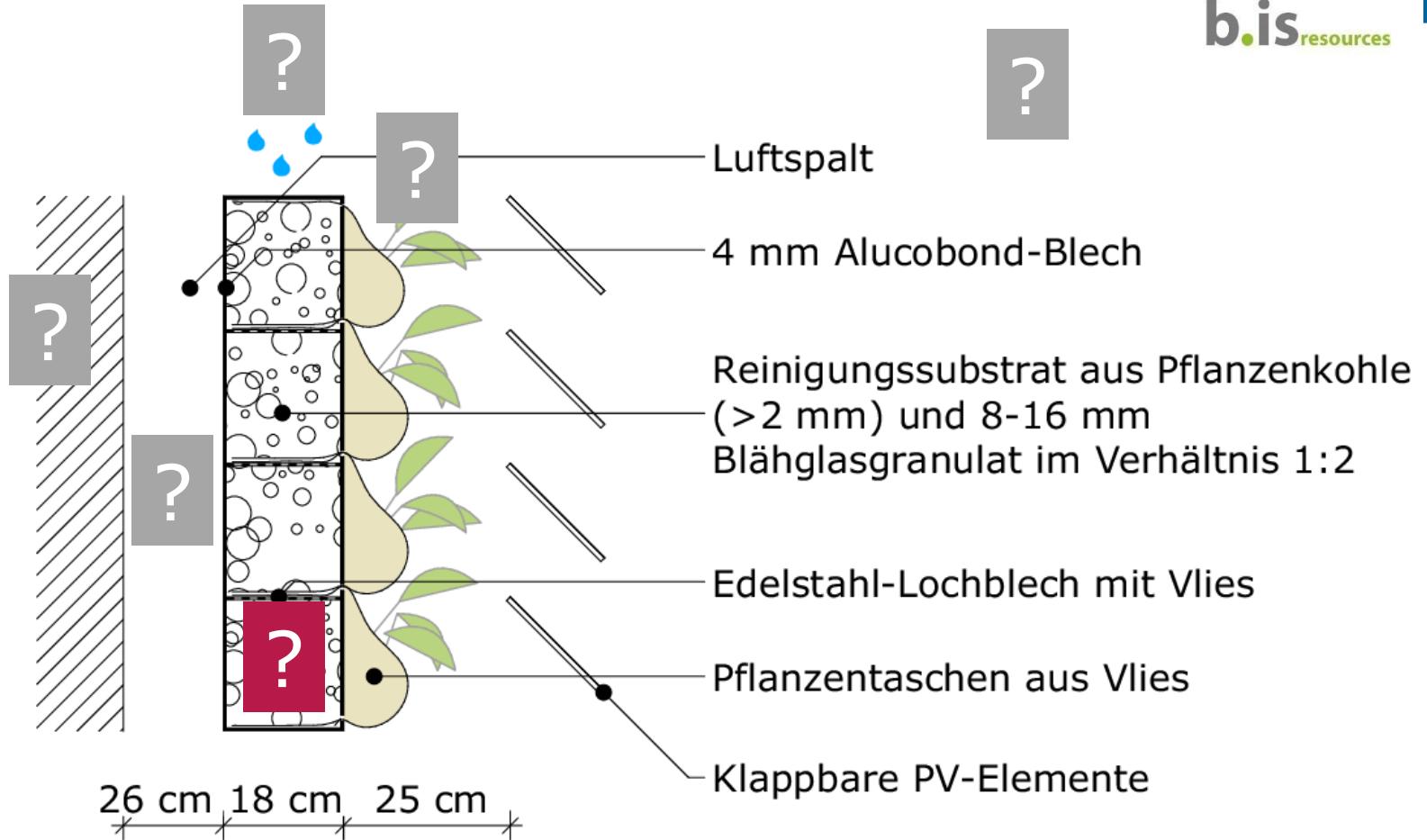
Reinigungssubstrate.



© Justus Wagner

# Funktionsprinzip VertiKKA

Auswirkungen?



# Recycling-Substrate

## Erforderliche Eigenschaften

Chemische Stabilität,  
Porosität, Oberfläche,  
Adsorption,  
Besiedelbarkeit



Reinigungssubstrate.



Geringes  
Eigengewicht,  
pH-Wert → Pflanzen

# Recycling-Substrate

## Herstellungsmöglichkeiten

- Ausgangsstoffe z.B.  
Mineralische Bauabfälle
  - » Sortieren, Brechen,  
Mahlen

Herstellung Kalter  
Granulate



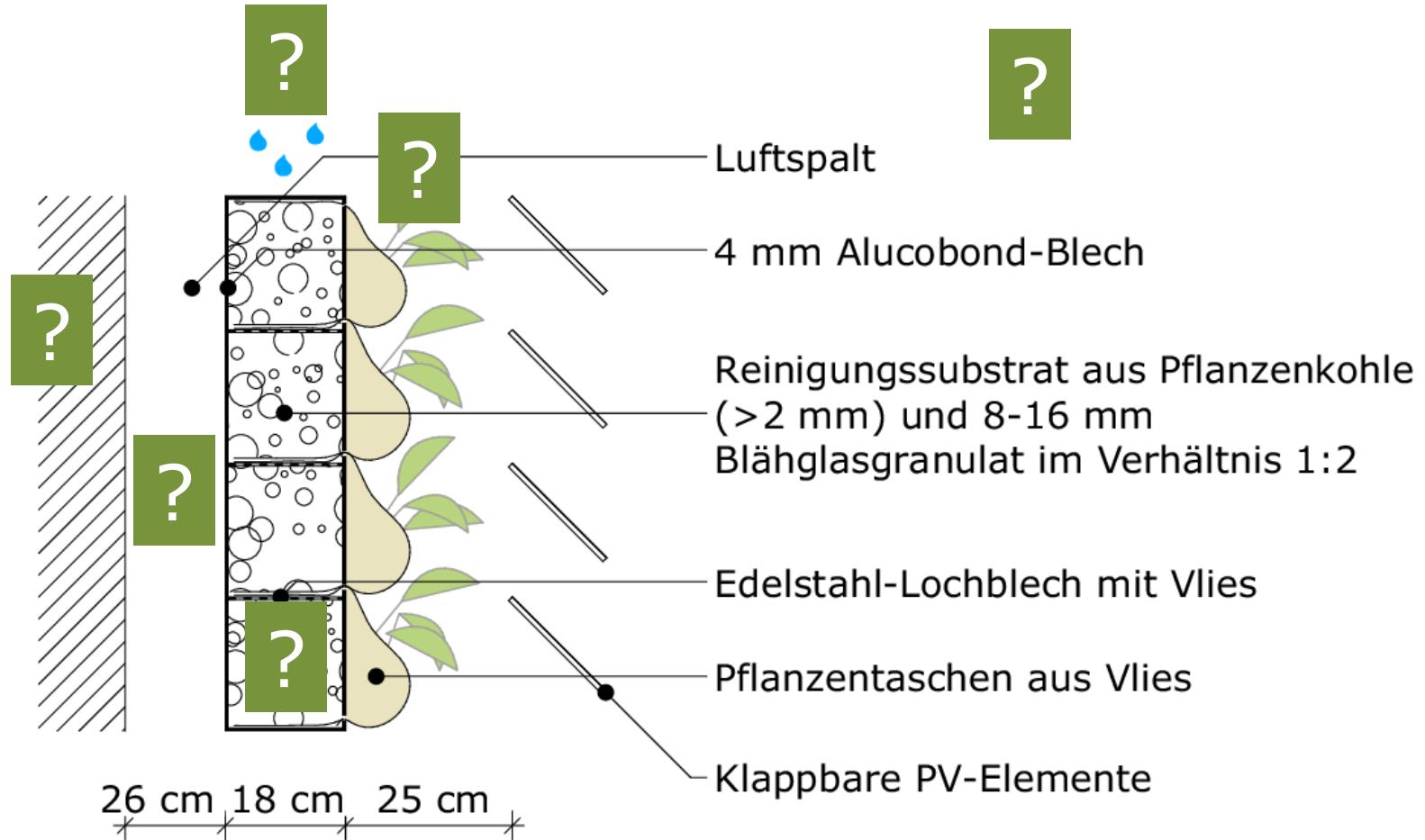
Drehteller (links) zur Herstellung von Granulaten aus  
Betonmehl (mittig) oder Ziegelmehl (rechts).

Roh- und Schüttdichte,  
Kornfestigkeit und  
Korngrößenverteilung,  
Wasseraufnahme und pH-Wert



# Funktionsprinzip VertiKKA

Auswirkungen?



# Funktionsprinzip VertiKKA

## Synergien

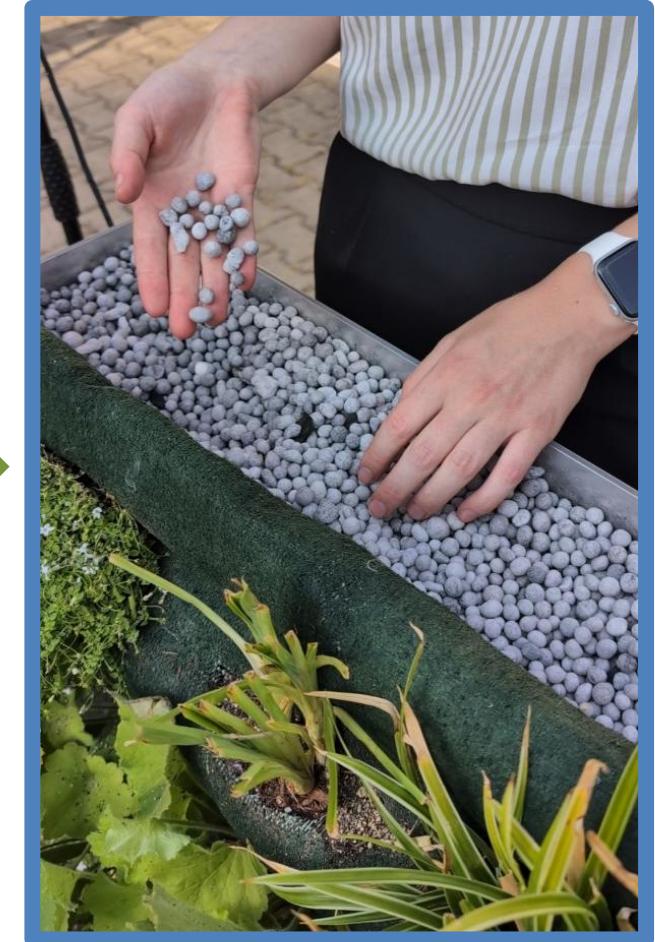
Photovoltaik-Module



Fassadenbegrünung



Bewässerungssystem



# Bisherige Forschungsprojekte

und Ausblick?

*Instagram ... @vertikka\_fassade*



VertiKKA  
2019-2022



VertiKKA 2  
2022-2025

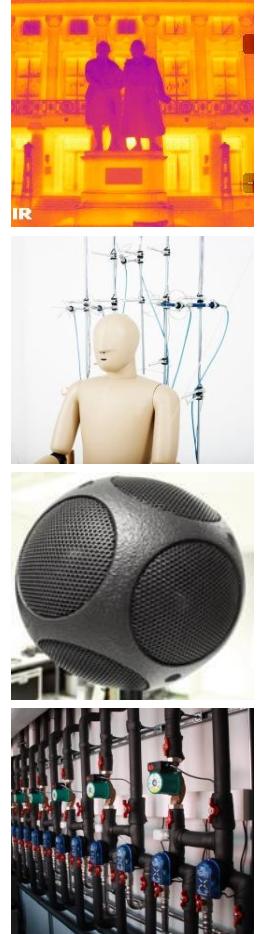


Reallabor  
GrayToGreen  
2025-2027



Reallabor  
GrayToGreen 2  
2027-...

# Synergien nutzen: Fassadenbegrünung trifft Grauwassernutzung



Bauhaus-Universität Weimar

Theresa Paskert | [theresa.paskert@uni-weimar.de](mailto:theresa.paskert@uni-weimar.de)



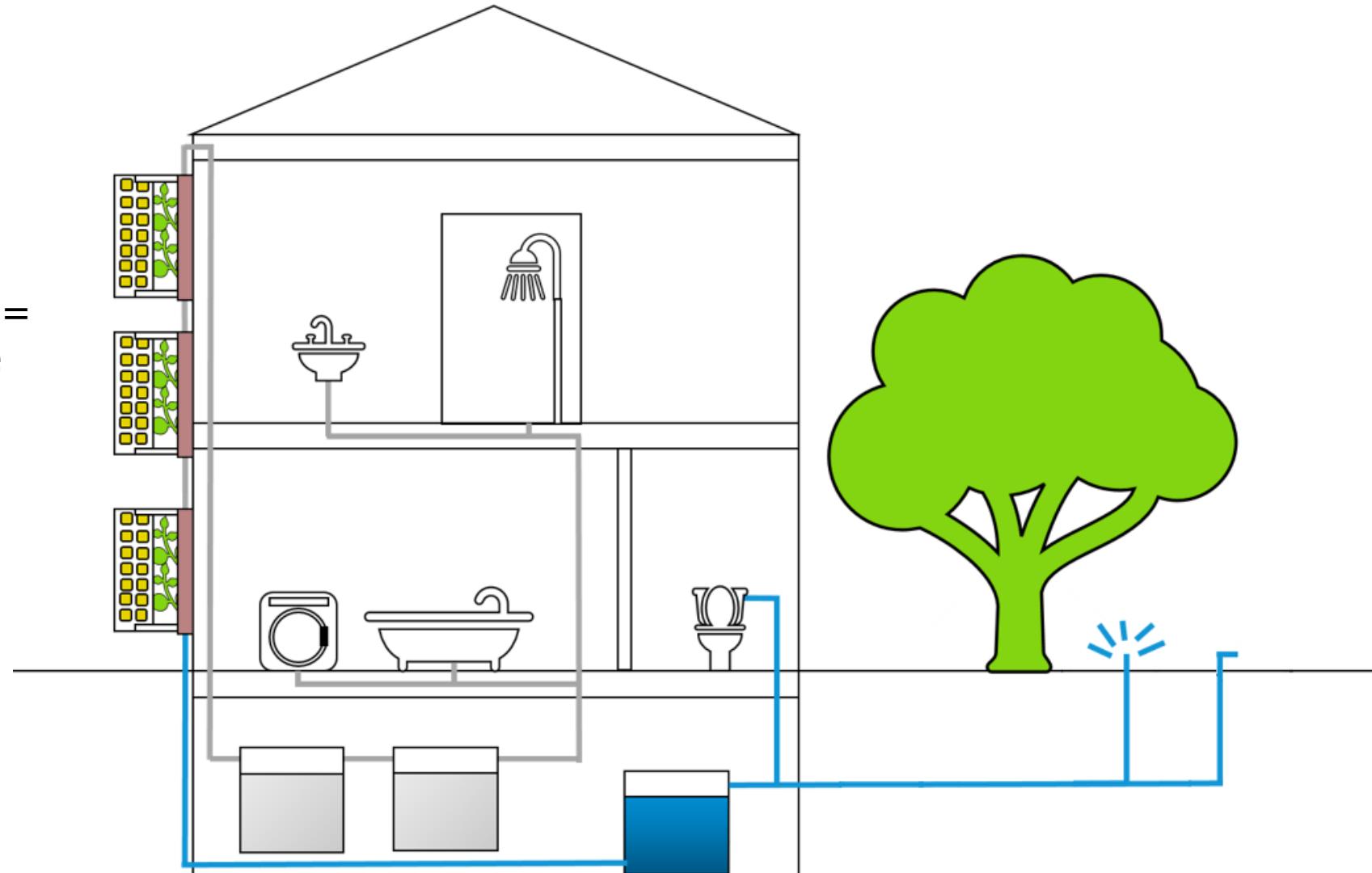
© Dana Höftmann, BUW

Bauhaus-Universität Weimar

Theresa Paskert | [theresa.paskert@uni-weimar.de](mailto:theresa.paskert@uni-weimar.de)

# Funktionsprinzip der VertiKKA

VertiKKA =  
**V**ertikale  
**K**lima  
**K**lär  
**A**nlage



Quelle: Björnsen Beratende Ingenieure GmbH

# Pflanzenvitalität

## Erscheinungsbild:

9 Punkte	gesunde, üppig wachsende Pflanze, viele Triebe, keine Schäden erkennbar
7 Punkte	gesunde, normal wachsende Pflanze
5 Punkte	normal wachsende Pflanze mit abgestorbenen Pflanzenteilen
3 Punkte	kümmernde Pflanze mit vielen abgestorbenen Pflanzenteilen
1 Punkte	tote oder ausgefallene Pflanze

## Widerstandsfähigkeit:

9 Punkte	kein Schädlings- oder Krankheitsbefall
7 Punkte	vereinzelter Schädlings- oder Krankheitsbefall
5 Punkte	mäßiger Schädlings- oder Krankheitsbefall
3 Punkte	starker Schädlings- oder Krankheitsbefall
1 Punkte	totaler Schädlings- oder Krankheitsbefall

## Frostbeständigkeit:

9 Punkte	Pflanze völlig intakt – kein abgestorbener Trieb
7 Punkte	maximal ein Trieb abgestorben
5 Punkte	Winterschäden erkennbar
3 Punkte	starke Winterschäden erkennbar
1 Punkte	Pflanze über den Winter abgestorben

## Blüte:

9 Punkte	sehr viele Blüten
7 Punkte	zahlreiche Blüten
5 Punkte	normal viele Blüten
3 Punkte	wenige Blüten
1 Punkte	keine Blüten



# Bauphysikalischen Messungen

## Pflanzen

Bestimmung des Blattflächenindexes (LAI)

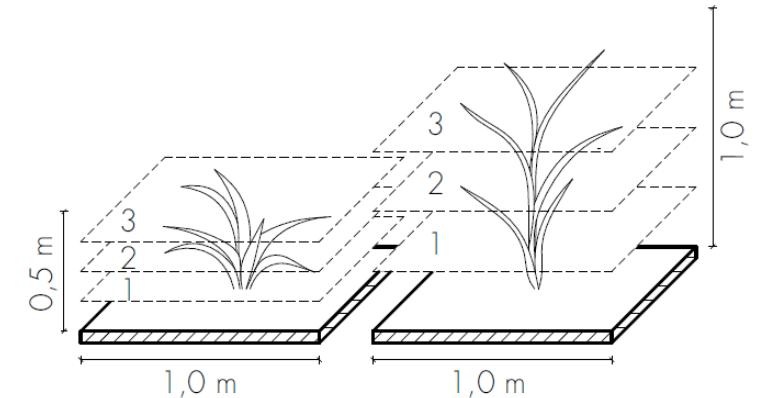
über den Bedeckungsgrad

→ quartalsweise, bildbasiert ermittelt:

	Jan-Mrz	Apr-Jun	Jul-Sept	Okt
Modul 1	56 %	52 %	81 %	77 %
Modul 2	60 %	61 %	67 %	46 %
Modul 3	61 %	68 %	71 %	59 %

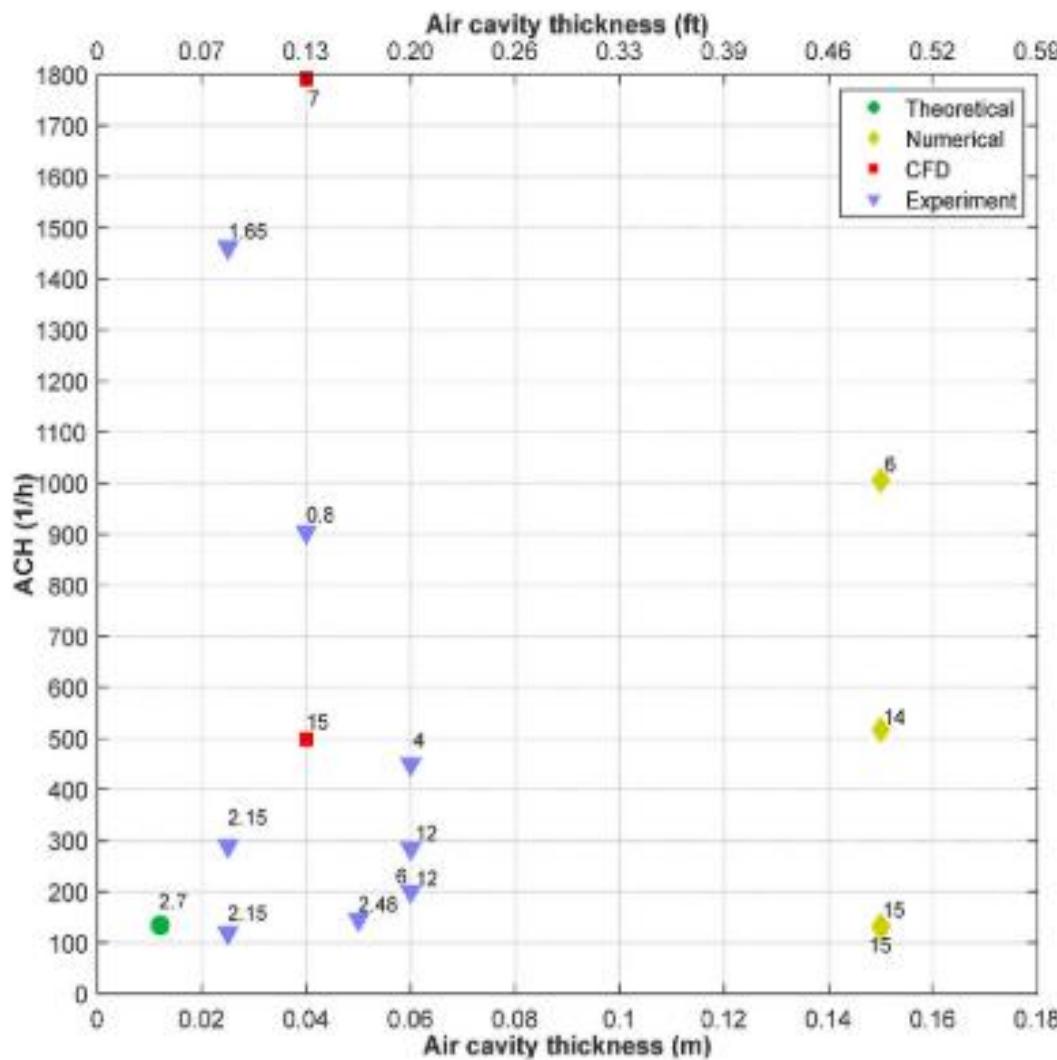
→ berechneter Blattflächenindex:

	Jan-Mrz	Apr-Jun	Jul-Sept	Okt
Modul 1	1,64	1,47	3,32	2,95
Modul 2	1,83	1,88	2,22	1,23
Modul 3	1,88	2,88	2,49	1,79



# Bauphysikalische Messungen

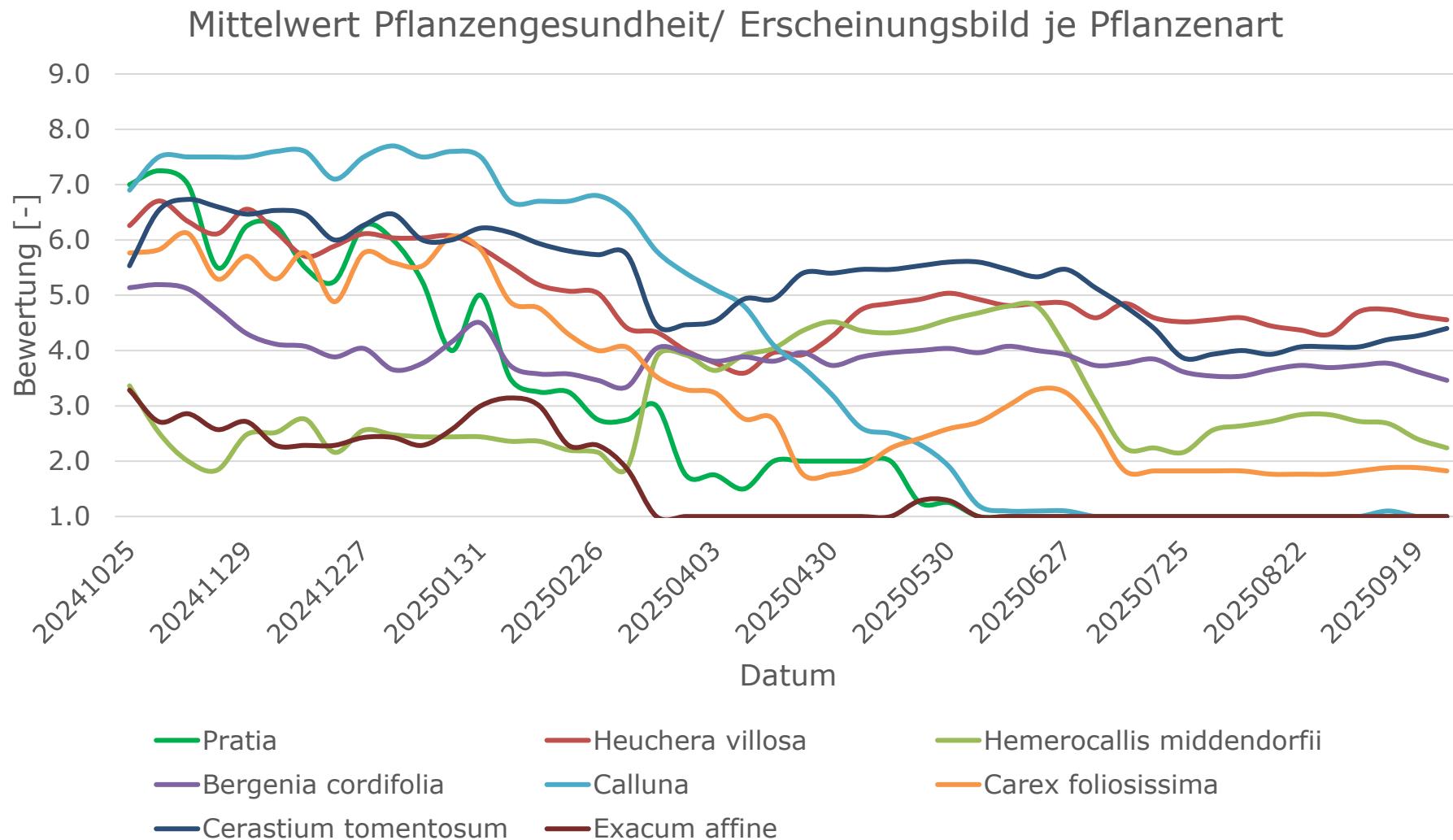
## Hinterlüftung



**Quelle:** Rahiminejad, Mohammad; Khovalyg, Dolaana (2021): Review on ventilation rates in the ventilated air-spaces behind common wall assemblies with external cladding. In: *Building and Environment* 190, S. 107538. DOI: 10.1016/j.buildenv.2020.107538.

# Teilprojekt 1

## AP 1.2 Pflanzen und Substrat



# Bauphysikalische Messungen

## Wärmetransport



Steuerungsraum mit wandbefestigten Wärmeplatten.



Wärmeplatte.