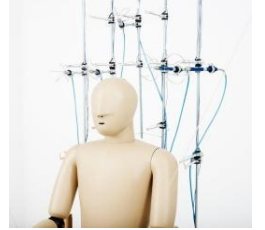


# Synergien nutzen: Fassadenbegrünung trifft Grauwassernutzung

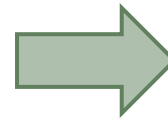


Bauhaus-Universität Weimar, Professur Bauphysik  
Theresa Paskert | [theresa.paskert@uni-weimar.de](mailto:theresa.paskert@uni-weimar.de)

## *Probleme und Ideen für Verbesserung*



Urban Heat Island Effect



Fassadenbegrünung spart  
Platz

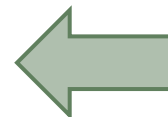
(Fassaden-) Begrünung

Bodengebunden vs.  
Wandgebunden

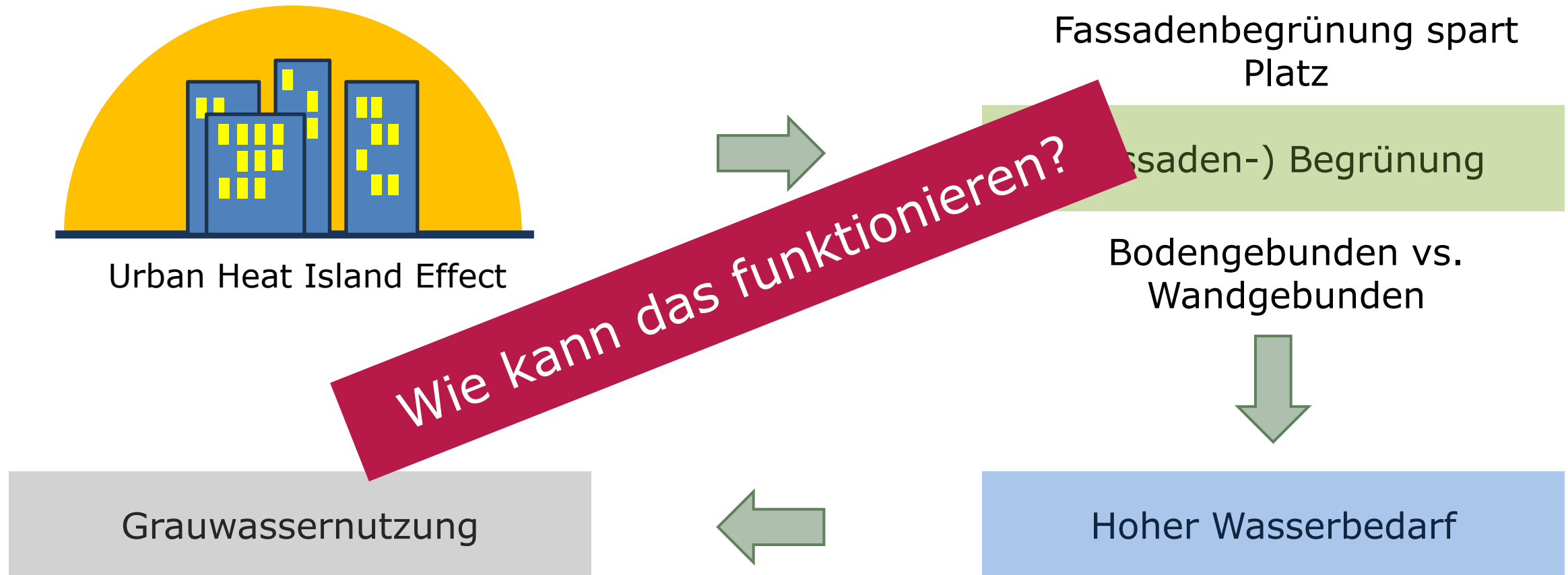


Hoher Wasserbedarf

Grauwassernutzung



## *Probleme und Ideen für Verbesserung*





# Kontext

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



Forschungsprojekte

VertiKKA  
2019-2022



VertiKKA 2  
2022-2025



Reallabor GrayToGreen  
2025-2027



# Kontext

## Vertikale Begrünung – Vertikale Klima-KlärAnlage VertiKKA



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



Thüringer Aufbaubank  
Die Förderbank.



Kofinanziert von der  
Europäischen Union

Freistaat  
Thüringen



Ministerium  
für Wirtschaft, Wissenschaft  
und Digitale Gesellschaft

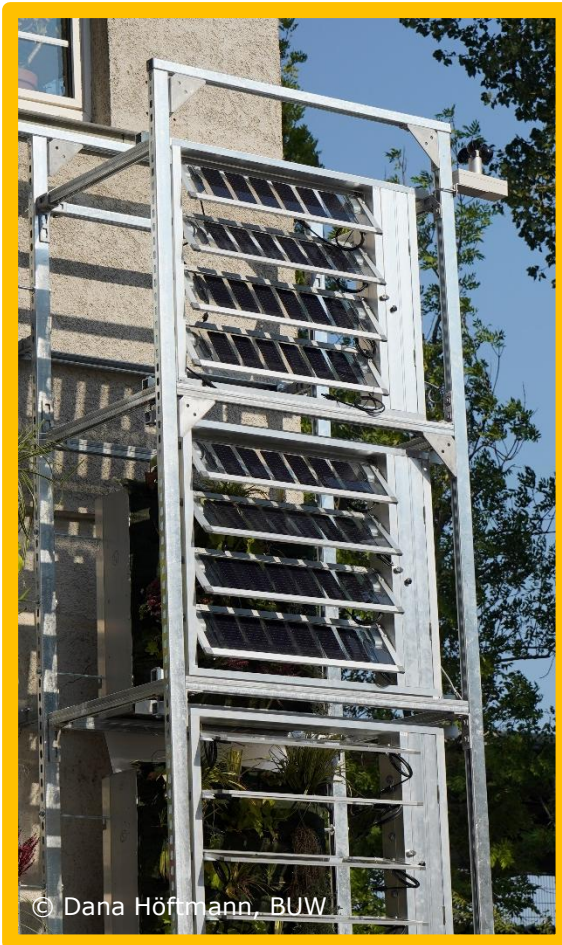




# Funktionsprinzip VertiKKA

## Synergien

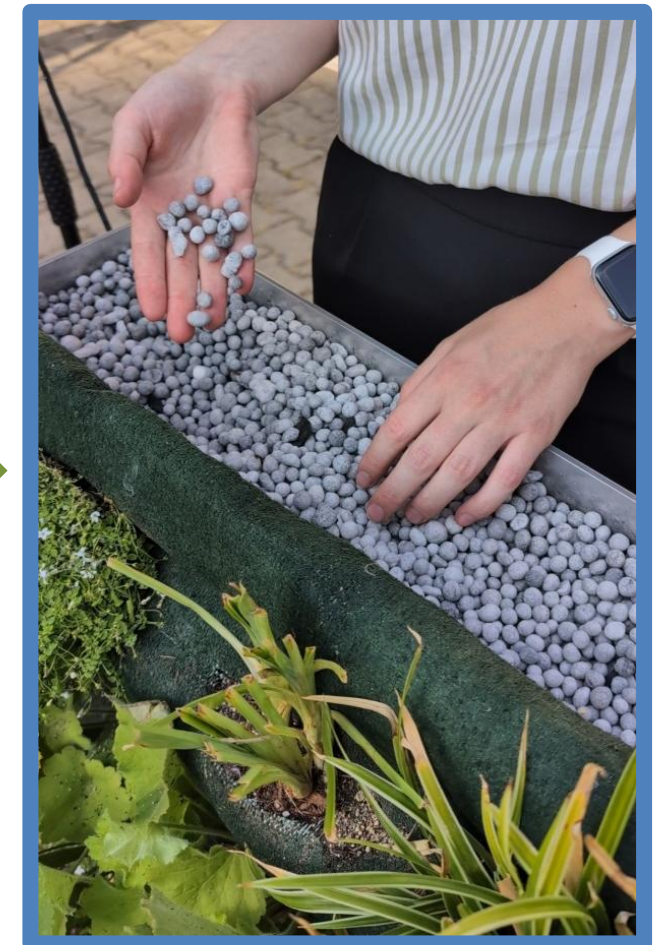
Photovoltaik-Module



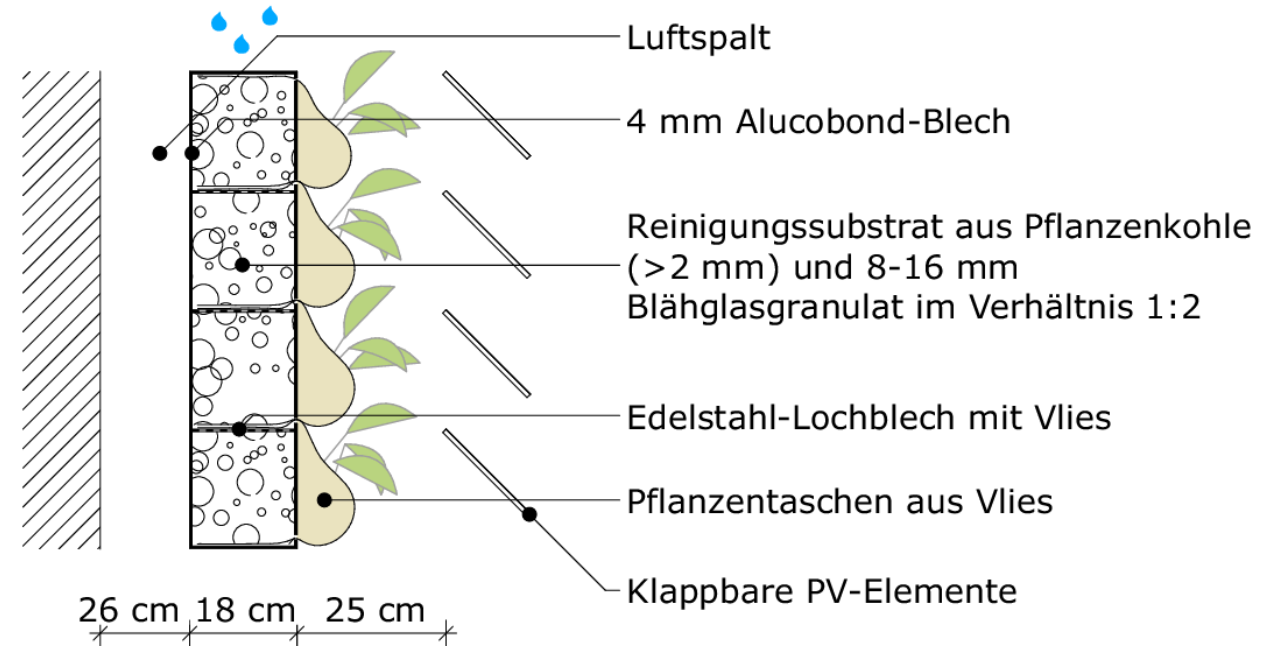
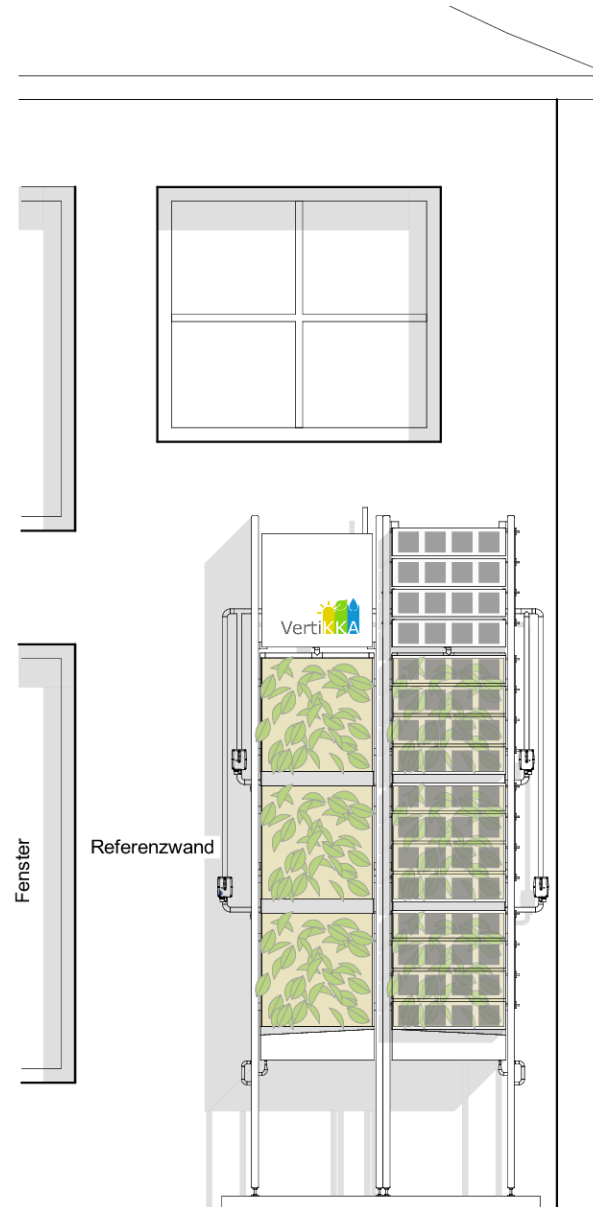
Fassadenbegrünung



Bewässerungssystem



## Aufbau



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

# Funktionsprinzip VertiKKA

*Auswirkungen?*

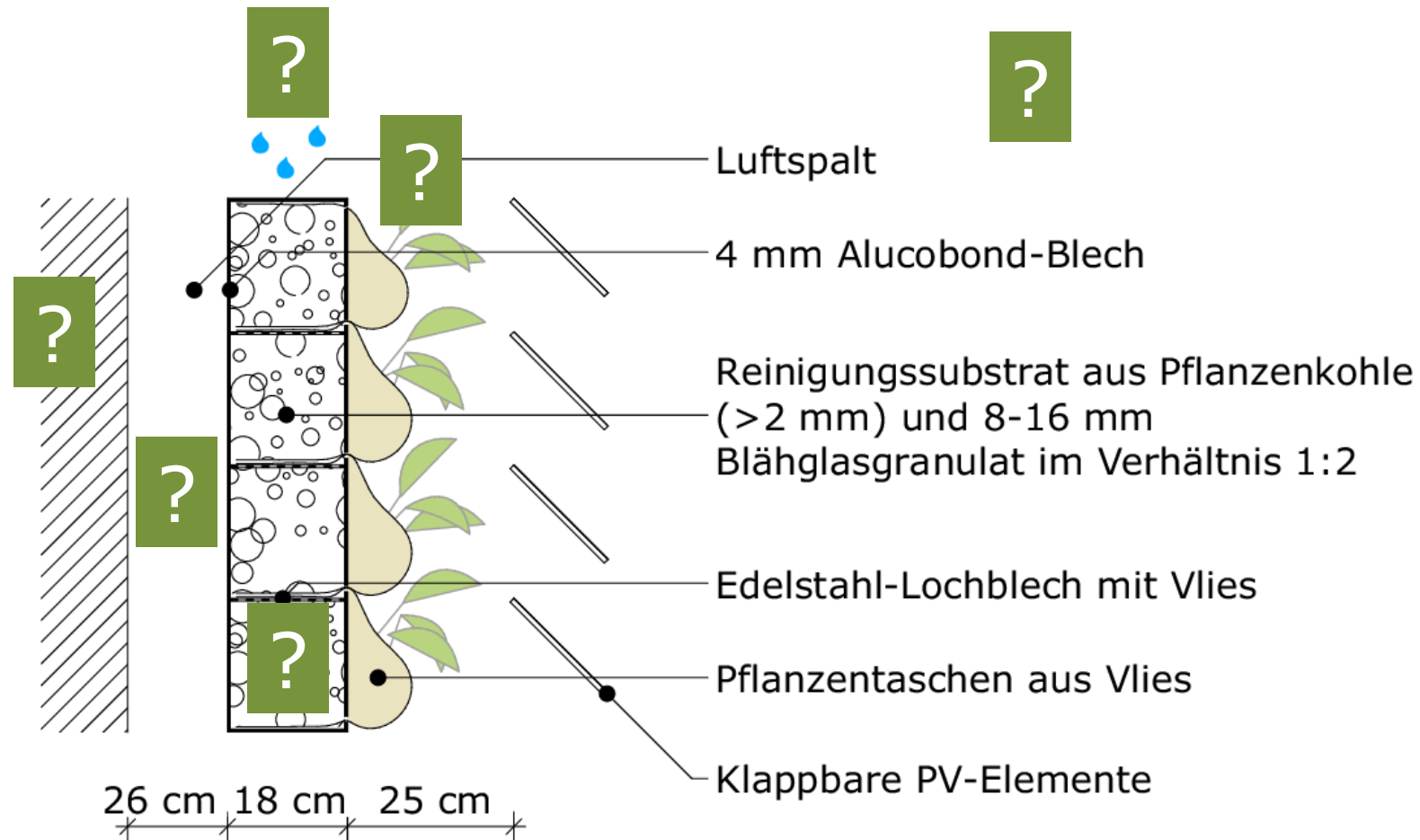


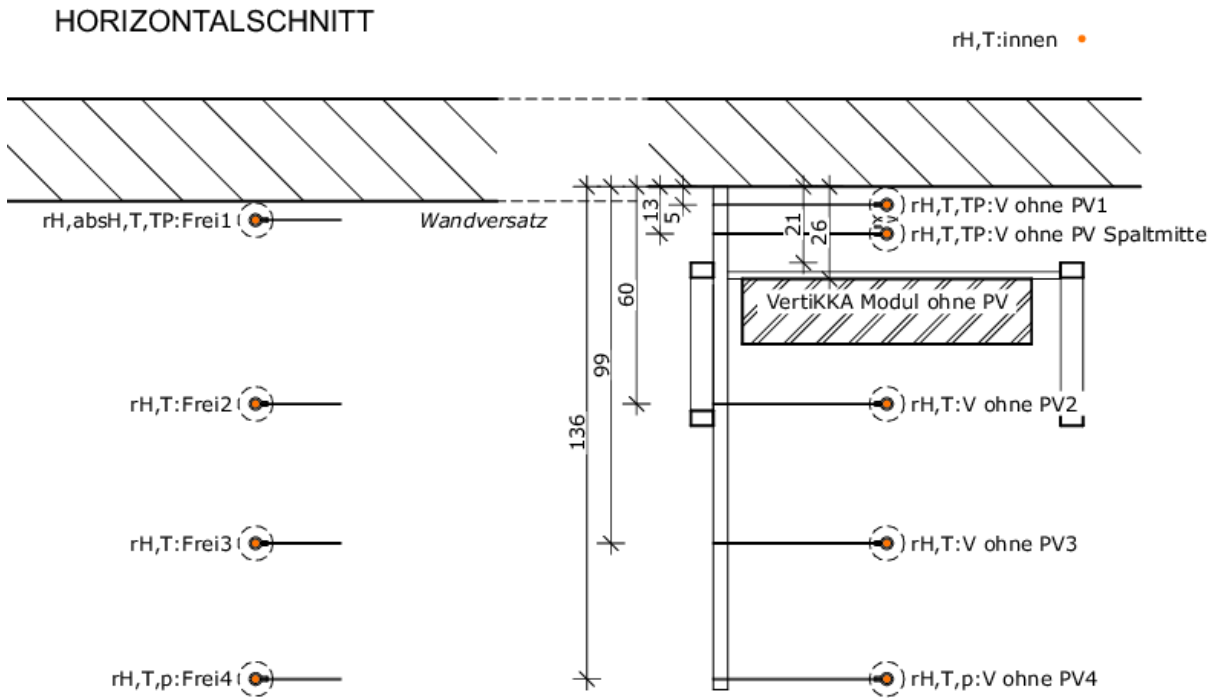


Diagram illustrating the components and dimensions of a vertical plant wall system:

- Luftspalt
- 4 mm Alucobond-Blech
- Reinigungssubstrat aus Pflanzenkohle (>2 mm) und 8-16 mm Blähglasgranulat im Verhältnis 1:2
- Edelstahl-Lochblech mit Vlies
- Pflanzentaschen aus Vlies
- Klappbare PV-Elemente

Dimensions:

- 26 cm
- 18 cm
- 25 cm



Horizontalschnitt der Fassade mit verbauter Sensorik.



Ansicht der Grünfassade.



## Mikroklima

**Langzeitmonitoring**  
Lufttemperatur &  
relative Luftfeuchte



### Kapazitiver Feuchtefühler

*Genauigkeiten*

$\pm 0,4$  K ( $-20^{\circ}\text{C}$  bis  $0^{\circ}\text{C}$ ) und  $\pm 0,2$  K ( $0^{\circ}\text{C}$  bis  $70^{\circ}\text{C}$ )

$\pm 4\%$  r.H. ( $5\%$  bis  $98\%$  r.H. und  $18^{\circ}\text{C}$  bis  $28^{\circ}\text{C}$ )

*Auflösungen*

$0,01$  K

$0,1\%$  r.H.



## Hygrothermik



### Wärmeflussplatte

*Genauigkeiten*

$\pm 5\%$  (bei  $23^{\circ}\text{C}$ )

$\pm 0,5$  K ( $0^{\circ}\text{C}$  bis  $80^{\circ}\text{C}$ )

*Auflösungen*

$0,1$  W/m<sup>2</sup>

$0,01$  K

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

Sensorik vor der Grünfassade.

## Pflanzeigenschaften

## Substrateigenschaften

Bewuchsintensität &  
-tiefe

Blattflächenindex  
(Leaf Area Index  
LAI)

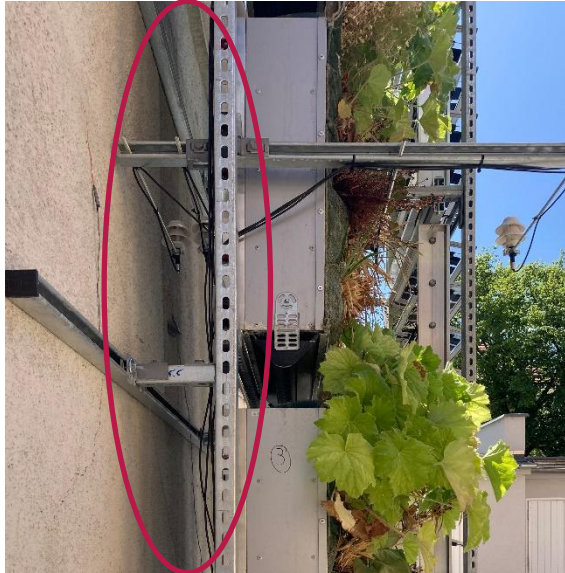


Spez.  
Wärmekapazität,  
Wärmeleitfähigkeit

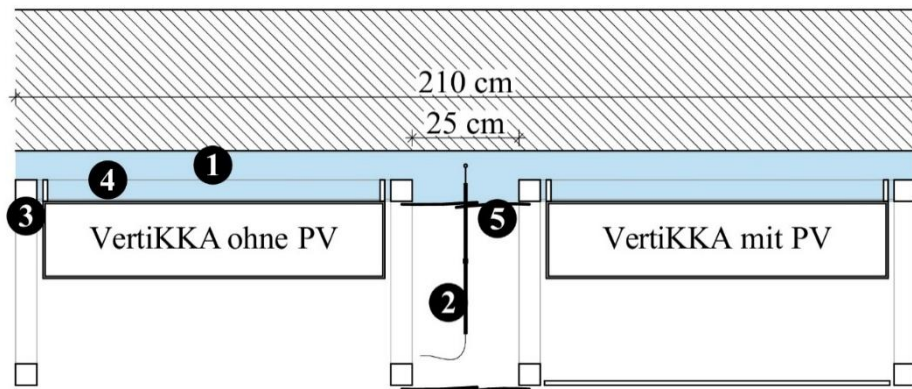
Pflanzmodul der VertiKKA.



## Hinterlüftung



- 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

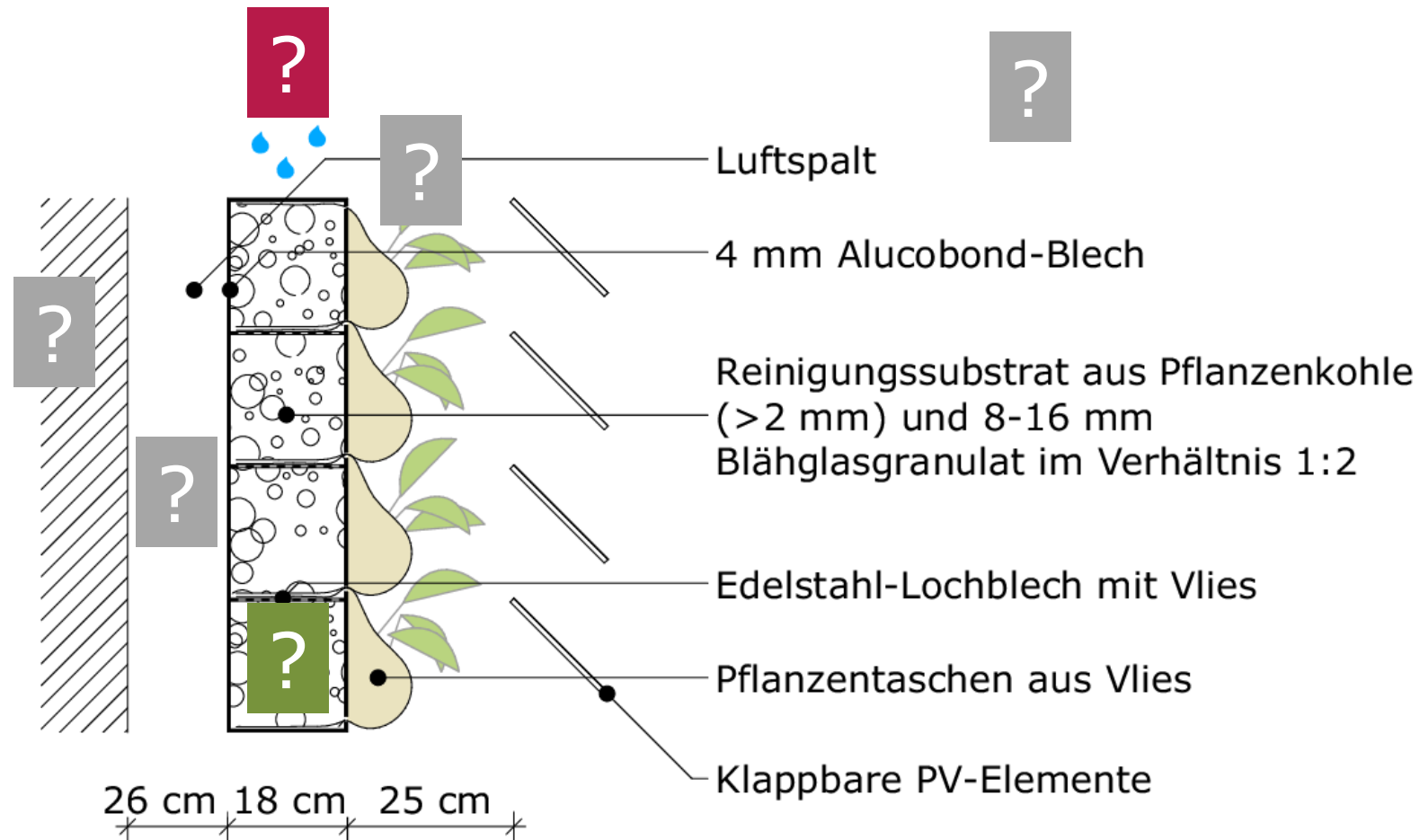


- |   |           |   |                   |   |         |
|---|-----------|---|-------------------|---|---------|
| 1 | Luftspalt | 2 | Thermo-Anemometer | 3 | Stützen |
| 4 | L-Profil  | 5 | PVC-Lamellen      |   |         |

Horizontalschnitt.

# Funktionsprinzip VertiKKA

Auswirkungen?





## *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

Grauwassermenge  
& -temperatur

Chemische und  
mikrobiologische  
Zusammensetzung



© Gloria Kohlhepp, BUW

Absetz- und Entnahmetank in Weimar Schöndorf.

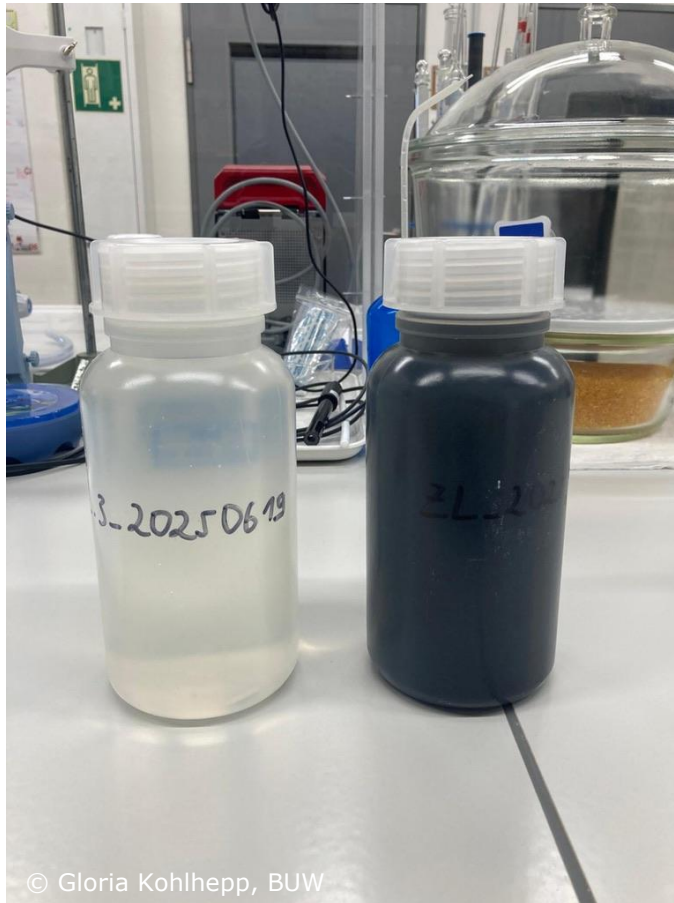


Analyse des Grauwassers auf CSB, Nitrit und Wasserhärte.



# Grauwasseraufbereitung

## Messung der Reinigungsleistung des Substrats



© Gloria Kohlhepp, BUW

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

Grauwassermenge,  
Beschickungsdauer,  
Wassertemperatur

Langzeitstabilität  
der  
Reinigungsleistung

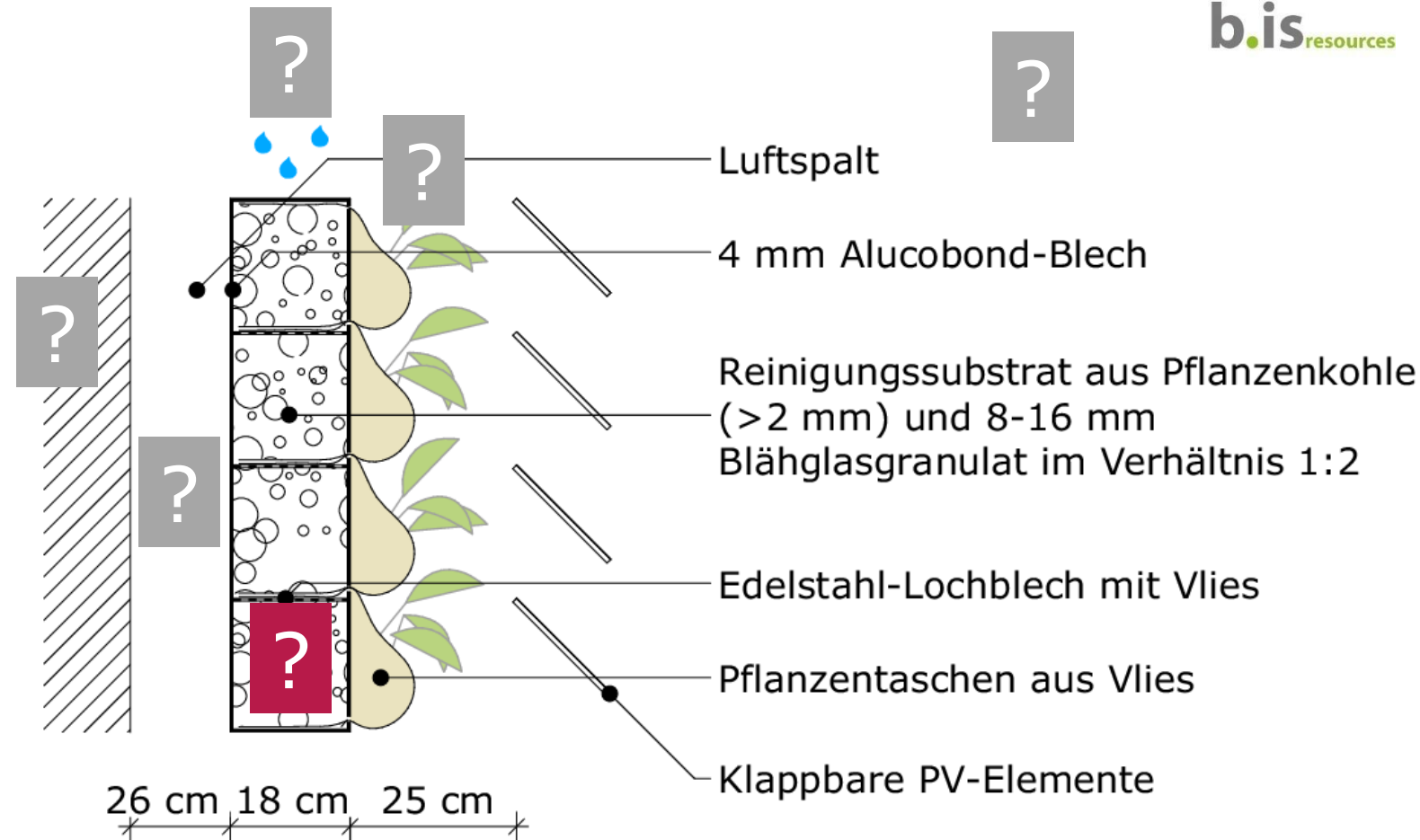
Reinigungssubstrate.



© 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).



© Manuela Knorr, IAB



© Manuela Knorr, IAB

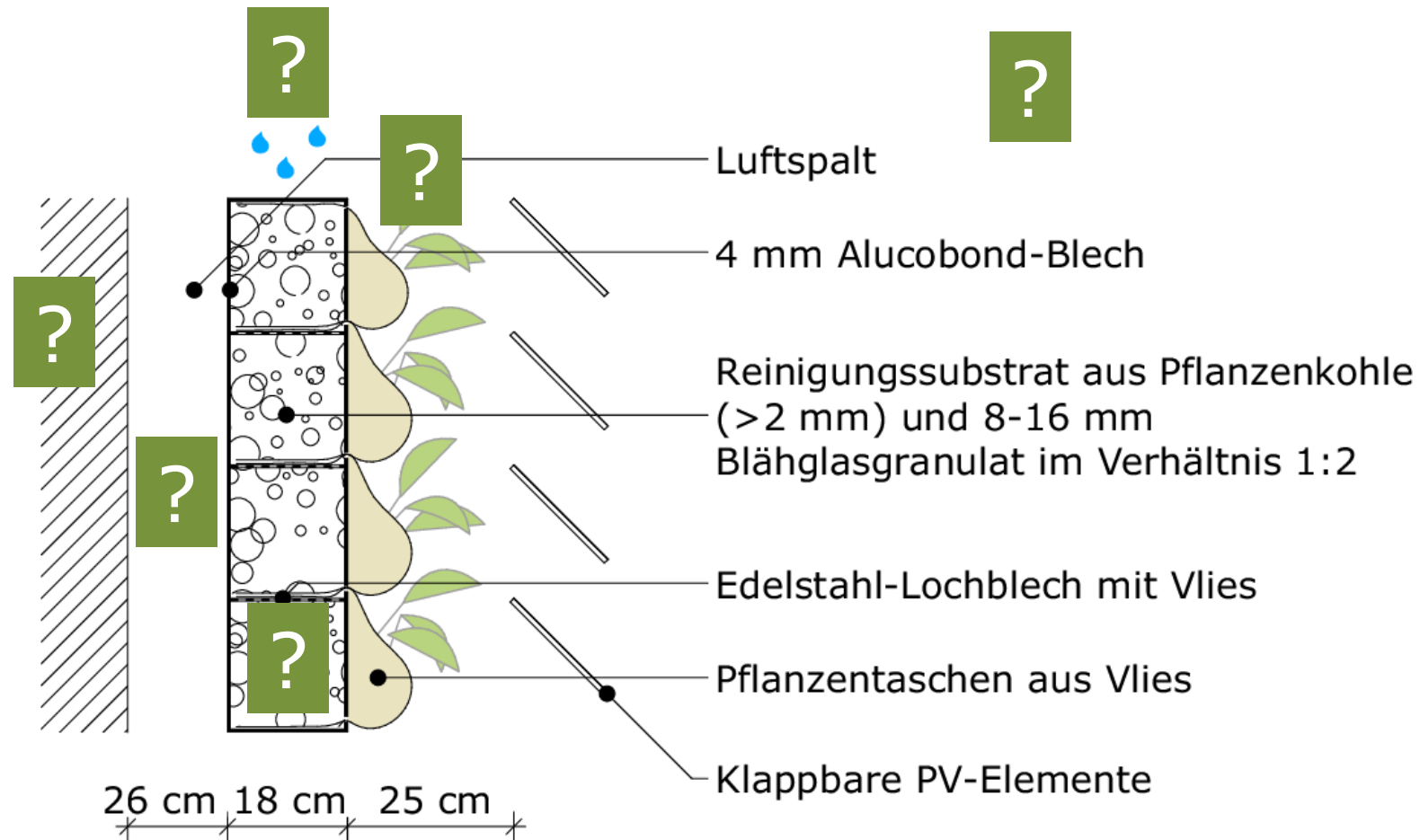


© Manuela Knorr, IAB

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

# Funktionsprinzip VertiKKA

*Auswirkungen?*

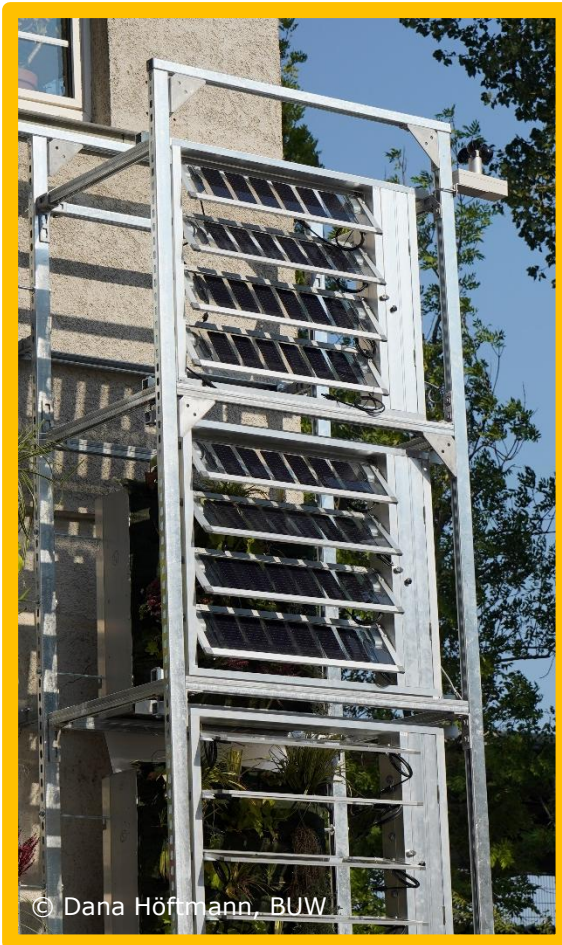




# Funktionsprinzip VertiKKA

## Synergien

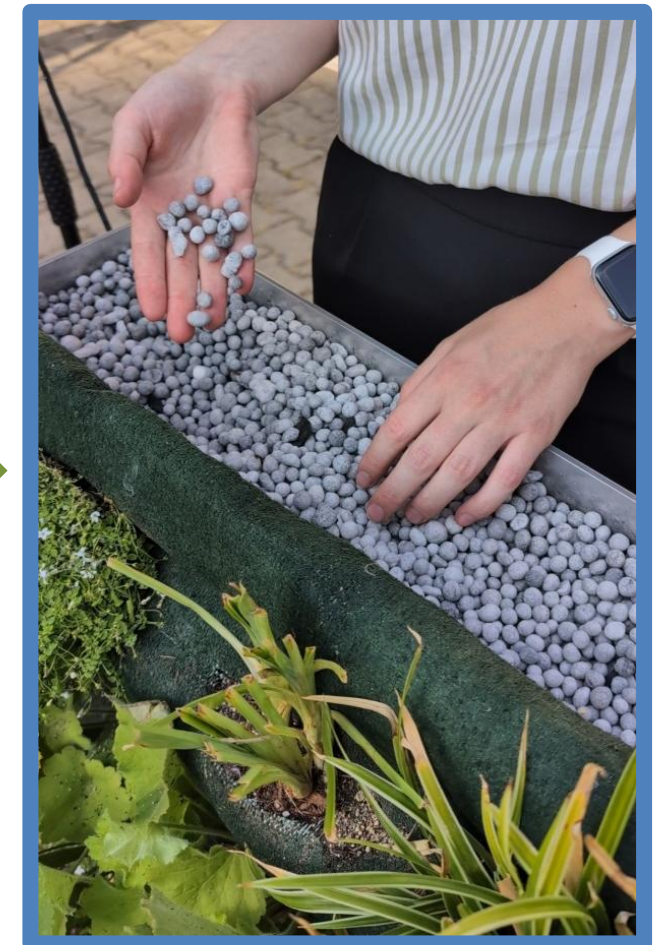
Photovoltaik-Module



Fassadenbegrünung



Bewässerungssystem





# Bisherige Forschungsprojekte

*und Ausblick?*

*Instagram ... @vertikka\_fassade*



VertiKKA  
2019-2022



VertiKKA 2  
2022-2025



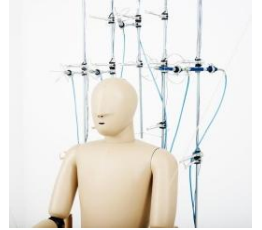
Reallabor  
GrayToGreen  
2025-2027



Reallabor  
GrayToGreen 2  
2027-...



# Synergien nutzen: Fassadenbegrünung trifft Grauwassernutzung

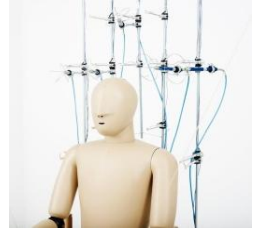


Bauhaus-Universität Weimar

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



# Zusatz

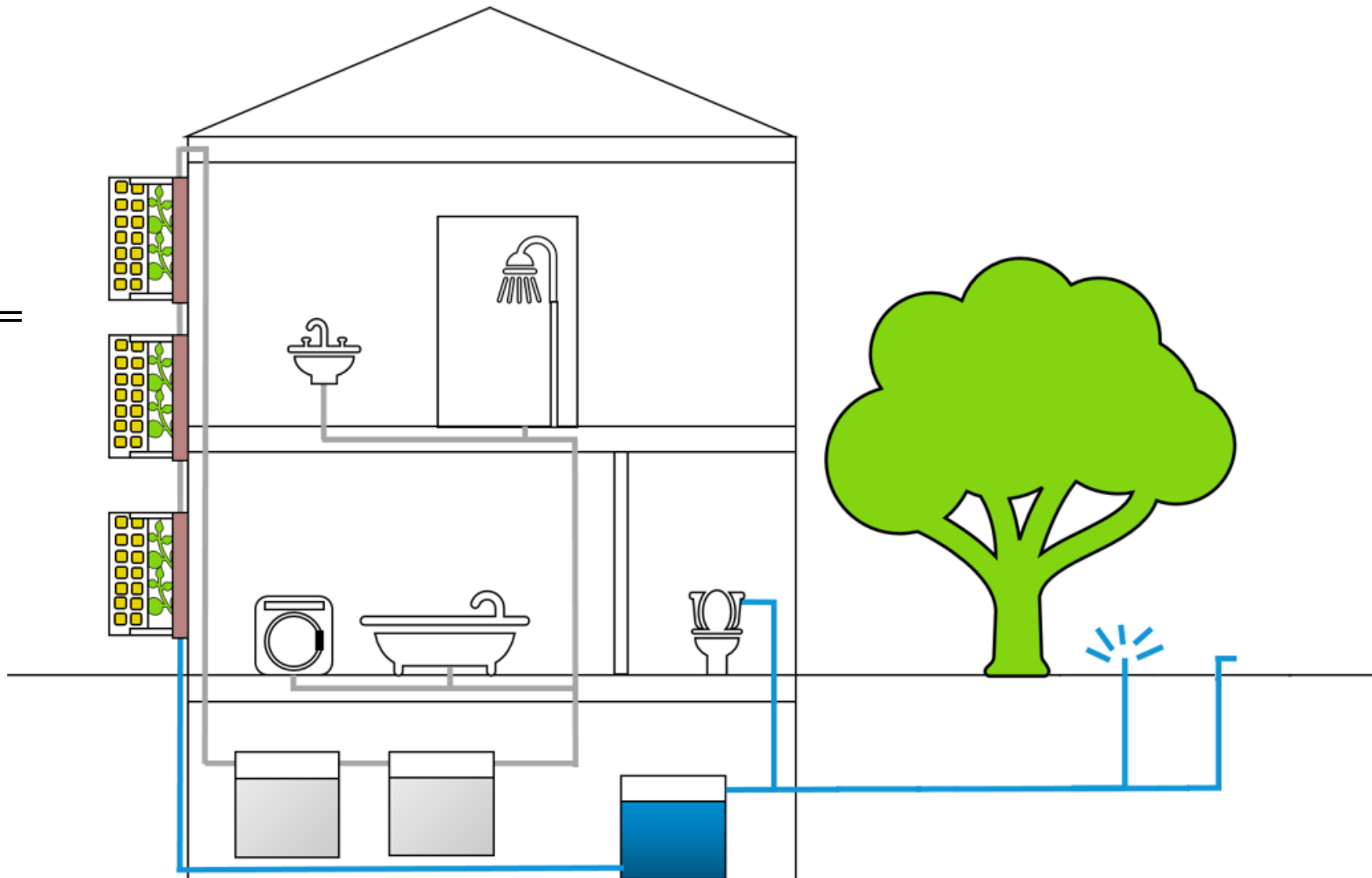


Bauhaus-Universität Weimar

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



## 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



## Pflanzen

Bestimmung des Blattflächenindexes (LAI)

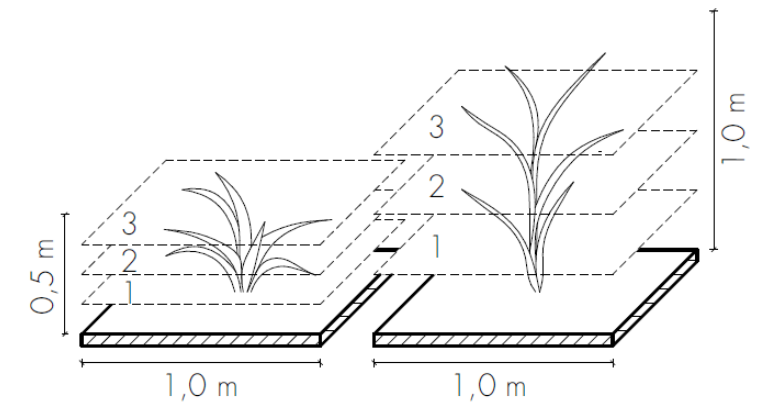
über den Bedeckungsgrad

→ quartalsweise, bildbasiert ermittelt:

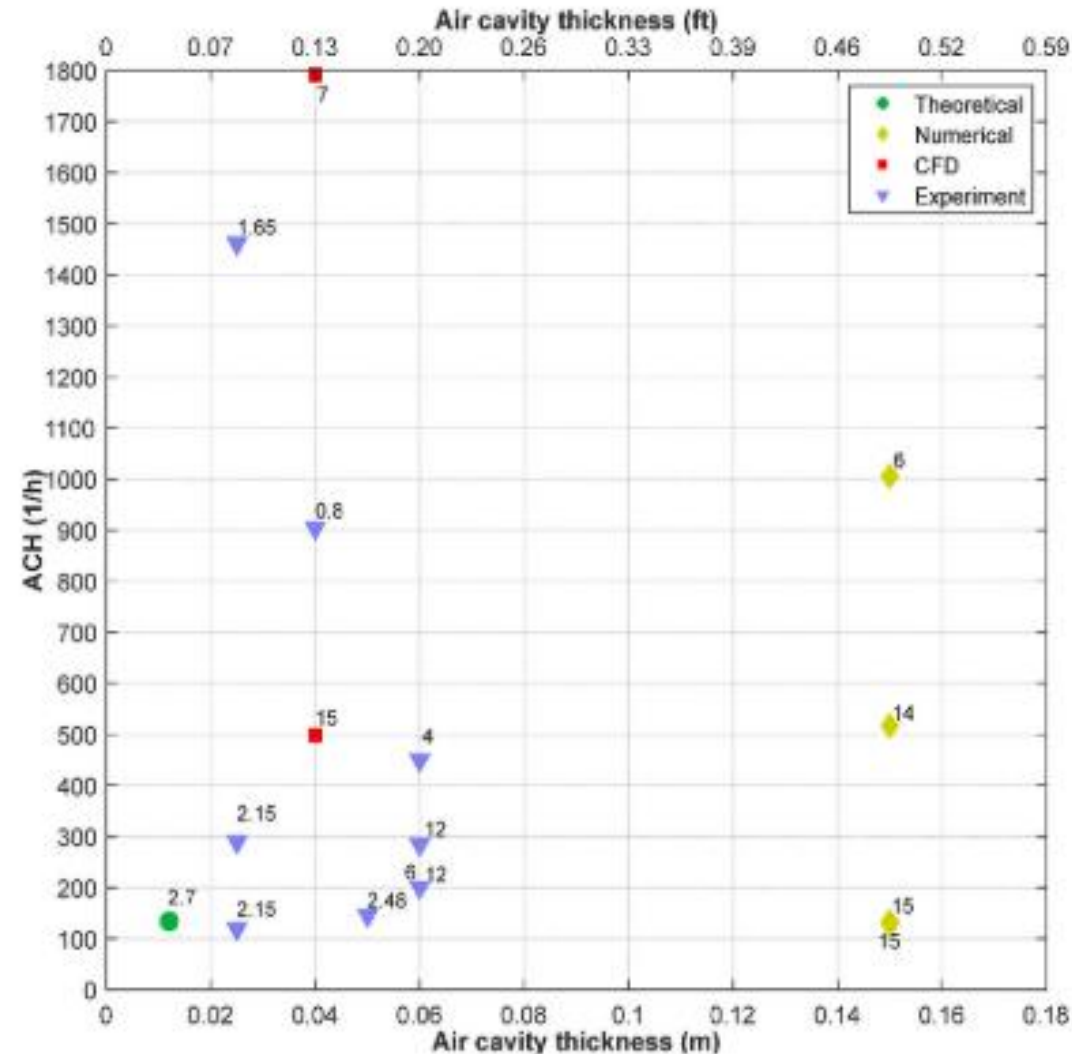
	Jan-Mrz	Apr-Jun	Jul-Sept	Okt
Modul 1	56 %	52 %	81 %	77 %
Modul 2	60 %	61 %	67 %	46 %
Modul 3	61 %	68 %	71 %	59 %

→ 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



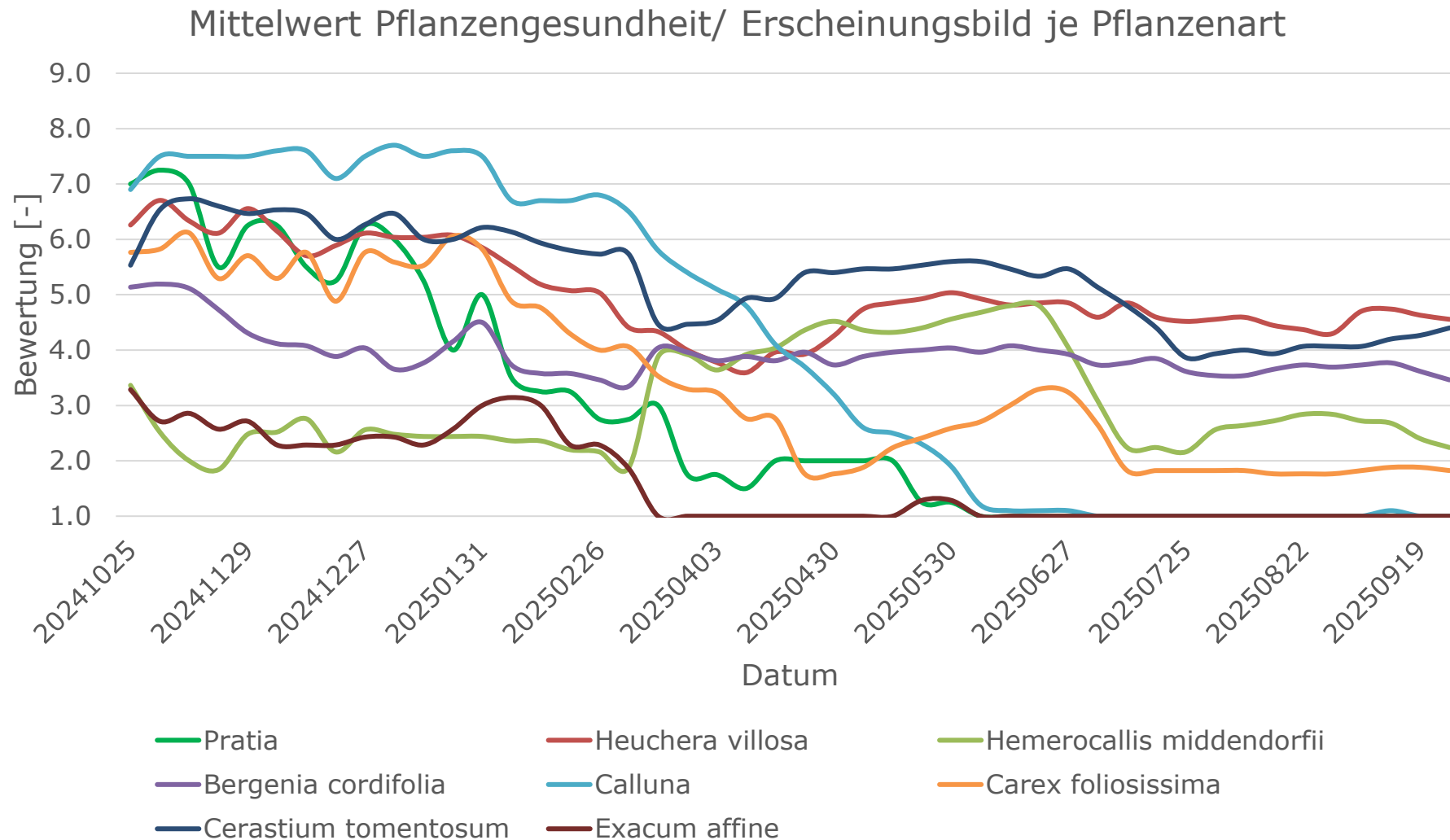




**Quelle:** Rahiminejad, Mohammad; Khovalyg, Dolaana (2021): Review on ventilation rates in the ventilated air-spaces behind common wall assemblies with external cladding. In: *Building and Environment* 190, S. 107538. DOI: 10.1016/j.buildenv.2020.107538.

# Teilprojekt 1

## AP 1.2 Pflanzen und Substrat







Steuerungsraum mit wandbefestigten Wärmeflussplatten.



### Wärmeflussplatte

#### Genauigkeiten

$\pm 5\%$  (bei  $23^{\circ}\text{C}$ )

$\pm 0,5 \text{ K}$  ( $0^{\circ}\text{C}$  bis  $80^{\circ}\text{C}$ )

#### Auflösungen

$0,1 \text{ W/m}^2$

$0,01 \text{ K}$

Wärmeflussplatte.