

Semi-intensive Dachbegrünung – ein innovatives Instrument zur Anpassung an den Klimawandel und zum Umweltschutz.



Prof. Dr. Oleg Panferov (o.panferov@th-bingen.de)
Prof. Dr. Elke Hietel (e.hietel@th-bingen.de)
Prof. Dr. Ute Rößner (roessner@th-bingen.de)
Dr. Klemens Seelos (seelos@uni-mainz.de)

Autoren



Biodiversität

Prof. Dr. Elke Hietel



Wasserbilanz

Prof. Dr.-Ing. Ute Rößner



Feinstaub

Dr. Klemens Seelos



Mikroklima

Prof. Dr. Oleg Panferov

Acknowledgements



Statistik

Prof. Dr. Cornelia Lorenz-Haas



*Installation
Messungen*

Dipl.-Biol. Ben Warnecke



*Installation
Messungen*

M.Sc. Jan Wustmann

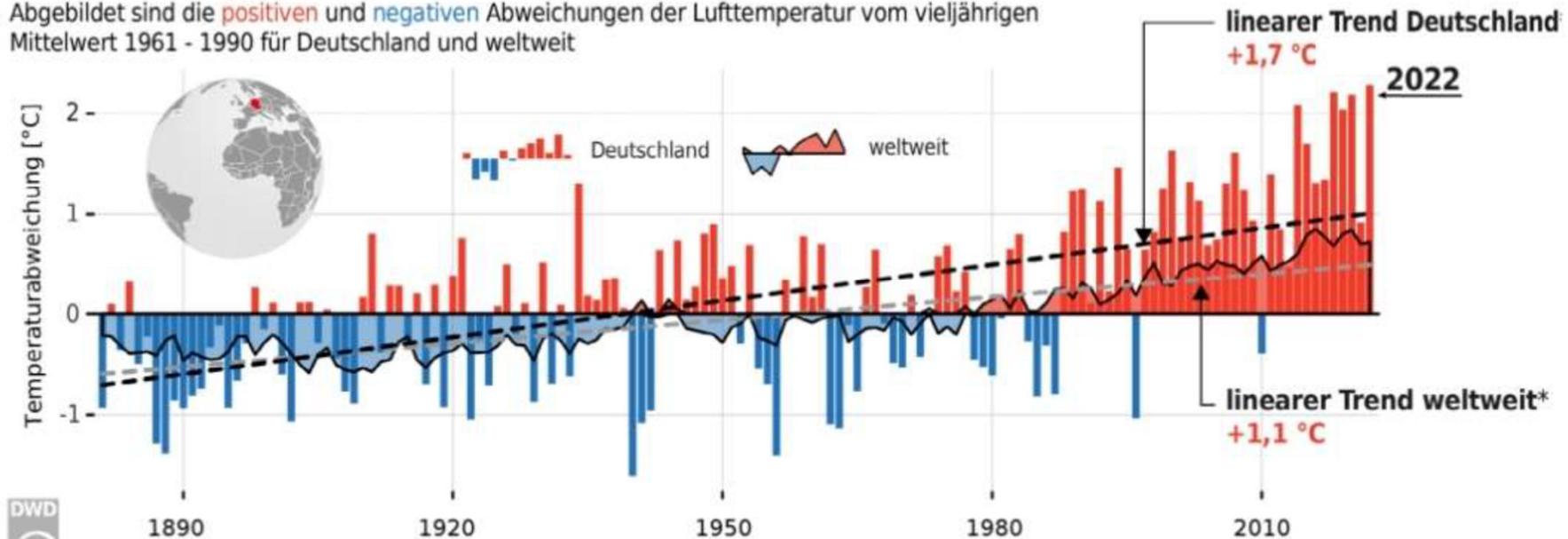


M. Bernhard – *Drohnenaufnahmen*

Schlechte Nachrichten: Globale Erwärmung!

Die Erwärmung in Deutschland ist stärker als die globale

Abgebildet sind die **positiven** und **negativen** Abweichungen der Lufttemperatur vom vieljährigen Mittelwert 1961 - 1990 für Deutschland und weltweit



www.dwd.de/klima |
2023 Quelle: Deutschland: DWD, Global: NOAA

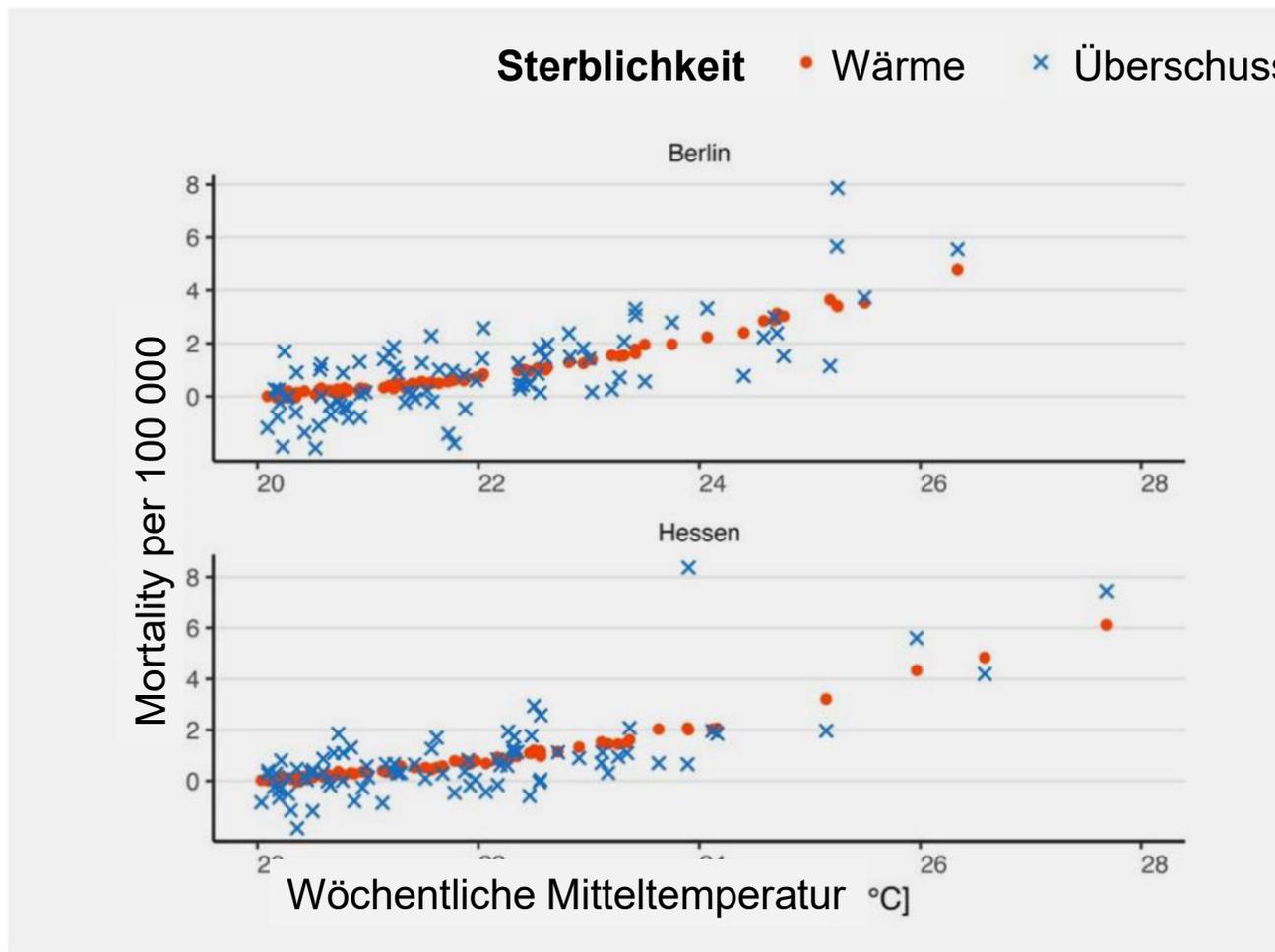
Zeitraum 1881-2022

1991-2020	9,3° C
1981-2010	8,9° C
1971-2000	8,6° C



DWD Klimastatusbericht 2022

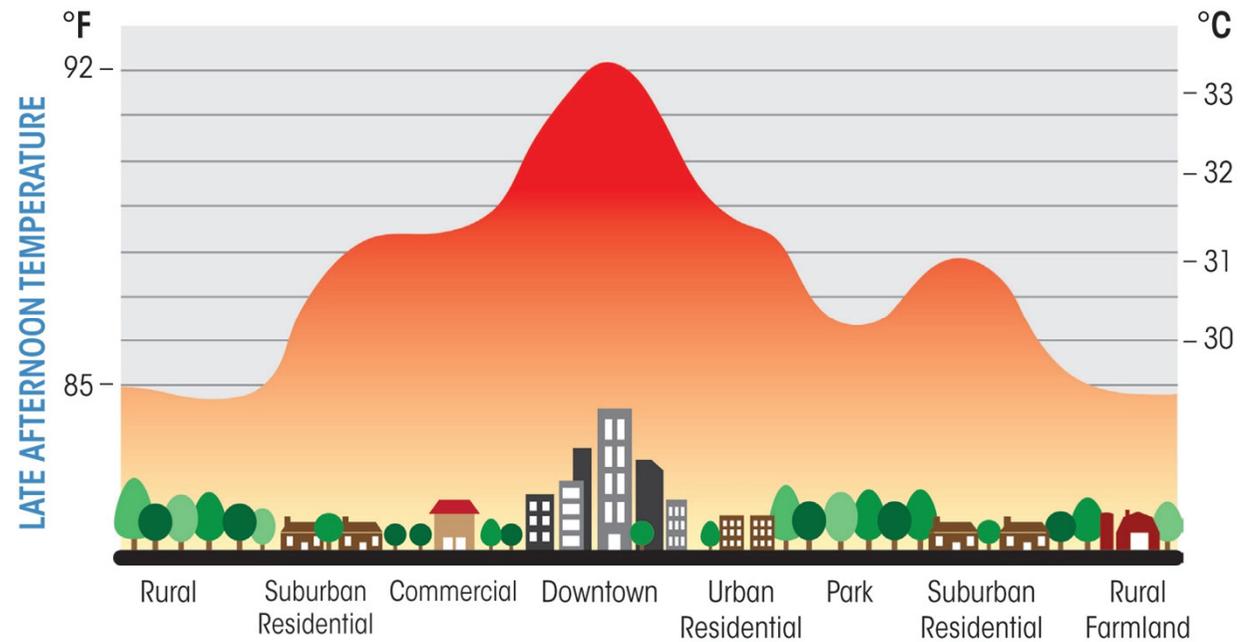
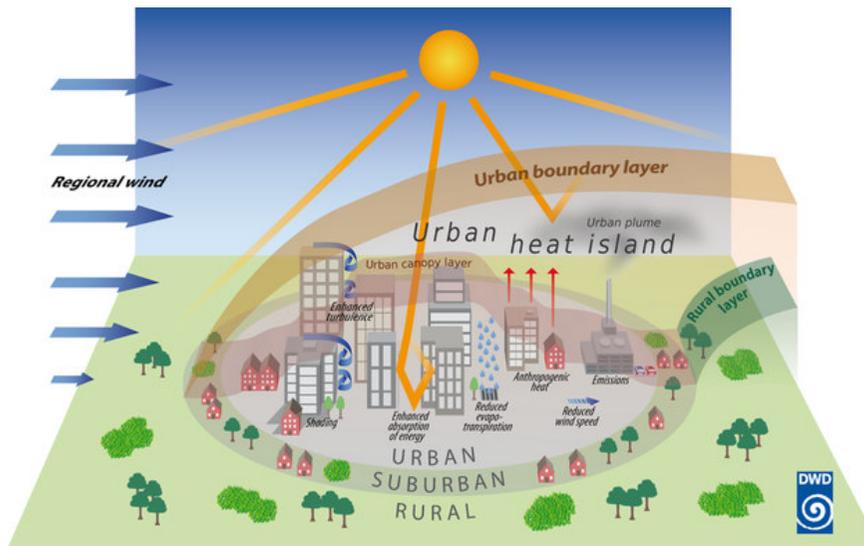
Heiße Extreme und erhöhte Sterblichkeit



Heiden, Buchholz, & Uphoff, 2020.

Stadt-Effekte

Erhöhte Hitzebelastung und urbane Wärmeinsel





**Die Anpassung an den Klimawandel ist
extrem notwendig!**

Lösungen?

Dachbegrünung in Deutschland



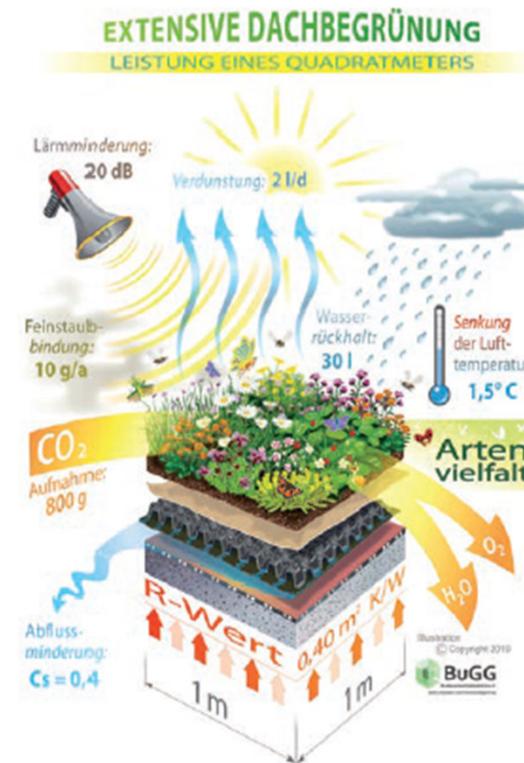
BUGG, 2022, Fig. 4

- Gesamtfläche Gründach (GD), Deutschland: 120-150 Mio. m².
- Neue Fläche in 2021: 8.681.416 m² davon 82,5 % extensiv
- Extensive GD: 8-15 cm Substratschicht, 80-170 kg/m²
- Pflegeleicht, trockenheitsresistent

BUGG, 2022

Potentielle Vorteile

- Kühlende Effekte
- CO₂-Sequestrierung
- Erhöhung der Artenvielfalt
- Regenwasserrückhaltung
- Ablagerung von Schadstoffen
- Geräuschreduzierung



BUGG, 2022, Fig. 1

Quantifizierung der Effekte?

Unsere ersten Ergebnisse: Extensives GD vs. Schotter



Extensives GD: 9 cm, Sedum, 2011



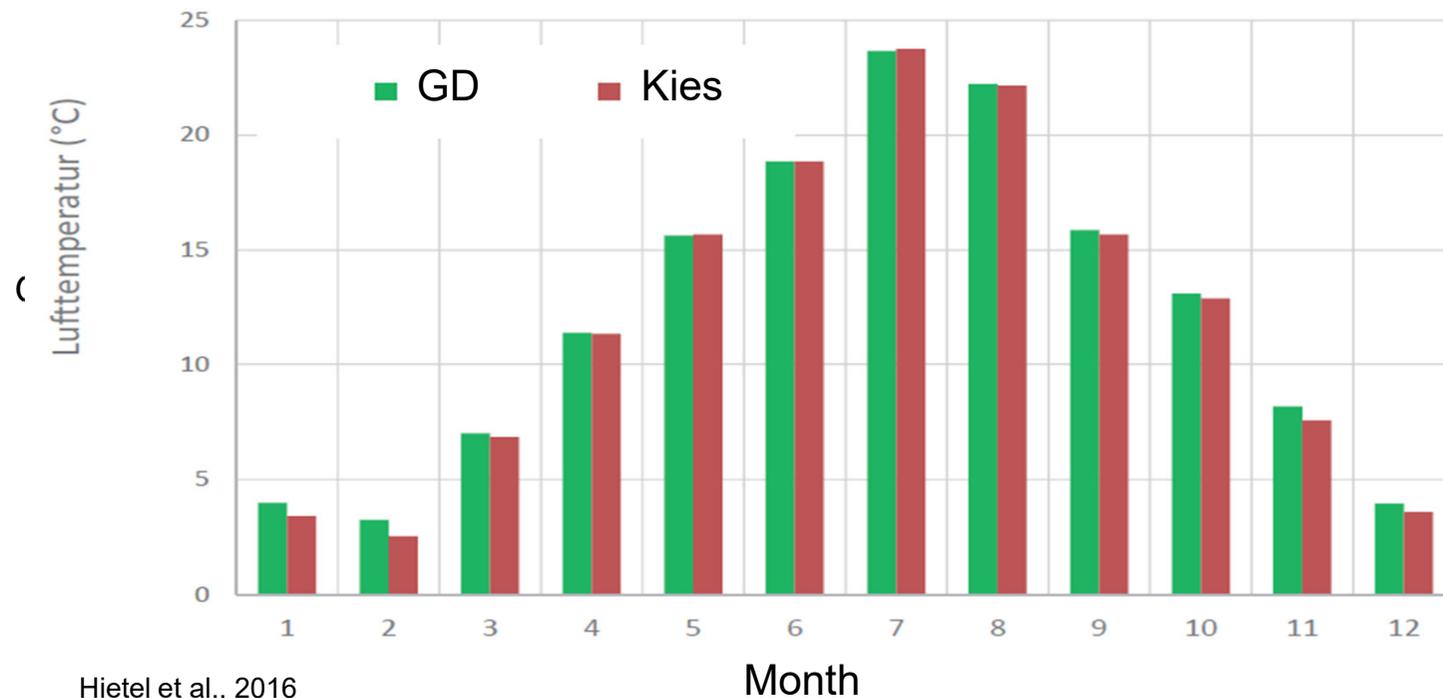
Bitumen and 3 - 5 cm Kies

Hietel et al., 2016



Efficiency of GR

- Mikroklima – geringer Wirkungsgrad (statistisch nicht signifikant): niedrige ET (Sedum + Substrat), geringe Albedo-Differenzen. Höhere Temperaturkontraste auf GD.
- Höhere Artenvielfalt auf GD.
- Bessere Regenwasserrückhaltung ($>0,7$ Rückhaltekoefizient für trockenen Untergrund)



Hietel et al., 2016

GD-Effizienz

Ähnliche Ergebnisse in anderen Studien

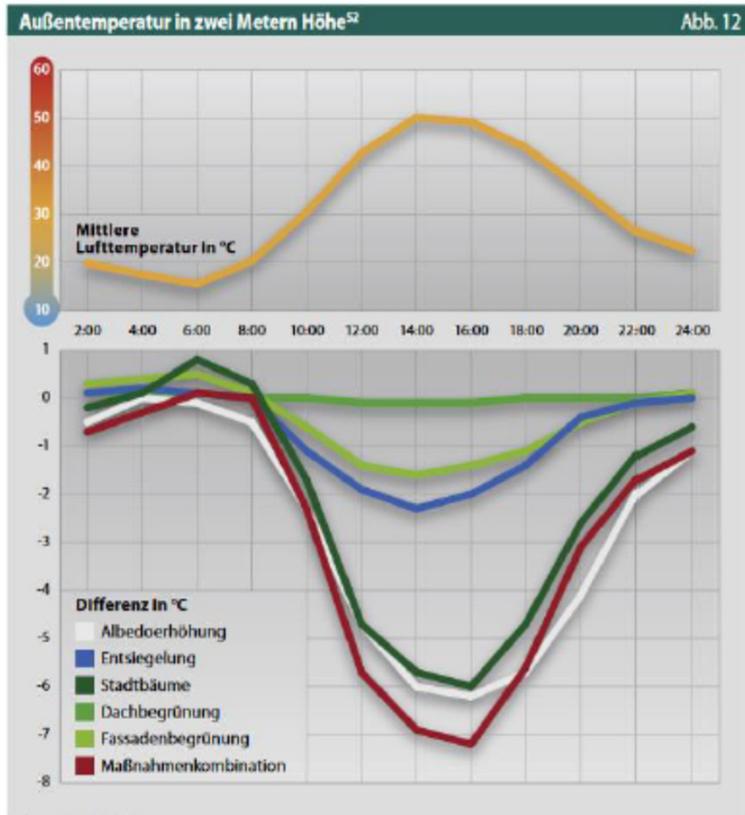
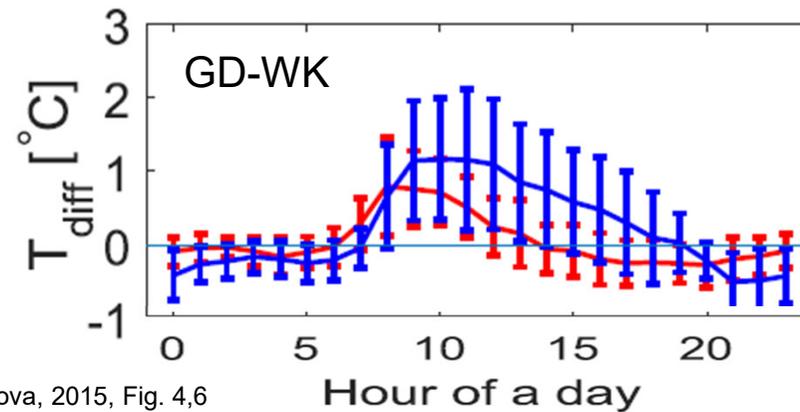
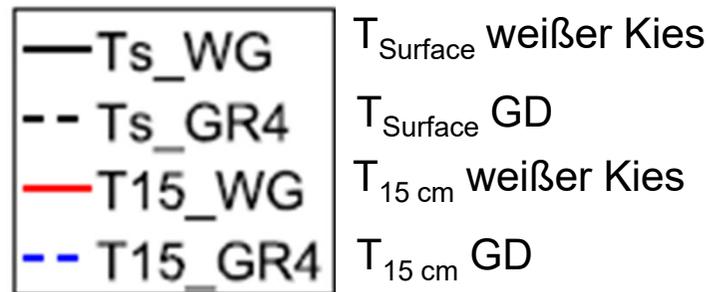
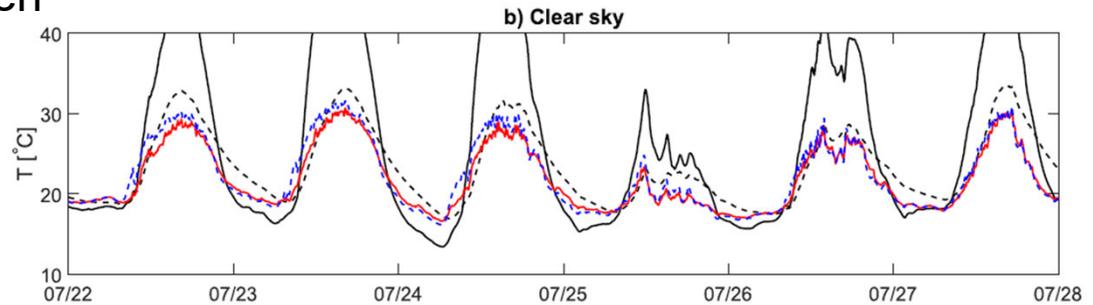


Abbildung 31 Einfluss verschiedener Klimaanpassungsmaßnahmen auf die lokale Außentemperatur (Quelle: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin, 2014)

WOM Report, 2020



Solcerova, 2015, Fig. 4.6

Lösung: semi-intensive Begrünung, Bewässerung

2019 - 2022: Effiziente innovative Begrünung – semi-intensives System mit Regenwasserbewässerung (Effin-Grün)

Ziel:

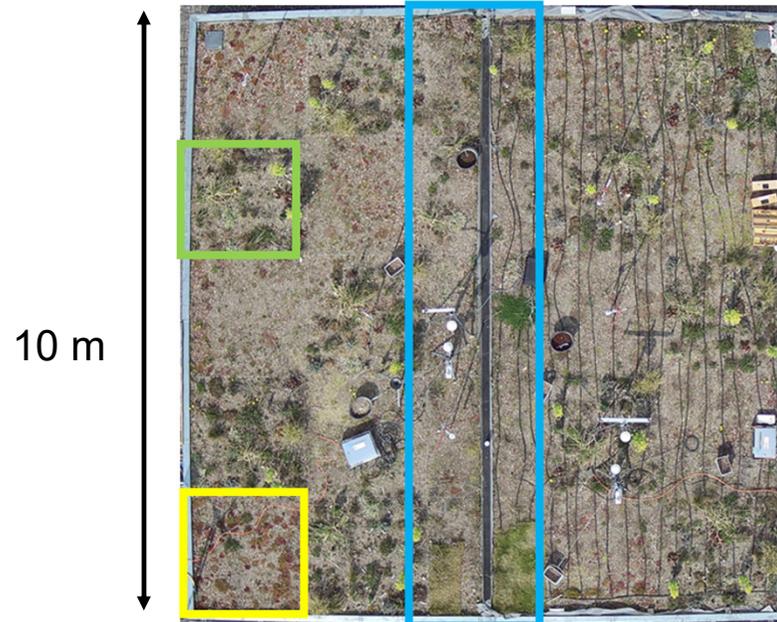
Anpassung an den Klimawandel: Entwicklung eines kühlenden semi-intensiven Gründachs mit Regenwasserbewässerung, die mit Solarenergie gepumpt wird



Transformation Extensiv -> Semi-intensiv



ZinCo GmbH: Struktur+Substrat



Implementierung

Automatische Tropf-/Rieselregenwasserbewässerung (gepumpt mit PV)

Durchschnittliche Bewässerung: 2 mm pro Tag

Angepflanzt: 26 Arten

Messungen:

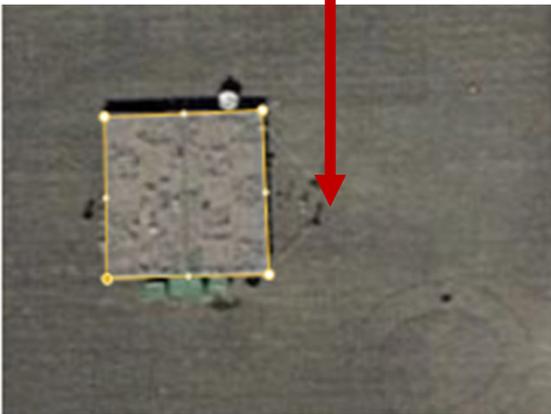
- Automatische Wetterstationen (t0.5, RH, GR, WD, WS, P)
- Messung der THG-Flüsse CO₂, H₂O, CH₄ (Bodenkammermethode, LI-COR 6800, UGGA Los Gatos)
- Drohnenaufnahmen
- Simulation von Starkregenereignissen
- Messung der Abflusswasser-Qualität
- Simulation der Energieflüsse im Gebäude
- Identifizierung von Arthropoden als Indikatorarten
- Measurement of particulate matter on plants (Particle detection software RADIUS)



Vergleich

Semi-intensive Gründächer vs unterschiedlichen Referenzflächen:

Parkplatz, Bingen



Cool roof, Mainz



Bitumedach, Mainz



EFfin-Grün, Final Report, 2022

Vortragsfokus: Gründach vs. Parkplatz in Bingen

Ergebnisse: Biodiversität

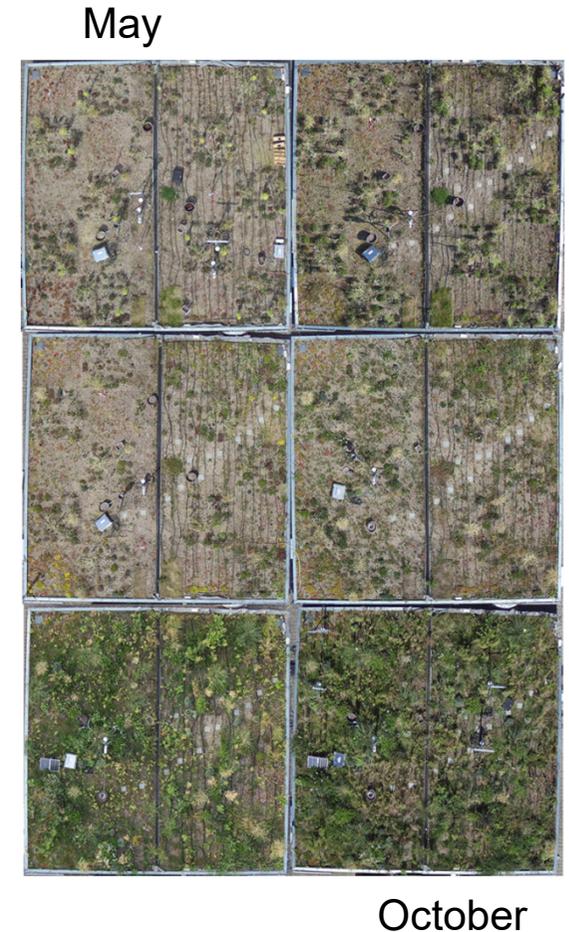
Umstellung: Extensive -> semi-intensive Begrünung
Pflanzung ist effizienter als Aussaat: Schnelle und gezielte Begrünung

Spontanes Wachstum:

- 34 verschiedene Pflanzenarten, 6 Neophyten
- Hohe Abdeckung und hohe Biodiversität.
- Schnelle Lückenfüllung

Semi-intensives GD:

Artenreicher und besserer reproductive Habitat.
Deutlich längere Blütezeit im Vergleich zu extensiven Sedumdächern fördert bestäubende Insekten.



EFFin-Grün, Final Report, 2022

Ergebnisse: Wasserhaushalt und -qualität

- **Infiltration:** 1250mm h⁻¹.
- **Total Wasserretention:** 60L m⁻².
- **Wasserretention:** semi-intensives GD mit Bewässerung: 30-35L m⁻².
- Abflusskoeffizient: 0,22 wurde für ein extensives Gründachmodell mit unbegrüntem Substrat erreicht.
- Bei Pflanzen: keine Erhöhung der Wasserspeicherkapazität. Aber: Niederschlagsabfangen und Verdunstung.
- **Qualität:** Abfließendes Wasser erfüllt die Anforderungen der Trinkwasserverordnung für: pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Ammonium, Nitrit und Nitrat.
- El. Leitfähigkeit: bepflanztes Gründach höher als das unbepflanzte.
- Nitrat: bepflanztes Gründach ist deutlich niedriger als unbepflanzte - erhöhter Denitrifikationsprozess.

Ergebnisse: Wasserhaushalt und -qualität

Für 100 m² semi-intensives Dach

- Bei Bewässerung 2 L m⁻²d⁻¹ erforderliches Volumen von 1,4 m³ pro Woche
- $P_{\text{ann}} = 400$ mm und Abflusskoeffizient von 0,3: bis zu 12 m³ Abflusswasser können für ein 100 m² Dach pro Jahr gespeichert werden.
- Bewässerungreichweite von 60 Tagen.

Bewässerungsproblem in trockenen Regionen, wie z.B. Bingen ($P_{\text{ann}} = 488$ mm a⁻¹).

Data: DLR RLP, 2023 <https://www.wetter.rlp.de/Agrarmeteorologie/Wetterdaten/Alphabetisch/AM101>

Ergebnisse: Feinstaub

Bedingungen:

Windgeschwindigkeit, $V = 0.8 \text{ m s}^{-1}$,

Staub pro Pflanze: $6 * 100 \text{ mg} / 10\text{-min Intervall}$

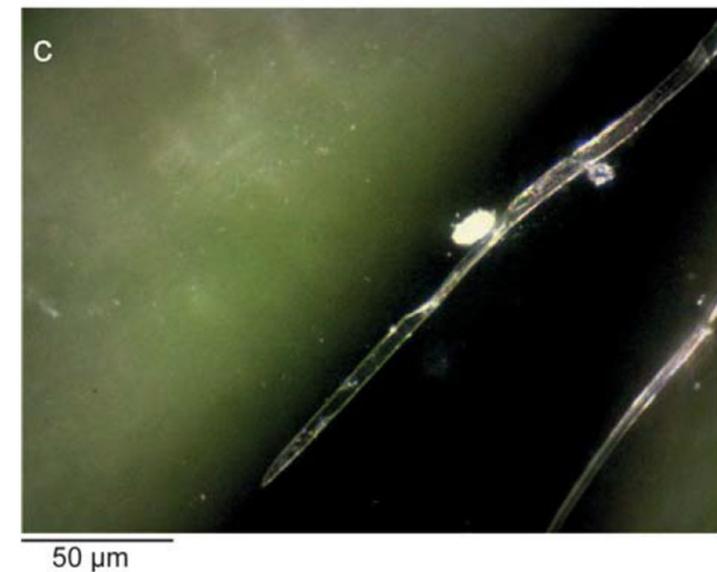
Hauptfaktoren:

Oberflächenstruktur der Blätter: glatt (höchste Partikeldichte), rau, gefaltet;

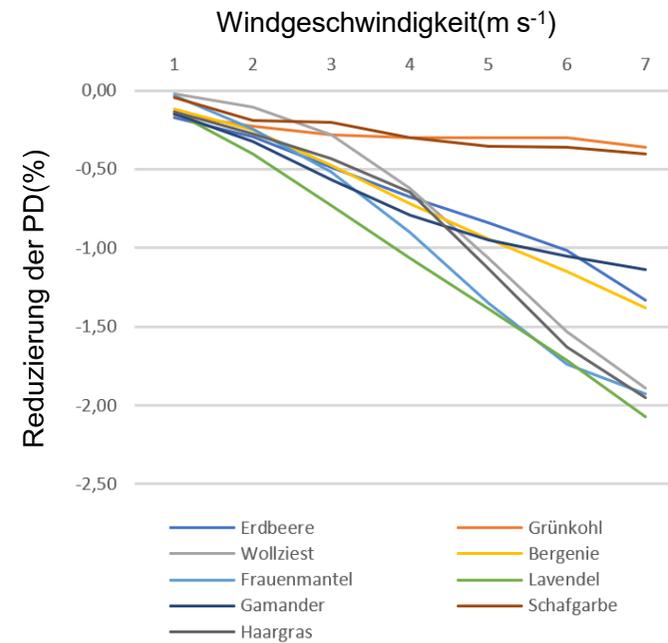
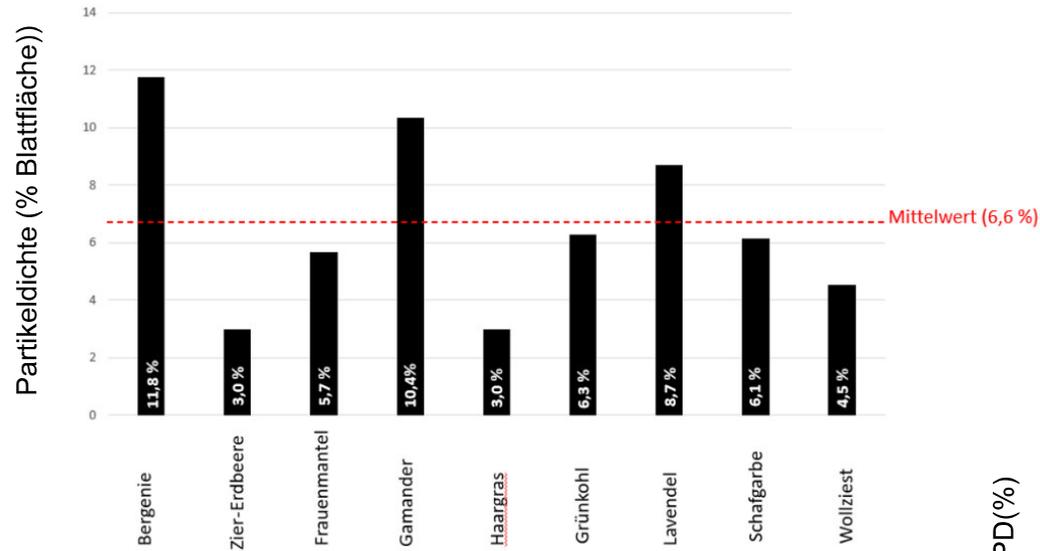
Anzahl und Form der Pflanzenhaare: behaart – weniger PD

Fassungsvermögen bei höherem V : gefaltete Struktur

Keine der getesteten Pflanzen erfüllt alle Anforderungen optimal.



Ergebnisse: Feinstaub



Ergebnisse: Mikroklima

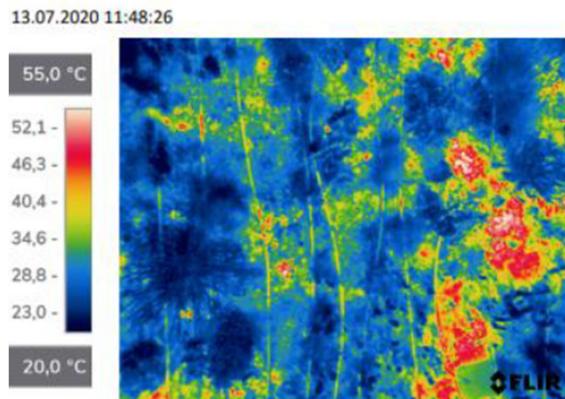
Albedo (Frühling - Sommer)

Begrüntes Dach 0.15 – 0.174 (Sedum 0,16 – 0,172)

Parkplatz 0.139 – 0.145

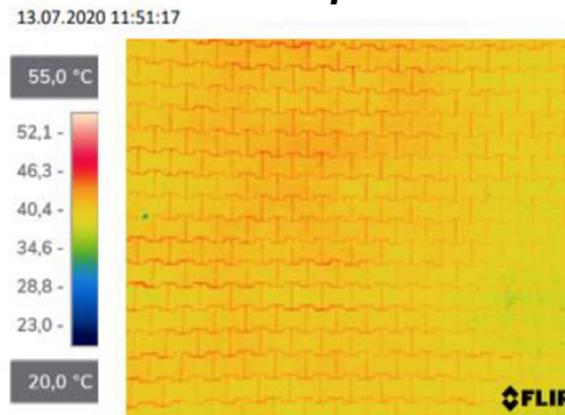
Oberflächentemperatur

Semi-int. Begrüntes Dach



EFFin-Grün, Final Report, 2022

Parkplatz



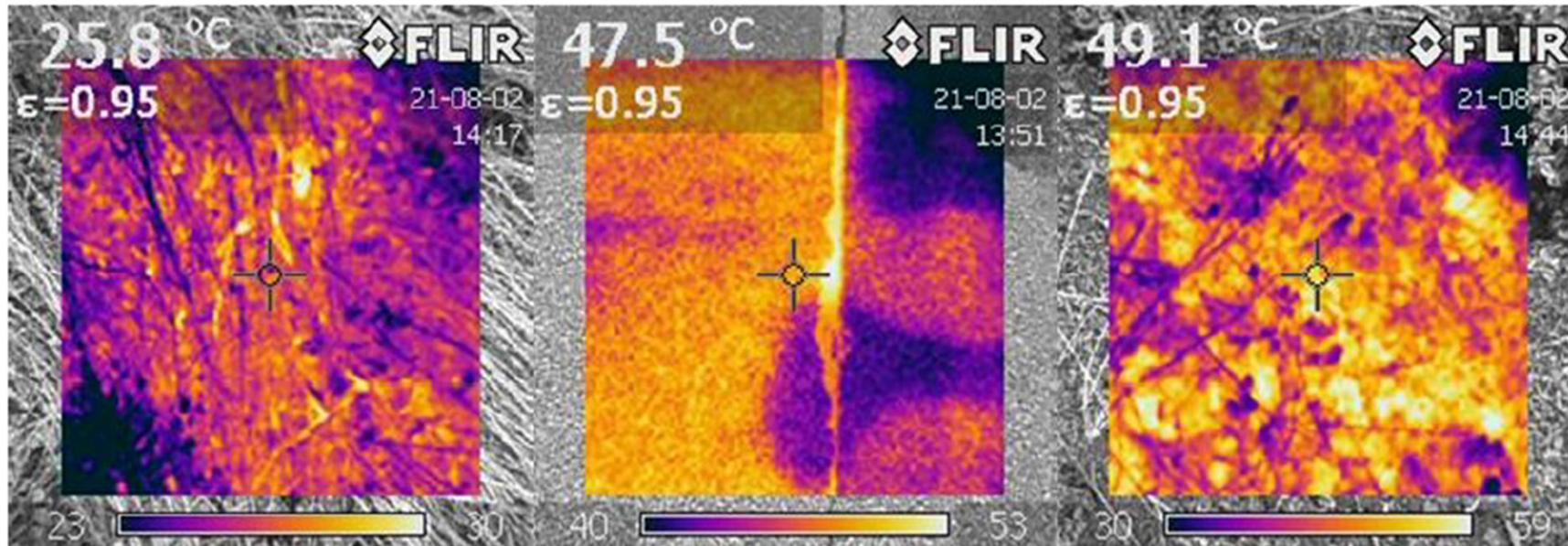
NR01 Hukseflux

Ergebnisse: Mikroklima, Effekt der Bewässerung

Bewässert semi-intensives GD

Bitumen-Dach

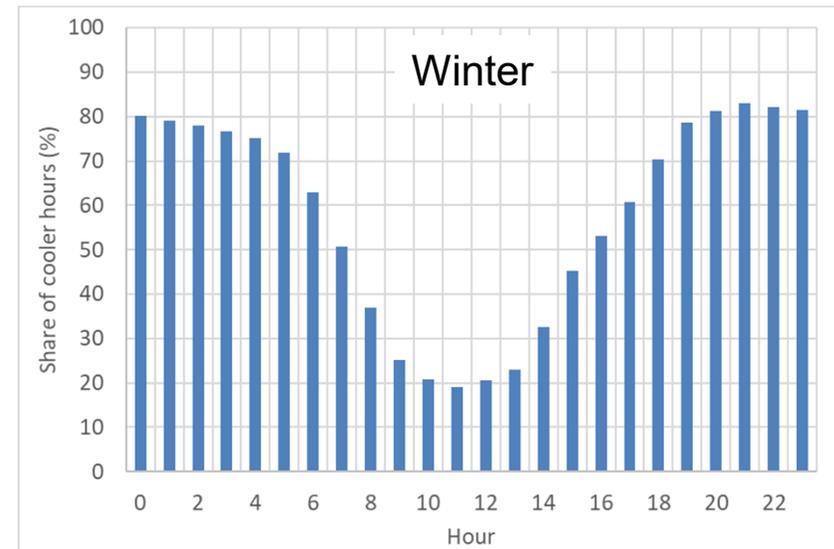
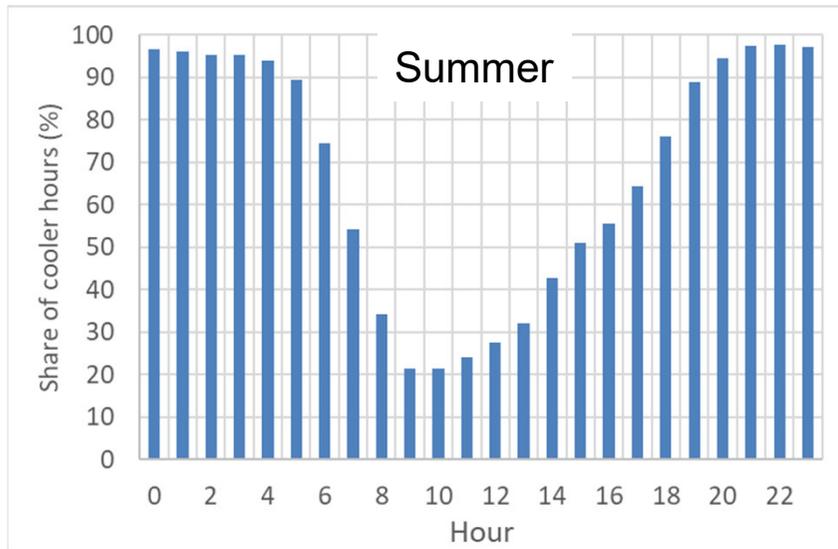
Extensives GD



EFFin-Grün, Final Report, 2022

Ergebnisse: Lufttemperatur

Grünes Dach vs. Parkplatz



Ergebnisse: Lufttemperatur

Begrüntes Dach:

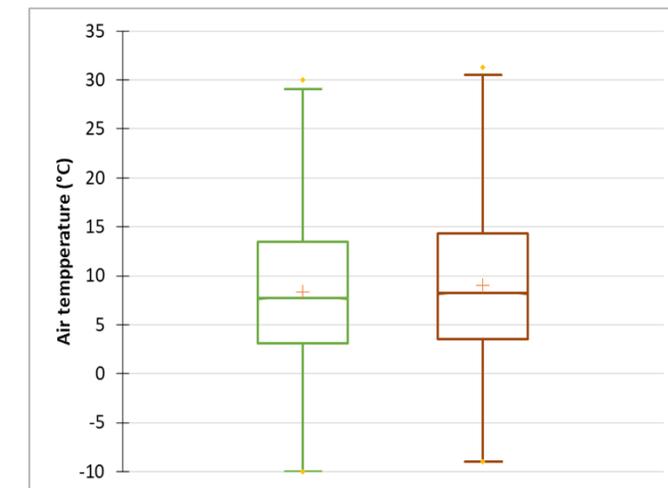
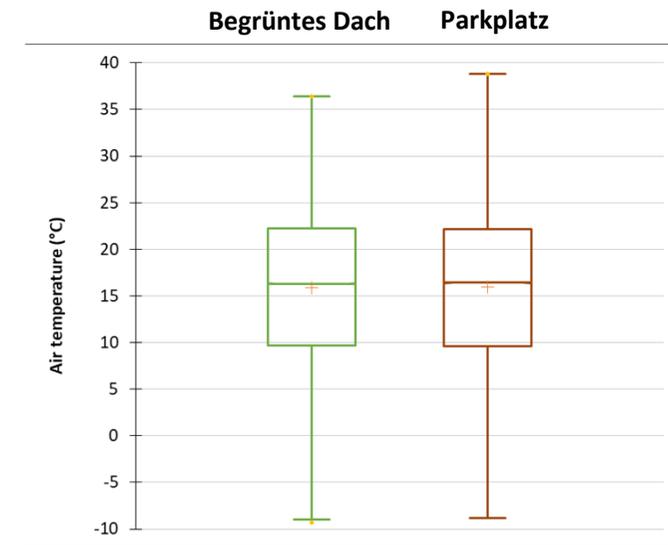
Parkplatz:

Tag, $GR > 5 \text{ W m}^{-2}$

$T_{\text{day, mean}}$	$15.85 \pm 8.1^\circ\text{C}$	$15.95 \pm 8.2^\circ\text{C}$
$T_{\text{day, max}}$	36.4°C	38.8°C
$T_{\text{day, min}}$	$-9,3^\circ\text{C}$	$-8,8^\circ\text{C}$

Nacht, $GR < 5 \text{ W m}^{-2}$

$T_{\text{night, mean}}$	$8.4 \pm 6.5^\circ\text{C}$	$9.01 \pm 6.8^\circ\text{C}$
$T_{\text{night, max}}$	30.0°C	31.3°C
$T_{\text{night, min}}$	-10.0°C	$-9,1^\circ\text{C}$



Ergebnisse: Lufttemperatur

windstiller Tag ($GR > 5 \text{ W m}^{-2}$, $V < 0,2 \text{ m s}^{-1}$)

	n	T_{\min}	T_{\max}	T_{mean}	StDev
Begrüntes Dach:	6197	-8,2	29,9	10,5	6,7
Parkplatz:		-7,625	32,77	10,952	6,878

windstiller Nacht ($GR > 5 \text{ W m}^{-2}$, $V < 0,2 \text{ m s}^{-1}$)

32015	-10,0	27,8	8,13	6,4
	-8,71	31,11	8,95	6,697

$p < 0.001$

Theis, 2022

Results: Air temperature

Sommertag ($t_{max} \geq 25^{\circ}\text{C}$)

	n	T_{min}	T_{max}	T_{mean}	StDev
Begrüntes Dach:	36559	25,0	36,4	28,16	2,23
Parkplatz:	36559	25,00	38,81	29,02	2,609
	36559	25,00	38,21	28,49	2,618

Heißer Tag ($t_{max} \geq 30^{\circ}\text{C}$)

Begrüntes Dach:	6397	30,0	36,4	31,87	1,403
Parkplatz:	6397	30,03	38,81	33,43	1,824
	6397	30,0	38,21	32,89	1,796

$p < 0.001$

Theis, 2022

Results: Air temperature and RH

windstiller Sommertag ($t_{max} \geq 25^{\circ}\text{C}$, $V < 0,2 \text{ m s}^{-1}$)

	n	T_{min}	T_{max}	T_{mean}	StDev
Begrüntes Dach:	87	25,00	29,00	26,77	1,34
Parkplatz:	87	25,54	32,77	29,34	1,67

	n	RH_{min}	RH_{max}	RH_{mean}	StDev
Begrüntes Dach:	87	37,30	81,60	54,55	10,13
Parkplatz:	87	31,05	64,73	42,67	7,20

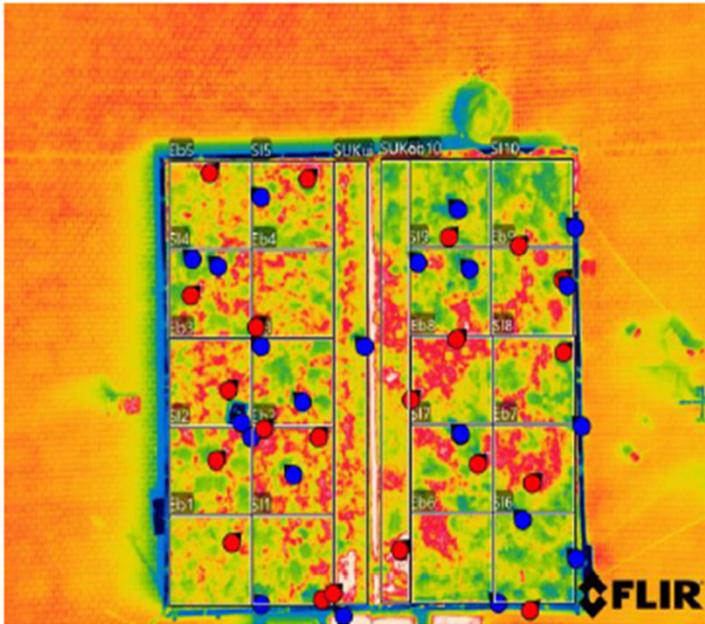
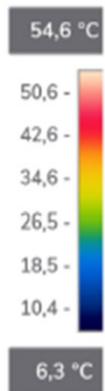
$p < 0.001$

Theis, 2022

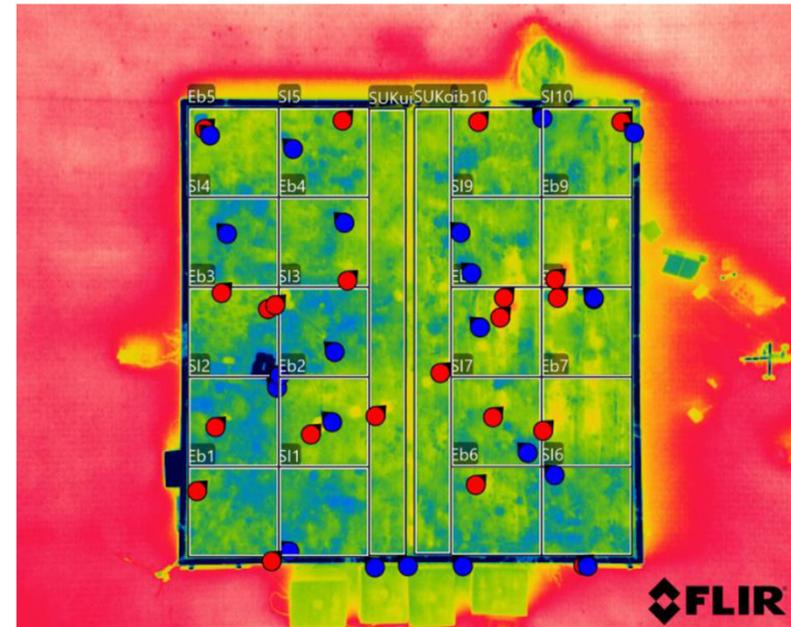
Ergebnisse: Kühlende Pflanzen

Drohne Thermalaufnahme

13.07.2020
12:21 Uhr



19.08.2020
19:06 Uhr



Kühlende Pflanzen: Pampasgrass, Schafgarbe, Ysop, Zittergrass, Lavendel und Frauenmantel

Ritter, 2022

Zusammenfassung

Semi-intensive Dachbegrünung – zahlreiche Vorteile und höhere Effizienz im Vergleich zum extensiven GD

- Die automatisierte Regenwasserbewässerung ist relativ einfach zu installieren.
- Kühlende Effekte, besonders an heißen Tagen und Sommernächten
- Höhere Artenvielfalt
- Ablagerung von Luftschadstoffen
- Retention vom Regenwasser

Hauptproblem in trockenen Regionen: Verfügbarkeit von Regenwasser

Mögliche Lösungen: Nutzung von Wasser aus Nachbardächern, alternative Bewässerungswasserquellen z.B. Grundwasser, Grauwasser

Literatur

BuGG-Marktreport Gebäudegrün 2022, Dach-, Fassaden- und Innenraumbegrünung, ISSN 2750-3763, 63 pp.

Hietel, E., Panferov, O., Rößner, U., 2016, Extensive Dachbegrünungen im urbanen Raum- Bedeutung der kleinflächigen Dachbegrünungen für Lokalklima, Wasserhaushalt und Biodiversität, Transforming Cities 3:18-22.

Hietel, E., Panferov, O., Rößner, U., Seelos, K., Lorenz-Haas, C., Warnecke, B., Wustmann, J., 2020, Semi-intensive Dachbegrünung - Ein innovatives Klimaanpassungs- und Umweltschutzinstrument, Transforming Cities 3: 58-65.

EffinGrün, 2022, Final report, UAS Bingen, Förderkennzeichen 67DAS148, 118 pp.

Ritter, S., 2022, Cooling effects of different green roof plants using a roof model, BSc Thesis, UAS Bingen, 98 pp.

Solcerova, A., van de Ven, F., Wang, M., Rijdsdijk, M., van de Giesen, N.: Do green roofs cool the air?. Building and Environment 111 (2017) S. 249 – 255.

Theis, G., 2022, Untersuchung der mikroklimatischen Auswirkungen der semi-intensiven Dachbegrünung anhand einer Dauermessung, BSc Thesis, UAS Bingen, 98 pp.

Appendix 1

Example of a planted plot

<i>Briza media</i> (Mittleres Zittergras)	<i>Brassica oleracea</i> convar. <i>capitata</i> var. <i>sabauda</i> (Wirsing)	<i>Teucrium chamaedrys</i> (Edel-Gamander)	<i>Stachys byzantina</i> (Woll-Ziest)	<i>Geranium renardii</i> (Kaukasus Storchschnabel)	<i>Borago officinalis</i> „Alba“ (Borretsch)	<i>Bergenia cordifolia</i> „Abendglut“ (Herzblättrige Bergenie)
<i>Achillea millefolium</i> (Gemeine Schafgarbe)	<i>Cortaderia selloana</i> (Pampasgras)	<i>Campanula rotundifolia</i> „Pumila“ (Rundblättrige Glockenblume)	<i>Geranium renardii</i> (Kaukasus Storchschnabel)	<i>Lavandula angustifolia</i> (Echter Lavendel)	<i>Dianthus carthusianorum</i> (Kartäusernelke)	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>sabellica</i> (Grünkohl)
<i>Campanula rotundifolia</i> „Pumila“ (Rundblättrige Glockenblume)	<i>Nicotiana tabacum</i> (Virginischer Tabak)	<i>Borago officinalis</i> „Alba“ (Borretsch)	<i>Buglossoides purpur-oaerulea</i> (Blauroter Steinsame)	<i>Teucrium chamaedrys</i> (Edel-Gamander)	<i>Stachys byzantina</i> (Woll-Ziest)	<i>Dianthus carthusianorum</i> (Kartäusernelke)
	<i>Fragaria x ananassa</i> (Gartenerdbeere)	<i>Festuca amethystina</i> (Amethyst-Schwingel)	<i>Achillea millefolium</i> (Gemeine Schafgarbe)	<i>Hyssopus officinalis</i> (Ysop)	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>sabellica</i> (Grünkohl)	
<i>Alchemilla epipsila</i> (Kahler Frauenmantel)	<i>Bergenia cordifolia</i> „Abendglut“ (Herzblättrige Bergenie)	<i>Briza media</i> (Mittleres Zittergras)	<i>Brassica oleracea</i> convar. <i>capitata</i> var. <i>sabauda</i> (Wirsing)	<i>Alchemilla epipsila</i> (Kahler Frauenmantel)	<i>Dianthus deltoides</i> „Leuchtfunk“ (Heide-Nelke)	<i>Dianthus deltoides</i> „Leuchtfunk“ (Heide-Nelke)
<i>Cortaderia selloana</i> (Pampasgras)	<i>Festuca amethystina</i> (Amethyst-Schwingel)	<i>Nicotiana tabacum</i> (Virginischer Tabak)	<i>Fragaria x ananassa</i> (Gartenerdbeere)	<i>Lavandula angustifolia</i> (Echter Lavendel)	<i>Hyssopus officinalis</i> (Ysop)	<i>Buglossoides purpur-oaerulea</i> (Blauroter Steinsame)

Surface t: sedum vs planted plots

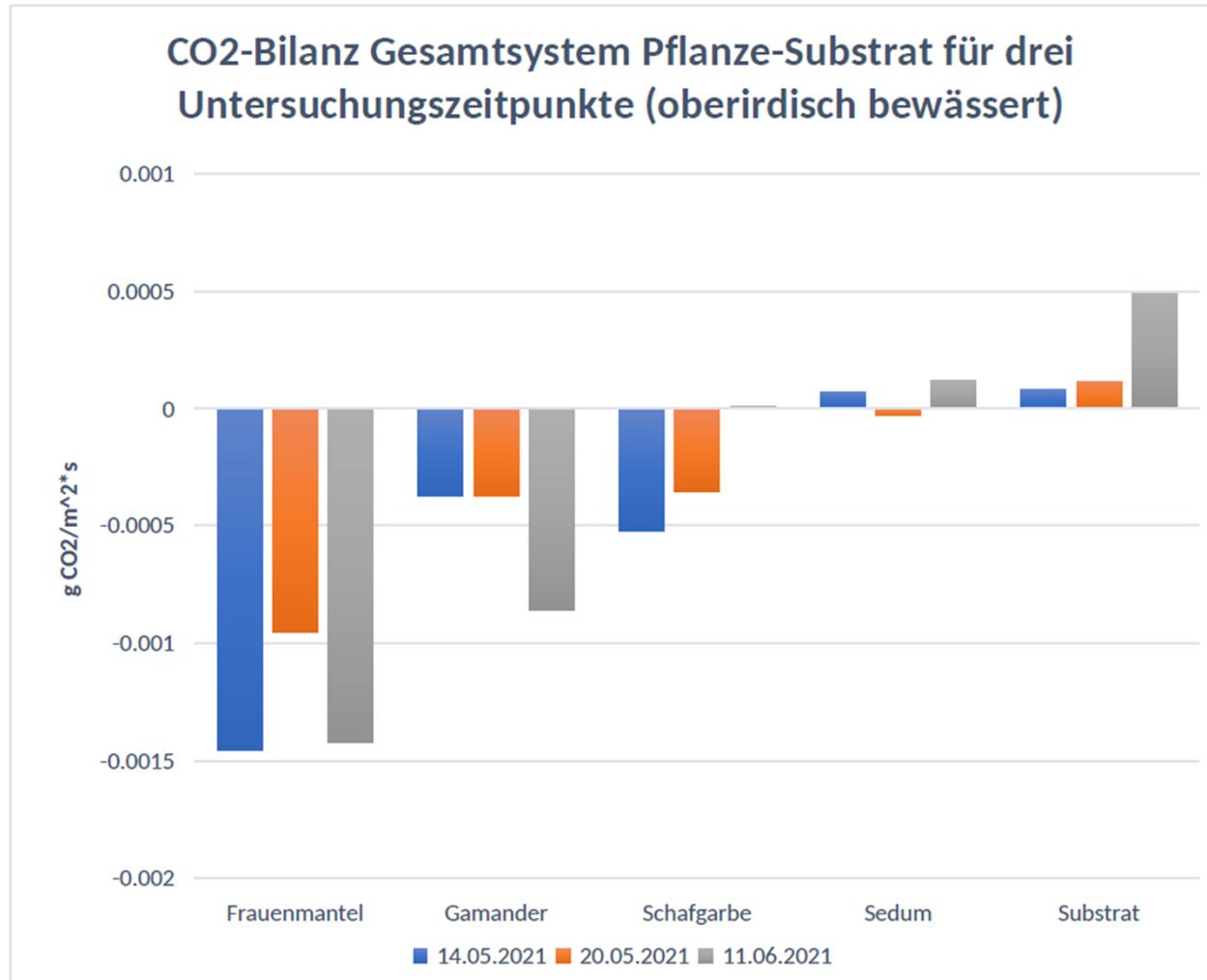
Thermo- gramm Nummer	extensiv bewässerte Parzellen (E _b)		semi-intensive Parzellen (SI)		Temperatur- differenz E _b - SI in °C
	Durchschnitts- temperatur in °C	Standard- abweichung	Durchschnitts- temperatur in °C	Standard- abweichung	
1	40,30	1,48	36,11	1,94	4,19
2	42,25	1,69	37,71	2,04	4,54
3	36,43	2,63	34,82	1,88	1,61
4	24,64	0,68	24,00	0,67	0,64
5	25,54	0,84	24,43	1,30	1,11
6	23,22	1,05	21,88	0,65	1,34
Mittel	32,06	1,40	29,83	1,41	2,24

Appendix 2

Albedomessung 2.8.2021			
	Min	Max	avg
Gründach	13,3	19,5	15,6
Coolroof	28,6	44,4	38,5

Albedomessung 2.8.2021			
	Min	Max	avg
Gründach	17,6	21,4	19,5
Bitumen	12	13,4	12,9

Appendix 3



Appendix 4, GHG-Fluxes

Messungen von Treibhausgasaustausch (CO_2 , H_2O , CH_4) zwischen Begrünungspflanzen, Substrat und der Atmosphäre.

Geräte: Gas-Analysatoren Li-Cor 8100 (Survey Chamber, Clear Chamber) und UGGA Los Gator Research



Geplant: unterschiedliche Pflanzenarten, inkl. Sedum und Substrat (Optigrün, Zinco, Palaterra)



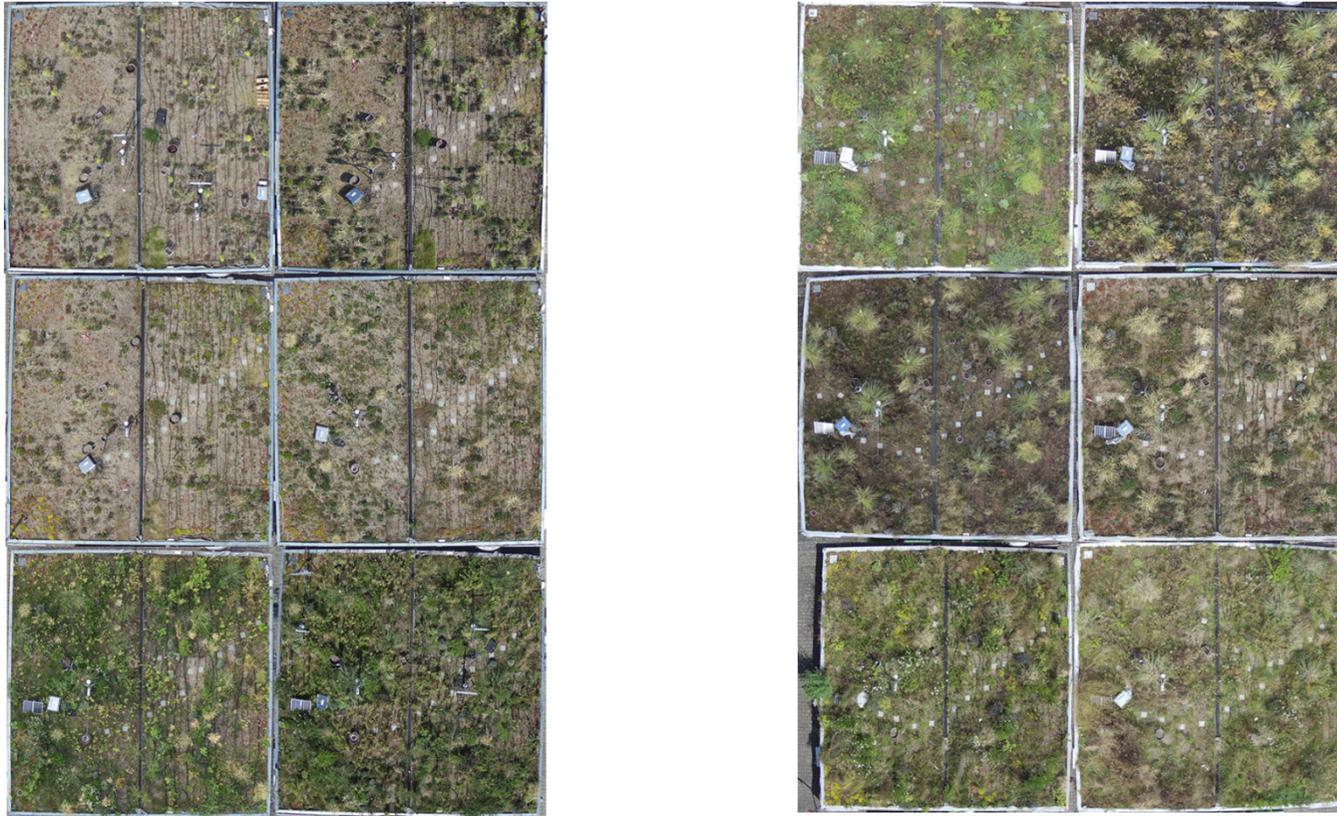
Ergebnisse Sedum: THG Austausch unter verschiedenen Bedingungen (Temperatur, Bodenfeuchte, Globalstrahlung)

Substrat CO_2 -Quelle bis $0,9 \text{ ppm}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$,
 CH_4 -Senke bis $-1,8 \cdot 10^{-4} \text{ ppm}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$

Sedum: CO_2 -Senke bis $-600 \text{ ppm}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$,
 CH_4 -Quelle bis $0,15 \text{ ppm}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$

Optimale Bedingungen: T zw. $27\text{-}32^\circ\text{C}$, RF: $58\% - 78\%$

Appendix 5



Drohnenaufnahmen der Modelldachfläche an der TH Bingen für den Zeitraum Mai bis September 2020 (linke Abbildung von links oben nach rechts unten) und für den Zeitraum Oktober 2020 bis Mai 2021 (rechte Abbildung von links oben nach rechts unten).

Appendix 6

Bitumen roof, Mainz

<i>windstill Tag</i>	Lufttemperatur Gründach Uni	679	-7,38	26,79	12,07	5,52	0,000
	Lufttemperatur Uni Mainz Bitumen	679	-7	30,5	13,12	5,72	
<i>schwacher Wind Tag</i>	Lufttemperatur Gründach Uni	28875	-8,81	38,13	18,94	7,90	0,299
	Lufttemperatur Uni Mainz Bitumen	28875	-8,9	36,4	18,86	7,62	
<i>starker Wind Tag</i>	Lufttemperatur Gründach Uni	1508	-4,02	35,62	17,15	7,45	0,675
	Lufttemperatur Uni Mainz Bitumen	1508	-4	35,3	17,06	7,30	
<i>windstill Nacht</i>	Lufttemperatur Gründach Uni	3284	-7,43	25,24	11,42	5,48	<0,0001
	Lufttemperatur Uni Mainz Bitumen	3284	-6,6	28,2	12,73	5,71	
<i>schwacher Wind Nacht</i>	Lufttemperatur Gründach Uni	21118	-9,4	29,68	11,33	6,88	<0,0001
	Lufttemperatur Uni Mainz Bitumen	21118	-9,6	30,4	11,92	7,09	
<i>starker Wind Nacht</i>	Lufttemperatur Gründach Uni	442	-2,41	28,02	10,46	5,82	0,320
	Lufttemperatur Uni Mainz Bitumen	442	-2,4	28,2	10,64	5,83	
<i>windstill Tag</i>	Relative Feuchte Gründach Uni	679	43,54	100	93,65	9,60	<0,0001
	Relative Feuchte Uni Mainz Bitumen	679	31,5	98	82,86	12,58	
<i>schwacher Wind Tag</i>	Relative Feuchte Gründach Uni	28875	16,23	100	66,44	20,89	<0,0001
	Relative Feuchte Uni Mainz Bitumen	28875	18,6	98,1	60,45	18,97	
<i>starker Wind Tag</i>	Relative Feuchte Gründach Uni	1508	22,23	98,41	60,48	17,09	<0,0001
	Relative Feuchte Uni Mainz Bitumen	1508	23,2	93	56,13	15,39	
<i>windstill Nacht</i>	Relative Feuchte Gründach Uni	3284	41,85	100	91,86	9,54	<0,0001
	Relative Feuchte Uni Mainz Bitumen	3284	34,4	97,8	82,64	11,25	
<i>schwacher Wind Nacht</i>	Relative Feuchte Gründach Uni	21118	29,59	100	83,91	14,68	<0,0001
	Relative Feuchte Uni Mainz Bitumen	21118	28,5	97,8	77,04	13,97	
<i>starker Wind Nacht</i>	Relative Feuchte Gründach Uni	442	47,87	99,03	80,78	11,10	<0,0001
	Relative Feuchte Uni Mainz Bitumen	442	45,5	94,8	75,59	10,16	

Appendix 7

Cool roof, Mainz

<i>Tag windstill</i>	Lufttemperatur Gründach IGS	524	0,06	31,11	15,03	5,09	0,63
	Lufttemperatur Coolroof	524	-0,1	33,4	15,24	5,24	
<i>Tag leichter Wind</i>	Lufttemperatur Gründach IGS	730	-0,1	36,88	14,59	5,72	0,39
	Lufttemperatur Coolroof	730	-0,4	36,9	14,88	5,82	
<i>Tag starker Wind</i>	Lufttemperatur Gründach IGS	639	9,39	37,39	20,39	4,63	0,90
	Lufttemperatur CoolRoof	639	9,3	36,8	20,40	4,55	
<i>Nacht windstill</i>	Lufttemperatur Gründach IGS 5	3761	-0,8	28,77	14,21	4,68	0,99
	Lufttemperatur CoolRoof	3761	-1,2	29,6	14,23	4,71	
<i>Nacht leichter Wind</i>	Lufttemperatur Gründach IGS	19295	-0,83	30,76	14,74	5,26	0,002
	Lufttemperatur CoolRoof	19295	-1,3	30,7	14,59	5,31	
<i>Nacht starker Wind</i>	Lufttemperatur Gründach IGS	56	10,95	22,46	19,28	4,24	0,28
	Lufttemperatur CoolRoof	56	10,9	22,4	19,15	4,24	
<i>Tag windstill</i>	Relative Feuchte Gründach IGS	524	31,91	100	82,92	14,40	<0,0001
	Relative Luftfeuchte CoolRoof	524	29,2	97,2	77,87	15,05	
<i>Tag leichter Wind</i>	Relative Feuchte Gründach IGS	730	21,16	100	83,06	14,92	<0,0001
	Relative Luftfeuchte CoolRoof	730	21,9	98,2	77,73	15,04	
<i>Tag starker Wind</i>	Relative Feuchte Gründach IGS	639	27,3	93,41	51,28	12,80	0,001
	Relative Luftfeuchte CoolRoof	639	27,2	89,1	48,99	11,40	
<i>Nacht windstill</i>	Relative Feuchte Gründach IGS	3761	35,21	100	83,94	13,44	<0,0001
	Relative Luftfeuchte CoolRoof	3761	34,4	98	79,62	13,37	
<i>Nacht leichter Wind</i>	Relative Feuchte Gründach IGS	19295	33,52	100	80,50	15,06	<0,0001
	Relative Luftfeuchte CoolRoof	19295	32,7	98,1	77,04	14,06	
<i>Nacht starker Wind</i>	Relative Feuchte Gründach IGS	56	44,09	94,31	63,33	14,97	0,208
	Relative Luftfeuchte CoolRoof	56	43,7	89,8	61,25	13,11	