



12.11.2025 BMLEH/ JKI: 15. Fachsymposium Stadtgrün

**„Kosten der Kühlung und Isolierung von Gebäuden:
Energieeffiziente Gebäudekühlung“**

Marco Schmidt

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
TU Berlin Institut für Architektur



Bundesinstitut
für Bau-, Stadt- und
Raumforschung
im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung





Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit



Weißbuch Stadtgrün

Grün in der Stadt – Für eine lebenswerte Zukunft



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit

Leitfaden Nachhaltiges Bauen

Zukunftsfähiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden

Bundesministerium
für Wohnen, Stadtentwicklung
und Bauwesen

Hochwasserschutzfibel

Objektschutz und bauliche Vorsorge

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)

div. Veröffentlichungen kostenlos
zu bestellen sowie Download
unter www.bbsr.bund.de

www.nachhaltigesbauen.de
www.gruen-in-der-stadt.de

**Ökologisches
Baustoffinformationssystem:**

www.wecobis.de



Bundesinstitut
für Bau-, Stadt- und
Raumforschung
im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung





KLIMAANGEPASSTE GEBÄUDE UND LIEGENSCHAFTEN

Empfehlungen für Planende,
Architektinnen und Architekten
sowie Eigentümerinnen und
Eigentümer

2., überarbeitete Auflage

ZUKUNFT BAUEN: FORSCHUNG FÜR DIE PRAXIS | Band 30



ZUKUNFT BAU
FÖRDERN FORSCHEN ENTWICKELN

BBSR-
Online-Publikation
97/2024

von

Prof. Dr. Anton Maas
Dr. Stephan Schlitzberger
Dr. Mario Vukadinovic
Prof. Dr. Martin H. Spitzner
Lutz Dorsch

Weiterentwicklung von Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz von Gebäuden

Bundesinstitut
für Bau-, Stadt- und
Raumforschung
im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung



Zukunft Bau Kongress 2025: Architektur als gesellschaftliche Aufgabe

21.–22. Mai 2025 | WCCB Bonn
Dokumentation www.zukunftbau.de

ZUKUNFT BAU
FÖRDERN FORSCHEN ENTWICKELN

Bundesministerium
für Wohnen, Stadtentwicklung
und Bauwesen

BBSR

KONTAKT PRESSE

PROGRAMME FÖRDERUNG PROJEKTE MEDIATHEK VERANSTALTUNGEN

[Startseite](#) / [Veranstaltungen](#) / [Zukunft Bau Kongresse](#) / [Zukunft Bau Kongress 2025](#)

Zukunft Bau Kongress 2025
zusammen_bauen: Architektur als gesellschaftliche Aufgabe
21.–22. Mai 2025 | WCCB Bonn + Livestream





- **oben: Bunker St.Pauli Hamburg, Bauphase 10.5.23**
- **rechts oben: Nullemissionsbürogebäude HafenCity GmbH**
- **rechts unten: DESY Halle 36, Hamburg**



**Plusenergiegebäude
Umweltbundesamt
(UBA) Dessau**



**Bundesinstitut
für Bau-, Stadt- und
Raumforschung**

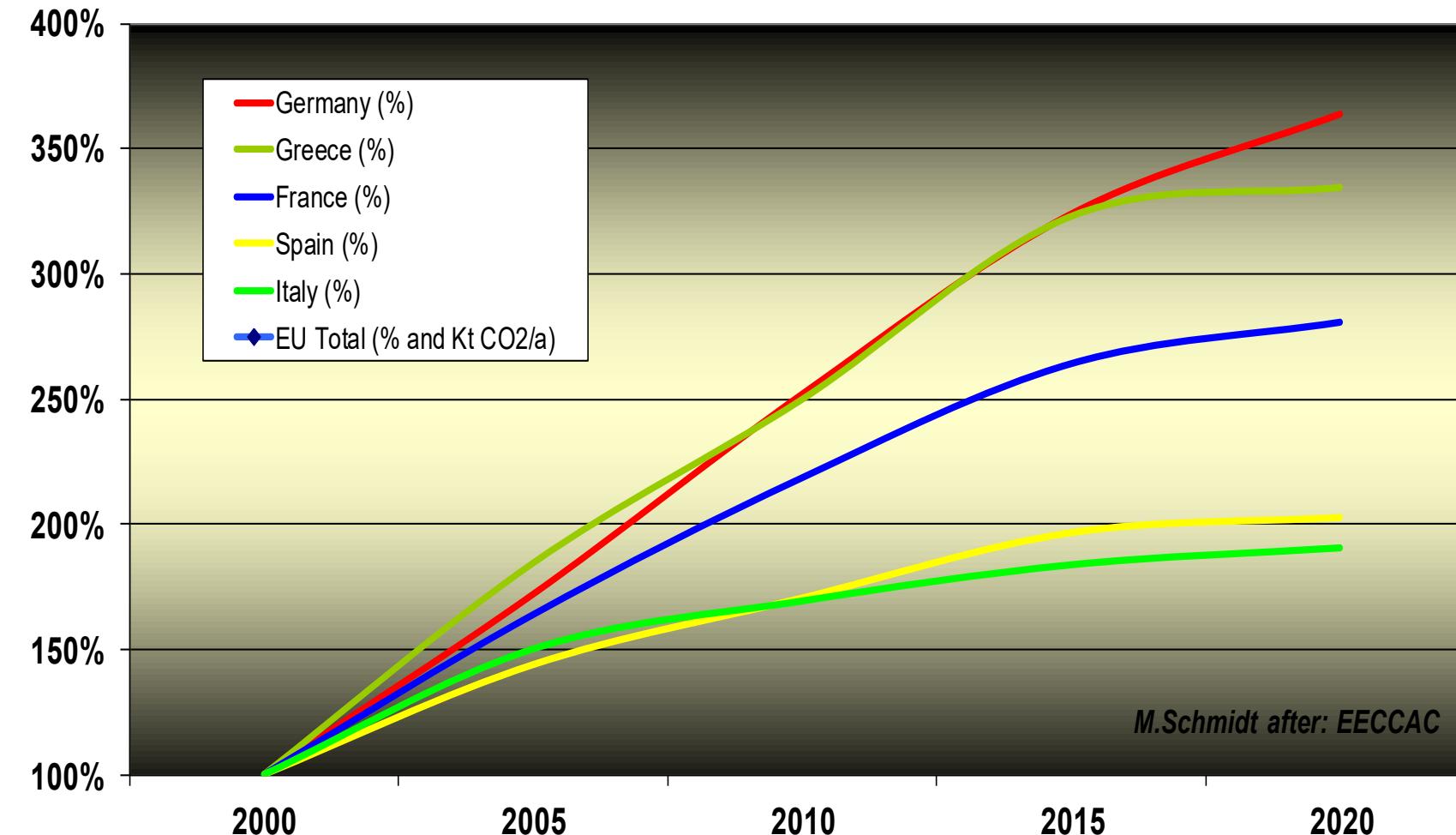
im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung





**BMWE Forschungsprojekt
„Energieeffiziente Gebäudekühlung“
Förderkennzeichen: 03ETW020**

- **taz Verlagsgesellschaft AP1 (TAZ)**
- **Heinrich Böll Stiftung (HBS)**
- **INTEWA, Aachen (INT)**
- **Universitätsklinikum Frankfurt am Main (KGU)**
- **Freilacke, Döggingen (Schwarzwald) (FL)**
- **Bürogebäude Mittenwalde (MW)**
- **Landtag Brandenburg, Potsdam (LB)**
- **Institut für Physik, HU Berlin Adlershof (AP)**
- **ufaFabrik Berlin-Tempelhof (UFA)**
- **Potsdamer Platz (PP)**
- **DESY, Hamburg (DSY)**



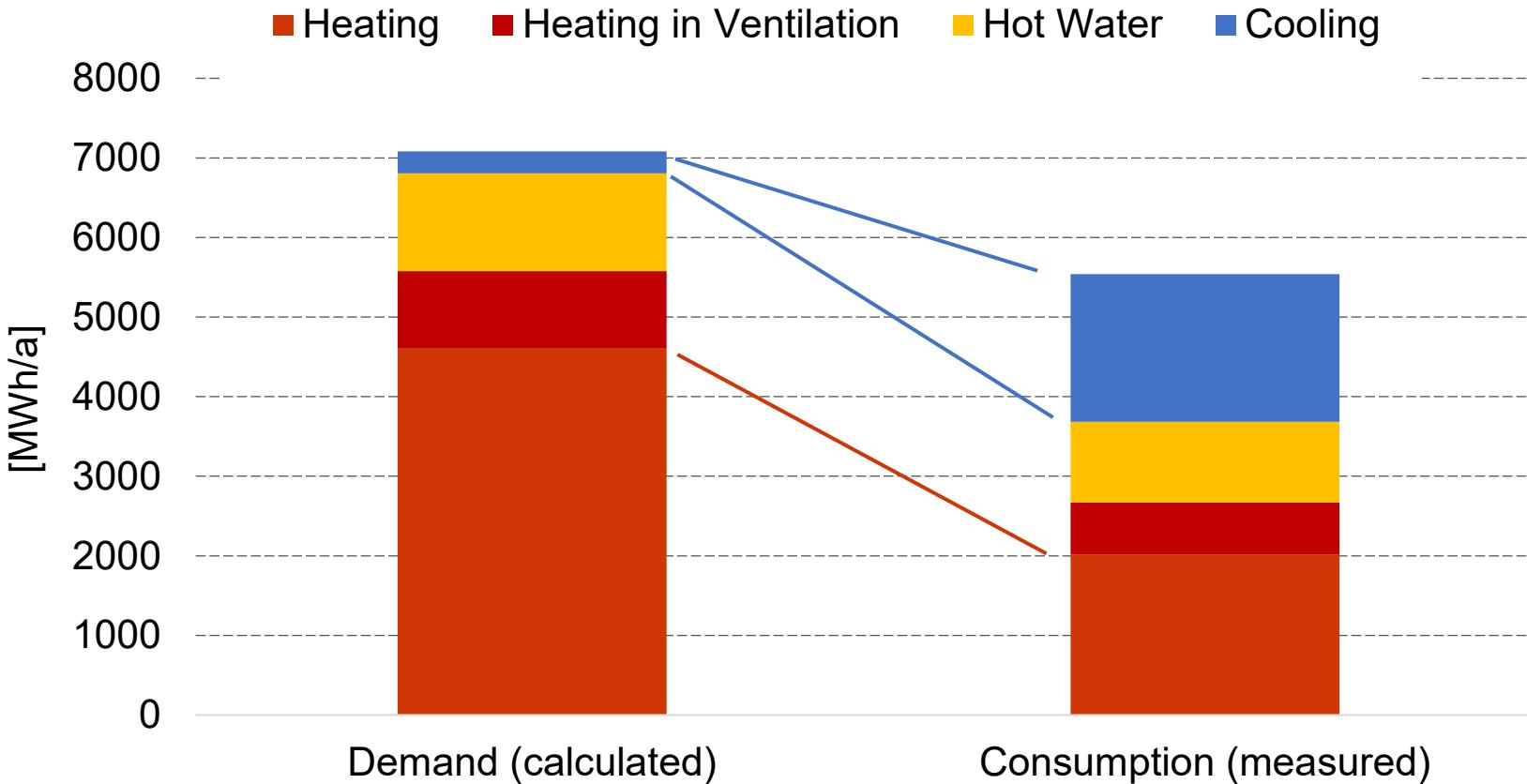
Ziel Deutschland 2020:
Reduzierung des
Energieverbrauchs von
Gebäuden im Zeitraum
1990-2020: **50%**

Zielkonflikt:
Erhöhung des
Energieverbrauchs zur
Gebäudekühlung im Zeitraum
2000-2020: **+ 260%**

*Source: Energy Efficiency and Certification of Central Air Conditioners (EECCAC)
Study for the D.G. Transportation-Energy (DGTRÉN) of the Commission of the E.U.*

Krankenhaus Agatharied (Bayern)

Vergleich Bedarf nach DIN V 18599 und real gemessener Verbrauch



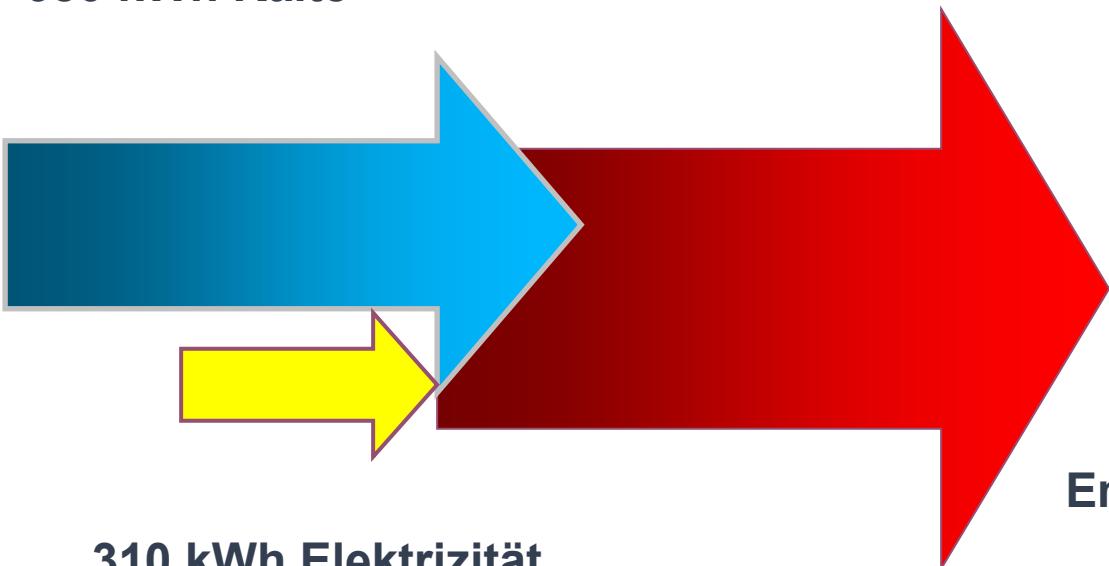
*) incl. Absorption Chiller



Forschung für
energieoptimierte
Gebäude und Quartiere

Nie Strom verwenden für die Gebäudekühlung ! ineffizient / nicht nachhaltig / ungesund !

680 kWh Kälte



990 kWh
Emission von
Abwärme



H-FKWs phase down: Viele der konventionellen Kältemittel in den nächsten Jahren nicht mehr verfügbar.
Austausch der alten Kältesysteme erforderlich ! (Montrealer Protokoll, Kigali Änderungen ab 1.1.2019)





Verdunstung von Wasser: die einzig reale Kühlung!

680 kWh/ m³

Wassererwärmung von 30 auf 90°=> 68 kWh/m³

Phasenwechselmaterial (Paraffin) (PCM) => 61 kWh/m³

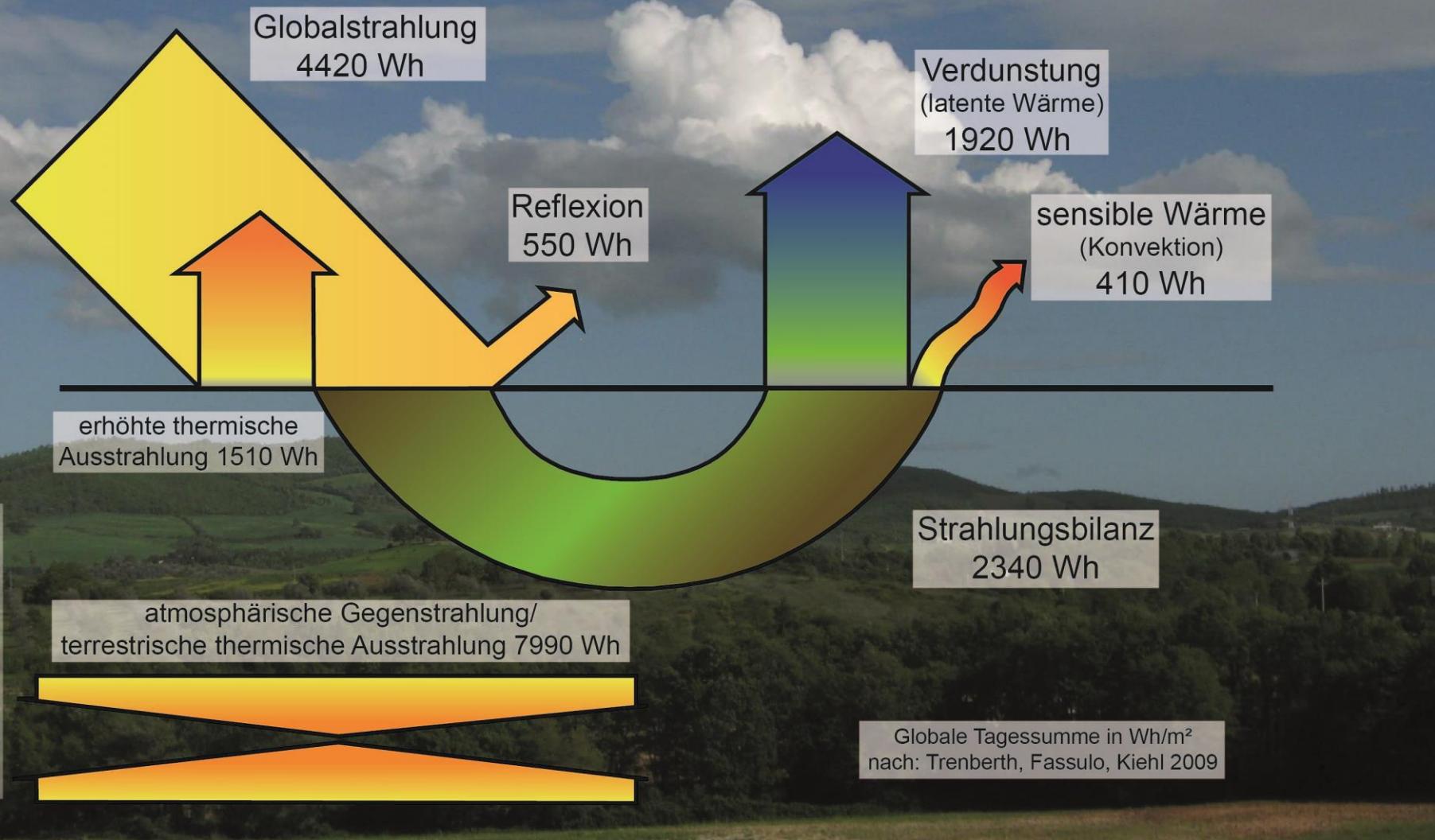


Globale Strahlungsbilanz an der Erdoberfläche

Durchschnitt eines Quadratmeters weltweit

Die globale Energiebilanz an der Erdoberfläche wird zu 45% dominiert von Verdunstung und Kondensation !

Daten nach Trenberth, Fassulo, Kiehl 2009

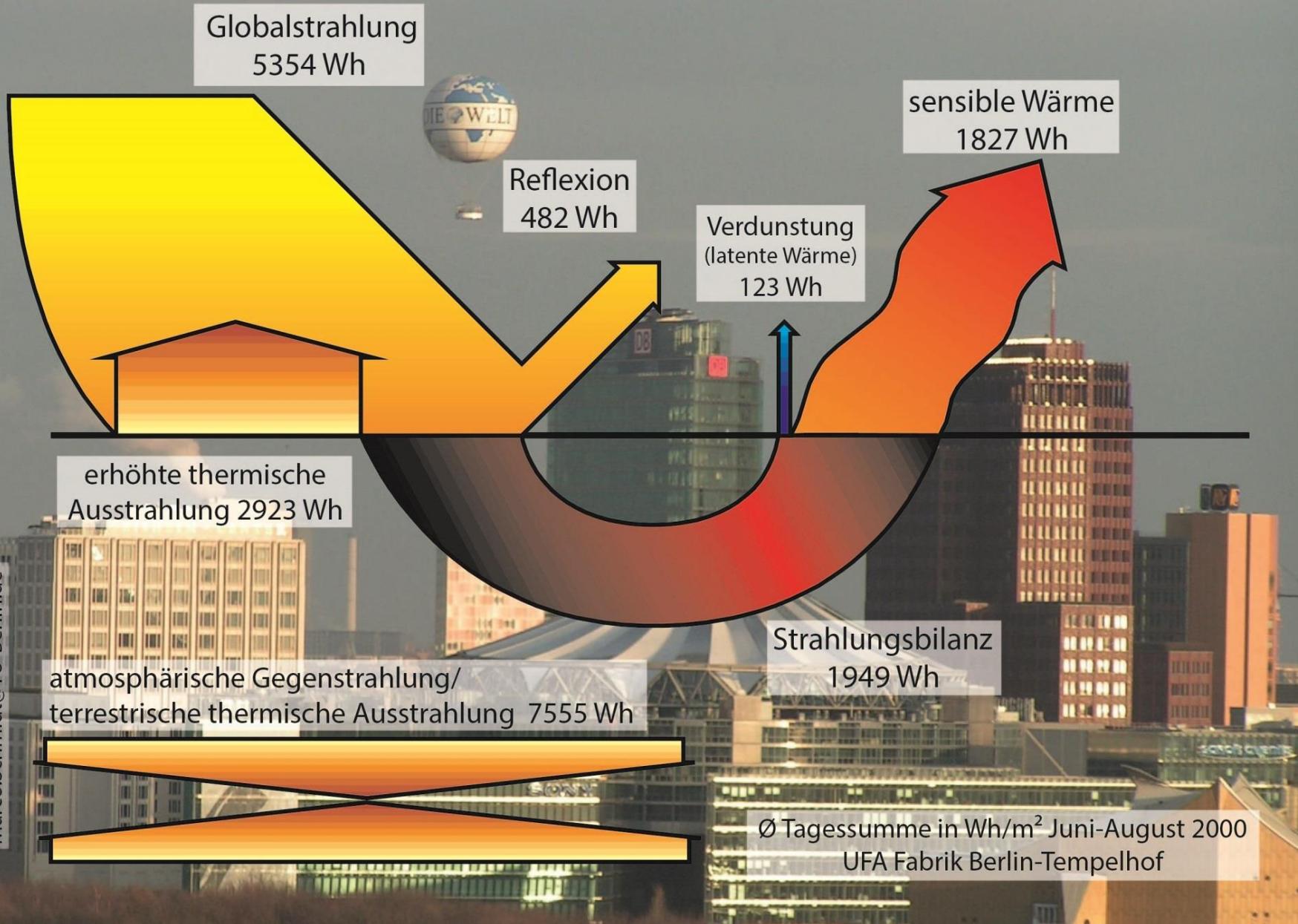


Urbane Strahlungsbilanz

Beispiel: Bitumendach

„Urban Heat Island Effect“

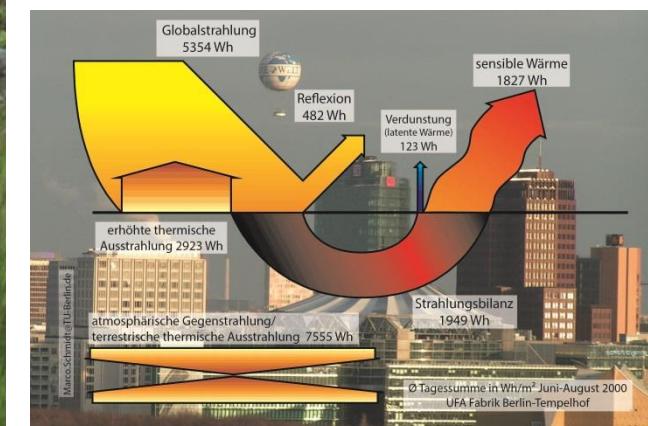
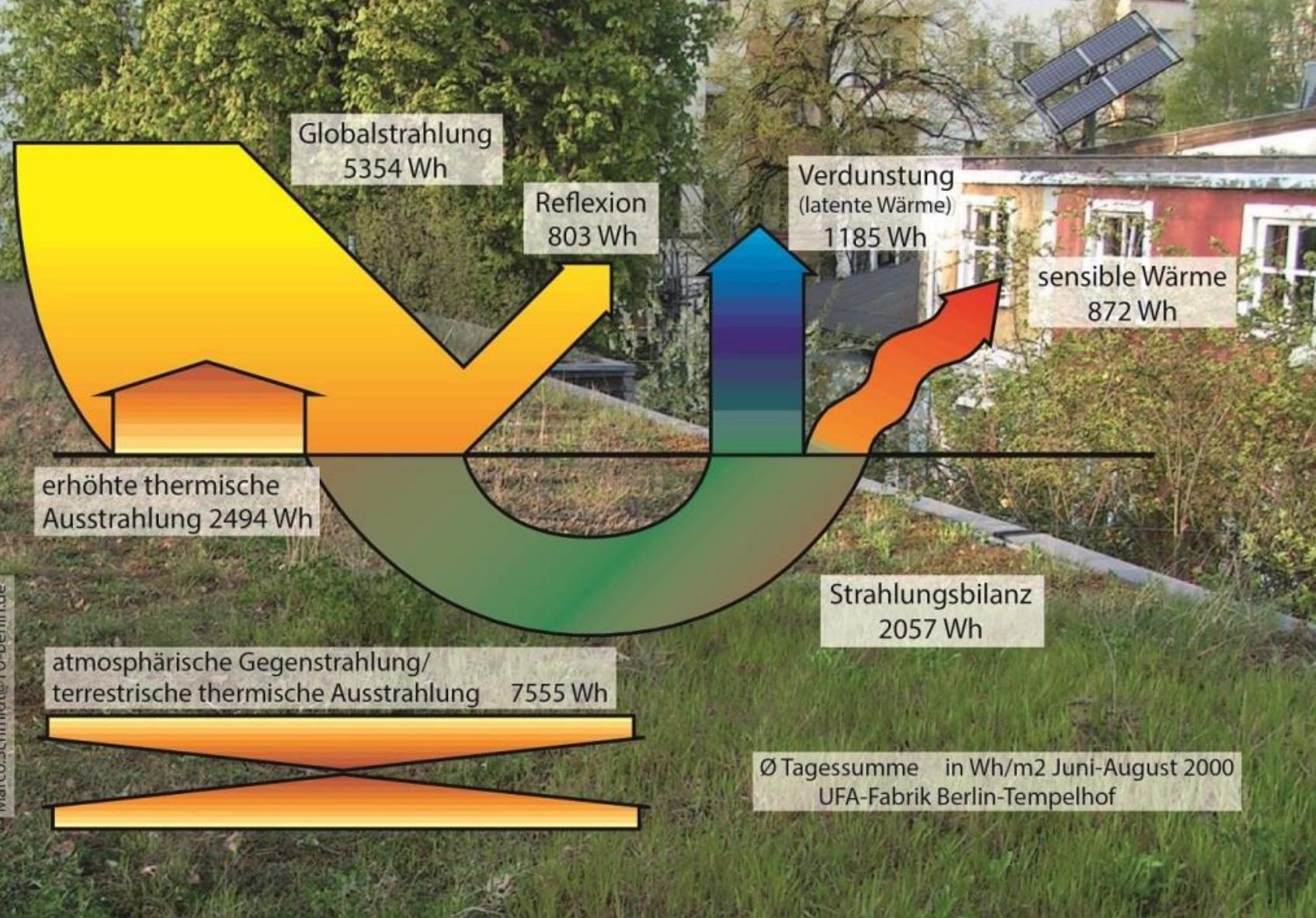
Regenwasser wird in die Kanalisation abgeleitet, Reduzierung der Verdunstung



Strahlungsbilanz Gründach

Ein extensiv begrüntes Dach wandelt bereits 58% der Nettostrahlung in die Verdunstung von Wasser in den Sommermonaten; 302 kWh/a (Berlin)

Verdunstung der natürlichen Niederschläge ohne zusätzliche Bewässerung



Dramatische Reduzierung der Verdunstung an Land **Verlust von 800 km² Vegetation täglich weltweit !**

Abholzung von Wäldern*: *343 km²*

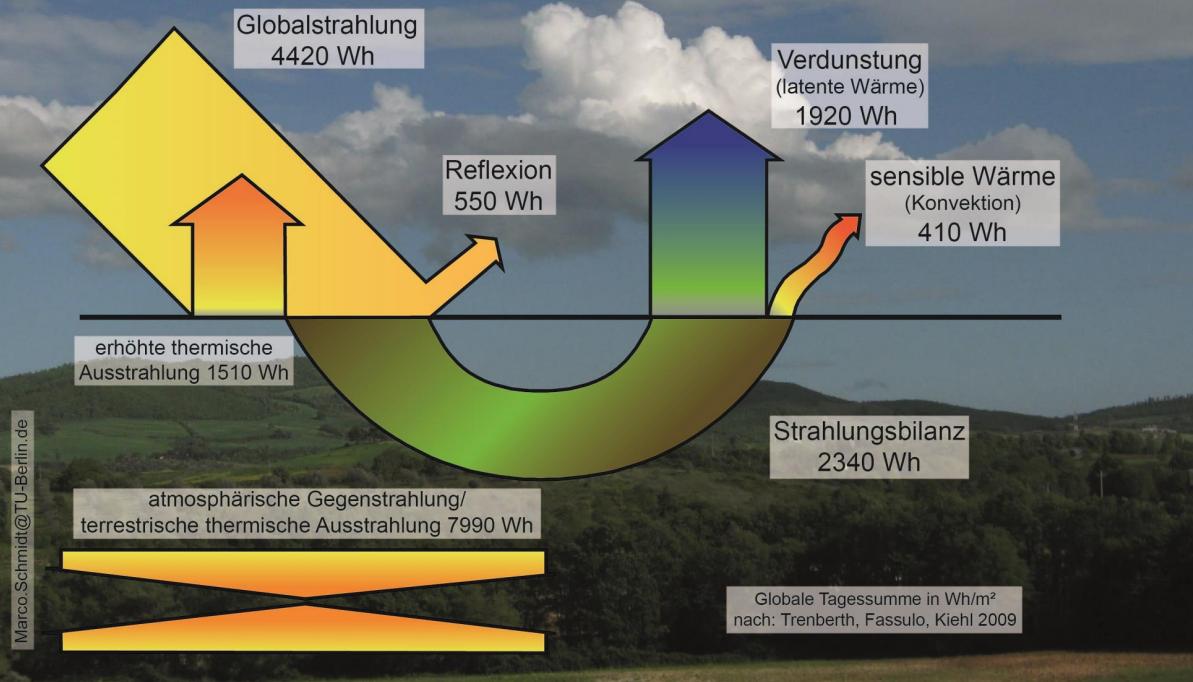
Urbanisierung: *150 km²*

Versteppung und Wüstenbildung: *300 km²*

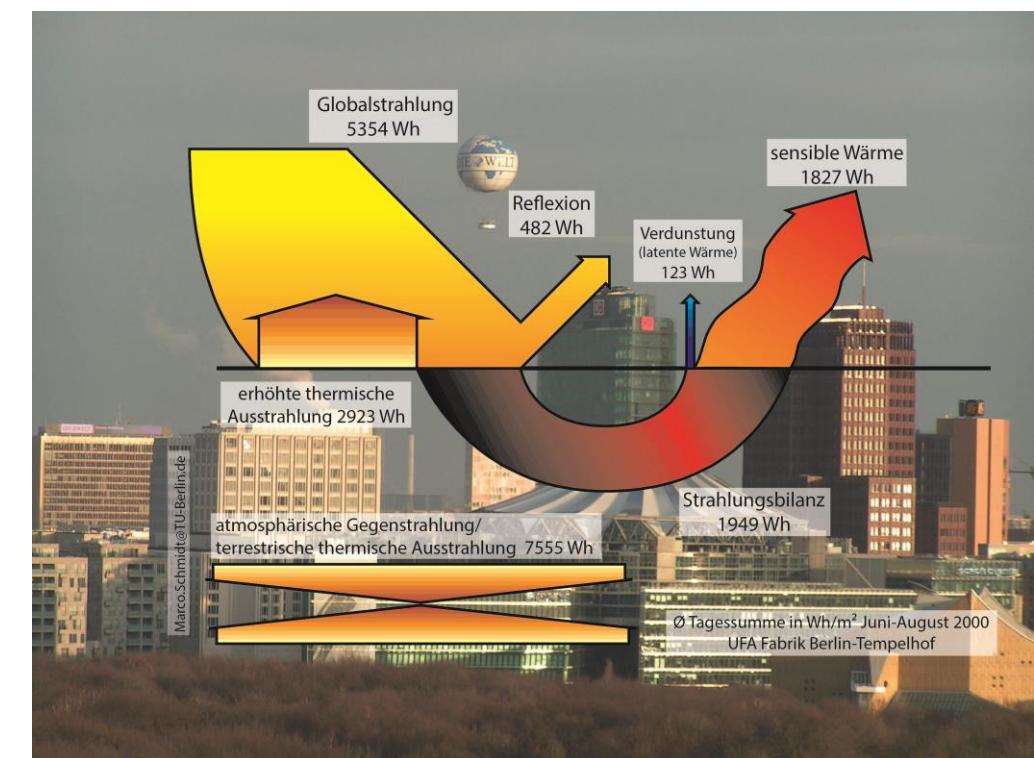
Zum Vergleich Fläche Berlin: *890 km²*

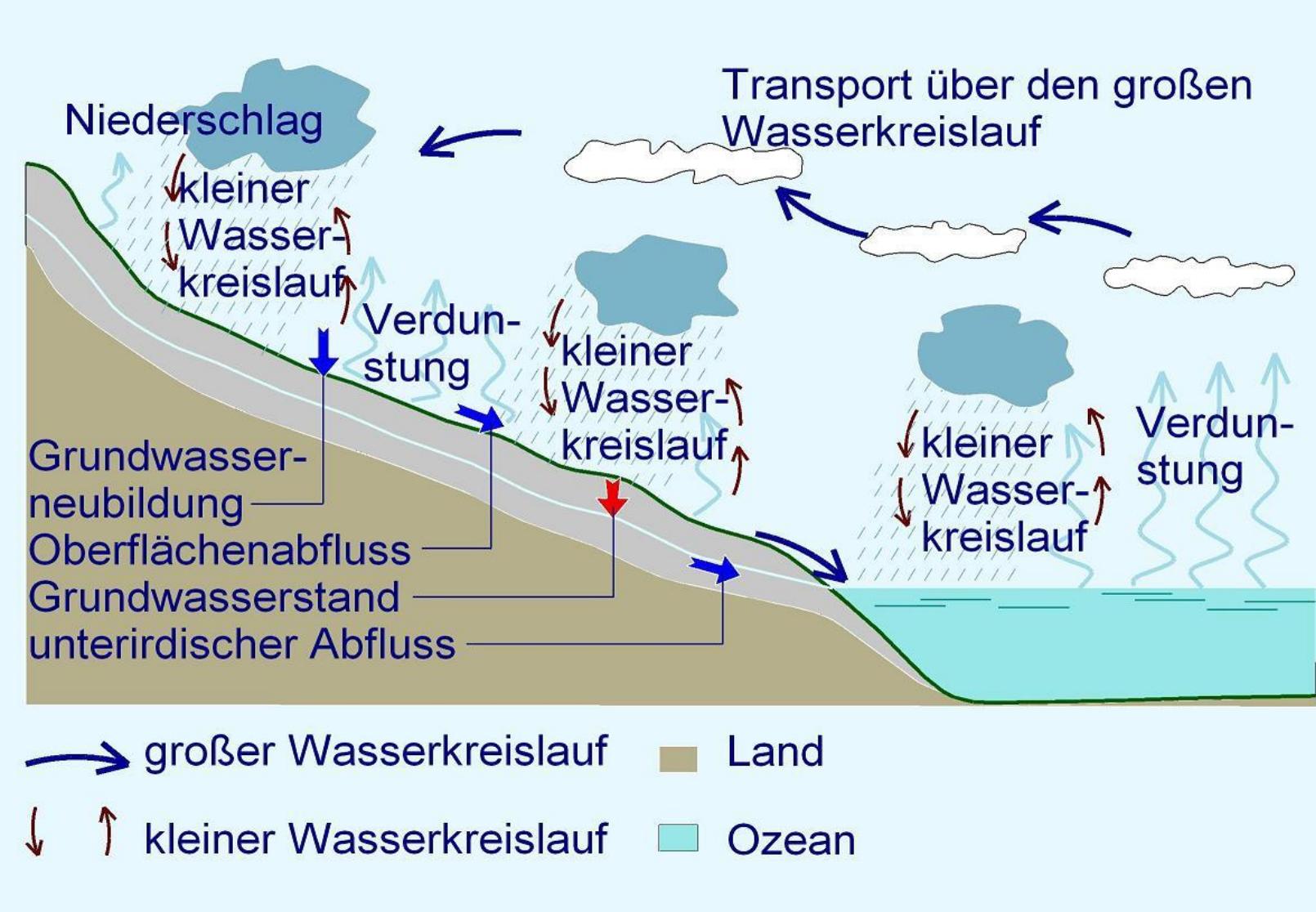


**Urbanisierungsrate Deutschland:
1.000.000 m² täglich !**



800 km²
täglich !





Zielsetzung Klimaanpassung

Verdunstung ist die Quelle für lokale und globale Niederschläge

Einzige Form der realen Kühlung

Reduzierung der Verdunstung verursacht Trockenheit und Hitze !

Quelle: Kravcik 2007 et.al.
www.waterparadigm.org



Bunker St. Pauli, Hamburg

Bauherr: **Matzen Immobilien KG**

Architekten: **phase10, Freiberg**

Landschaftsarchitektur: **L-Plus, Hamburg**

Baukosten: **ca. 100 Mio. Euro**

davon Dachgarten/ Begrünung: **ca. 8 Mio. Euro**

Lieferant Gehölze: **Lorenz von Ehren GmbH**

Ausführung: **Klaus Hildebrandt AG**

frei zugänglicher Dachgarten in 58 m Höhe

- 7600 m² Grün- / Gemeinschaftsfläche
- 1700 m² begrünte Fassadenfläche
- Bepflanzung mit 4.700 Bäumen, Sträuchern und Hecken, 23.000 Stauden

„Bergpfad“

- 300 m lang
- 422 Tonnen schwer
- fünf Meter breit





Bunker St. Pauli, Hamburg

Aufstockung 5 Level

- Hotel mit 136 Zimmern, div. Gastronomieflächen, mehrstöckige Bar
- Räume für Stadtteilkultur
- Ausstellungsflächen
- Urban-Gardening
- Unterkünfte für Stipendiaten und Künstler
- moderne Dreifeldhalle für Schulsport und Kulturveranstaltungen
- Gedenk- und Informationsort zum NS-Regime und des Zweiten Weltkriegs

Eröffnung: 3.7.2024

Besucherzahlen: > 1,5 Mio !

Projektpartner: **Hilldegarden e.V.**

BMUV DAS Förderkennzeichen: 67DAS292







0,35

Wasserstand Zisterne 8.11.24 - 7.9.25
(in bar Differenzdruck bzw. dm)

0,30

0,25

0,20

0,15

0,10

8.11.24 8.12.24 8.1.25 8.2.25 8.3.25 8.4.25 8.5.25 8.6.25 8.7.25 8.8.25

Bilanz 6.6.- 20.7.2025, 45 Tage

393,1 m³ Trinkwassernachspeisung in Zisterne

3479 m² Pflanzfläche

113,0 mm Bewässerung aus TWN in Zisterne

90,7 mm Niederschlag

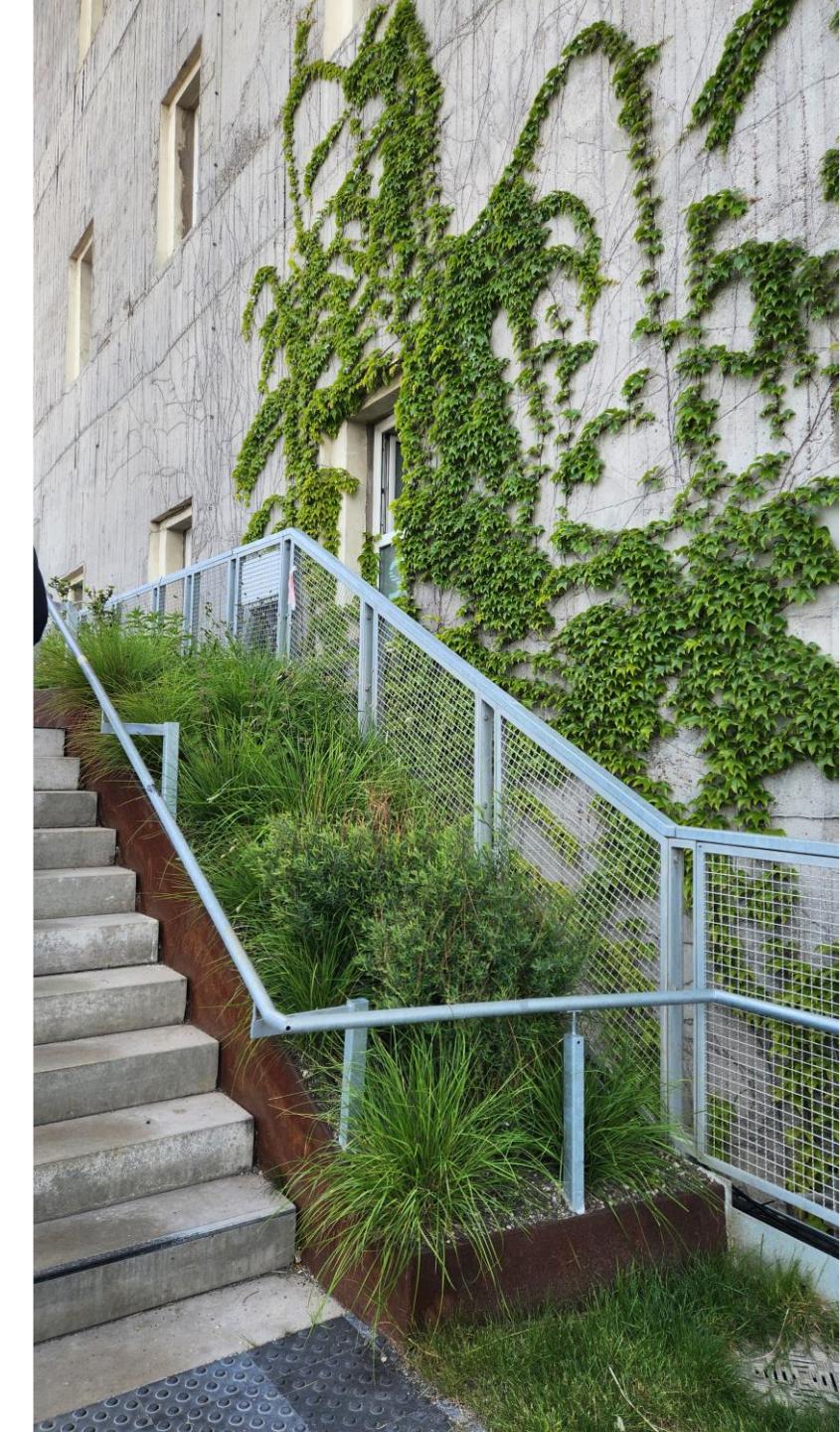
203,7 mm Bewässerung und Niederschlag

139 kWh Verdunstungskälte pro m² im Zeitraum

5402 Wh solare Einstrahlung pro Tag

3089 Wh Verdunstungskälte pro m² und Tag

57,2% der solaren Einstrahlung



Bewässerungsbilanz

	BWBmm	BWKmm	BW1mm	BW2mm	BW3mm	BW4mm	BW5mm	BW6mm
	Bergpfad	Kragen	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6
	460,6 m ²	494,9 m ²	309,6 m ²	386,7 m ²	368,6 m ²	331,0 m ²	283,9 m ²	843,3 m ²
	[mm]							
Total	17,0	13,8	26,0	9,0	9,2	9,8	7,6	3,9
Verlust	0	5,5	14,7	0	0	0	0	-0,9
Real	17,0	8,3	11,3	9,0	9,2	9,8	7,6	4,8
Ziel	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	12,0
Faktor	0,6	1,2	0,9	1,1	1,1	1,0	1,3	2,5

Trinkwassernachspeisung Sep. 24 – Sep. 25: 2220 m³ = 638 mm = 434 kWh/m²

Gesamtbilanz stimmt, aber erhebliche Unterschiede in den einzelnen Ebenen

- Stromverbrauch der Anlage: 1,09 kWh/m³ Bewässerung**

Handlungsempfehlungen zur Vermeidung der Umweltbelastung durch die Freisetzung des Herbizids Mecoprop aus wurzelfesten Bitumenbahnen

1. Veranlassung und Zielsetzung

Mit dem vorliegenden Hinweisblatt soll über die Umweltgefährdung für Gewässer und Böden infolge der Freisetzung des Herbizids Mecoprop aus wurzelfesten Bitumenbahnen informiert werden. Es werden Empfehlungen zur Vermeidung der Umweltbelastung gegeben.

Die Hinweise richten sich an die bei der Planung und Ausführung öffentlicher und öffentlich geförderter Bauvorhaben Beteiligten, an die öffentliche Hand als Gebäudeeigentümer und Liegenschaftsverwalter, an die Ordnungsbehörden sowie an die Betreiber von Regenwasserbewirtschaftungsanlagen.

Die Empfehlungen sollten bei Neubauten des öffentlichen und öffentlich geförderten Bauens sowie bei umfassenden Sanierungen von Gebäuden berücksichtigt werden.

Das Hinweisblatt wurde von der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (SenStadtUm) und dem Landesamt für Gesundheit und Soziales (LAGeSo) unter Einbeziehung von Expertinnen und Experten des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt), des Umweltbundesamtes (UBA) der Berliner Wasserbetriebe (BWB), des Landeslabor Berlin-Brandenburg (LLBB) sowie der Technischen Universität Berlin (TUB) erstellt.

2. Ausgangssituation

Zur Dichtung von Dächern und Fundamenten werden häufig Bitumenbahnen eingesetzt. Produkte, die als „wurzelfest“ gekennzeichnet sind, enthalten chemische Durchwurzelungsschutzmittel, die eine Beschädigung der Bitumenbahnen durch einwachsende Pflanzenwurzeln vermeiden sollen. Als Wirkstoff wird das Herbizid Mecoprop eingesetzt.

Untersuchungen an der Schweizer Eidgenössischen Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG) im Auftrag des Schweizer Bundesamtes für Umwelt (BAFU) haben gezeigt, dass Mecoprop unter den natürlichen Wittringseinflüssen aus den Bitumenbahnen freigesetzt und mit dem Niederschlag ausgewaschen wird [1], [2], [3].

Über die Regenentwässerung mittels Trenn- bzw. Mischkanalisation kann es zu einer Belastung der Oberflächengewässer mit Mecoprop kommen. Aufgrund der geringen Eliminationsrate in Kläranlagen ergibt sich ein besonders hohes Gefährdungspotenzial. Bei einer dezentralen Regenwasserversickerung besteht die Gefahr einer Boden- und Grundwasserkontamination. Mit den in Berlin angewandten naturnahen Trinkwasseraufbereitungsverfahren kann Mecoprop nicht aus dem Rohwasser entfernt werden. Für Grund- und Oberflächengewässer sowie Trinkwasser gilt für den Wirkstoff eine gesetzlich festgelegte Qualitätsnorm bzw. ein Grenzwert von 0,1 µg/l [4], [5], [6].

Darüber hinaus kann die Auswaschung von Mecoprop aus Bitumenbahnen bei der Regenwassernutzung im Rahmen dezentraler Regenwasserbewirtschaftungskonzepte zu Beeinträchtigungen führen. Untersuchungen in Berlin haben gezeigt, dass erhöhte Mecoprop-Konzentrationen im zur Bewässerung genutzten Dachablaufwasser das Wachstum einer Fassadenbegrünung erheblich verringert bzw. verhindert haben.

Für Bitumenbahnen gibt es harmonisierte europäische Normen. In Deutschland ist zusätzlich die Anwendungsnorm DIN V 20000-201 zu berücksichtigen. Diese enthält jedoch keine konkreten Anforderungen hinsichtlich der Freisetzung von potenziell gefährlichen Stoffen. Es gibt derzeit für diese Produkte auch keine weiterführenden technischen Regeln, die die Problematik berücksichtigen.

Merkblatt zu Herbiziden aus bituminösen Dachbahnen

Download:

https://www.stadtentwicklung.berlin.de/bauen/oekologisches_bauen/download/broschueren/handlungsempfehlungen.pdf

Wasserqualitätsuntersuchung Landesamt für Hygiene und Umwelt Hamburg

Grenzwert der Umweltqualitätsnorm für Oberflächengewässer [OGewV 2016] für Mecoprop: 0,1 µg/l

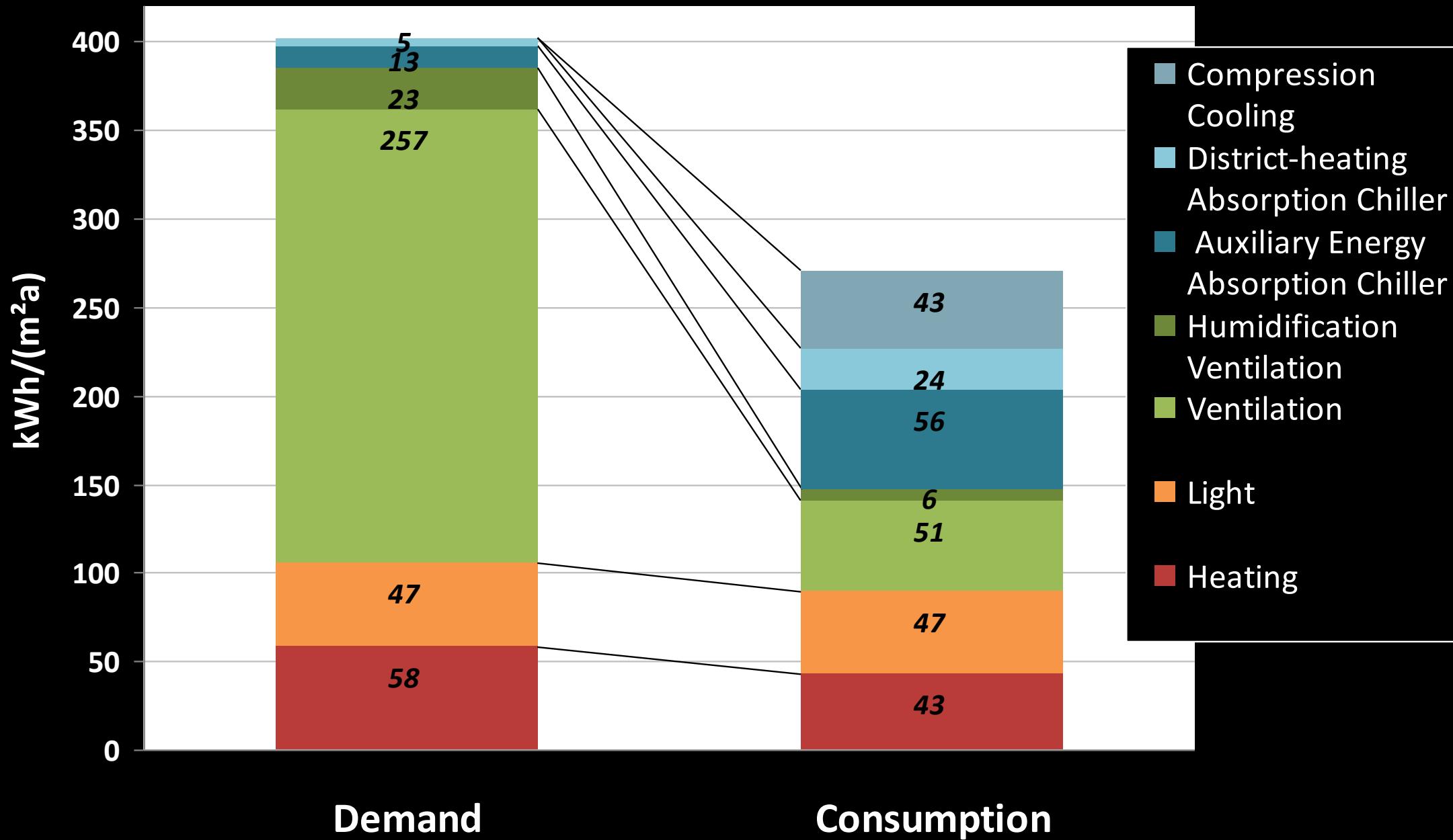
Proben-Nr.	Probenahme	ID 104	ID 105	ID 31853
		pH-Wert	Leitfähigkeit µS/cm	Mecoprop µg/l
2024HX00320	27.6.24			0,419
2024HX00322	26.7.24			0,120
2024HX00323	1.8.24		504	0,113
2024HX00324	22.8.24	8,1	530	0,158
2024HX00325	11.9.24	8,4	597	0,445
2024HX00355	7.10.24	8,1	718	0,170
2024HX00360	25.10.24	7,9	724	0,097
2024HX00378	18.11.24	7,9	738	0,185
2024HX00379	13.12.24	7,3	740	0,105
2024HX00444	16.1.25	6,8	607	0,055
2024HX00445	27.2.25	7,5	533	0,143
2025HX00071	15.4.25	7,8	523	0,080
2025HX00072	26.5.25	7,7	499	0,168
2025HX00073	24.7.25	7,8	522	0,288

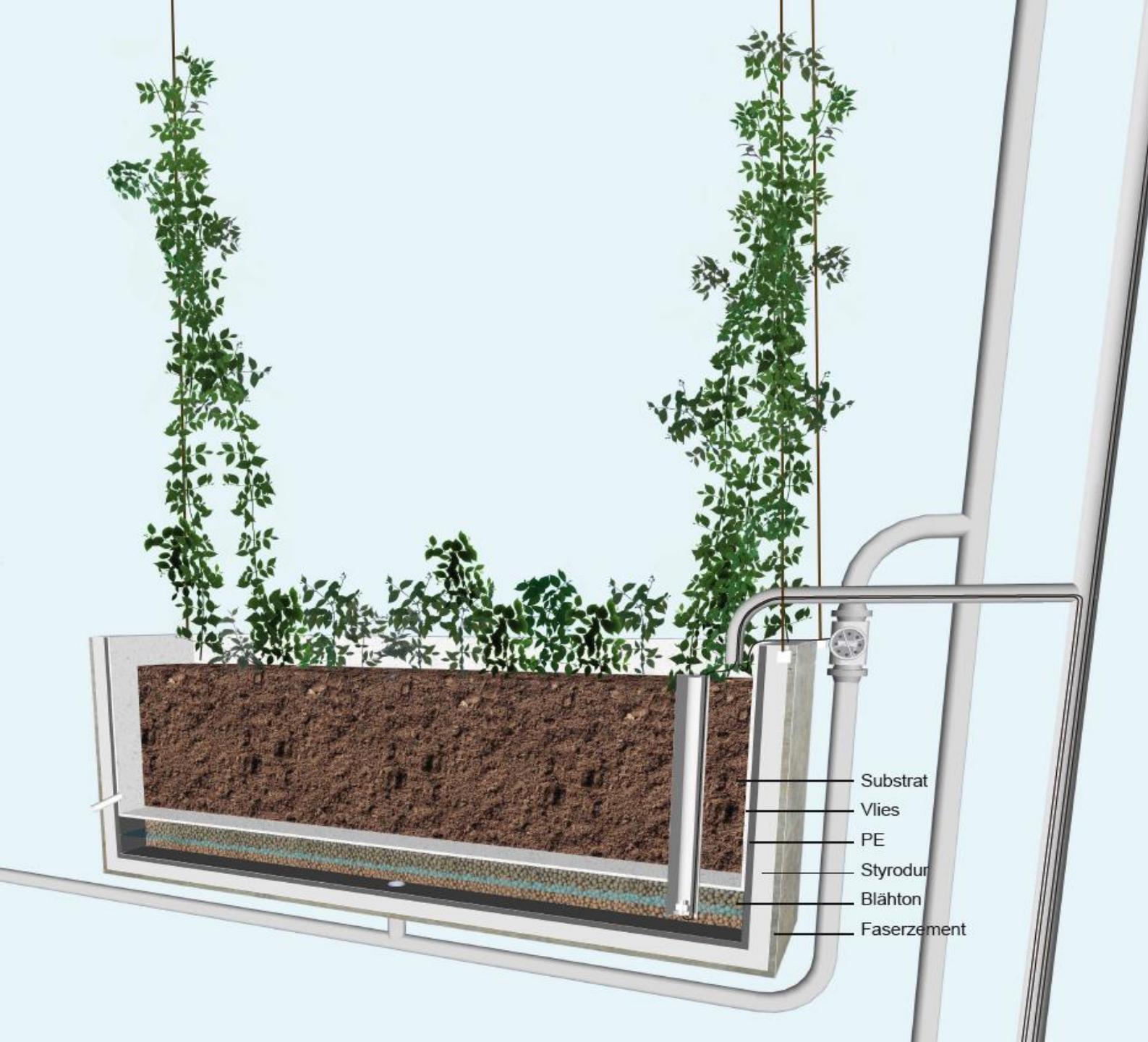
Institut für Physik der Humboldt- Universität zu Berlin

5 Innenhöfe, Südfassade, 9 von 24 Fassaden begrünt



Primary Energy Demand according DIN V 18599 (calculated) compared to consumption (measured)

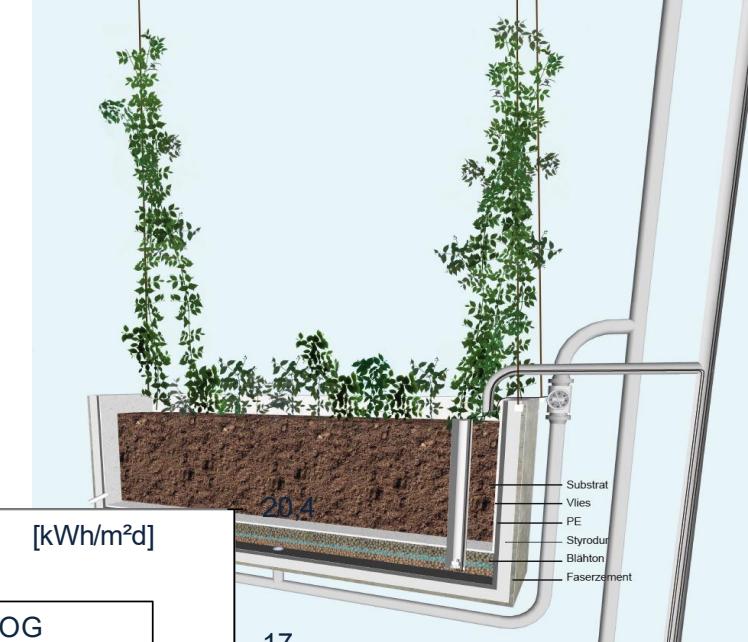
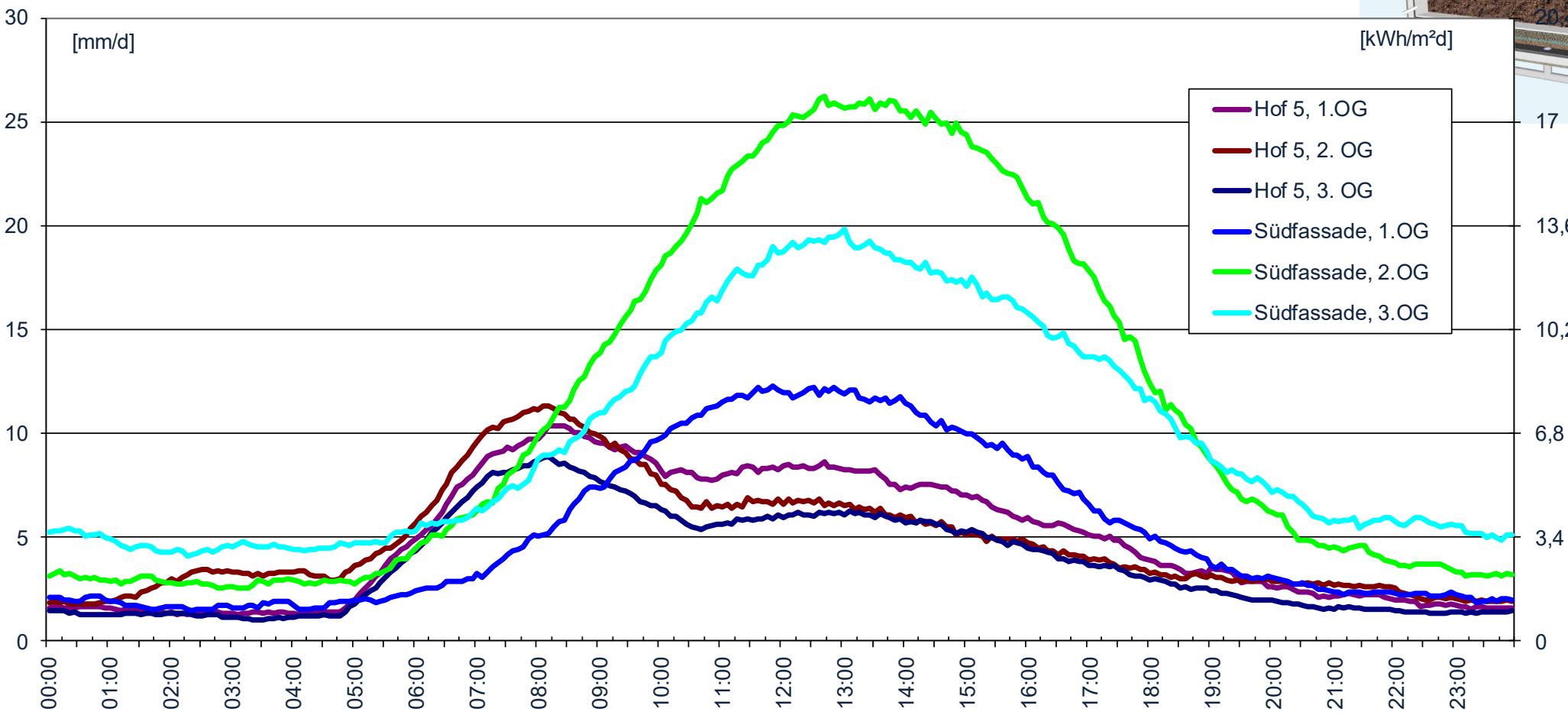




Durchschnittliche Verdunstung der Fassadenbegrünung

Adlershof Physik 15.7.05-14.9.05

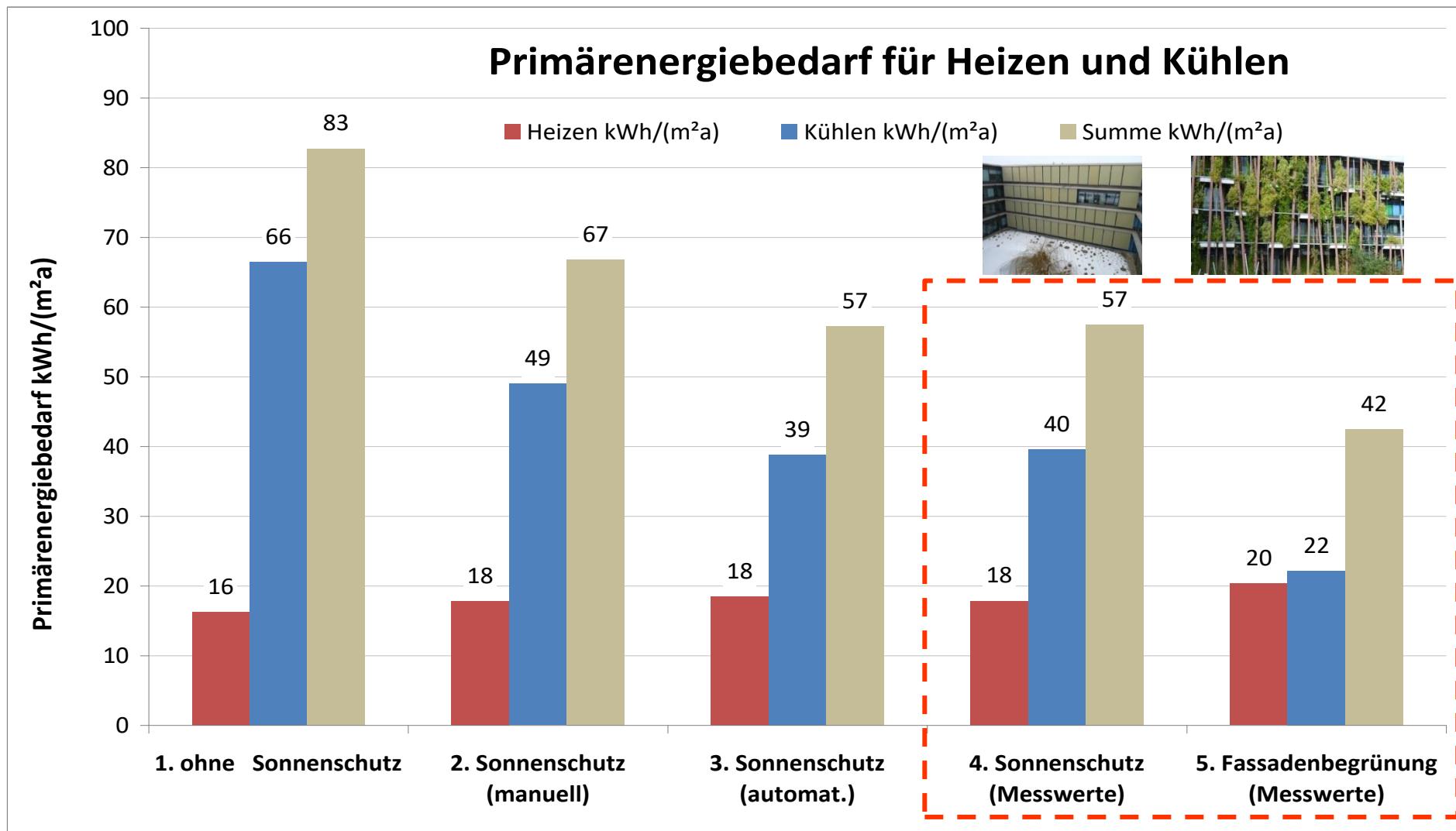
erzeugte Verdunstungskälte: 280 kWh pro Tag

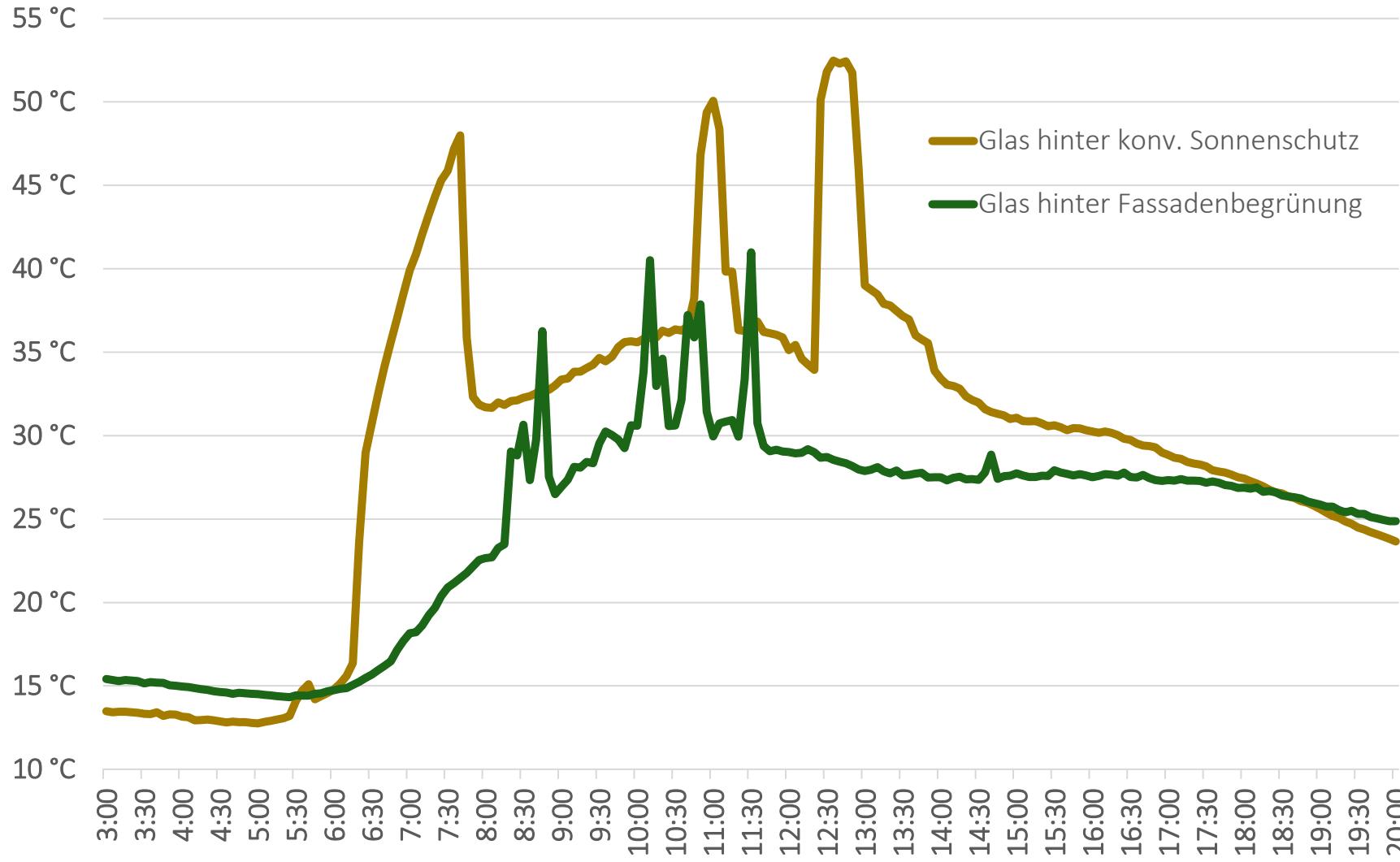


Primärenergiebedarf zum
Heizen und Kühlen für eine
südorientierte
Büroraumgruppe,
konventioneller
Sonnenschutz im Vergleich
zur Grünfassade
(nach DIN V 18599)

(TU Berlin, IBUS Architekten 2014)

Gebäude Institut für Physik,
Humboldt-Universität
Berlin-Adlershof





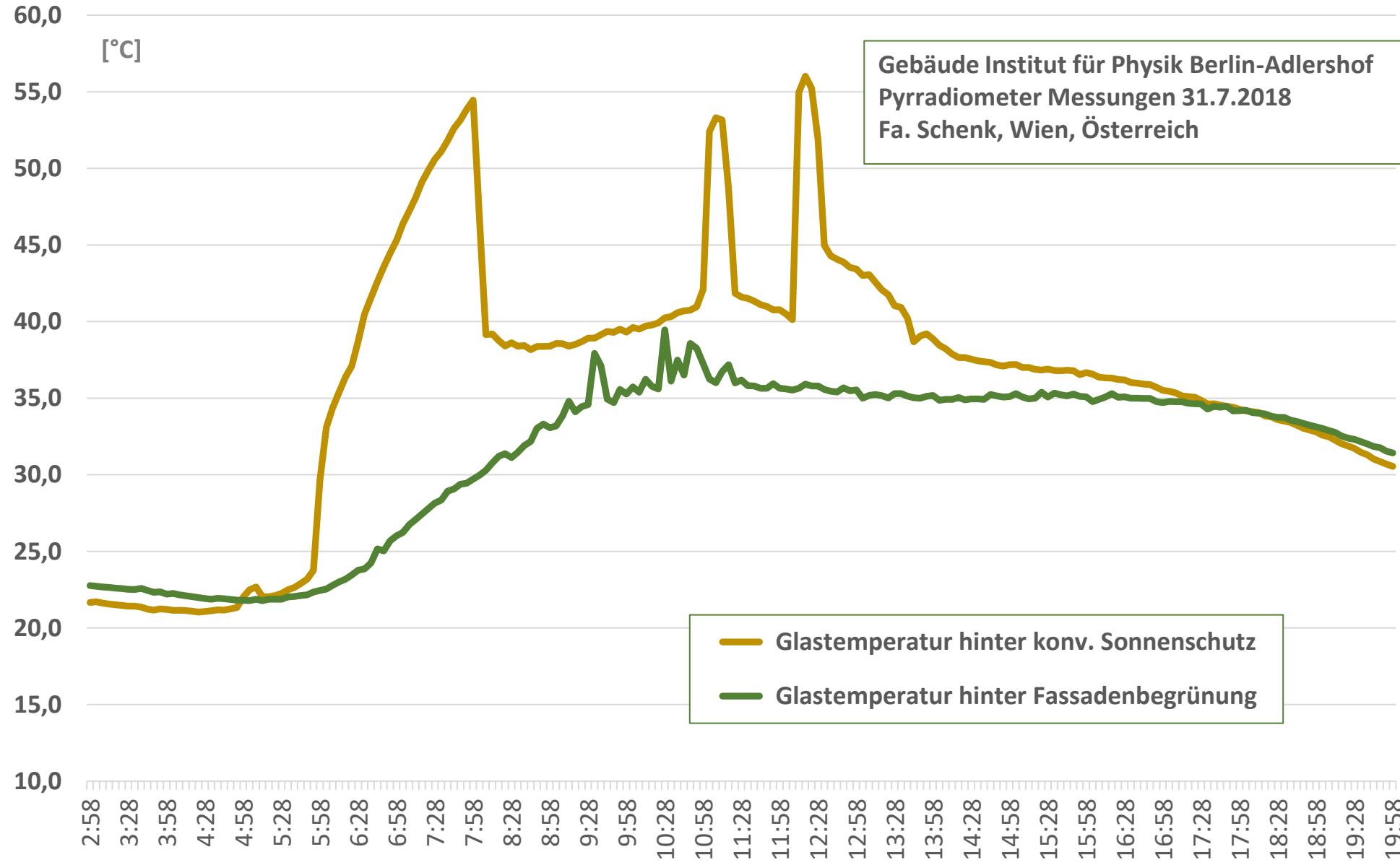
**Oberflächentemperatur
Glasfassade hinter
konventionellem Sonnenschutz
im Vergleich hinter
Fassadenbegrünung**

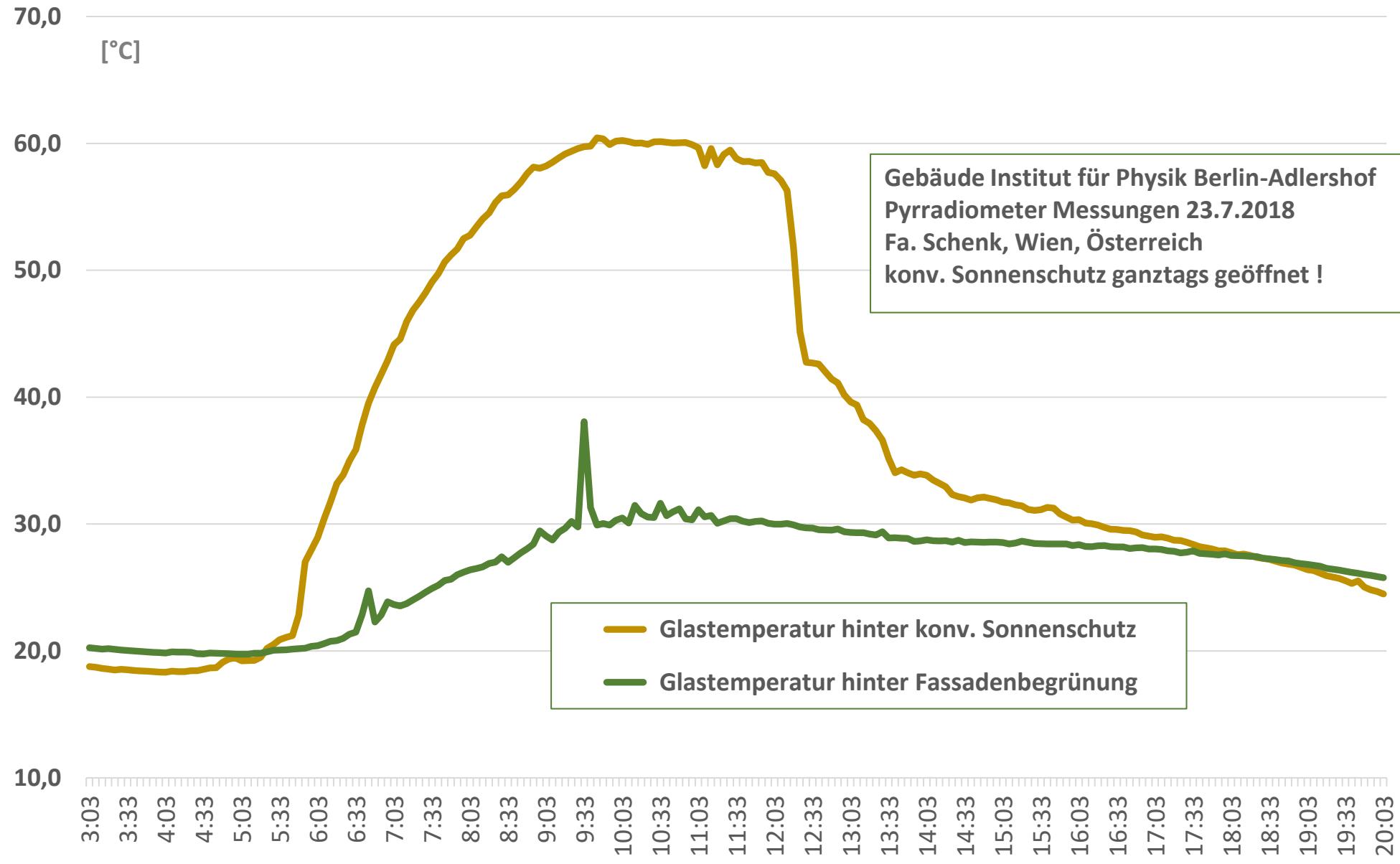
06:00 - 18:00 h

**Konv. Sonnenschutz: 34,5 °
Fassadenbegrünung: 27,0 °**

Ziel: 26,0 °nach DIN 4108

**Konv. Sonnenschutz: + 8,5 K
Fassadenbegrünung: + 1,0 K**





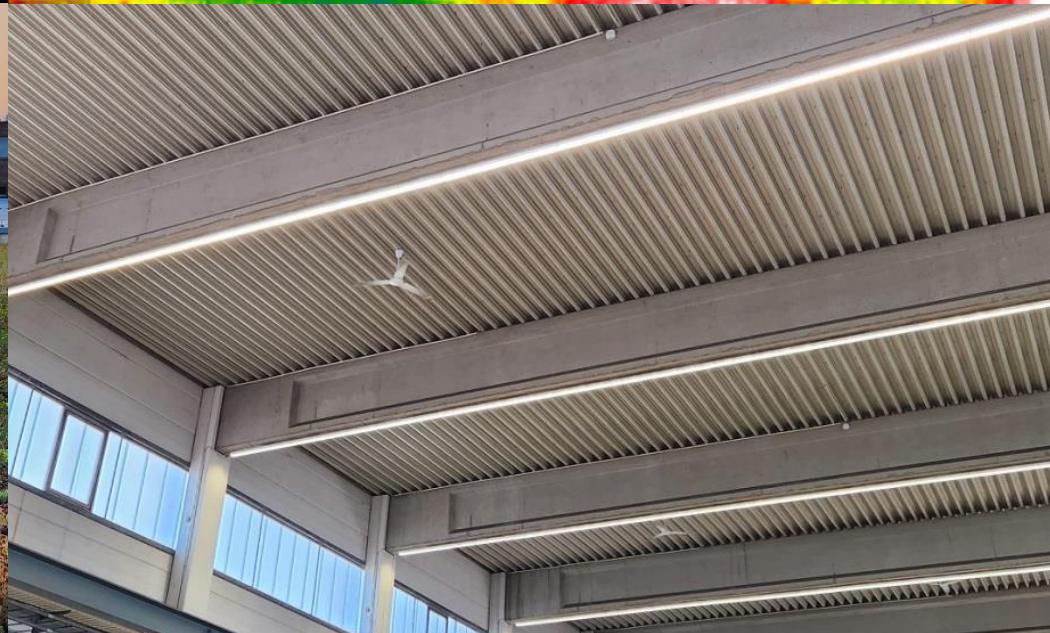
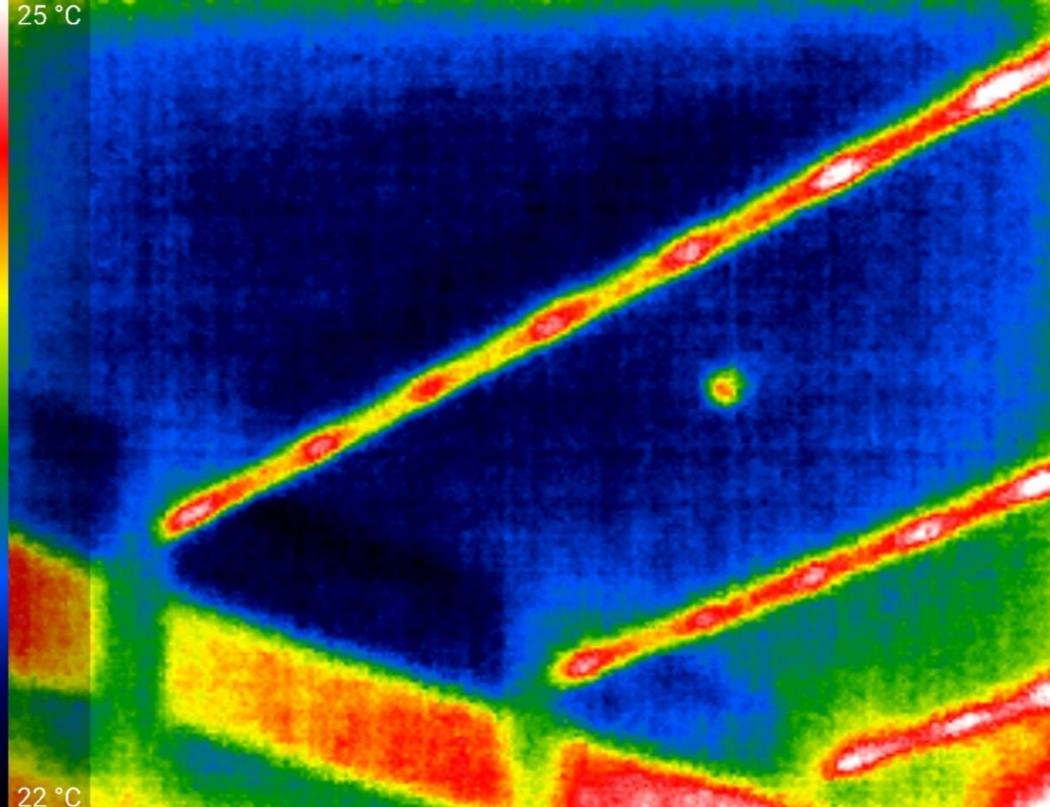


Kostenvergleich

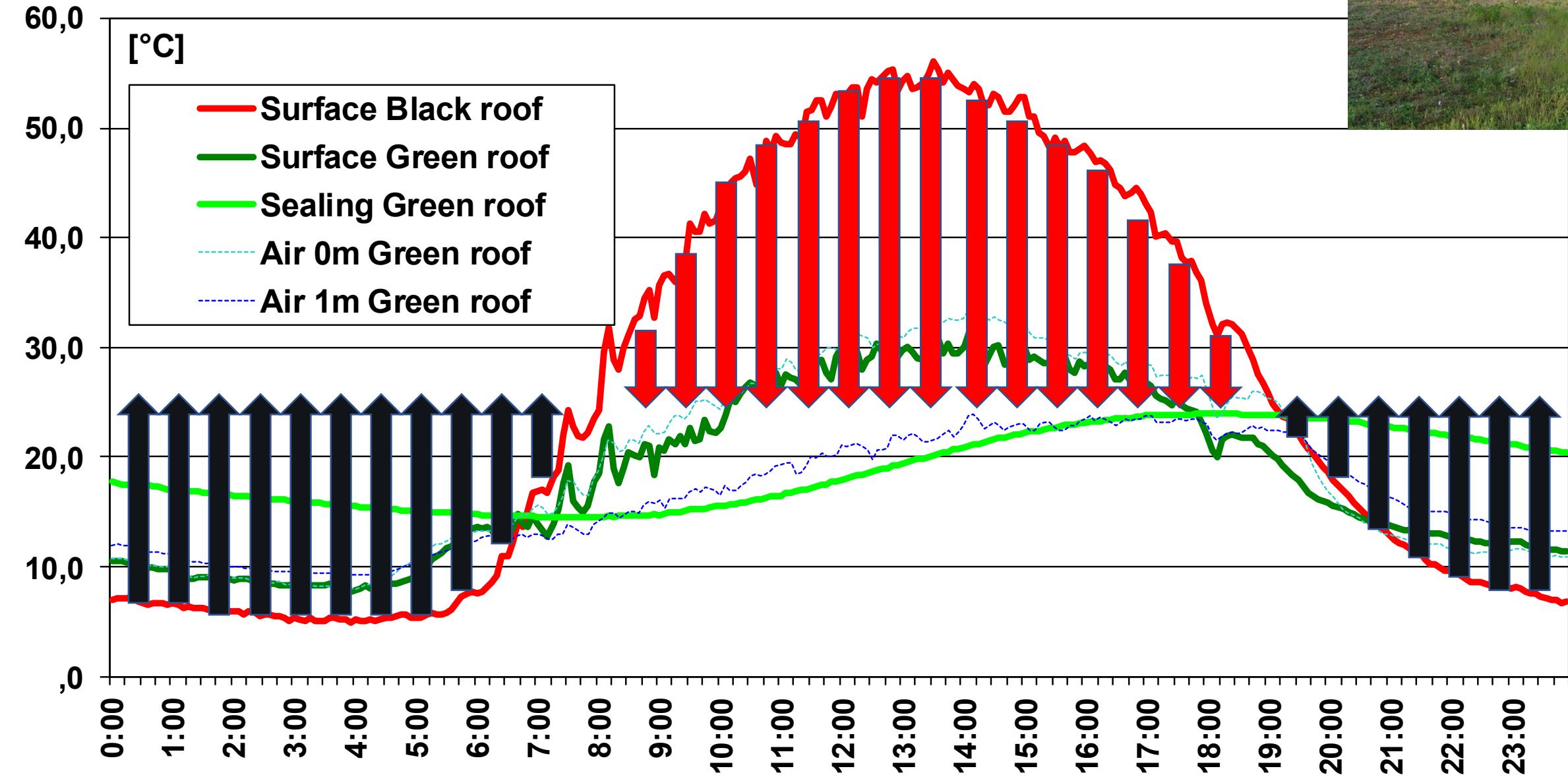
Konventioneller
Sonnenschutz mit
Fassadenbegrünung

Gebäude Institut für Physik,
Humboldt-Universität
Berlin-Adlershof

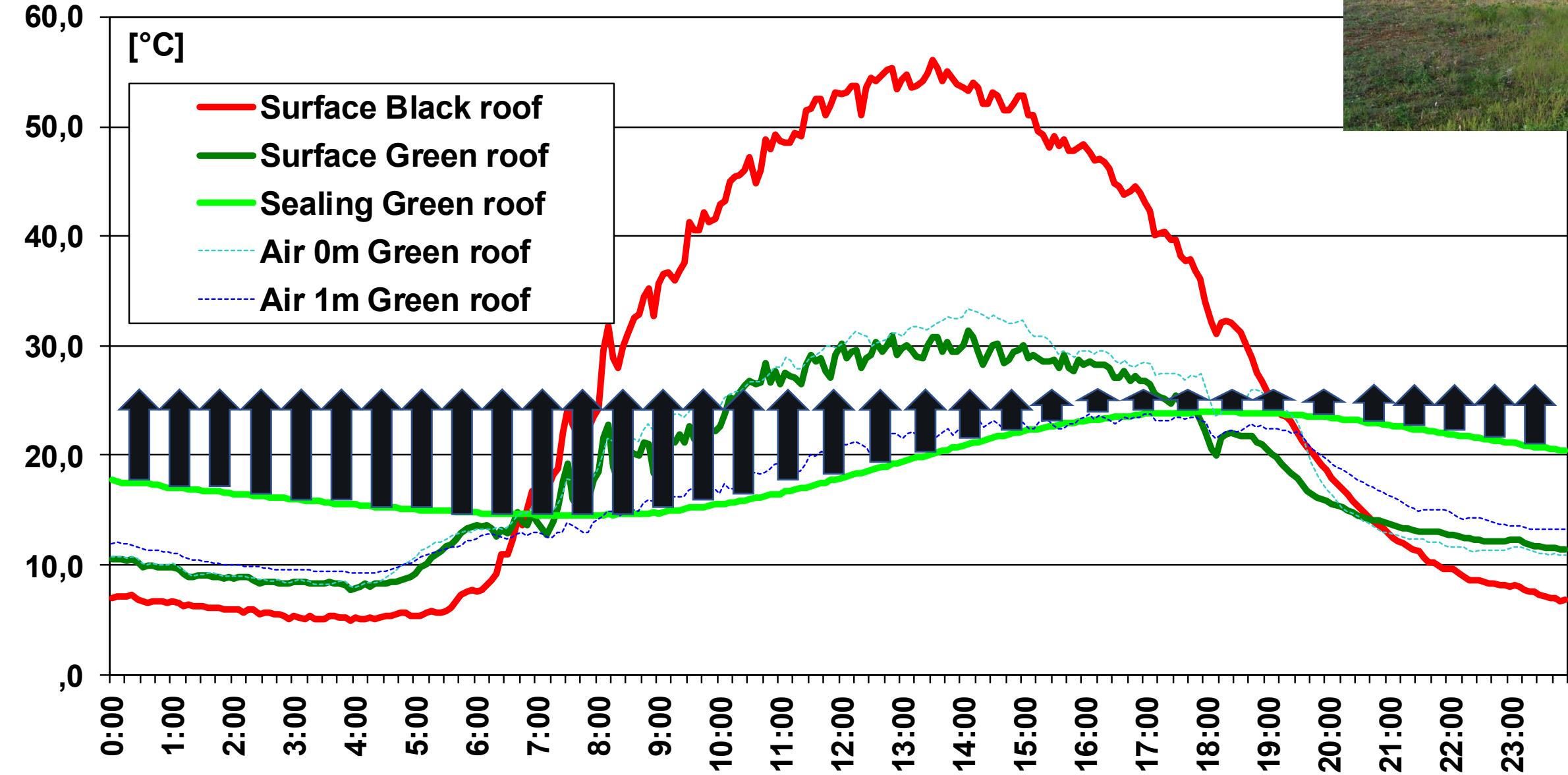
DESY Halle 36 Hamburg
Deutsches Elektronen-Synchrotron
Sanierung Projekt EnEff:Kühl; RIESA



Oberflächentemperaturen: Bitumendach \leftrightarrow Gründach



Oberflächentemperaturen: Bitumendach \leftrightarrow Gründach





Null Energie Gebäude

Umwelt-
bundesamt (UBA)
Dessau

Erweiterungsbau
57,4 kWp Dach
198 Module als
Schmetterlingsaufbau



Bundesinstitut
für Bau-, Stadt- und
Raumforschung

im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung

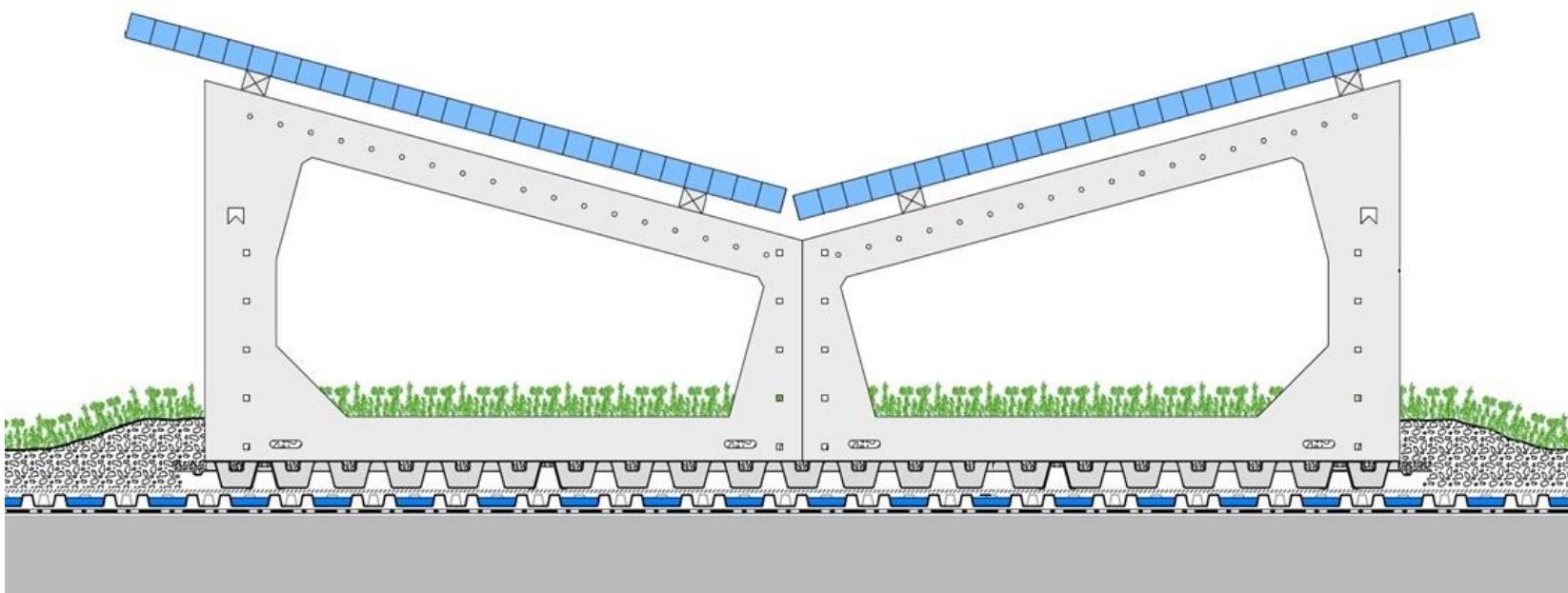


„Schmetterlings-Aufbau“: Regenwasser verteilt sich unter der Grundplatte

Pro Zelle: 0,4 V, 1000 Zellen in Reihe: 400 Volt

Wichtig: Vermeidung der Teilverschattung der Solarmodule !

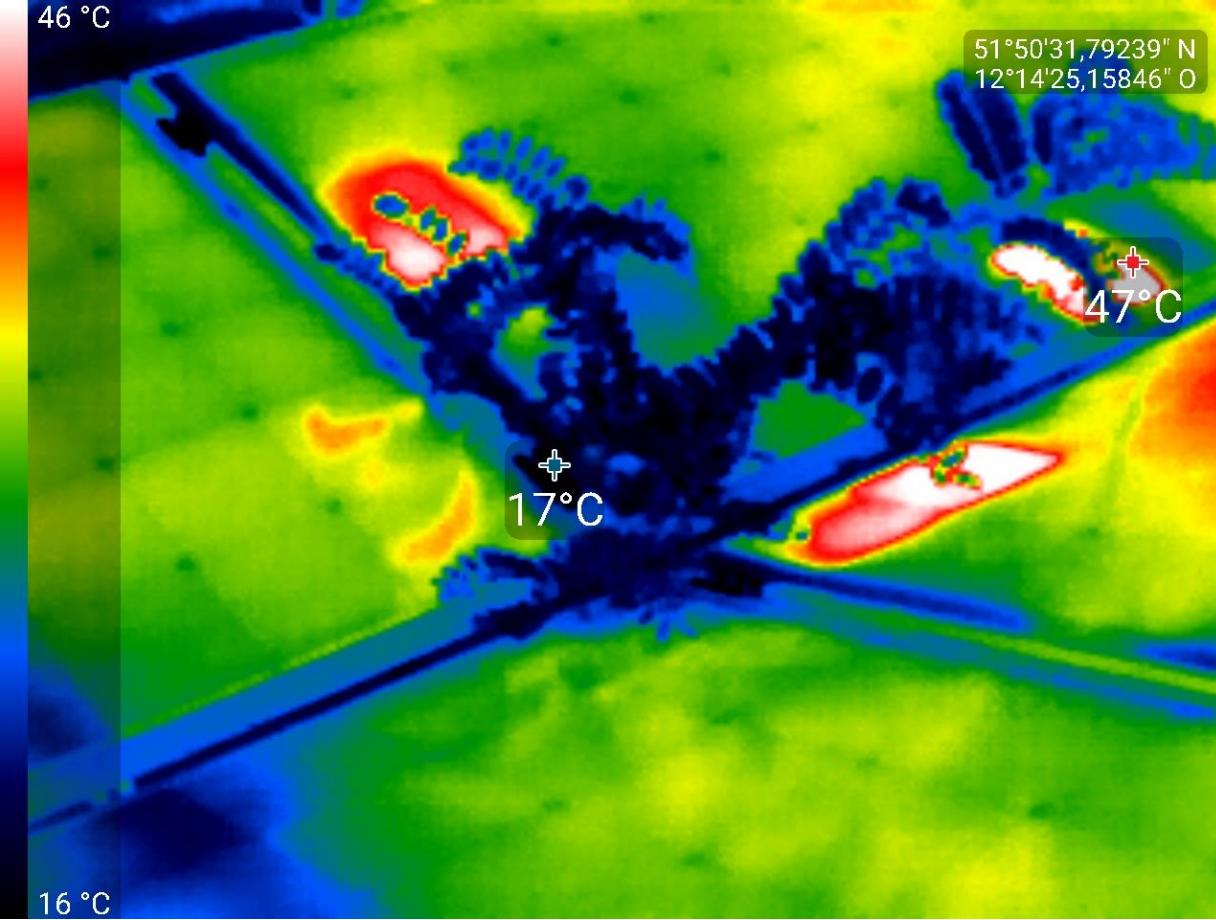
Bildung von “Hot Spots” durch die Reihenschaltung der Solarzellen,
Bypass Dioden für ca. 20 Zellen => 19 Zellen produzieren weiterhin



Skizze modifiziert nach Fa. Zinco







**Vermeidung von Teilverschattung
der Solarmodule durch
Dachaufbauten und Vegetation !**

Effekt:

**Bildung von „Hot Spots“ auf den
beschatteten Zellen, da die in Reihe
geschalteten anderen Zellen
weiterhin produzieren**

=> Ertragseinbruch bis Moduldefekt



Betriebskosten Adiabate Kühlung im Vergleich

Verdunstung: **0,7 ct/kWh**

Bei Regenwassernutzung: **0,1 ct/kWh**

Kompressor: **9,4 ct/kWh**

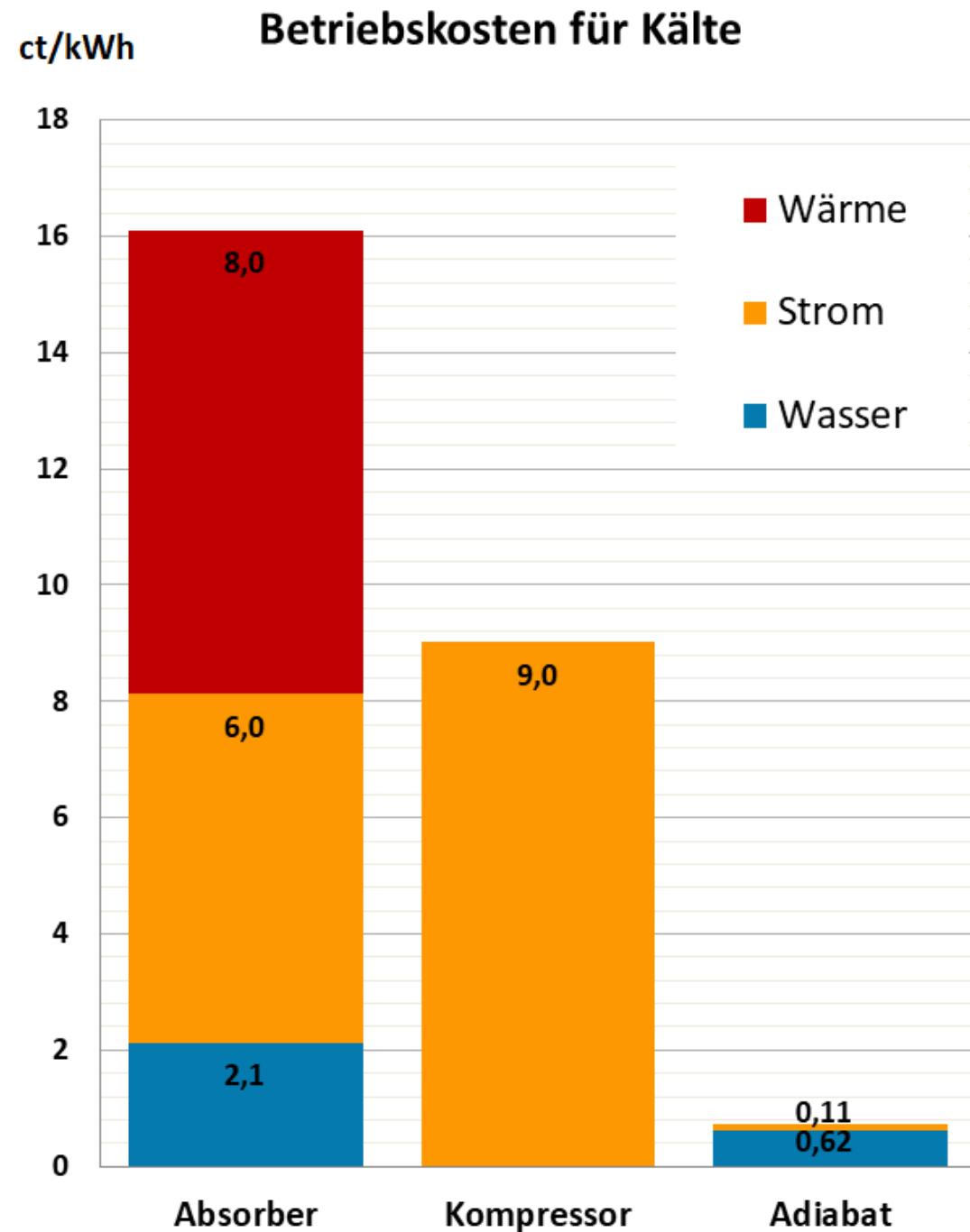
Absorber: **16,1 ct/kWh**

Wärme: **0,0376 €/kWh JAZ 0,47**

Strom: **0,1850 €/kWh JAZ 2,05**

Wasser: **2,22 €/m³**

Abwasser: **2,57 €/m³**





**TAZ Verlagsgesellschaft
Berlin**

- **Low Exergy**
- **Fernwärmennutzung**
- **Verdunstungskälte**
- **Abwärmennutzung**
- **Server**

www.erichkeller.com

**Gemessene Leistungs-
zahl Kühlung: 80,2 !!**

Incl. Pumpen: 10,5

Incl. Backup: 8,3

Incl. Verluste: 4,8

**Wärme- und Kälte-
verteilung über 322
Konvektoren**

**Passive Kühlung über
Dachbegrünung**

Low Tech: Blau-Grüne Infrastruktur

4x Win: Win + Win + Win + Win

- Günstiger in den Investitionskosten
- Günstiger in den Betriebskosten
- Bessere Performance für das Gebäude
- Besser für die Umwelt

BBSR Fachsymposien
“LowTech im Gebäudebereich”
www.zukunftbau.de



Vielen Dank

www.gebaudekuehlung.de
www.bimoka.de/termine
www.bbsr.bund.de



Bunker St. Pauli: Erste Begrünungsskizze Friedensreich Hundertwasser, Hamburger Abendblatt 1992
Visualisierung DESY Halle 36 Hamburg: „luminousfields“
Visualisierung Bunker St.Pauli Hamburg: „Planungsbüro Bunker/Matzen Immobilien“



Forschung für
energieoptimierte
Gebäude und Quartiere

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie



Bundesministerium
für Wohnen, Stadtentwicklung
und Bauwesen



Bundesministerium
für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz
und nukleare Sicherheit