

Projekt HEDWIG: Erhebung von Mess-Daten zur Wirkungsabschätzung von begrünten Gebäuden

Teilbericht Datenkatalog

Berichte aus Energie- und Umweltforschung 59b/2026

Wien, 2026

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Innovation, Mobilität und Infrastruktur,
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination: Abteilung III/3 - Energie und Umwelttechnologien

Leitung (interimistisch): DIⁱⁿ (FH) Isabella Warisch

Autorinnen und Autoren:

DI Nicole Jalits, BEng. Lars Mezger, DI Dr. Bernhard Scharf, DI Dr. Philipp Spörl, Priv.-Doz.

DI Dr. Ulrike Pitha, Univ.Prof. DI Dr. Rosemarie Stangl (Projektleitung) (Institut für
Ingenieurbioogie und Landschaftsbau – IBLB, BOKU University)

Mag. (FH) Rudolf Bintinger (IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH)

Zitierweise:

Jalits N., Mezger L., Spörl P., Scharf B., Poiss M., Pitha U., Bintinger R., Stangl R. (2026).
Projekt HEDWIG Erhebung von Mess-Daten zur Wirkungsabschätzung von begrünten
Gebäuden. HEDWIG-Berichtsserie: Teilbericht Datenkatalog. Berichte aus Energie und
Umweltforschung 59b/2026. Wien.

Wien 2026. Stand: August 2026

Ein Projektbericht gefördert im Rahmen von



Rückmeldungen:

Ihre Überlegungen zu vorliegender Publikation übermitteln Sie bitte an iii3@bmimi.gv.at.

Rechtlicher Hinweis

Dieser Ergebnisbericht wurde von die/der Projektnehmer:in erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit, Aktualität sowie die barrierefreie Gestaltung der Inhalte übernimmt das Bundesministerium für Innovation, Mobilität und Infrastruktur (BMIMI) keine Haftung.

Mit der Übermittlung der Projektbeschreibung bestätigt die/der Projektnehmer:in ausdrücklich, über sämtliche für die Nutzung erforderlichen Rechte – insbesondere Urheberrechte, Leistungsschutzrechte sowie etwaige Persönlichkeitsrechte abgebildeter Personen – am bereitgestellten Bildmaterial zu verfügen.

Die/der Projektnehmer:in räumt dem BMIMI ein unentgeltliches, nicht ausschließliches, zeitlich und örtlich unbeschränktes sowie unwiderrufliches Nutzungsrecht ein, das übermittelte Bildmaterial in allen derzeit bekannten sowie künftig bekannt werdenden Nutzungsarten für Zwecke der Berichterstattung, Dokumentation und Öffentlichkeitsarbeit im Zusammenhang mit der geförderten Maßnahme zu verwenden, insbesondere zur Veröffentlichung in Printmedien, digitalen Medien, Präsentationen und sozialen Netzwerken.

Für den Fall, dass Dritte Ansprüche wegen einer Verletzung von Rechten am übermittelten Bildmaterial gegen das BMIMI geltend machen, verpflichtet sich die/der Projektnehmer:in, das BMIMI vollständig schad- und klaglos zu halten. Dies umfasst insbesondere auch die Kosten einer angemessenen rechtlichen Vertretung sowie etwaige gerichtliche und außergerichtliche Aufwendungen.

Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „Stadt der Zukunft“ des Bundesministeriums für Innovation, Mobilität und Infrastruktur (BMIMI). Dieses Programm baut auf dem langjährigen Programm „Haus der Zukunft“ auf und hat die Intention, Konzepte, Technologien und Lösungen für zukünftige Städte und Stadtquartiere zu entwickeln und bei der Umsetzung zu unterstützen. Damit soll eine Entwicklung in Richtung energieeffiziente und klimaverträgliche Stadt unterstützt werden, die auch dazu beiträgt, die Lebensqualität und die wirtschaftliche Standortattraktivität zu erhöhen. Eine integrierte Planung wie auch die Berücksichtigung aller betroffener Bereiche wie Energieerzeugung und -verteilung, gebaute Infrastruktur, Mobilität und Kommunikation sind dabei Voraussetzung.

Um die Wirkung des Programms zu erhöhen, sind die Sichtbarkeit und leichte Verfügbarkeit der innovativen Ergebnisse ein wichtiges Anliegen. Daher werden nach dem Open Access Prinzip möglichst alle Projektergebnisse des Programms in der Schriftenreihe des BMIMI publiziert und elektronisch über die Plattform [nachhaltigwirtschaften.at](https://www.nachhaltigwirtschaften.at) zugänglich gemacht. In diesem Sinne wünschen wir allen Interessierten und Anwender:innen eine interessante Lektüre.

Inhalt

1	Kurzfassung.....	11
	Projekthinhalt und -ziele	11
	Methodik und Untersuchungsdesign	11
2	Abstract	13
	Project Content and Objectives	13
	Methodology and Research Design.....	13
3	Ausgangslage	15
3.1	Projekthintergrund.....	15
3.2	Projektziele.....	16
3.3	Innovationsgehalt - Relevanter State of the Art	17
4	Ergebnisse Dauermessungen und Messkampagnen im Außen- und Innenraum.....	19
4.1	 Amtshaus Margareten [FB1-tW].....	22
4.1.1	<i>Factsheet</i> Amtshaus Margareten [FB1-tW].....	22
4.1.2	Energieeintrag 2024 und 2025	23
4.1.3	Solare Einstrahlung mit Grünverschattungsfaktor (<i>Bioshading Coefficient BSC</i>)	24
4.1.4	Hitzewellen 2024 und 2025.....	24
4.1.5	Wand-Blattflächenindex (WLAI), Deckungsgrad und Pflanzenvitalität.....	26
4.1.6	Kurz- und langwellige solare Einstrahlung und Reflektion.....	28
4.1.7	Kennwerte Amtshaus Margareten [FB1-tW]	29
4.1.8	Infrarotwärmebild mit Oberflächentemperaturdifferenzen.....	30
4.1.9	Stomatäre Leitfähigkeit.....	30
4.1.10	Innenraumsituation.....	31
4.2	 Bürogemeinschaft Kräftner [FB2-bP].....	34
4.2.1	<i>Factsheet</i> Bürogemeinschaft Kräftner [FB2-bP].....	34
4.2.2	Energieeintrag 2024 und 2025	35
4.2.3	Solare Einstrahlung mit Grünverschattungsfaktor (<i>Bioshading Coefficient BSC</i>)	36
4.2.4	Hitzewellen 2024 und 2025.....	36
4.2.5	Wand-Blattflächenindex (WLAI), Deckungsgrad und Pflanzenvitalität.....	38
4.2.6	Kurz- und langwellige solare Einstrahlung und Reflektion.....	39
4.2.7	Kennwerte Bürogemeinschaft Kräftner [FB2-bP]	40

4.2.8	Infrarotwärmebild mit Oberflächentemperaturdifferenzen.....	41
4.2.9	Stomatäre Leitfähigkeit.....	41
4.2.10	Innenraumsituation.....	42
4.3	 Wien Energie – Kraftwerk Simmering [FB3-m]	46
4.3.1	<i>Factsheet</i> Wien Energie – Kraftwerk Simmering [FB3-m]	46
4.3.2	Energieeintrag 2024 und 2025	47
4.3.3	Solare Einstrahlung mit Grünverschattungsfaktor (<i>Bioshading Coefficient</i> BSC)	48
4.3.4	Hitzewellen 2024 und 2025.....	49
4.3.5	Wärmedurchfluss in den Living Wall-Modulen.....	50
4.3.6	Wand-Blattflächenindex (WLAI), Deckungsgrad und Pflanzenvitalität.....	54
4.3.7	Kurz- und langwellige solare Einstrahlung und Reflektion.....	55
4.3.8	Kennwerte Wien Energie – Kraftwerk Simmering [FB3-m].....	56
4.3.9	Infrarotwärmebild mit Oberflächentemperaturdifferenzen.....	57
4.3.10	Stomatäre Leitfähigkeit.....	57
4.3.11	Innenraumsituation.....	58
4.4	 MA48 Gürtel [FB4-w]	62
4.4.1	<i>Factsheet</i> MA48 Gürtel [FB4-w]	62
4.4.2	Energieeintrag 2024 und 2025	63
4.4.3	Solare Einstrahlung mit Grünverschattungsfaktor (<i>Bioshading Coefficient</i> BSC)	64
4.4.4	Hitzewellen 2024 und 2025.....	65
4.4.5	Wärmedurchfluss im Substrat.....	66
4.4.6	Wand-Blattflächenindex (WLAI), Deckungsgrad und Pflanzenvitalität.....	70
4.4.7	Kurz- und langwellige solare Einstrahlung und Reflektion.....	72
4.4.8	Kennwerte MA48 Gürtel [FB4-w].....	72
4.4.9	Infrarotwärmebild mit Oberflächentemperaturdifferenzen.....	73
4.4.10	Stomatäre Leitfähigkeit.....	74
4.4.11	Innenraumsituation.....	75
4.5	 Lichtblau-Wagner [FB5-bP]	78
4.5.1	<i>Factsheet</i> Lichtblau-Wagner [FB5-bP].....	78
4.5.2	Wand-Blattflächenindex (WLAI), Deckungsgrad und Pflanzenvitalität.....	79

4.5.3	Kurz- und langwellige solare Einstrahlung und Reflektion.....	80
4.5.4	Kennwerte Lichtblau-Wagner [FB5-bP].....	81
4.5.5	Infrarotwärmebild mit Oberflächentemperaturdifferenzen.....	82
4.5.6	Stomatäre Leitfähigkeit.....	82
4.6	 Privathaus Ternitz [FB6-bP].....	84
4.6.1	<i>Factsheet</i> Privathaus Ternitz [FB6-bP]	84
4.6.2	Wand-Blattflächenindex (WLAI), Deckungsgrad und Pflanzenvitalität.....	85
4.6.3	Kurz- und langwellige solare Einstrahlung und Reflektion.....	86
4.6.4	Kennwerte Privathaus Ternitz [FB6-bP]	87
4.6.5	Infrarotwärmebild mit Oberflächentemperaturdifferenzen.....	88
4.6.6	Stomatäre Leitfähigkeit.....	88
4.7	 BH Korneuburg [FB7-bW].....	90
4.7.1	<i>Factsheet</i> BH Korneuburg [FB8-bW]	90
4.7.2	Wand-Blattflächenindex (WLAI), Deckungsgrad und Pflanzenvitalität.....	91
4.7.3	Kurz- und langwellige solare Einstrahlung und Reflektion.....	92
4.7.4	Kennwerte BH Korneuburg [FB7-bW]	93
4.7.5	Infrarotwärmebild mit Oberflächentemperaturdifferenzen.....	94
4.7.6	Stomatäre Leitfähigkeit.....	94
4.8	 Hotel Gilbert [FB8-m]	96
4.8.1	<i>Factsheet</i> Hotel Gilbert [FB7-m].....	96
4.8.2	Wand-Blattflächenindex (WLAI) und Pflanzenvitalität	97
4.8.3	Kennwerte Hotel Gilbert [FB8-m]	98
4.8.4	Infrarotwärmebild mit Oberflächentemperaturdifferenzen.....	99
4.8.5	Stomatäre Leitfähigkeit.....	99
4.9	 Steinbauer Development GmbH, extensiv [DB1-e].....	101
4.9.1	<i>Factsheet</i> Steinbauer Development GmbH, extensiv [DB1-e]	101
4.9.2	Wärmedurchfluss im Substrat, Substratfeuchte und -temperatur.....	102
4.9.3	Blattflächenindex (LAI), Deckungsgrad und Pflanzenvitalität	105
4.9.4	Kurz- und langwellige solare Einstrahlung und Reflektion.....	106
4.9.5	Kennwerte Steinbauer Development [DB1-e]	107

4.9.6	Infrarotwärmebild mit Oberflächentemperaturdifferenz.....	108
4.9.7	Innenraumsituation.....	108
4.10DB	 Steinbauer Development GmbH, intensiv [DB1-i].....	112
4.10.1	<i>Factsheet</i> Steinbauer Development GmbH, intensiv [DB1-i]	112
4.10.2	Wärmedurchfluss im Substrat, Substratfeuchte und -temperatur.....	113
4.10.3	Blattflächenindex (LAI), Deckungsgrad und Pflanzenvitalität	115
4.10.4	Kurz- und langwellige solare Einstrahlung und Reflektion.....	116
4.10.5	Kennwerte Steinbauer Development [DB1-i].....	117
4.10.6	Infrarotwärmebild mit Oberflächentemperaturdifferenz.....	118
4.10.7	Stomatäre Leitfähigkeit	118
4.11DB	 HTL St. Pölten, extensiv [DB2-e]	120
4.11.1	<i>Factsheet</i> HTL St. Pölten, extensiv [DB2-e]	120
4.11.2	Wärmedurchfluss im Substrat, Substratfeuchte und -temperatur.....	121
4.11.3	Blattflächenindex (LAI), Deckungsgrad und Pflanzenvitalität	123
4.11.4	Kurz- und langwellige solare Einstrahlung und Reflektion.....	125
4.11.5	Kennwerte HTL St. Pölten [DB2-e]	125
4.11.6	Infrarotwärmebild mit Oberflächentemperaturdifferenzen.....	126
4.11.7	Innenraumsituation.....	127
4.12DB	 HTL St. Pölten, reduziert-intensiv [DB2-ri]	130
4.12.1	<i>Factsheet</i> HTL St. Pölten, reduziert-intensiv [DB2-ri].....	130
4.12.2	Wärmedurchfluss im Substrat, Substratfeuchte und -temperatur.....	131
4.12.3	Blattflächenindex (LAI), Deckungsgrad und Pflanzenvitalität	134
4.12.4	Kurz- und langwellige solare Einstrahlung und Reflektion.....	135
4.12.5	Kennwerte HTL St. Pölten [DB2-ri]	136
4.12.6	Infrarotwärmebild mit Oberflächentemperaturdifferenzen.....	137
4.12.7	Innenraumsituation.....	137
4.13DB	 Ilse-Wallentin-Haus – BOKU-Standort [DB3-e].....	141
4.13.1	<i>Factsheet</i> Ilse-Wallentin-Haus BOKU-University [DB3-e].....	141
4.13.2	Blattflächenindex (LAI), Deckungsgrad und Pflanzenvitalität	142
4.13.3	Kurz- und langwellige solare Einstrahlung und Reflektion.....	143

4.13.4 Kennwerte Ilse-Wallentin-Haus BOKU University [DB3-e].....	144
4.13.5 Infrarotwärmebild mit Oberflächentemperaturdifferenzen.....	145
4.14DB  Klangforum [DB4-ri].....	146
4.14.1 <i>Factsheet</i> Klangforum [DB4-ri]	146
4.14.2 Blattflächenindex (LAI), Deckungsgrad und Pflanzenvitalität	147
4.14.3 Kurz- und langwellige solare Einstrahlung und Reflektion.....	148
4.14.4 Kennwerte Klangforum Wien [DB4-ri]	149
4.14.5 Infrarotwärmebild mit Oberflächentemperaturdifferenzen.....	150
4.14.6 Stomatäre Leitfähigkeit	150
4.15DB  Die Garten Tulln [DB5-e]	152
4.15.1 <i>Factsheet</i> Die Garten Tulln [DB5-e].....	152
4.15.2 Blattflächenindex (LAI), Deckungsgrad und Pflanzenvitalität	152
4.15.3 Kurz- und langwellige solare Einstrahlung und Reflektion.....	154
4.15.4 Kennwerte Die Garten Tulln [DB5-e].....	155
4.15.5 Infrarotwärmebild mit Oberflächentemperaturdifferenzen.....	155
4.16DB  Café Mendl – BOKU-Standort [DB6-e].....	157
4.16.1 <i>Factsheet</i> Café Mendl BOKU-University [DB6-e].....	157
4.16.2 Blattflächenindex (LAI), Deckungsgrad und Pflanzenvitalität	158
4.16.3 Kurz- und langwellige solare Einstrahlung und Reflektion.....	159
4.16.4 Kennwerte Gregor-Mendel-Haus BOKU University [DB6-e]	160
4.16.5 Infrarotwärmebild mit Oberflächentemperaturdifferenzen.....	161
5 Verzeichnisse	162
5.1 Literaturverzeichnis.....	162
5.2 Abbildungsverzeichnis.....	164
5.3 Tabellenverzeichnis.....	174
6 Anhang	176
6.1 Data Management Plan (DMP)	176
6.1.1 Datenerstellung und Dokumentation	176
6.1.2 Ethische, rechtliche und Sicherheitsaspekte.....	176
6.1.3 Datenspeicherung und -erhalt	176

6.1.4	Wiederverwendbarkeit der Daten	177
-------	--------------------------------------	-----

1 Kurzfassung

Projekthalt und -ziele

Angesichts des fortschreitenden Klimawandels und der zunehmenden Überhitzung urbaner Räume (Urban Heat Island Effekt) gewinnen Grüne Infrastrukturen (GI) als Strategie zur Klimawandelanpassung massiv an Bedeutung. Obwohl die positiven Wirkungen von Bauwerksbegrünungen – wie Verdunstungskälte, Beschattung und Biodiversität – qualitativ anerkannt sind, mangelt es in der Planungspraxis oft an belastbaren, standardisierten Messdaten zur quantitativen Wirkungsabschätzung.

Das Projekt **HEDWIG** adressierte diese Lücke, indem es über einen Zeitraum von zwei Jahren ein systematisches Dauermonitoring sowie ergänzende Messkampagnen an je 8 repräsentativen Dach- und Fassadenbegrünungsobjekten in Wien und Niederösterreich durchführte. Ziel war, die Wirkungen von normgerechten Bauwerksbegrünungen, repräsentative Vegetationsparameter und Leistungskennwerte zu ermitteln, die als Grundlage für thermische Gebäudesimulationen und zur Optimierung von Planungsprozessen dienen.

Der hier vorliegende **HEDWIG-Datenkatalog** ist ein Teil der Berichtsserie zum **Projekt HEDWIG** und beinhaltet sämtliche objektbezogenen Standort- und Messdaten aus dem Dauermonitoring und den Messkampagnen der HEDWIG-Objekte. Der **HEDWIG-Ergebnisbericht** (Stangl et al. 2026) beinhaltet die umfangreiche Dokumentation der zugrundeliegenden Methodik samt Arbeitsanleitung, die **HEDWIG-Kennwertetabellen** zu vegetationstechnischen und bauphysikalischen Parametern, die Synthese und die Empfehlungen für ein praxistaugliches Monitoring. Weiters stehen in derselben Schriftenreihe **die Studie zur Erhebung des internationalen Stands des Wissens** (Jalits et Stangl 2026) sowie die **Dokumentation der Stakeholder*inneneinbindung** (Leitner et al. 2026) als eigenständige Publikationen zur Verfügung.

Methodik und Untersuchungsdesign

Die Untersuchung basierte auf einem multidimensionalen Ansatz, der mikroklimatische, bauphysikalische und pflanzenphysiologische Parameter verknüpft.

Mess-Setup und Sensorik

HEDWIG entwickelte und verifizierte ein Mess-Setup, das zur Sammlung von validen Messdaten, deren Vergleichbarkeit und zur Evaluierung von Demonstrationsprojekten mit Begrünungen geeignet ist. Die Dokumentation der Methodik steht als Arbeitsanleitung zur Verfügung.

Außenraum: Einsatz von Wetterstationen und Dauersensorik zur Erfassung von Globalstrahlung, Lufttemperatur und Feuchtigkeit vor und hinter der Vegetation sowie Wärmedurchfluss im Substrat. Vegetationstechnisch relevante pflanzenphysiologische Parameter (Deckungsgrade, (Wand)Blattflächenindex, elektrische Leitfähigkeit u.a.) wurden in Messkampagnen erhoben.

Zusätzlich wurde Sensorik zur Ermittlung der kurzwelligen Strahlungsbilanz eingesetzt und mittels Thermografie gestützt.

Bauphysik und Innenraum: Zur Erfassung der Raumluftkonditionen und thermischen Interaktion mit der Gebäudehülle kam ein hybrides Messnetzwerk zum Einsatz. Zur Bewertung des thermischen Komforts kamen 2 komplementäre Ansätze zur Anwendung (adaptives Komfortmodell nach ÖNORM EN 16798-1 sowie Behaglichkeitsmodell nach Freymark und Leusden). Die energetische Bewertung und Quantifizierung der Kühlleistung durch die Bauwerksbegrünungen erfolgte exemplarisch mittels numerischer Simulation (IDA ICE). Ziel war, die realen physikalischen Effekte der Vegetation – insbesondere die Reduktion des solaren Eintrags und die thermische Pufferwirkung – in ein energetisches Rechenmodell zu übersetzen.

2 Abstract

Project Content and Objectives

In view of advancing climate change and the increasing overheating of urban areas (Urban Heat Island Effect), green infrastructures (GI) are becoming especially important as a strategy for climate change adaptation. Although the positive effects of building greenery – such as evaporative cooling, shading and biodiversity – are qualitatively recognised, there is often a lack of reliable, standardised measurement data for quantitative impact assessment in planning practice.

The **HEDWIG** project addressed this gap by carrying out systematic continuous monitoring over a period of two years as well as supplementary measurement campaigns on 16 representative roof and façade greening objects in Vienna and Lower Austria. The aim was to determine the effects of standard-compliant greening of buildings, representative vegetation and performance parameters, which serve as a basis for thermal building simulations and for the optimisation of planning processes.

The present **HEDWIG-Data Catalogue** is part of the **HEDWIG report series**. It includes all object-specific site and measurement data from the permanent monitoring and the measurement campaigns. The **HEDWIG-Report on results** (Stangl et al. 2026) contains the comprehensive documentation of the underlying methodology, comprising monitoring instructions, the **HEDWIG-Parameter Tables**, the synthesis and recommendations for a practical monitoring concept. Additionally, the report series encloses the **Study on the International State-of-Knowledge** (Jalits et Stangl 2026) and the **Documentation on the Stakeholder Engagement** (Leitner et al. 2026) as stand-alone reports.

Methodology and Research Design

The study was based on a multidimensional approach that combines microclimatic, building-physical and plant physiological parameters.

Measurement setup and sensors

HEDWIG developed and verified a measurement setup that is suitable for the collection of valid measurement data, their comparability and for the evaluation of demonstration projects in the building greenery sector. The documentation of the methodology is considered a working manual.

Outdoor conditions: Use of weather stations and permanent sensors to record global radiation, air temperature and humidity in front of and behind vegetation as well as substrate heat flow. Vegetation-related plant physiological parameters (coverage ratios, (wall) leaf area index, electrical conductivity, etc.) were collected in measurement campaigns. A sensor-based registration of the short-wave radiation balance was supported by thermography.

Building physics and interior conditions: A hybrid measurement network was used to record the indoor air conditions and thermal interaction with the building envelope. For the evaluation of thermal comfort, 2 complementary approaches were used (adaptive comfort model according to ÖNORM EN 16798-1 and comfort model according to Freymark and Leusden). The exemplary energy assessment and quantification of the cooling capacity by the building greening was carried out using numerical simulation (IDA ICE). The aim was to translate the real physical effects of vegetation – in particular the reduction of the solar input and the thermal buffering effect – into an energetic calculation model.

3 Ausgangslage

3.1 Projekthintergrund

Die physikalischen und gesellschaftsrelevanten Wirkungen von Grünen Infrastrukturen (GI) sind vielfach beschrieben und weitläufig anerkannt (Europäische Union 2014, John et al. 2019, European Commission 2021). Zu ihnen zählen beispielsweise Beschattungsleistung, Transpiration, Verdunstungskälte, Temperaturminderung, Beitrag zur Klima- und Naturgefahrenresilienz, Beitrag zum Regenwassermanagement, Biodiversitätserhöhung sowie positive Auswirkungen auf psychische und physische Gesundheit. Aufgrund ihrer hohen Bedeutung besteht ein internationaler Konsens hinsichtlich Notwendigkeit der Erweiterung von GI zur Klimawandelanpassung (Nakamura 2022, European Commission 2021, Estreguil et al. 2019,). Die Europäische Kommission hat GI 2013 mit ihrer Strategie auf die politische Agenda gehoben und in verschiedenen Rahmenplänen und Policy Papers inkludiert, die in unterschiedlicher Intensität und Geschwindigkeit von den Mitgliedstaaten aufgegriffen wurden (Europäische Union 2014, Europäische Kommission 2019, UK Green Building Council 2020, Marot et al. 2021). Viele Städte verpflichteten sich zur Erhöhung des Grünanteils und zu GI-Maßnahmenplänen (Magistrat der Stadt Wien 2009, MA22 2015, Ville de Paris 2025, Ellen MacArthur Foundation 2014).

Obgleich sich weltweit zahlreiche Forschungsarbeiten mit den Effekten von Grüner Infrastruktur auf unterschiedlichen Ebenen und aus unterschiedlichen Perspektiven auseinandergesetzt haben (Navarrete-Hernandez et Laffan 2019, Europäische Union 2014, John et al. 2019,), sind gesicherte Datenlagen zu den Wirkungen – insbesondere von Bauwerksbegrünungen – nach wie vor nicht verfügbar. Die Studie „Wirkungen der grünen Stadt“ (Stangl et al. 2019) hat einen Überblick zum internationalen Stand des Wissens hinsichtlich messbarer Wirkungen und Parameter von Begrünungen aufgezeigt. Hierbei konnte aufgezeigt werden, dass Kühleffekte und die damit verbundenen Energieeinsparungen häufig Schwerpunkte wissenschaftlicher Arbeiten sind. Die in der Literaturstudie erhobenen Parameter weisen ein breites Spektrum auf, sind jedoch oftmals durch ungenaue Darstellungen und Angaben von zugrunde liegenden Daten oder Mess-Setups, der Nicht-Vergleichbarkeit der Parameter sowie fehlenden Kausalzusammenhängen als nicht repräsentativ oder reproduzierbar zu bezeichnen. Der Wissensstand per se bleibt nach wie vor fragmentiert und teilweise widersprüchlich, worunter die Aussagekraft auch neuerer Studien stark leidet. Weiters sind Investitionen in GI umstritten, was vor allem auf die fehlende Nachweisbarkeit von Kosten-Nutzen-Rechnungen zurückzuführen ist.

Um einen ersten Schritt zur Schließung der Wissenslücke zu setzen, wurde im Rahmen vom Projekt HEDWIG eine erweiterte Studie zum Update des internationalen Stand des Wissens durchgeführt (Jalits et Stangl 2026). Darauf aufbauend wurden durch HEDWIG Messdaten an normgerecht ausgeführten, etablierten Bauwerksbegrünungen (Dach sowie Fassade) mit adulten Grünstrukturen an 16 ausgewählten Standorten erhoben. Durch den Einsatz von etablierten und standardisierten Messverfahren sowie der Verknüpfung von Dauermessungen mit Messkampagnen wurden Vegetationskennwerte und mikroklimatisch sowie bauphysikalisch relevante Kennwerte im Zeitraum von zwei Jahren (2024-2025) gesammelt und ausgewertet. HEDWIG

generierte damit fundierte und reproduzierbare Daten an realen Gebäudestrukturen. Das Ziel war, an heimischen Standorten aussagekräftige Messdaten zu erheben, um eine Argumentations- und Entscheidungsgrundlage für städtebauliche Prozesse und Planungen zu schaffen. Die erhobenen Kennwerte dienen der Beurteilung der Wirkungen im Innenraum (Raumklima) sowie im Außenraum (Mikroklima) an Gründächern und -fassaden und werden als Open Content für künftige Forschungs- und Demonstrationsprojekte zur Verfügung gestellt werden. Komplementiert wurden diese durch Empfehlungen zu relevanten Erhebungsparametern, der Darlegung eines detaillierten Ablaufschemas für ein standardisierbares Mess- und Analyseverfahrens sowie der Entwicklung von Standardkennwerten für Gebäudebegrünungstypen.

3.2 Projektziele

HEDWIG zielte darauf ab, die Wirkungen von Bauwerksbegrünung im Innen- und im Außenraum zu erfassen und daraus fundierte und belastbare Leistungskennwerte zu berechnen. Die Erkenntnisse sollen ein weiteres Mainstreaming von Bauwerksbegrünungen befördern und Grundlage für Argumentarien bzw. Prüfprozesse sein. Das hier vorgeschlagene Messkonzept generiert die erforderlichen wissenschaftlichen Grundlagen auf effiziente und wirtschaftliche Weise. Als wesentliche Vorgabe dienten dabei der Leitfaden *„Ergänzende Vorgaben für das Monitoring von Demonstrationsgebäuden und -quartieren“*, Erfahrungen und Wissen aus Vorprojekten (s. e-call *„Ergebnisse aus anderen Projekten“*, Stangl et al. 2019) sowie die Verbindung bestmöglicher Kompetenzen in allen relevanten Aspekten in der Projektgruppe. Das HEDWIG-Messkonzept umfasst relevante Komponenten der Vegetationsstrukturen, des Mikroklimas, des Energiehaushaltes und der Bauphysik, welche in ihrem Zusammenwirken ein bestmögliches Verständnis über die Wirkungsleistungen, zu Grunde liegenden Prozesse, Kausalzusammenhänge sowie Rahmenbedingungen erlaubt.

HEDWIG verfolgte folgende Ziele:

Ziel 01: Generierung von Messdaten im Außenraum

- 01.1 Anwendung und Validierung des HEDWIG-Messkonzepts an 15 Standorten: Dauermessungen und Messkampagnen zur Erfassung von Vegetationsparametern und energiehaushaltsrelevanten Parametern;
- 01.2 Bewertung des Mikroklimas, thermische Behaglichkeit im Außenraum und ihre Zusammenhänge mit den vorhandenen Grünstrukturen an Dach und Fassade sowie den klimatischen Bedingungen.

Ziel 02: Generierung von Messdaten im Innenraum

- 02.1 Anwendung und Validierung des HEDWIG-Messkonzepts im Innenraum: Messkampagnen mit Dauermessungen zur Erfassung des Innenraummikroklimas und Bewertung der thermischen Behaglichkeit;
- 02.2 Thermische Gebäudesimulation für Referenzszenarien und zur Wirkungsabschätzung mit und ohne Begrünung (Wärmeeinträge, Wärmeverluste).

Ziel 03: Schaffung einer standardisierten Datenbasis

- 03.1 Entwicklung und Anwendung eines standardisierbaren HEDWIG-Analysekonzepts;
- 03.2 Ableitung eines HEDWIG-Datenkatalogs zu mikroklima- und energiehaushaltsrelevanten Vegetationsparametern;
- 03.3 Ableitung eines HEDWIG-Datenkatalogs zu Messelementen zur Wirkungsabschätzung von Bauwerksbegrünungen für den Gebäudeinnen- und -außenraum.

Ziel 04: Standardisier-, reproduzier- und übertragbare Messmethodik und Analyseverfahren

- 04.1 Validierung und Optimierung des HEDWIG-Mess- und Analysekonzepts für die Übertragbarkeit und Reproduzierbarkeit;
- 04.2 dokumentierte Arbeitsanleitung zum HEDWIG-Mess- und Analyseverfahren zur Wirkungsabschätzung für den gesamten Prozess: Mess-Setup, Datengenerierung, Datenmanagement, Datendarstellung, Interpretation, Ableitung und Bewertung der Kennwerte.

Ziel 05: Ableitung von Kennwerten zur Wirkungsabschätzung von Gründächern und -fassaden

- 05.1: Generierung vergleichbarer, standortunabhängig gültiger Kennwerte zur mikroklimatischen Performanz im Innen- und im Außenraum als Open-Content-Verfügbarkeit;
- 05. Ableitung von wirkungsrelevanten Kenngrößen und Wechselwirkungen von Grünstrukturen im Außenraum;
- 05.3 Rückschlüsse auf die Verringerung von Wärmeeinträgen oder Wärmeverlusten durch Gründächer und -fassaden im Innenraum;
- 05.4 Empfehlungen für standardisierte Kenngrößen, für ihre praxistaugliche Erhebung (indirekte Verfahren) und Bewertungsansätze sowie zur Weiterentwicklung bzw. Integration in bestehende Modelle und Bewertungsverfahren (z.B. Energieausweis, Passivhaus-Standard, div. Nachhaltigkeitsstrategien).

3.3 Innovationsgehalt - Relevanter State of the Art

Bretschneider et Scharf (2018) entwickelte ein Verfahrensmodell zur Optimierung mikroklimawirksamer Umgestaltung und Begrünung eines Straßenraumes (Aspangstraße) samt angrenzender Bebauung. Dies zeigte, dass Begrünungen, insbes. an Fassaden, eine wesentliche Rolle für den Energiehaushalt von Städten spielen. Die Beschattungsleistung gilt als die wesentlichste Funktion von GI zur Verbesserung des thermischen Komforts und des urbanen Energiehaushalts (Kuttler 2013). Ähnlich wie Bäume mit hoher Kronendichte weisen Gebäudebegrünungen mit hoher Blattbedeckung optimale Beschattungsleistung und großes Energieeinsparungspotenzial auf (Stangl et al. 2019), was aus mikroklimatischer Sicht sowie für den Gebäudeenergieeintrag von Bedeutung ist (Scharf et Stangl 2021). Die Wirkung hängt von mehreren spezifischen Eigenschaften der Pflanzen ab: Blattflächen (LAI), Blattanordnung zueinander, Winkel zur Sonne, Lichtstärke und Frequenzen, Reflektionsgrad, Absorptionsgrad, Transmissivität ua. Eine zunehmende Anzahl an Arbeiten im erweiterten Themenfeld bieten wichtige Grundlagen über Effekte und ihre Erfassung (Überblick in Stangl et al. 2019, Schmidt

2010, Pfoser et al. 2013, Schmauck 2019, Scharf 2020). Standardkennwerte (z.B. Wärmedurchfluss) für bauphysikalische Berechnungen von energietechnisch relevanten Baumaterialien sind dokumentiert für gängige Materialien (Putz, Dämmstoffe, Ziegel, Dachabdichtungen, Kiesschüttungen, Blech etc.; Kresser et al. 2021, Österreichisches Institut für Bautechnik 2023). Wirkungen von Gründächern und Living Walls auf energetisch relevante Prozesse wurden aufgezeigt (z.B. Wärmeflussreduktion durch Gründächer in Abhängigkeit ihrer spezifischen Materialien und Aufbauhöhen von +10 bis -20 W/m²; Scharf 2020, Scharf et Stangl 2021). Tudiwer (2019) stellte bei fassadengebundenen Systemen Verbesserungen des Wärmedurchlasswiderstandes von 0,39 m²K/W fest. Eine 20 cm starke Wärmedämmplatte weist üblicherweise einen Wert von 4-5 m²K/W auf. Daher wird der Effekt bei Neubauten minimal und auch bei Altbauten nicht sehr hoch eingeschätzt. In Kresser et al. (2021) wurde untersucht, inwiefern gebäudeintegrierte Begrünungen in der Energieausweisberechnung implementiert werden könnten, der neben dem Energieverbrauch auch den Sommerkomfort berücksichtigt. Verschattung, verbessertes Mikroklima und erhöhter Wärmedurchgangswiderstand durch Begrünungen kann den thermischen Komfort erhöhen und Energieverbrauch (Heizen Kühlen) verringern. Luftqualität, Lichtverhältnisse, Raumakustik und Raumtemperaturen sind maßgebliche physikalische Größen (Voss et al. 2016, Austrian Standards International 2024).

Es ergeben sich folgende Defizite:

- 1. Daten für vergleichbare Maße für Grünverschattung (z.B. Beschattungsindex, Transmissivität) liegen nicht vor.
- 2. Pflanzeigenschaften und -prozesse im Zusammenhang mit Sonnenstrahlung sind wenig erforscht oder reproduzierbar belegt.
- 3. Allgemeingültige Ableitungen sind aufgrund der starken Baukörper- und Standortabhängigkeit und abweichender Methoden nicht möglich.
- 4. Für relevante Grünsysteme, Systembestandteile inkl. Pflanzenkomponenten liegen keine Standardkennwerte vor.
- 5. Standortübergreifende Verknüpfungen von Innen- und Außenwirkungen wurden bisher nicht angestellt.

Neu- und Mehrwert durch HEDWIG

HEDWIG wird standardmäßig mikroklimatische Daten und zu Pflanzen- und Systemkomponenten erheben und den Zusammenhang zw. Vegetations- und bauphysikalischen Parametern prüfen. Daraus entstehen eine valide Datenbasis, und Kennwerte für thermischen Komfort und Energieausweis können abgeleitet werden. Ein Fokus liegt auf der durch Begrünung verbesserten thermischen Behaglichkeit. Mittels Referenzszenarien aus Simulationen wird die Wirkung auf den Innenraum mit und ohne Begrünung abgeschätzt (Steiner 2021). Die standortübergreifende Messung, Aufbereitung, Interpretation und Vergleich wurde bisher in keiner bekannten Studie oder in größerem Umfang durchgeführt und stellt einen besonderen Mehrwert von HEDWIG dar. Zu erwarten ist ein Einblick darüber, ob sich Muster wiederholen bzw. welche gebäude- und materialspezifischen Abhängigkeiten auftreten.

4 Ergebnisse Dauermessungen und Messkampagnen im Außen- und Innenraum

Abbildung 1 verortet die Dauermessobjekte und die Objekte für Messkampagnen. Der Codierungsschlüssel wird in den Tabelle 1 und Tabelle 2 dargelegt.

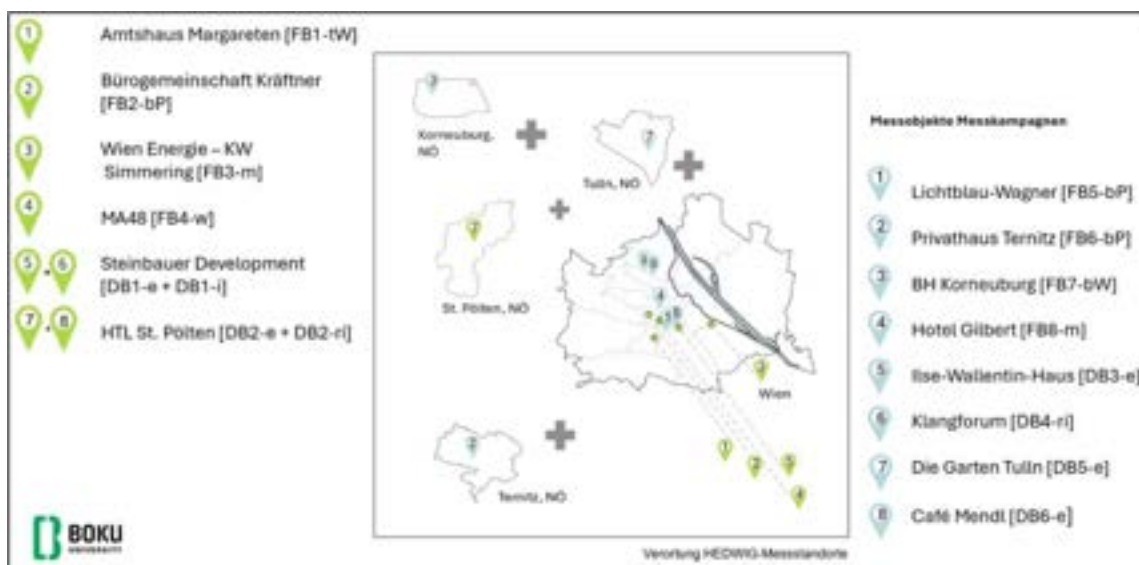


Abbildung 1: Schematische Verortung der Messobjekte für Dauermessung (grün) sowie Messkampagnen (blau) (© IBLB).

Tabelle 1: Codierungsschlüssel und Kerninformationen aller Dauermessobjekte (Fassade sowie Dach).

Nummer Messobjekt	Name Messobjekt	Codierung	Begrünungstyp	Lage Messobjekt
Fassadenbegrünung 1 FB	Amtshaus Margareten	FB1-tW	troggebundene FB (<i>W. sinensis</i>)	Wien
Fassadenbegrünung 2 FB	Bürogemeinschaft Kräfftner	FB2-bP	bodengebunde FB (<i>P. tricuspidata</i>)	Wien
Fassadenbegrünung 3 FB	Wien Energie – Kraftwerk Simmering	FB3-m	modulare FB (biodivers)	Wien
Fassadenbegrünung 4 FB	MA48 Gürtel	FB4-w	wandgebundene FB (biodivers)	Wien

Dachbegrünung 5 DB	Steinbauer Development, extensiv	DB1-e	Extensive Dachbegrünung (<i>Sedum sp.</i>)	Wien
Dachbegrünung 6 DB	Steinbauer Development, extensiv	DB1-i	Intensive Dachbegrünung (inkl. Baumbestand)	Wien
Dachbegrünung 7 DB	HTL St. Pölten, extensiv	DB2-e	Extensive Dachbegrünung (<i>Sedum</i>)	St. Pölten (NÖ)
Dachbegrünung 8 DB	HTL St. Pölten, reduziert-intensiv	DB2-ri	reduziert-intensive Dachbegrünung (Gräser, Kräuter)	St. Pölten (NÖ)

Tabelle 2 zeigt die wesentlichen Informationen zu den Objekten für Messkampagnen (in Abbildung 1 blau hinterlegt und verortet) auf.

Tabelle 2: Codierungsschlüssel und Kerninformationen aller Objekte für Messkampagnen (Fassade sowie Dach).

Nummer Messobjekt	Name Messobjekt	Codierung	Begrünungstyp		Lage Messobjekt
Fassadenbegrünung 5 FB	Lichtblau Wagner	FB5-bP	bodengebundene FB (<i>P. tricuspidata</i>)		Wien
Fassadenbegrünung 6 FB	Privathaus Ternitz	FB6-bP	bodengebundene FB (<i>P. tricuspidata</i>)		Ternitz (NÖ)
Fassadenbegrünung 7 FB	BH Korneuburg	FB7-bW	bodengebundene FB (<i>W. sinensis</i>)		Korneuburg (NÖ)
Fassadenbegrünung 8 FB	Hotel Gilbert	FB8-m	modulare FB (biodivers)		Wien
Dachbegrünung 3 DB	Ilse-Wallentin-Haus BOKU University	DB3-e	extensive DB (<i>Sedum sp.</i>)		Wien
Dachbegrünung 4 DB	Klangforum Wien	DB4-ri	Reduziert-intensive DB (inkl. Sträuchern)		Wien
Dachbegrünung 5 DB	Die Garten Tulln	DB5-e	extensive DB (<i>Sedum sp.</i>)		Tulln (NÖ)
Dachbegrünung 6 DB	Café Mendl BOKU University	DB6-e	extensive DB (<i>Sedum sp.</i>)		Wien

Nachfolgend werden die Ergebnisse für jeden HEDWIG-Standort katalogisiert und getrennt nach Fassadenbegrünung (FB) und Dachbegrünung (DB) wie folgt dargelegt:

- (1) *Factsheet* je Objekt im individuellen Standortinformationen (als Zielfläche wird jene Fläche bezeichnet, die potenziell durch Bewuchs begrünt sein kann, z.B. Fassaden-

fläche mit Kletterhilfen oder Dachfläche als Gründach ausgeführt, vergl. Stangl et al. 2025);

- (2) Energieeintrag 2024 und 2025 (verfügbar an Dauermessobjekten);
- (3) solare Einstrahlung mit Grünverschattungsfaktor (*Bioshading Coefficient* B_{sc})
Messstart bis inkl. Dezember 2025 (verfügbar an Dauermessobjekten);
- (4) Hitzewellen 2024 und 2025 (verfügbar an Dauermessobjekten) – 01.09. bis 05.09.2024
und 29.06. bis 03.07.2025;
- (5) (Wand-)Blattflächenindex ((W)LAI), Deckungsgrad und Pflanzenvitalität (aus
Messkampagnen);
- (6) kurz- und langwellige solare Einstrahlung und Reflektion (aus Messkampagnen);
- (7) Infrarotwärmebild mit Oberflächentemperaturdifferenzen (aus Messkampagnen);
- (8) stomatäre Leitfähigkeit (aus Messkampagnen);
- (9) Kennwerte (aus Messkampagnen);
- (10) Innenraumsituation.

4.1 **FB** | Amtshaus Margareten [FB1-tW]

Die troggebundene Wisterien-Begrünung am Amtshaus Margareten zählte zu den HEDWIG-Dauermessobjekten. Die Messsensorik konnte aus einer früheren Installation im Rahmen einer Evaluierungsarbeit für die Stadt Wien übernommen werden. Zusätzlich wurden Messkampagnen 2023 und 2024 durchgeführt.

4.1.1 **Factsheet** Amtshaus Margareten [FB1-tW]



Abbildung 2: Amtshaus Margareten, links: Frontansicht der Fassadenbegrünung (Süd-seitig), rechts: Messkampagne mit Messrahmen (©IBLB).

Allgemeine standortbezogene Informationen

- **Bundesland:** Wien
- **Adresse:** Schönbrunner Straße 54, 1050 Wien

Gebäudebezogene Informationen

- **Gebäudetyp:** Dienstleistung, Büro
- **Gebäudenutzung:** öffentlich + halböffentlich
- **Baujahr/Bauperiode:** 1967

Begrünungsbezogene Informationen

- **Begrünungsart:** troggebundene Fassadenbegrünung mit Seilkletterhilfen
- **Errichtung der Begrünung:** 2012
- **Zielfläche, gesamt:** ca. 146 m²
- **Exposition:** Süd (und Südost)
- **Pflanzenarten:** *Wisteria sinensis*, *Parthenocissus tricuspidata*, *Lonicera sp.*

Ergänzende Informationen

Standort wurde bereits im Rahmen des Stadt Wien Projekts „Tröge Wien“ gemonitored, Messsensorik wurde für HEDWIG weiterhin zur Verfügung gestellt.

Limitierende Faktoren

Im Zuge von Pflegemaßnahmen teilweise sehr starke Einkürzungen der Pflanzentriebe und Austausch eines Pflanzentrogs.

4.1.2 Energieeintrag 2024 und 2025

Betrachtet man die Solarstrahlung von Juni bis September 2024, ist eine klare Reduktion des solaren Eintrags hinter dem Pflanzenkörper erkennbar (Abbildung 3). Diese ist über die Sommermonate hinweg beinahe konstant und beträgt zwischen 87 und 91 %.

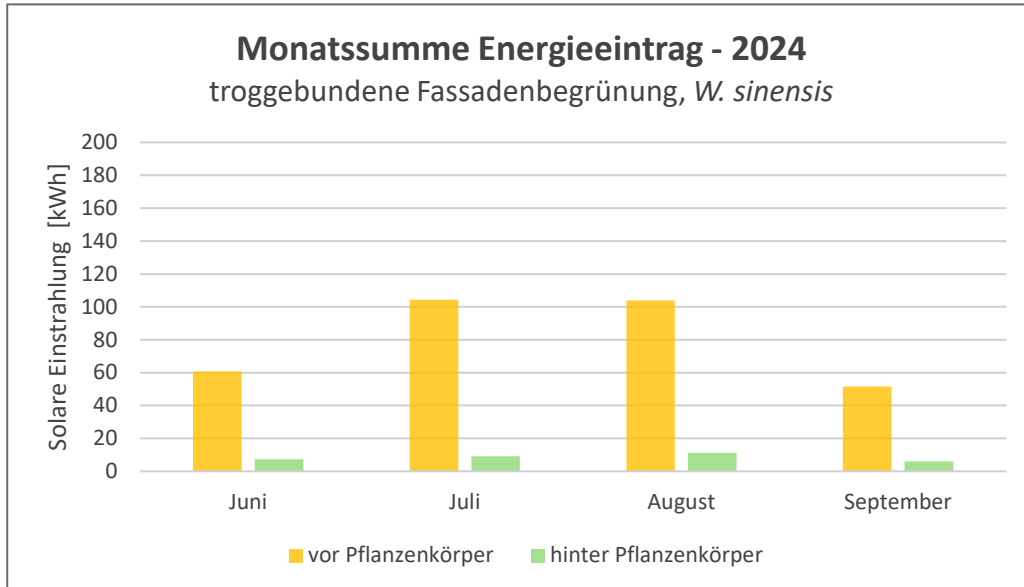


Abbildung 3: Monatssumme Energieeintrag 2024 vor und hinter dem Pflanzenkörper; Amtshaus Margareten, Wien [FB1-tW] (©IBLB).

Im Folgejahr 2025 zeigte sich ein ähnliches Bild. Auch hier ist eine deutliche Strahlungsreduktion hinter dem Pflanzenkörper zu verzeichnen (Abbildung 4). Im Vergleich zu 2024 ist diese etwas geringer ausgefallen und liegt zwischen 75 und 90 % (niedrigste Werte im August).

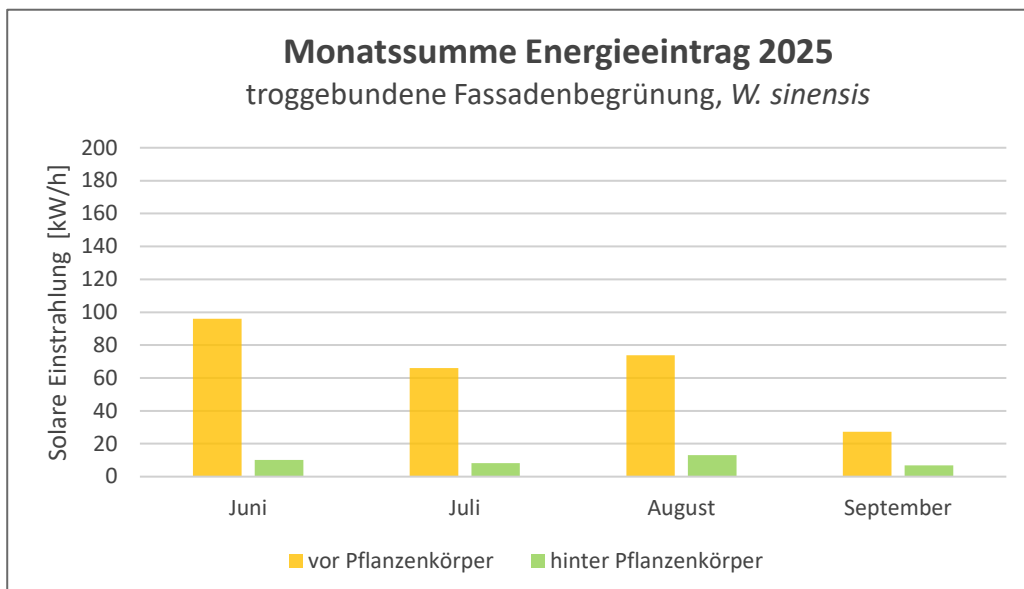


Abbildung 4: Monatssumme Energieeintrag 2025, vor und hinter dem Pflanzenkörper; Amtshaus Margareten, Wien [FB1-tW] (©IBLB).

4.1.3 Solare Einstrahlung mit Grünverschattungsfaktor (*Bioshading Coefficient BSC*)

Im Vergleich zu anderen Untersuchungsobjekten zeigen die Aufnahmen beim Amtshaus (FB1-tW) ein diffuses Strahlungsbild im Jahresverlauf (Abbildung 5), welches der Lage des Solarstrahlungssensors hinter der Begrünung geschuldet ist.

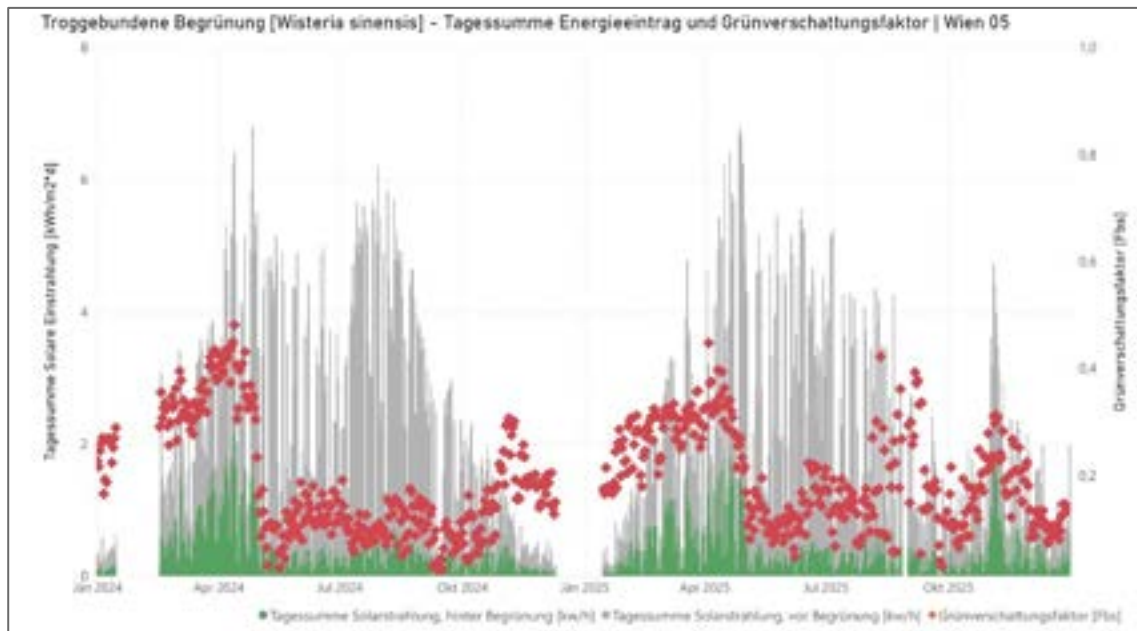


Abbildung 5: Tagessummen solare Einstrahlung 2024 bis 2025 [kWh/m²·d], inkl. Grünverschattungsfaktor; Amtshaus Margareten, Wien [FB1-tW] (©IBLB).

Der Strahlungssensor wurde in relativer Nähe zur Metallkletterhilfe angebracht und liegt des Weiteren genau vor drei Starkholzstämmen der *Wisteria sinensis*. Da die Stammelemente eine gewisse Verschattung mit sich bringen, ist der Grünverschattungsfaktor trotz Laubwurfs von *Wisteria sinensis* auch in den Wintermonaten verhältnismäßig niedrig ($< 0,5$). Der der Laubaustrieb in den Untersuchungsperioden 2024 und 2025 ab Mai deutlich zu erkennen. Das gleiche gilt für den Laubwurf, welcher hier ab Ende November eintritt. Weiters wurde Ende September 2025 ein Pflegegang an der Begrünung durchgeführt, der sich in einer Erhöhung der Streuung der Strahlungsdaten widerspiegelt.

4.1.4 Hitzewellen 2024 und 2025

Im Sommer 2024 wurde auf die Hitzewelle vom 01.09. bis 05.09. fokussiert (Abbildung 6). Es zeigen sich vor der Begrünung deutlich höhere Solarstrahlungswerte (bis 700 W/m²). Hinter dem Pflanzenkörper sind maximale Strahlungswerte von 35 W/m² zu verzeichnen. Für den Betrachtungszeitraum liegt die maximale Strahlungsreduktion bei 96,8 %. Aufgrund der eingeschränkten Luftbewegungen hinter der Begrünung ist die Lufttemperatur hinter dem Pflanzenkörper beinahe konstant höher, wobei die stärkste Erwärmung 1,8 °C beträgt. Aufgrund der vorherrschenden Tropennächte ist auch in den Abend- und Nachtstunden eine

Lufttemperaturerhöhung gegeben, da die Begrünung den Luftaustausch bremst sowie die Wärmeabstrahlung behindert.

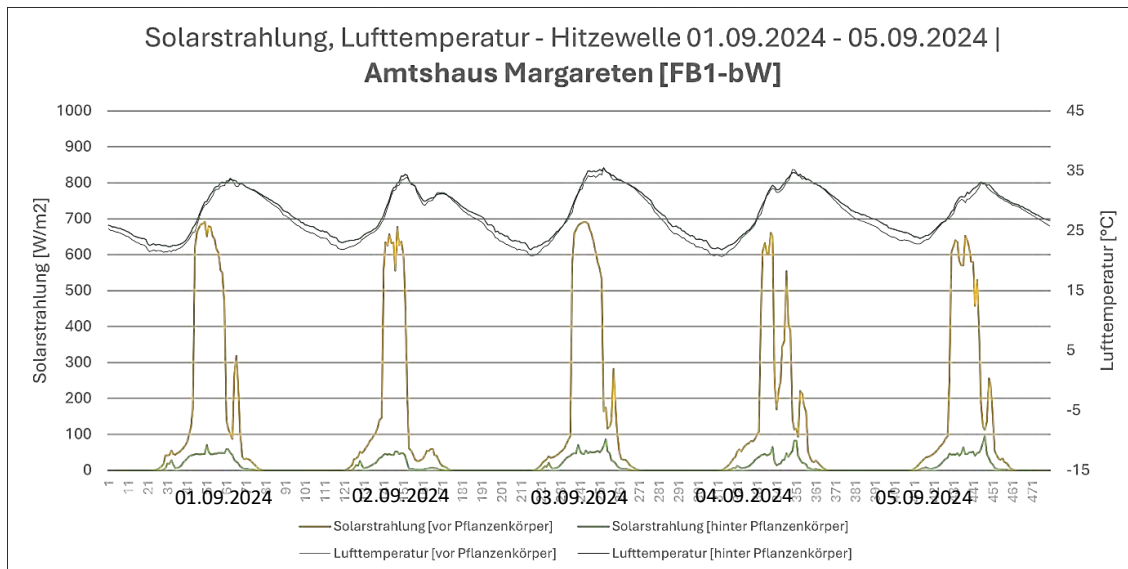


Abbildung 6: 5-tägige Hitzewelle 1.-5. September 2024, Solarstrahlung und Lufttemperatur jeweils vor und hinter dem Pflanzenkörper (Amtshaus Margareten, Wien [FB1-tW]) (©IBLB).

Im Untersuchungsjahr 2025 wurde die Hitzewelle vom 29.06. bis 03.07. näher betrachtet (Abbildung 7). In den untersuchten fünf Tagen liegen die Solarstrahlungswerte vor dem Pflanzenkörper bei bis zu 818 und hinter diesem bei 71 W/m². Die maximale Solarstrahlungsreduktion liegt bei 94 %. Ähnlich wie bei der untersuchten Hitzewelle 2024 liegen die Lufttemperaturwerte hinter der Begrünung über jenen vor dem Grünkörper. Die maximale Erwärmung beträgt 1,9 °C – wobei über die gesamte Hitzewelle hinweg der Mittelwert der Lufttemperatur vor der Begrünung bei 28,0 °C und bei 28,4 °C hinter dieser liegt.

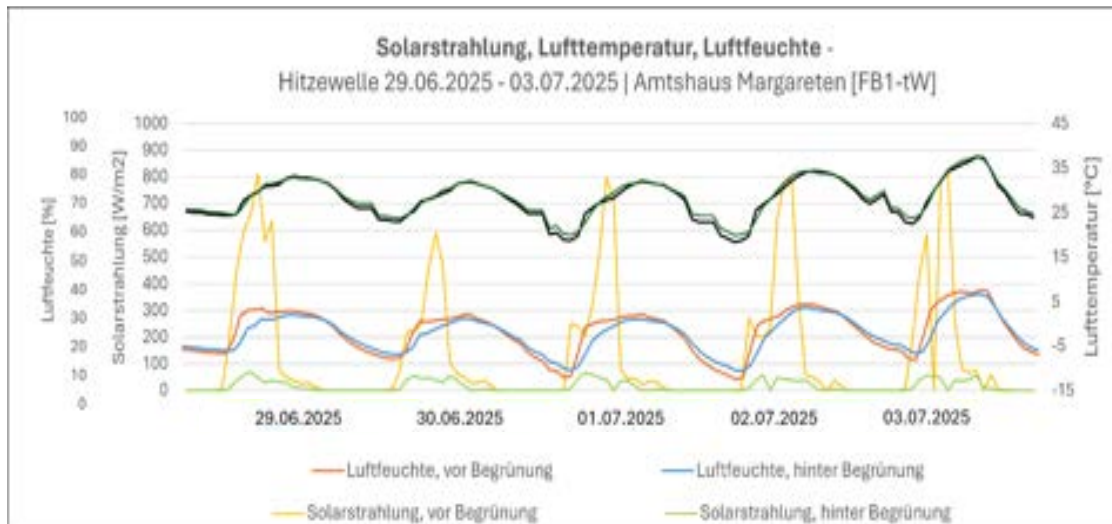


Abbildung 7: 5-tägige Hitzewelle 2025, Messwerte jeweils vor und hinter dem Pflanzenkörper (Amtshaus Margareten, Wien [FB1-tW]) (©IBLB).

4.1.5 Wand-Blattflächenindex (WLAI), Deckungsgrad und Pflanzenvitalität

WLAI und der **projektiver Deckungsgrad** zeigen in den beiden Untersuchungsjahren 2023 und 2024 teilweise ähnliche Muster (Abbildung 8), aber auch Unterschiede. Die Fassadenbegrünung wurde an fünf Messpunkten (MP) detailliert untersucht. Beim Vergleich der WLAI-Werte an MP 1, 2 und 5 lassen sich deutliche Differenzen (> 5) feststellen, während die Messpunkte 3 und 4 ähnliche Werte aufweisen. Diese Abweichungen sind auf punktuell unterschiedliche Laubdichten und Inhomogenitäten der Pflanzenkörper zurückzuführen, z. B. durch Pflegeeingriffe, Windbewegungen oder Unterschiede in Wuchsform und Vitalität der Begrünung. Der WLAI lag 2023 im Mittel bei 6,1, 2024 nur bei 3,6.

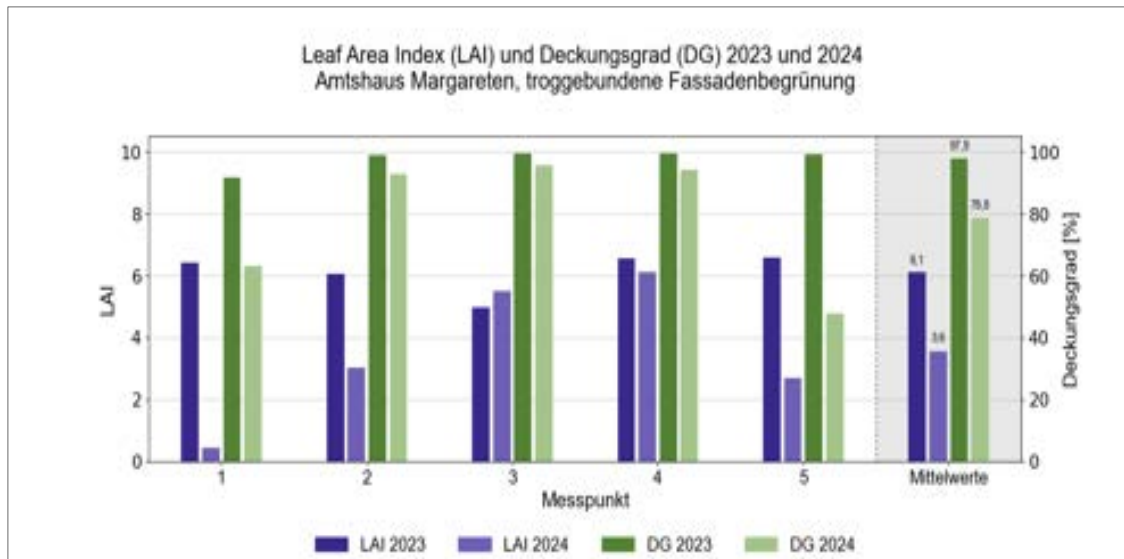


Abbildung 8: Wall-Leaf Area Index (WLAI) und projektiver Deckungsgrad (DG_{proj}), Messkampagnen 2023 und 2024; Amtshaus Margareten [FB1-tW] (©IBLB).

Der projizierte Deckungsgrad zeigt an den Messpunkten 2 bis 4 in beiden Jahren vergleichbar hohe Werte von > 90%, wohingegen an den Messpunkten 1 und 5 Differenzen von über 40 % auftreten. Der Mittelwert der fünf Messpunkte verdeutlicht die Abweichungen zwischen den beiden Untersuchungsjahren: die mittlere Deckung verringerte sich von 98 % (2023) auf 79 % (2024), Sowohl die projizierte Deckung als auch WLAI sind im zweiten Messjahr geringer. In diesem Fall ging die Reduktion des Pflanzenkörpers durch die Pflegeeingriffe mit einer Reduktion sowohl der Deckung als auch des WLAI einher. Insgesamt erreichte der Zieldeckungsgrad 70 %.

Am Standort Amtshaus Margareten wurden in den Messjahren teilweise unterschiedliche MP herangezogen. MP 2 und 5 wurden 2024 mithilfe eines Hubsteigers in größerer Höhe gemessen als 2023. Dadurch lassen sich die geringeren Werte erklären, da die Pflanzentwicklung und die Pflanzendichte in oberen Bereichen niedriger sind als weiter unten. In der Nähe von MP 1 kam es am 09.07.2024 zum Austausch eines Pflanztrogs und somit zu einer deutlichen Reduzierung von WLAI und dem projizierten Deckungsgrad an diesem Messpunkt.

Auch bei der Betrachtung der **Pflanzenvitalität** (Abbildung 9) wird deutlich, dass die Begrünung 2023 eine höhere Vitalität aufwies. Insgesamt ist diese Begrünung gut entwickelt und vital und zeigte bei allen Bewertungskriterien weitgehend die höchsten Bewertungspunkte. 2024 verringerten sich diese von 9 auf 7 – 8.

Bewertungsscheck Pflanzenvitalität

Troggebundene Fassadenbegrünung | Amtshaus Margareten | MW der Vegetation

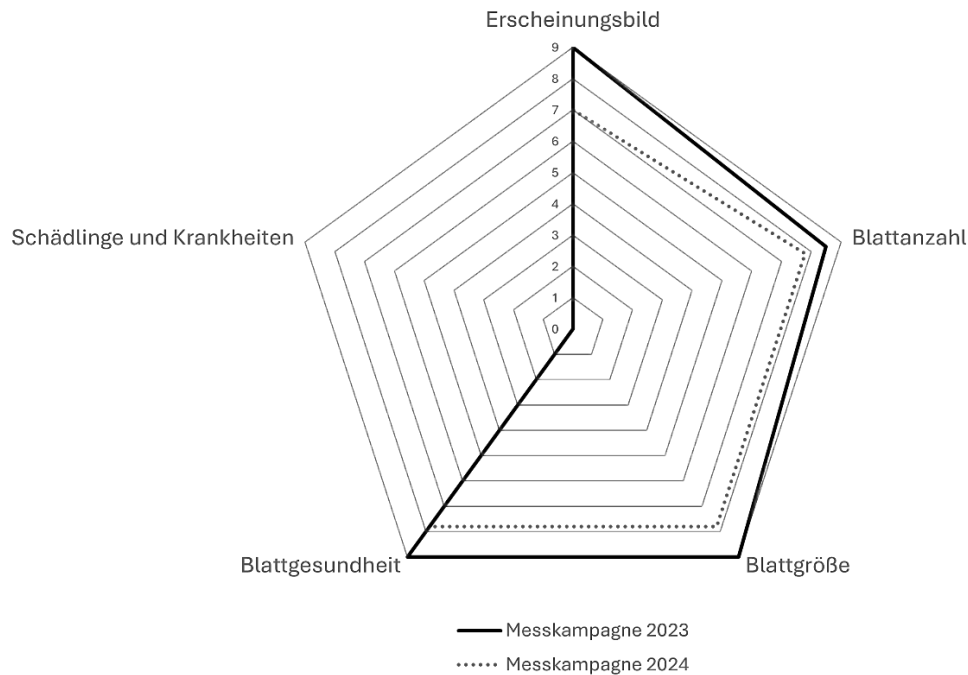


Abbildung 9: Bewertungsscheck der Pflanzenvitalität anhand von 5 Parametern; Messkampagne 2023 (durchgezogen) und Messkampagne 2024 (gepunktet); Amtshaus Margareten [FB1-tW] (©IBLB).

4.1.6 Kurz- und langwellige solare Einstrahlung und Reflektion

In der Messkampagne 2024 wurden zusätzlich lokalklimatische Parameter, insbesondere die **Solarstrahlung** einschließlich der **Wärmestrahlung** erfasst (Abbildung 10). Dabei zeigte sich, dass die emittierte langwellige Strahlung nicht höher ist als die eintreffende langwellige Strahlung, obwohl ein Energieeintrag (knapp 500 W/m² bis 12:20 mittags) durch kurzwellige Strahlung in den begrünten Fassadenbereich erfolgt. Der Abfall kurzwelliger Einstrahlung ab mittags erklärt sich durch Bewölkung. Geringfügige Wärmestrahlung zeigt sich während der direkten Besonnung. Im Tagesverlauf wurden von der kurzwelligen Strahlung im Schnitt 28 % reflektiert, 15 % transmittiert und somit wurden 57 % absorbiert (Abbildung 10).

Trotz des eingehenden kurzwelligen Strahlungseintrags vormittags erhöht sich die langwellige emittierende Strahlung (rot gepunktet) der Fassadenbegrünung im betrachteten Zeitraum nur um 2-3 %. Die langwellige eingehende Strahlung (rote Linie) erreicht bereits morgens etwa 500 W/m². Die Lufttemperatur in der Begrünung ist im gemessenen Zeitraum 0,2 °C wärmer als vor der Begrünung. Die Temperaturkurve reagiert analog zur solaren Einstrahlung mit einer leichten Erhöhung, die v.a. durch die Ausstrahlung von der Fassadenoberfläche zustande kommt, die nicht vollständig mit Laub beschattet ist.

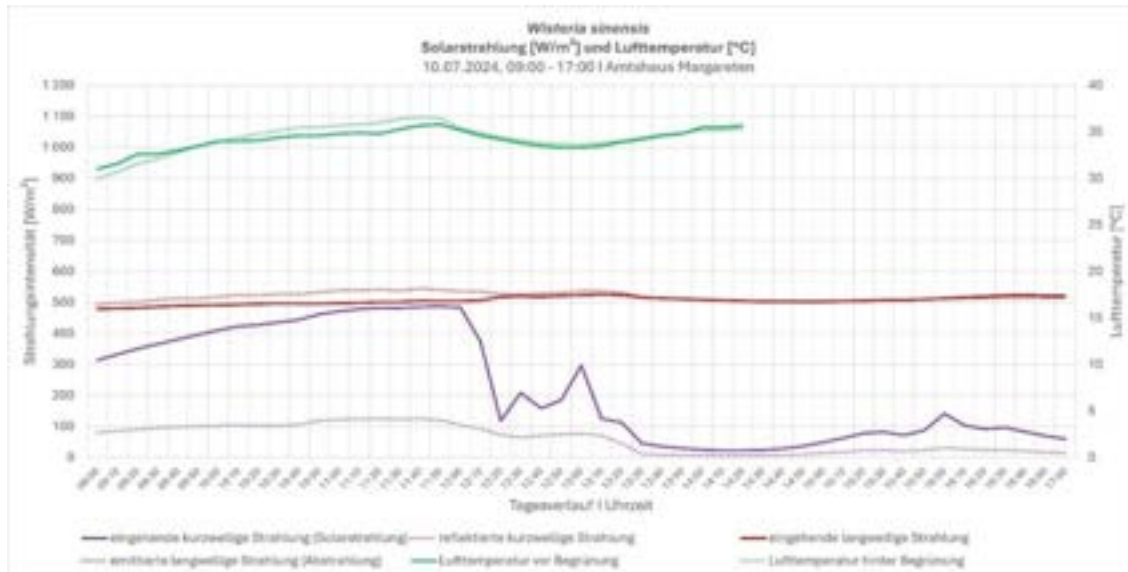


Abbildung 10: Tagesverlauf kurz- und langwellige und reflektierte Solarstrahlung [W/m²] und Lufttemperatur [°C] vom 10.07.2024 09:00 bis 17:00 Uhr; Amtshaus Margareten [FB1-tW] (©IBLB).

4.1.7 Kennwerte Amtshaus Margareten [FB1-tW]

In Tabelle 3 sind alle Kennwerte angeführt, die während der Messkampagne 2024 erfasst wurden und als Mittelwerte dargestellt.

Tabelle 3: Übersicht der Mittelwerte der pflanzenphysiologischen und klimatischen Parameter vom 10.07.2024, 09:00 bis 17:00 Uhr, Amtshaus Margareten [FB1-tW].

Pflanzenphysiologische und klimatische Parameter (MW)		10.07.24, 09:00 – 17:00 Ø 34,2°C, Tageshöchstwert:35,8°C
Kub. Pflanzvolumen [m ³ /m ²] [n=5]		0,9
Proj. Deckungsgrad [%] (n=5)		78,8
Deckungsgrad der Zielfläche [%]		82,5
WLAI (n=15)		3,4
Blatttemperatur [°C] (n=25)		34,5
Stomatäre Leitfähigkeit		252,4
Δ Lufttemperatur vor/hinter Begrünung [°C]		0,2
Δ relative Luftfeuchte vor/in Begrünung [%]		1,0
Δ absolute Luftfeuchte vor/in Begrünung [g/m ³] (Veränderung in %)		xx
Bioshading Coefficient (Grünverschattungsfaktor)*		0,1
Tagessumme eintreffende kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]		1,8
Tagessumme refl. kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]		0,5
Δ Tagessumme kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]		1,3
Transmission [%]		15
Reflexion [%]		28
Absorption [%]		57
Transpirationsrate [ml/m ² /h] (n=25) *		25,6
Verdunstungsenthalpie[W/m ²] (14:00 – 15:00) *		17,4
		*sensorbasiert **errechnet

4.1.8 Infrarotwärmebild mit Oberflächentemperaturdifferenzen

Das Temperaturspektrum am **Infrarotwärmebild** (Abbildung 11) reicht von 32,5 °C bis 43,0 °C. Die Lufttemperatur (Luft-T) zum Messzeitpunkt von 35,5 °C wird in der Temperaturskala weiß angezeigt. Die troggebundene Fassadenbegrünung ist im Vergleich zu anderen Baumaterialien an der Oberfläche kühler. M1 zeigt den kühlgsten Messpunkt an der Vegetation und ist mit 32,5 °C kühler als die Luft-T und der Fensterrahmen M2, welcher mit 43,4 °C die höchste Temperatur zeigt. Es entsteht eine Differenz der Oberflächentemperatur von >10 °C.

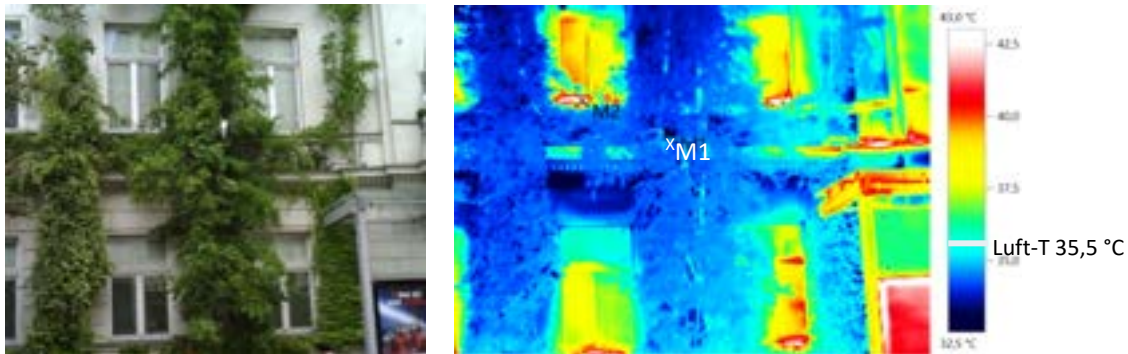


Abbildung 11: Untersuchungsbereich (links) und Infrarot Thermographie (IRT) (rechts) aufgenommen am 10.07.2024, 14:09 Uhr, Lufttemperatur 35,5 °C; Amtshaus Margareten [FB1-tW] (©IBLB).

4.1.9 Stomatäre Leitfähigkeit

Die stomatäre Leitfähigkeit wurde im Rahmen der Messkampagnen an den 5 MP gemessen (Abbildung 12). An jedem MP wurden 5 Blätter untersucht [n=5]. Die MP weisen unterschiedliche Messwerte der stomatären Leitfähigkeit auf und sind daher sehr heterogen. Die Minimalwerte mit $3 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ wurden an den MP 1, 2 und 5 erreicht. Der Maximalwert von $124 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ wurde am MP 4 erreicht. Der Mittelwert aller Messungen [n=25] beträgt $25 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

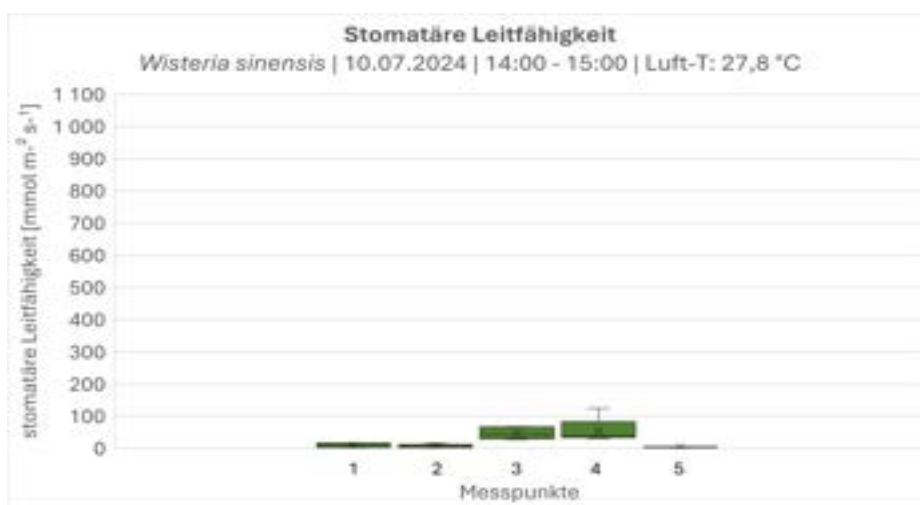


Abbildung 12: Stomatäre Leitfähigkeit [mmol m⁻² s⁻¹]; Messkampagne 10.07.2024 von 14:00 bis 15:00 Uhr; Amtshaus Margareten [FB1-tW] (©IBLB).

4.1.10 Innenraumsituation

4.1.10.1 Bewertung der Behaglichkeit mit dem adaptiven Komfortmodell nach ÖNORM EN 16798-1

Die Auswertung des Raumklimas nach dem adaptiven Komfortmodell gemäß ÖNORM EN 16798-1 (Austrian Standards International 2024) zeigt für den Zeitraum von Juni bis August 2024 ein sehr positives Bild der thermischen Behaglichkeit (Abbildung 13). Dieses Modell, welches die Raumtemperatur in Abhängigkeit von der gleitenden Außenlufttemperatur bewertet, ordnet die untersuchten Betriebsstunden ausschließlich in die höchsten Qualitätsstufen ein. Insgesamt liegen 650 Stunden in der Kategorie I, was einer hohen Erwartungshaltung an den Komfort entspricht und für Räume mit sehr sensiblen Nutzer*innengruppen empfohlen wird. Nach diesem Modell wird der Raum hinter der Fassadenbegrünung somit als thermisch äußerst behaglich und gut auf die sommerlichen Außenbedingungen angepasst eingestuft.

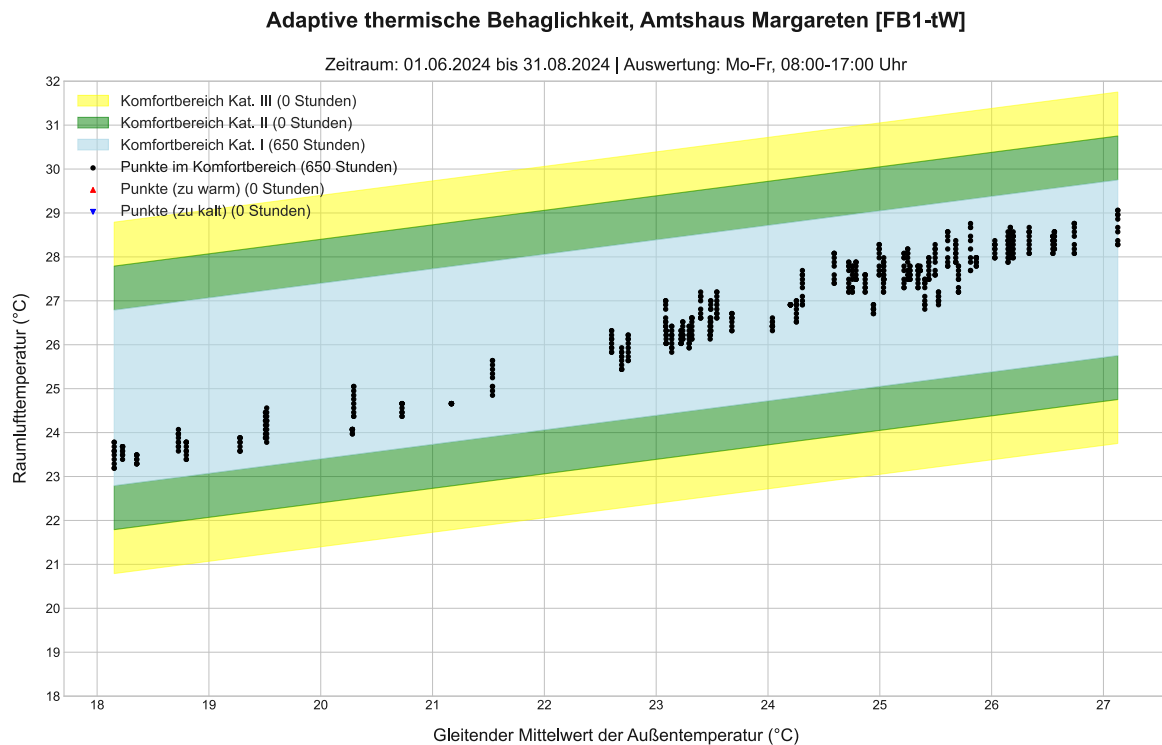


Abbildung 13: Adaptive thermische Behaglichkeit nach ÖNORM EN 16798-1 für Juni bis August 2024; Fassadenbegrünung troggebonden, *W. sinensis*, Amtshaus Margareten [FB1-tW] (©IBO).

4.1.10.2 Behaglichkeitsmodell nach Freymark und Leusden (1951)

Ein gegensätzliches Ergebnis liefert die statische Betrachtung im Behaglichkeitsfeld nach Freymark und Leusden für denselben Zeitraum 08:00 bis 17:00 Uhr (Abbildung 14). Hier zeigt sich eine deutliche Diskrepanz, da im gesamten Untersuchungszeitraum null Stunden als vollumfänglich behaglich bewertet wurden. Nur 127 Stunden konnten als „noch behaglich“ eingestuft werden,

während die überwiegende Mehrheit von 523 Stunden außerhalb der Behaglichkeitsgrenzen lag. Mit gemessenen Maximalwerten von 29 °C liegt die Raumtemperatur weit über den idealen statischen Grenzwerten. Zudem verdeutlicht die eingezeichnete Schwülekurve bei 13 g/m³ (blau strichlierte Linie), dass mehr als die Hälfte der Messwerte im schwülen Bereich liegen. Dies deutet darauf hin, dass die Kombination aus hoher Temperatur und absoluter Feuchte nach diesem klassischen Modell als belastend und unzureichend empfunden wird.

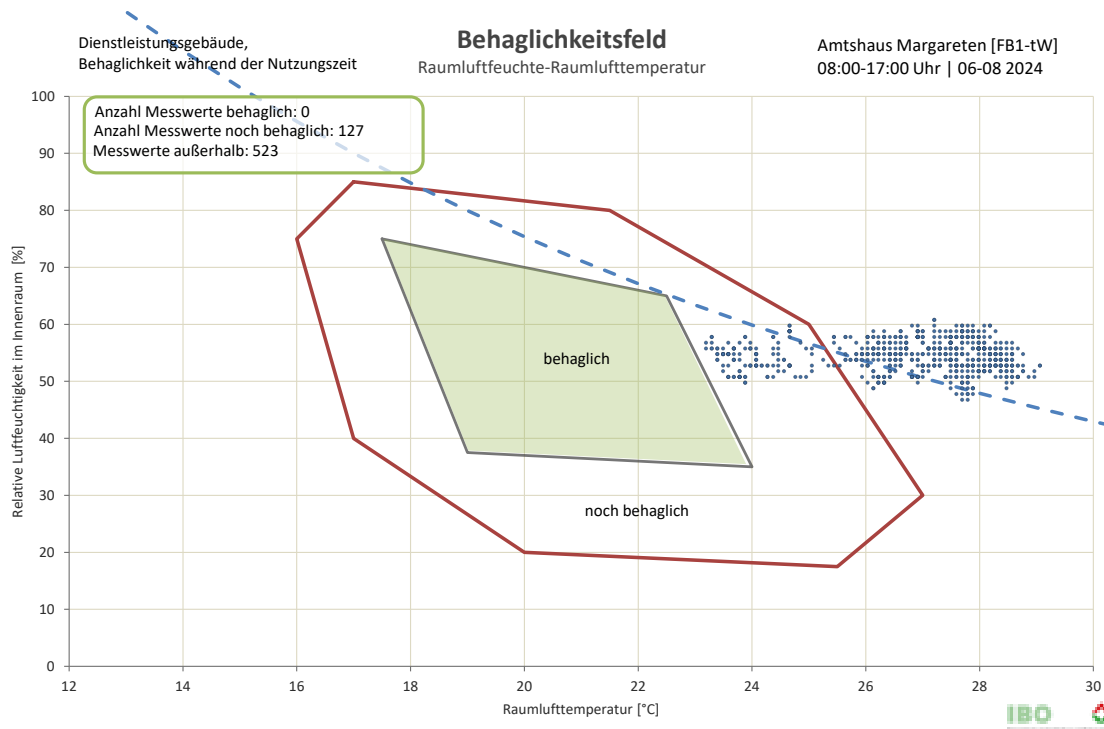


Abbildung 14: Thermische Behaglichkeit nach Freymark und Leusden (1951) für Juni bis August 2024; Fassadenbegrünung troggebonden, *W. sinensis*, Amtshaus Margareten [FB1-tW] (©IBO)).

4.1.10.3 Ergebnisse aus dem Innenraummonitoring

Die nachfolgende Datenanalyse (Abbildung 15) untersucht die thermische Kopplung zwischen der Raumlufttemperatur und der raumseitigen Wandoberflächentemperatur einer durch Fassadenbegrünung verschatteten Außenwand. Die statistische Auswertung ergibt eine systematische Abweichung (Bias) von 0,6 K, wobei die Innenwandoberflächentemperatur konsequent unter dem Niveau der Raumlufttemperatur verbleibt. D.h. die Oberflächentemperatur an der begrünten Außenwand ist kühler als die gemessene Raumlufttemperatur. Hervorzuheben ist das nichtlineare Verhalten im thermischen Komfortbereich zwischen 22° C und 24° C. In diesem Intervall ist die Temperaturspreizung etwas ausgeprägter.

In der Winterperiode zeigte sich eine veränderte thermische Charakteristik. Mit einem sehr hohen Korrelationskoeffizienten von $r=0,97$ wurde eine nahezu lineare Abhängigkeit zwischen Raumluft- und Oberflächentemperatur dokumentiert. Dies deutet auf eine stabile thermische Situation während der Heizperiode hin, in der die Oberflächentemperatur der Heizlast des Raumes sehr

gleichmäßig folgte. Die statistische Auswertung ergab für diesen Zeitraum einen deutlich höheren Bias von 1,76 K.

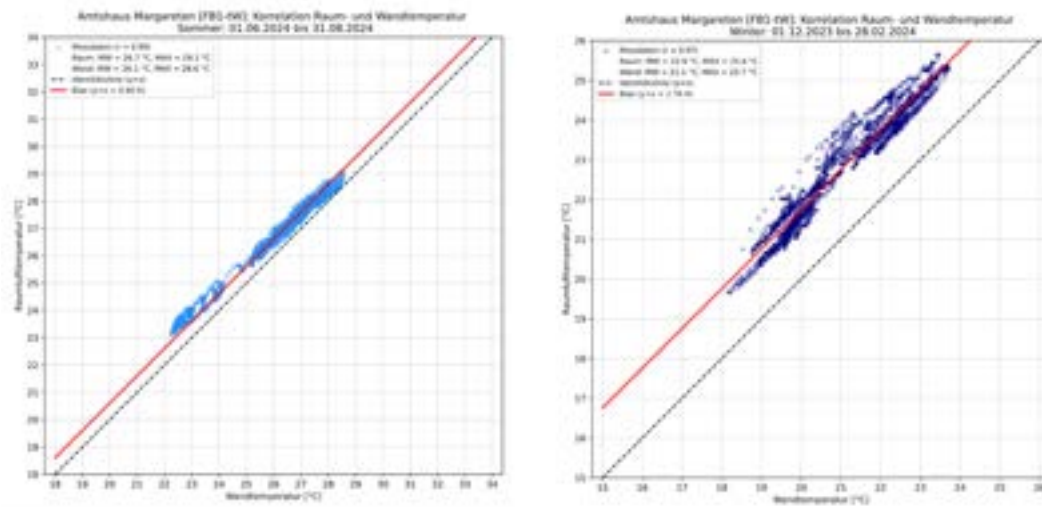


Abbildung 15: Korrelation Raumluft- und Oberflächentemperatur, Sommer/Winter 2024; Fassadenbegrünung troggebonden, *W. sinensis*, Amtshaus Margareten [FB1-tW] (©IBO).

4.2 | Bürogemeinschaft Kräftner [FB2-bP]

Die bodengebundene Grünfassade mit dem Selbstkletterer *Parthenocissus tricuspidata* war ein HEDWIG-Dauermessobjekt. Zusätzlich wurden Messkampagnen 2023 und 2024 durchgeführt.

4.2.1 *Factsheet* Bürogemeinschaft Kräftner [FB2-bP]



Abbildung 16: Bürogemeinschaft Kräftner, links: Frontansicht der Fassadenbegrünung (West), rechts: Anbringung des Solarpanels sowie der Wetterstation (©IBLB).

Allgemeine standortbezogene Informationen

- **Bundesland:** Wien
- **Adresse:** Westbahnstraße 7/6a, 1070 Wien

Gebäudebezogene Informationen

- **Gebäudetyp:** Wohngebäude, Büro
- **Gebäudenutzung:** halböffentlich + privat
- **Baujahr/Bauperiode:** 1850 - 1896

Begrünungsbezogene Informationen

- **Begrünungsart:** bodengebundene Fassadenbegrünung, Selbstkletterer
- **Errichtung der Begrünung:** nicht bekannt
- **Zielfläche, gesamt:** ca. 25 m² [Untersuchungsbereich eingeschränkt, Gesamtfläche größer]
- **Exposition:** Westen
- **Pflanzenarten:** *Parthenocissus tricuspidata*, *Hedera helix*

Ergänzende Informationen

Durch Innenhoflage Teilverschattung sowie relativ großer Baum [verschattend]

Limitierende Faktoren

Zugang für die Messungen ausschließlich über Ateliersdach möglich – geteiltes Eigentum unterschiedlicher Nachbar*innen, Kooperationsbereitschaft eingeschränkt

4.2.2 Energieeintrag 2024 und 2025

Da beim Messobjekt [FB2-bP] eine verspätete Sensorinstallation (Pyranometer hinter Laub) stattgefunden hat, konnte eine Auswertung der Messdaten erst ab August 2024 erfolgen. Die Solarstrahlungswerte der Monate August und September 2024 zeigten jedoch eine klare Reduktion hinter dem Laub des *Parthenocissus tricuspidata* (Abbildung 17), welche zwischen 83 und 89 % betrug.

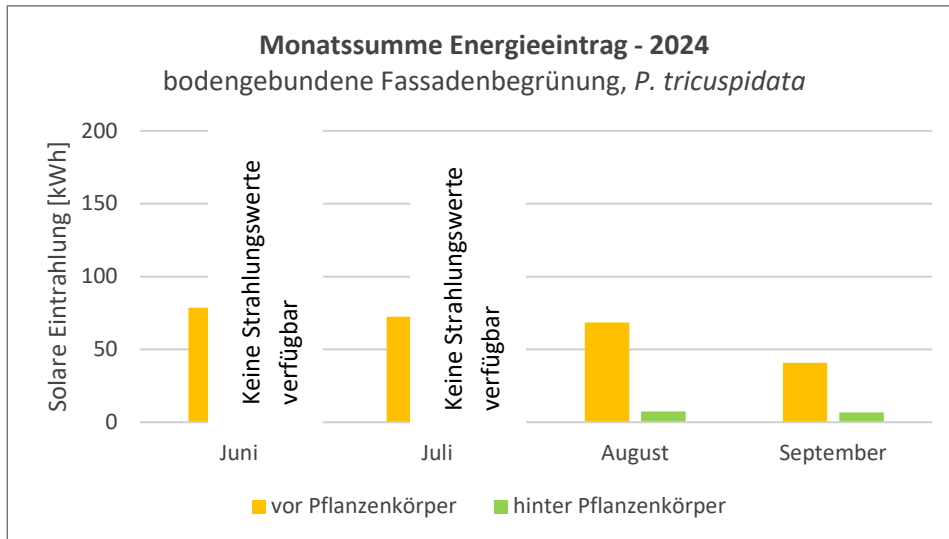


Abbildung 17: Monatssumme Energieeintrag 2024, vor und hinter dem Pflanzenkörper (Bürogemeinschaft Kräfftner, Wien) [FB2-bP] (©IBLB).

Die Strahlungsreduktion hinter dem Pflanzenkörper im Jahr 2025 (Abbildung 18) ähnelte jener aus 2024. Im Vergleich zu 2024 ist diese etwas geringer ausgefallen und lag zwischen 84 und 87 %. Die niedrigsten Differenzen zwischen den beiden Sensorpositionen wurden im Juni ermittelt. Da im 1. Messjahr keine Strahlungsdaten hinter der Begrünung zur Verfügung stehen, ist ein direkter Vergleich für Juni und Juli nicht möglich.

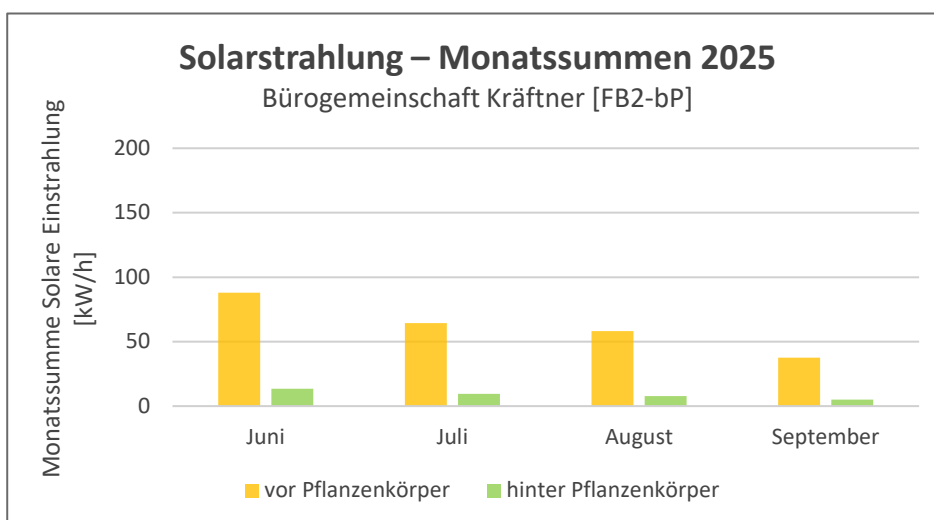


Abbildung 18: Monatssumme Energieeintrag 2025, vor und hinter dem Pflanzenkörper (Bürogemeinschaft Kräfftner, Wien) (©IBLB).

4.2.3 Solare Einstrahlung mit Grünverschattungsfaktor (Bioshading Coefficient BSC)

Die bodengebundene *Parthenocissus*-Begrünung am Messobjekt [FB2-bP] zeigt ein leicht diffuses Bild (Abbildung 19), welches vermutlich vorrangig der Innenhoflage der Begrünung geschuldet ist. Dieses spiegelt sich auch in den niedrigen Solarstrahlungswerten wider. Sowohl die Winter- als auch die Sommermonate zeichnen sich durch stabile Werte aus, die jedoch einen breiteren Wertebereich einnehmen. Der ab Mai eintretende Laubaustrieb sowie der Laubwurf ab November machen sich durch einen raschen Werteabfall bzw. -anstieg bemerkbar. Dies ist vermutlich standort- aber auch pflanzenspezifisch, da *Parthenocissus tricuspidata* verhältnismäßig große Einzelblätter aufweist aber geringe Blattüberlappungen. Deren Verlust führt damit schneller zu größeren Lücken.

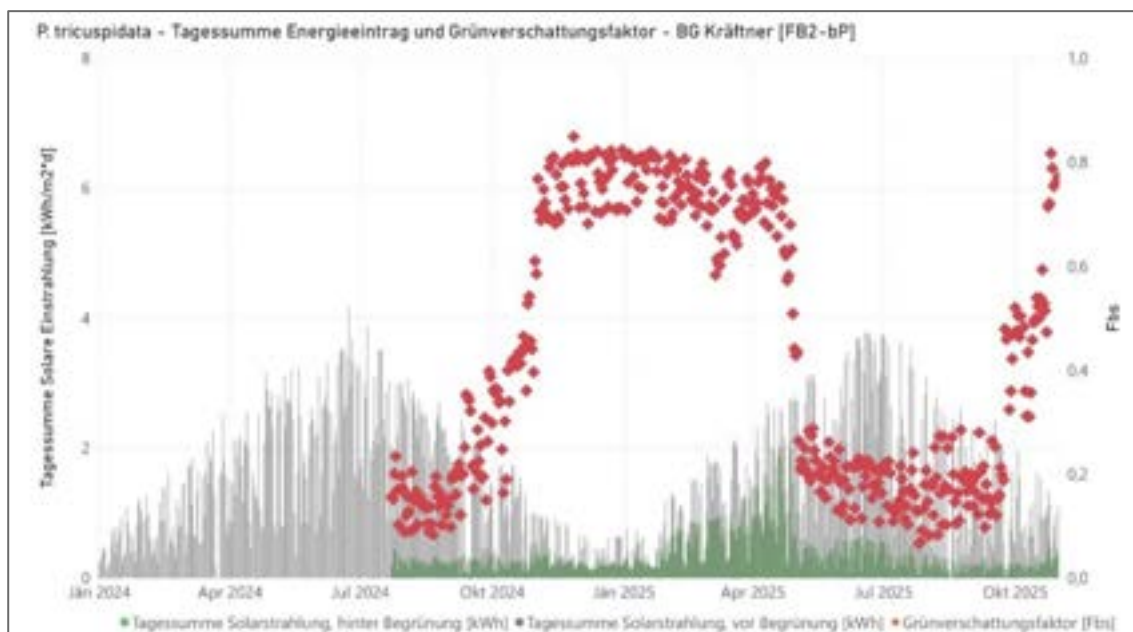


Abbildung 19: Jahresstrahlungsgrafik 2024 bis 2025 aus Tagessummen des solaren Strahlungseintrags [kWh/m²·d], inkl. Grünverschattungsfaktor, Bürogemeinschaft Kräfftner, Wien (©IBLB).

4.2.4 Hitzewellen 2024 und 2025

In der Vegetationsperiode 2024 wurde auf die Hitzewelle vom 01.09. bis 05.09. fokussiert (Abbildung 20). Im Untersuchungszeitraum zeigten sich vor der Begrünung deutlich höhere Solarstrahlungswerte mit mehrfachen Peaks, welche auf wechselnde Bedeckung des Himmels reagierten. Die Werte vor dem Grünkörper lagen bei 658 W/m². Hinter dem Pflanzenkörper wurden maximale Strahlungswerte von 91 W/m² verzeichnet. Im Betrachtungszeitraum lag die maximale Strahlungsreduktion bei 94,9 %. Da es sich beim Untersuchungsobjekt um eine bodengebundene Fassadenbegrünung handelt, bei welcher *Partheocissus tricuspidata* durch Haftwurzeln direkt an der Fassade klettert, kommt es zu einer Verhinderung des Luftaustauschs. Dies begünstigt leicht erhöhte Lufttemperaturen hinter dem Pflanzenkörper (im Mittel um 0,6° C, SD = 0,5) – ein Umstand, der sich auch in den Abend- und Nachtstunden aufgrund der Behinderung der Abstrahlung bemerkbar macht.

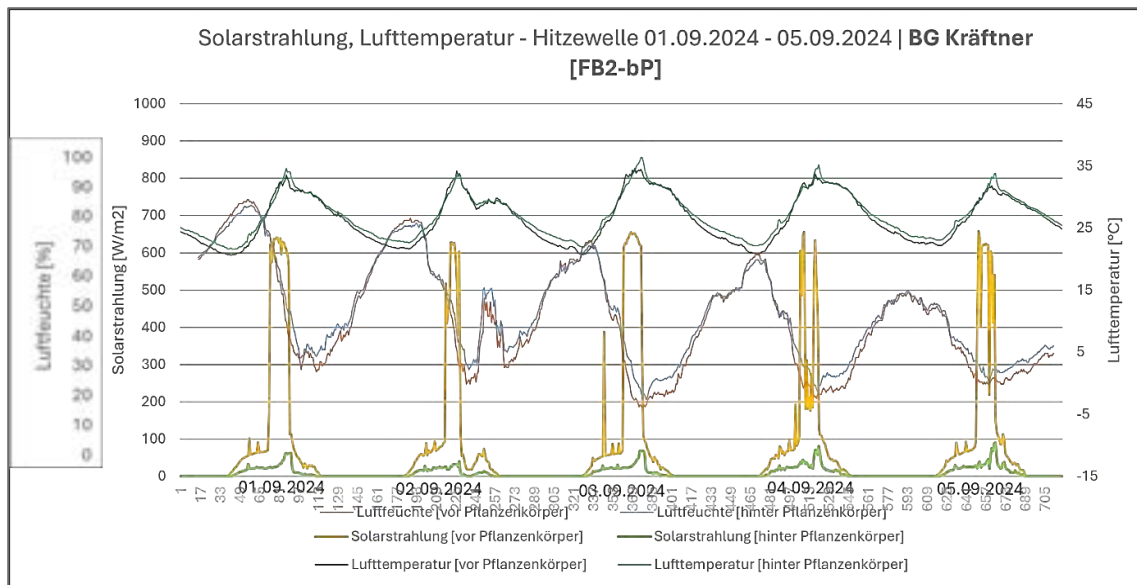


Abbildung 20: 5-tägige Hitzewelle 1.-5. September 2024, Solarstrahlung und Lufttemperatur jeweils vor und hinter dem Pflanzenkörper (Bürogemeinschaft Kräftner, Wien [FB2-bP]) (©IBLB).

Im Untersuchungsjahr 2025 wurde die Hitzewelle vom 29.06. bis 03.07. näher betrachtet (Abbildung 21). In den untersuchten fünf Tagen lagen die Solarstrahlungswerte vor dem Pflanzenkörper bei maximal 884 W/m² und hinter diesem bei 234 W/m². Die höchste Solarstrahlungsreduktion betrug 97 %. Auch zeigte sich die Lufttemperatur hinter dem Grünkörper erhöht gegenüber vor dem Laub. Über die gesamte Hitzewelle hinweg lag der Mittelwert der Lufttemperatur vor der Begrünung bei 27,0 °C und bei 28,1 °C hinter dieser.

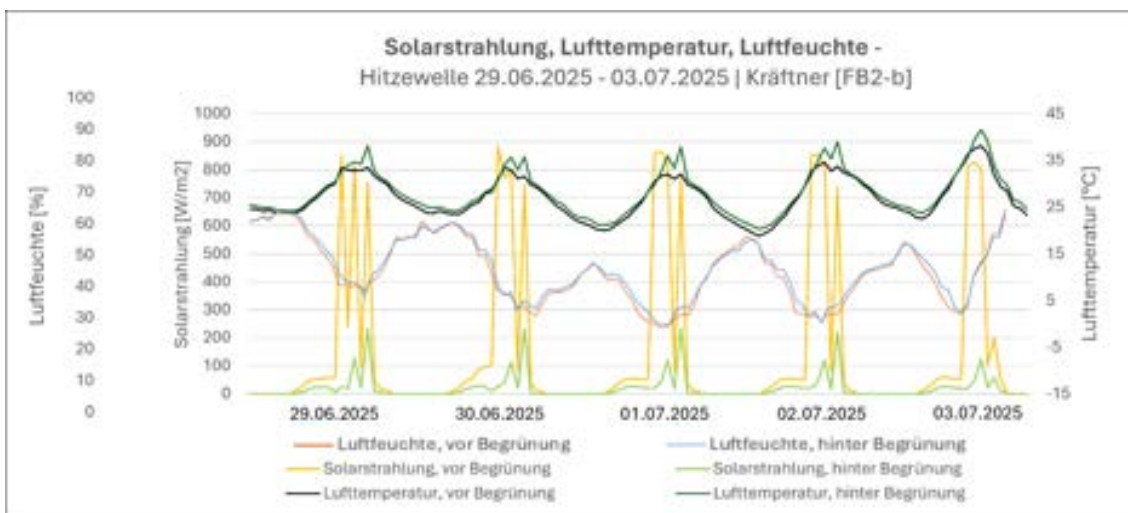


Abbildung 21: 5-tägige Hitzewelle 29.Juni bis 03.Juli 2024, Solarstrahlung und Lufttemperatur jeweils vor und hinter dem Pflanzenkörper (Bürogemeinschaft Kräftner, Wien [FB2-bP]) (©IBLB).

4.2.5 Wand-Blattflächenindex (WLAI), Deckungsgrad und Pflanzenvitalität

WLAI und der **projektive Deckungsgrad** waren in der Messkampagne 2024 an den fünf Messpunkten (MP) relativ konstant (Abbildung 22). Die WLAI-Werte lagen zwischen 1,5 und 3, mit einem Mittelwert von 1,9. DG_{proj} bewegte sich zwischen 70 % und 90 %, wobei der Mittelwert bei 75,9 % lag. Diese Messergebnisse deuten auf eine homogene Fassadenbegrünung hin. Aufgrund der insgesamt geringen Werte von LAI und Deckungsgrad werden die Potenziale der Fassadenbegrünung jedoch nicht vollständig ausgeschöpft. Dies kann durch Verbesserung des Zustands der Begrünung erreicht werden.

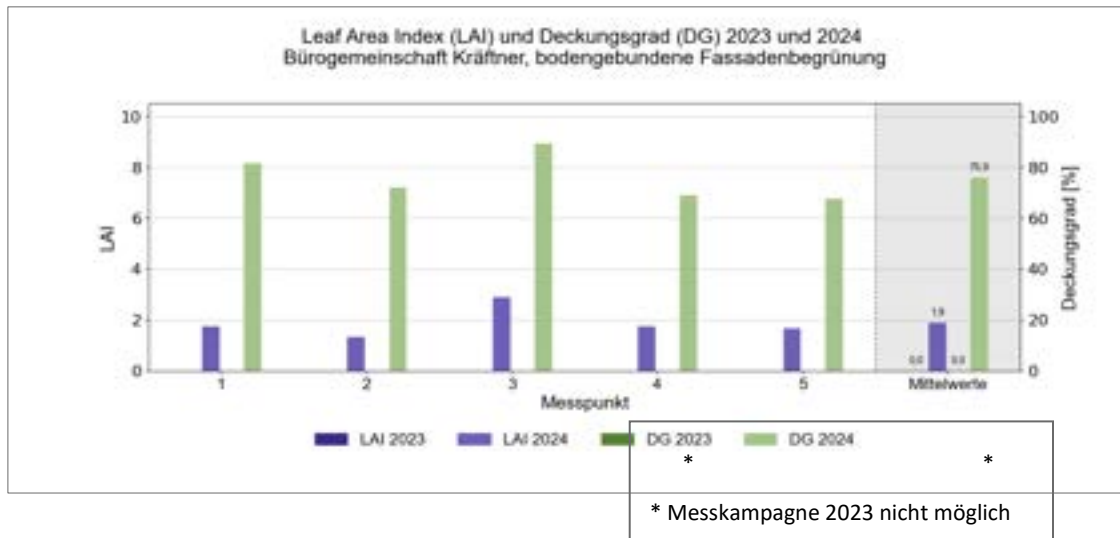


Abbildung 22: Leaf Area Index (LAI) und projektiver Deckungsgrad (DG_{proj}), Messkampagnen 2023 und 2024; Bürogemeinschaft Kräfftner [FB2-bP] (©IBLB).

Die Auswertung der **Pflanzenvitalität** (Abbildung 23) zeigt, dass sich die Begrünung insgesamt nicht in einem optimalen Zustand befindet und spiegelt die Einschränkungen beim WLAI und DG_{proj} . Den höchsten Einzelwert erreicht die Vegetation beim Parameter Blattgröße mit Bewertung 7. Alle übrigen Parameter liegen bei 5,8. Der Mittelwert der Bepflanzung beträgt 6,1.



Abbildung 23: Bewertungsscheck der Pflanzenvitalität anhand von 5 Parametern Messkampagne 2024 (durchgezogen); Bürogemeinschaft Kräfftner [FB2-bP] (©IBLB).

4.2.6 Kurz- und langwellige solare Einstrahlung und Reflektion

Im Rahmen der Messkampagne 2024 wurden zusätzlich lokalklimatische Parameter erfasst, insbesondere die kurzwellige Solarstrahlung einschließlich der langwelligen Ausstrahlung (Abbildung 24). Der geringe Eintrag an kurzwelliger Strahlung (lila Kurve) von 0,9 kWh verdeutlicht die spezifischen Standortbedingungen: Die Innenhoflage verhindert weitgehend die direkte Sonneneinstrahlung auf die Fassadenbegrünung. Der Anstieg am Nachmittag markiert ein Zeitfenster direkter Besonnung zwischen 14 und 15 Uhr.

Die Lufttemperatur (grüne Kurve) weist nur geringe Ausschläge auf und mit einer Differenz von 0,4 °C in der Begrünung etwas wärmer. Sie peakt hier zum Zeitpunkt der Besonnung und steht im Zusammenhang mit der lückigen Deckung und damit verbundener Transmission bzw. Ausstrahlung von der Fassadenoberfläche. Im Tagesverlauf wurden von der kurzwelligen Strahlung im Schnitt 15 % reflektiert, 26 % transmittiert und somit wurden 59 % absorbiert.

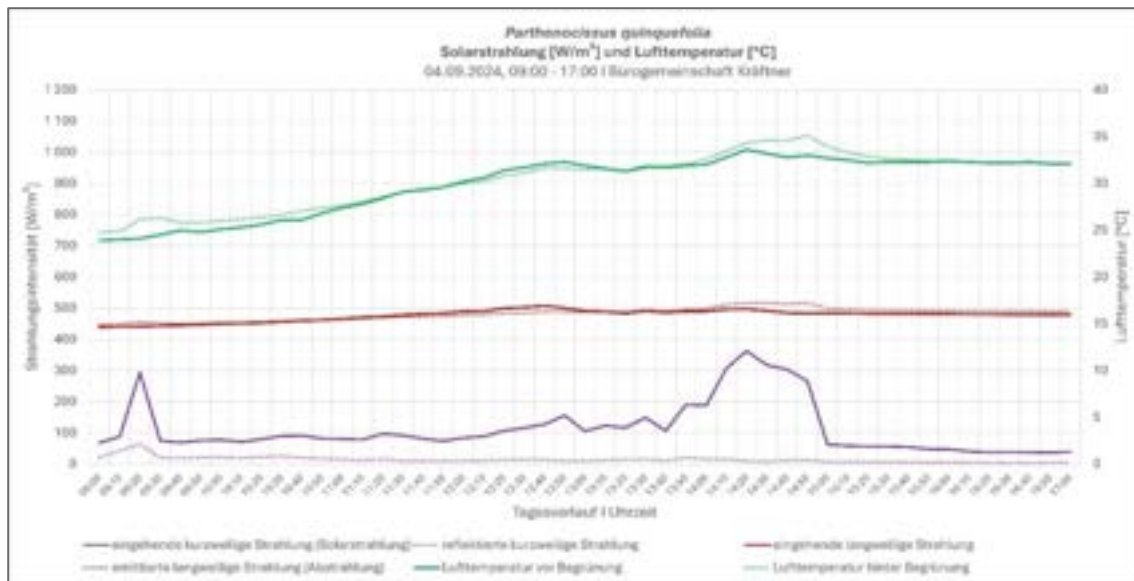


Abbildung 24: Tagesverlauf der Solarstrahlung [W/m^2] und Lufttemperatur [$^{\circ}\text{C}$] vom 04.09.2024 09:00 bis 17:00 Uhr; Bürogemeinschaft Kräftner [FB2-bP] (©IBLB).

Die langwellige Strahlung (rote Kurve) liegt am Morgen bereits bei etwa 450 W/m^2 . Diese Wärmehinterstrahlung tritt insbesondere bei Tropennächten auf, da sich die Baukörper während der Nacht nicht ausreichend abkühlen und zusätzliche Abstrahlung von angrenzenden Baukörpern erfolgt. Der kurzwellige Energieeintrag ist verhältnismäßig gering und auf die wolkenfreien Sonnenstunden beschränkt, was sich unmittelbar in der Temperatur- und auch langwelligen Rückstrahlungskurve (grün bzw. rot gepunktet) sichtbar wird. Dennoch bleibt die langwellige Rückstrahlung der Fassadenbegrünung (rot gepunktet) sehr gering und erhöht sich im betrachteten Zeitraum lediglich um 1 %. Dies zeigt, dass die absorbierte Energie nicht vollständig in fühlbare Wärme umgewandelt wird. Ein Großteil der Energie wird durch Transpiration in Verdunstung und damit in latente Wärme überführt. Dieser Prozess trägt zur thermischen Regulation der begrünten Fassade bei und führt trotz Energieeintrag zu einer spürbaren Abkühlung der umgebenden Luft.

4.2.7 Kennwerte Bürogemeinschaft Kräftner [FB2-bP]

In Tabelle 4 sind alle Kennwerte angeführt, die während der Messkampagne 2024 erfasst wurden und als Mittelwerte dargestellt.

Tabelle 4: Übersicht der Mittelwerte der pflanzenphysiologischen und klimatischen Parameter vom 04.09.2024, 09:00 bis 17:00 Uhr, Bürogemeinschaft Kräftner [FB2-bP].

Pflanzenphysiologische und klimatische Parameter (MW)	04.09.24, 09:00 – 17:00 Ø $30,0^{\circ}\text{C}$, Tageshöchstwert: $33,6^{\circ}\text{C}$
Kub. Pflanzvolumen [m^3/m^2] [n=5]	0,2
Proj. Deckungsgrad [%] (n=5)	75,9
Deckungsgrad der Zielfläche [%]	90,0
WLAI (n=15)	1,9
Blatttemperatur [$^{\circ}\text{C}$] (n=25)	31,9
Stomatäre Leitfähigkeit [$\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$] (n=25)	26,2

Δ Lufttemperatur vor/hinter Begrünung [°C]	0,4
Δ relative Luftfeuchte vor/in Begrünung [%]	2,8
Δ absolute Luftfeuchte vor/in Begrünung [g/m ³] (Veränderung in %)	-1,1
<i>Bioshading Coefficient</i> (Grünverschattungsfaktor)*	0,3
Tagessumme eintreffende kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]	0,9
Tagessumme refl. kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]	0,1
Δ Tagessumme kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]	0,8
Transmission [%]	25,7
Reflexion [%]	14,8
Absorption [%]	59,5
Transpirationsrate [ml/m ² /h] (n=25) *	41,1
Verdunstungsenthalpie [W/m ²] (14:00 – 15:00) *	28,0

*sensorbasiert | **errechnet

4.2.8 Infrarotwärmebild mit Oberflächentemperaturdifferenzen

Das Infrarotwärmebild (Abbildung 25) zeigt zum Zeitpunkt der Aufnahme eine Luft-T von 31,3 °C, die in der Temperaturskala weiß markiert ist. Das Temperaturspektrum reicht von 30°C bis 34°C. Die bodengebundene Fassadenbegrünung ist im Vergleich zu anderen Baumaterialien kühler. Der kühlsste Messpunkt M1 in der Vegetation weist mit 30,1 °C nahezu identische Werte zur Luft-T auf. Messpunkt M2 im Wärmebild befindet sich an der Brandabschottung (Stahlprofil) und misst 34,2 °C; damit ergibt sich eine Differenz der Oberflächentemperatur von über 4 °C. Farbe und Struktur der Pflanzenelemente wirken sich ebenfalls deutlich aus: Die grünen Blätter sind sichtbar kühler als die braune verholzte Vegetation. Deutlich heben sich auch die verschatteten Blätter als jene Bereiche mit den geringsten Temperaturen hervor.

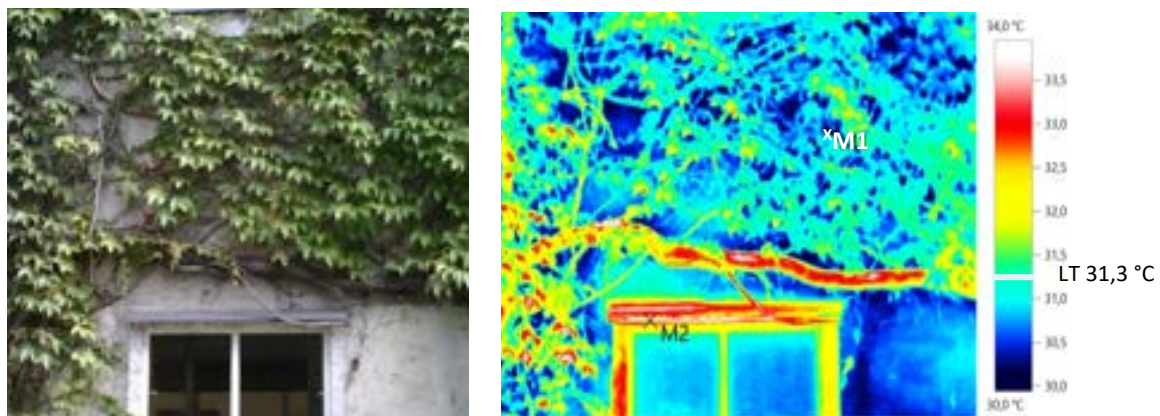


Abbildung 25: Untersuchungsbereich (links) und Infrarot Thermographie (IRT) (rechts) aufgenommen am 04.09.2024, 13:21 Uhr, Lufttemperatur 31,3 °C; Bürogemeinschaft Kräfter [FB2-bP] (©IBLB).

4.2.9 Stomatäre Leitfähigkeit

Die stomatäre Leitfähigkeit wurde an 5 MP gemessen (Abbildung 26). An jedem MP wurden je 5 Blätter untersucht (n=5). Die Minimalwerte mit 15 mmol m⁻² s⁻¹ wurden am MP 3 erreicht. Der Maximalwert von 42 mmol m⁻² s⁻¹ wurde am MP 1 erreicht. Der Mittelwert der Messungen (n=25)

beträgt 26 mmol m⁻² s⁻¹. Die bodengebundene *Parthenocissus*-Fassade in versiegelter Innenhoflage zeigt unter allen Standorten die geringsten Leitfähigkeiten sowie auch die geringste Streuung.

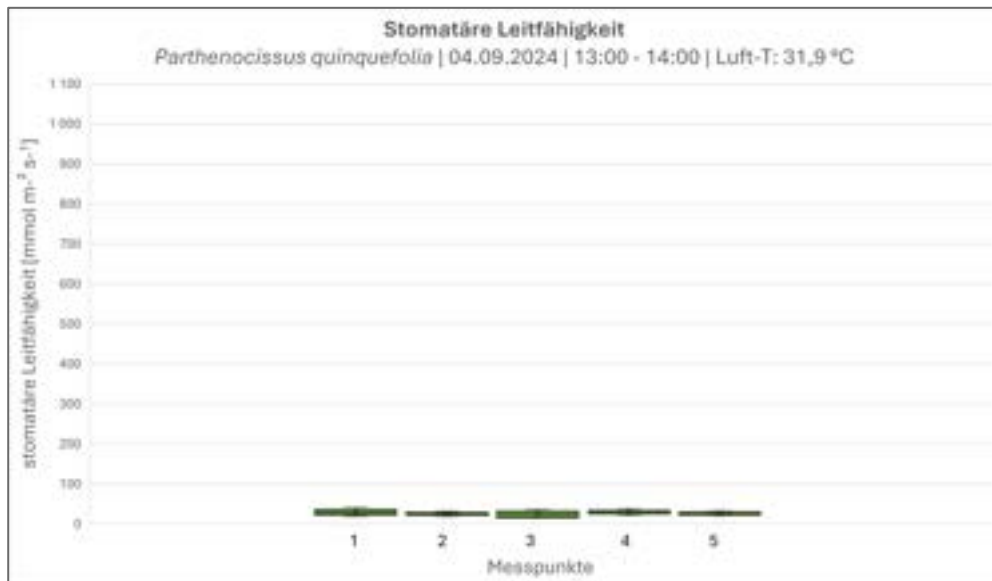


Abbildung 26: Stomatäre Leitfähigkeit [mmol m⁻² s⁻¹] aufgenommen am 10.07.2024 von 14:00 bis 15:00 Uhr; Bürogemeinschaft Kräftner [FB2-bP] (©IBLB).

4.2.10 Innenraumsituation

4.2.10.1 Bewertung der Behaglichkeit mit dem adaptiven Komfortmodell nach ÖNORM EN 16798-1

Beim Objekt Kräftner liegen im Hinblick auf die adaptive thermische Behaglichkeit gemäß ÖNORM EN 16798-1 (Austrian Standards International 2024) insgesamt 546 Stunden in der Kategorie I. Weitere 100 Stunden fallen in die Kategorie II, die den Standard für normale Neubauten und Sanierungen markiert. In der Kategorie III, die ein moderates Komfortniveau bietet, wurden 4 Stunden erfasst. Im Vergleich zur Bewertung des untersuchten Raumes im Amtshaus Margareten, dessen Werte ausnahmslos in Kategorie I lagen, weist dieser Raum eine geringfügig höhere Streuung auf (Abbildung 27). Dennoch wird er gemäß dem adaptiven Komfortmodell ÖNORM EN 16798-1 (Austrian Standards International 2024) als thermisch behaglich und gut an die sommerlichen Bedingungen angepasst eingestuft.

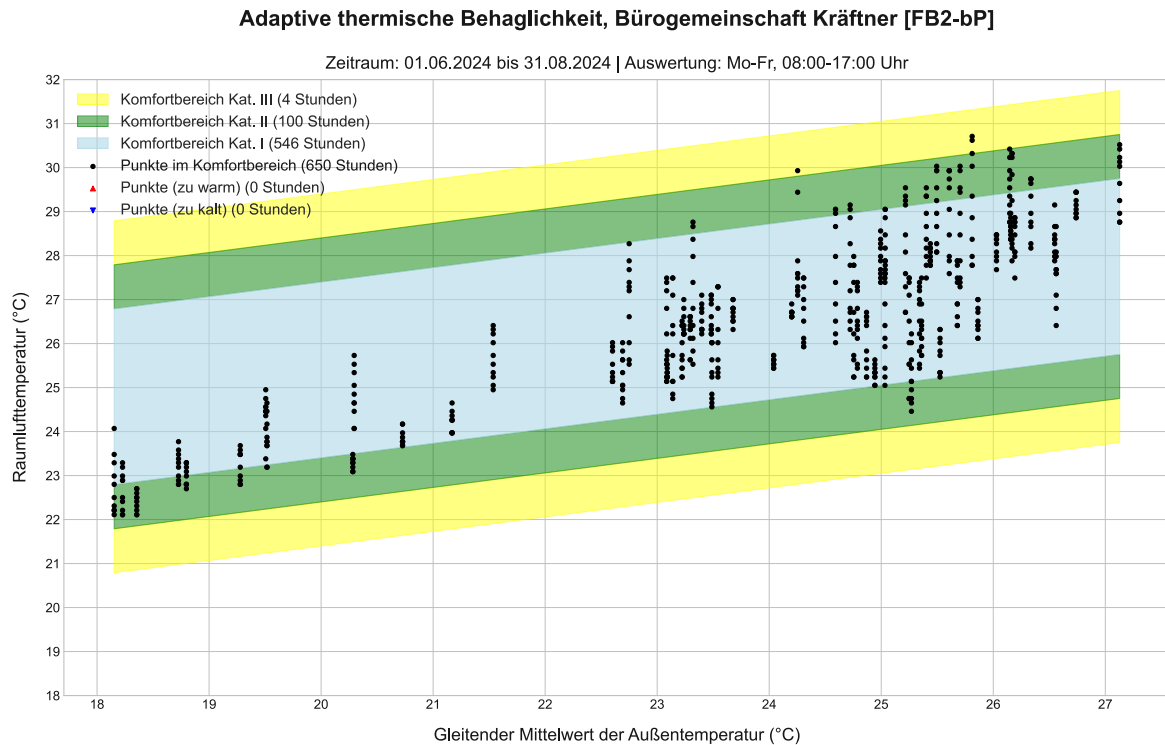


Abbildung 27: Adaptive thermische Behaglichkeit nach ÖNORM EN 16798-1 für Juni bis August 2024; bodengebundene Grünfassade, *Parthenocissus tricuspidata*, Bürogemeinschaft Kräfftner [FB2-bP] (©IBO).

4.2.10.2 Behaglichkeitsmodell nach Freymark und Leusden

Im Gegensatz dazu liefert die Einstufung nach Freymark und Leusden mit 53 Stunden als behaglich, 186 Stunden als noch behaglich und 411 Stunden außerhalb der Grenzen ein deutlich strengeres Bild (Abbildung 28). Da die Raumlufthemperaturen in diesem Objekt Spitzenwerte von bis zu 30° C erreichen, werden die statischen Temperaturobergrenzen der Freymark-Methodik häufiger überschritten, während das adaptive Modell diese Zustände bei entsprechender Außenwitterung noch als akzeptabel einordnet. Ein wesentlicher Befund zeigt sich jedoch in der Feuchtecharakteristik. Im Vergleich zum zuvor bewerteten Objekt Amtshaus Margareten [FB1-tW] weist dieser Raum weniger Wertepaare im schwülen Bereich (absolute Luftfeuchtigkeit >13 g/m³) auf.

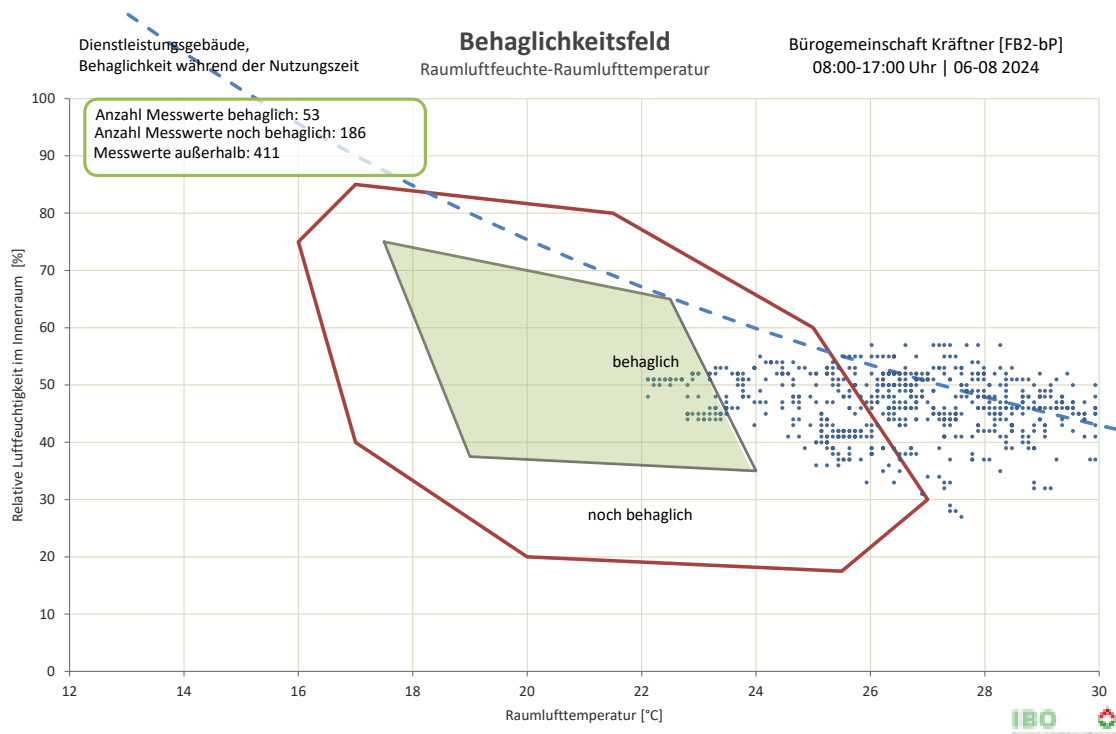


Abbildung 28: Thermische Behaglichkeit nach Freymark und Leusden (1951) für Juni bis August 2024; bodengebundene Grünfassade, *Parthenocissus tricuspidata*, Bürogemeinschaft Kräftner [FB2-bP] (©IBO).

4.2.10.3 Ergebnisse aus dem Innenraummonitoring

Die Messergebnisse im Objekt Bürogemeinschaft Kräftner [FB2-b] im Zeitraum von Juni bis August 2024 offenbaren ein spezifisches Zusammenspiel zwischen massiver Bauweise, Begrünungseffekten und dem Nutzer*innenverhalten. Mit einer Wandstärke von 90 cm verfügt das Objekt über eine enorme thermische Speicherfähigkeit, die in Kombination mit den regelmäßig und langfristig geöffneten Kastenfenstern (keine Querlüftung) die Raumklimadynamik prägt und zu Spitzenwerten von über 30°C Raumlufttemperatur beiträgt. Die statistische Auswertung der Messdaten im XY-Streudiagramm (Abbildung 29) verdeutlicht die thermische Kopplung zwischen der Raumlufttemperatur und der Oberflächentemperatur der begrünten Westwand. Hierbei zeigt sich ein systematischer Bias von +0,30 K gegenüber der Identitätslinie. Dieser geringfügige, aber konstante Versatz belegt eine nahezu vollständige thermische Synchronität der Bauteiloberfläche mit der Innenraumluft. Der positive Bias indiziert dabei, dass die Raumlufttemperatur im Mittel geringfügig über dem Niveau der Oberflächentemperatur liegt. Dies ist primär auf den steten konvektiven Austausch durch die Fensterlüftung in Kombination mit der hohen thermischen Trägheit der massiven Substanz zurückzuführen, welche die Wandtemperatur gegenüber kurzzeitigen Lufttemperaturschwankungen stabilisiert.

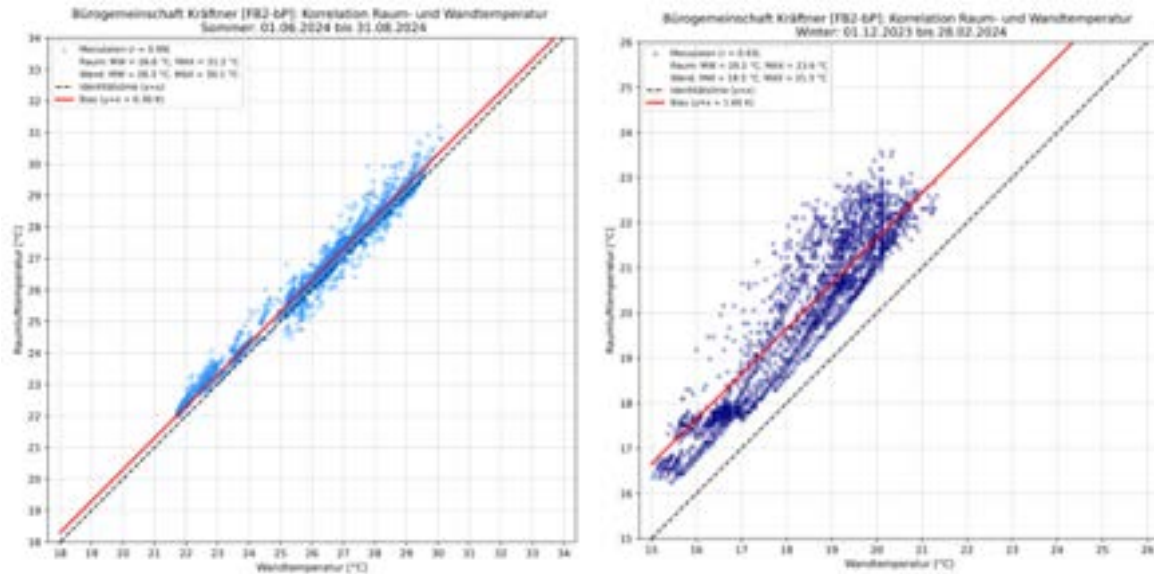


Abbildung 29: Korrelation Raumluft- und Oberflächentemperatur, Sommer/Winter 2024; bodengebundene Grünfassade, *Parthenocissus tricuspidata*, Bürogemeinschaft Kräftner [FB2-bP] (©IBO).

Im Gegensatz zu den signifikanten Temperaturdifferenzen anderer begrünter Fassadenobjekte liegt der mittlere Bias in diesem Raum bei lediglich 0,30 K. Die Positionierung des Oberflächen-sensors in unmittelbarer Nähe zum Kastenfenster führt dazu, dass die Messwerte stark von der einströmenden Außenluft beeinflusst werden, wodurch lokale Kühleffekte der Begrünungsschicht messtechnisch nivelliert werden können. Zudem ist die begrünte Westwandfläche im Verhältnis zum Raumvolumen relativ klein und befindet sich in einem Innenhof, der bereits durch die an-grenzende Bebauung sowie einen vorhandenen Baum weitgehend verschattet wird. Die Ver-schattungsleistung der Fassadenbegrünung tritt hierdurch weniger stark in den Vordergrund als bei exponierteren Standorten.

Ein weiterer entscheidender Faktor für das thermische Niveau im Zeitraum 06 – 08 2024 ist die Südorientierung der anliegenden Raumwand. Während die Westfassade durch die Begrünung und Umgebungsverschattung effektiv vor thermischer Belastung geschützt ist, verzeichnet die Südseite den ganzen Tag aufgrund ihrer solaren Exposition direkte Wärmegevinne. Die Ergebnisse der thermischen Gebäudesimulationen verdeutlichen jedoch, dass der Strahlungseintrag durch die massiven, opaken Bauteile im Vergleich zu den Gewinnen über unverschattete Fensterflächen als gering einzustufen ist.

4.3 **FB** | Wien Energie – Kraftwerk Simmering [FB3-m]

Die wandgebundene modulare Grünfassade mit System Nature-Base und Gräser-Kräuter-Staudenbestand war ein HEDWIG-Dauermessobjekt. Zusätzlich wurden Messkampagnen 2023 und 2024 durchge-führt.

4.3.1 **Factsheet** Wien Energie – Kraftwerk Simmering [FB3-m]



Abbildung 30: Wien Energie, links: Frontansicht der modularen Grünfassade (Süd-Ost), rechts: Installation der Dauermesssensorik (©IBLB).

Allgemeine standortbezogene Informationen

- **Bundesland:** Wien
- **Adresse:** Haidequerstraße 1, 1110 Wien

Gebäudebezogene Informationen

- **Gebäudetyp:** Büro + Gewerbe
- **Gebäudenutzung:** privat
- **Baujahr/Bauperiode:** 1950 - 1960

Begrünungsbezogene Informationen

- **Begrünungsart:** modulare Begrünung
- **Errichtung der Begrünung:** 2021
- **Zielfläche, gesamt:** 55 m²
- **Exposition:** Süd-Ost
- **Pflanzenarten:** Gräser-Kräuter-Stauden-Mischung, u.a. *Heuchera sanguinea*, *Festuca glauca*, *Lavandula angustifolia*, *Geranium cantabrigiense*

Ergänzende Informationen

Die Begrünung stellt ein Produkt der NatureBase GmbH dar (Produktname LivingPanel), welche Wartung und Pflege laufend durchführt; Kooperationsbereitschaft sehr hoch.

Limitierende Faktoren

Die Messkampagnen mussten über den Kontakt der NatureBase GmbH erfolgen und konnten aufgrund des benötigten Hubsteigers nur zeitgleich mit den Pflegemaßnahmen stattfinden.

4.3.2 Energieeintrag 2024 und 2025

In den Monaten Juni bis September 2024 ergab sich beim Messobjekt Wien Energie eine klare Reduktion der solaren Einstrahlung hinter dem Pflanzenkörper (Abbildung 31). Diese war im Juni und Juli beinahe konstant und betrug zwischen 88 und 90 %. Obgleich im September immer noch eine eindrucksvolle Strahlungsreduktion von 71 % gegeben war, macht sich der Laubfall anhand einer Erhöhung der Solarstrahlungsdaten hinter dem Grünkörper bemerkbar.

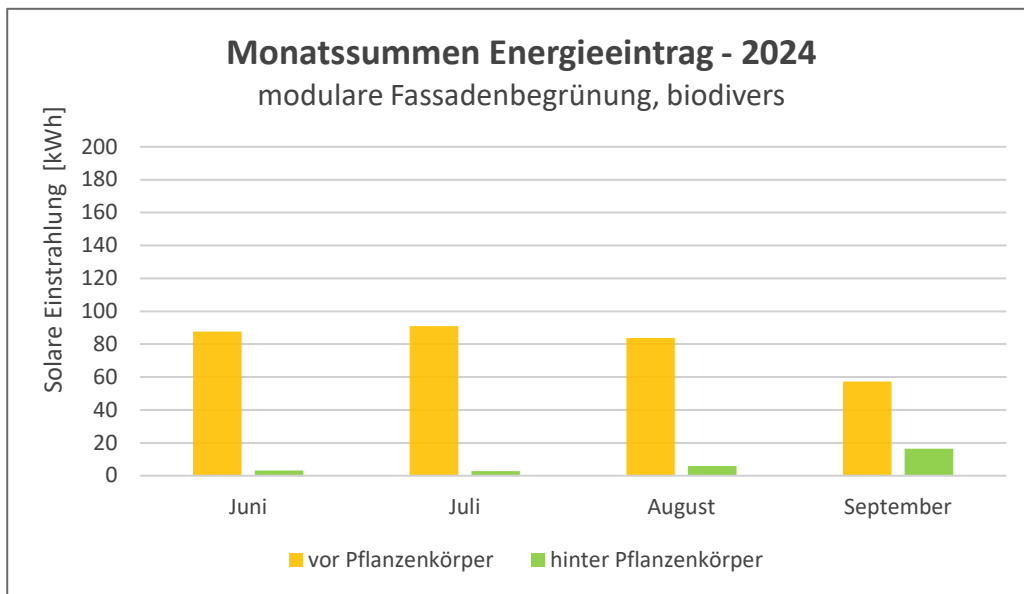


Abbildung 31: Monatssumme Energieeintrag 2024, vor und hinter dem Pflanzenkörper (Wien Energie Kraftwerk Simmering, Wien) (©IBLB).

Die Strahlungseinträge im Messjahr 2025 ähneln jenen aus 2024. Auch hier ist eine deutliche Strahlungsreduktion hinter dem Pflanzenkörper zu verzeichnen (Abbildung 32), mit annähernd gleich hoher Reduktion wie im Jahr zuvor (87 %). Die höchste Reduktion wurde im September ermittelt und betrug 97 %.

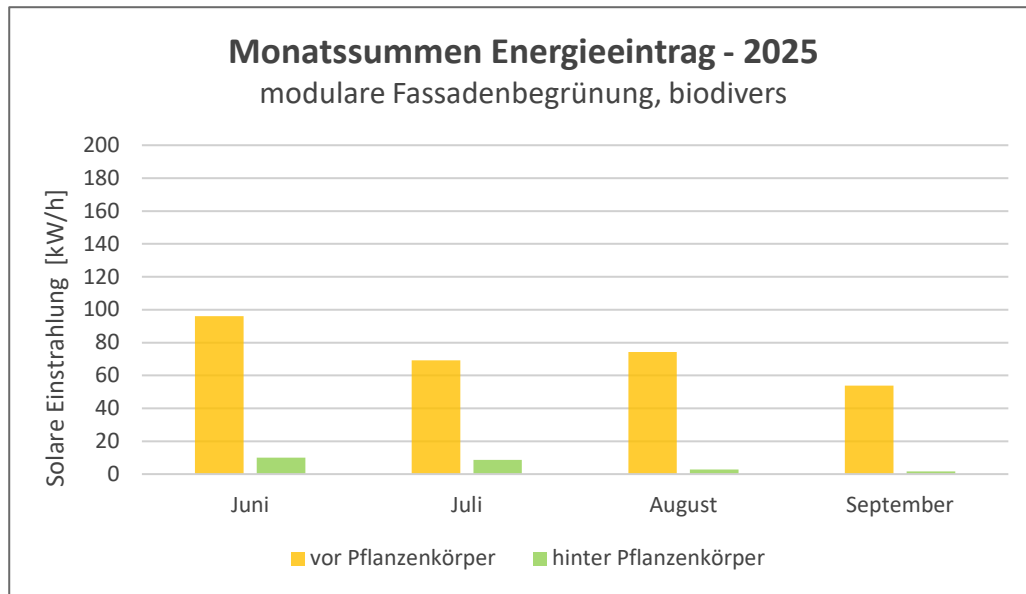


Abbildung 32: Monatssumme Energieeintrag 2025, vor und hinter dem Pflanzenkörper (Wien Energie Kraftwerk Simmering, Wien) (©IBLB).

4.3.3 Solare Einstrahlung mit Grünverschattungsfaktor (*Bioshading Coefficient BSC*)

Der Grünverschattungsfaktor lag beim Messobjekt [FB3-m] von Mai bis September 2024 auf einem stabilen Niveau $< 0,1$ (Abbildung 33). Der Pflegeeingriff Ende September zeigt sich deutlich durch einen sprunghaften Anstieg auf etwa 0,3. Der Blattrückzug ab November äußert sich in einer Zunahme der Streuung und einem weiteren Anstieg bis 0,6. Ab Februar 2025 ist der Laubaustrieb – durch die absteigende Kurve gut ablesbar, ab Mai etwa wird wieder das stabile Niveau von $< 0,1$ wie im Messjahr 2024 erreicht. 2025 wurde kein Pflegeeingriff durchgeführt, die Reduktion im Laubkörper ist ab August erkennbar und zeigt sich in einem steilen Anstieg des Grünverschattungsfaktors auf $> 0,4$ bis Oktober.

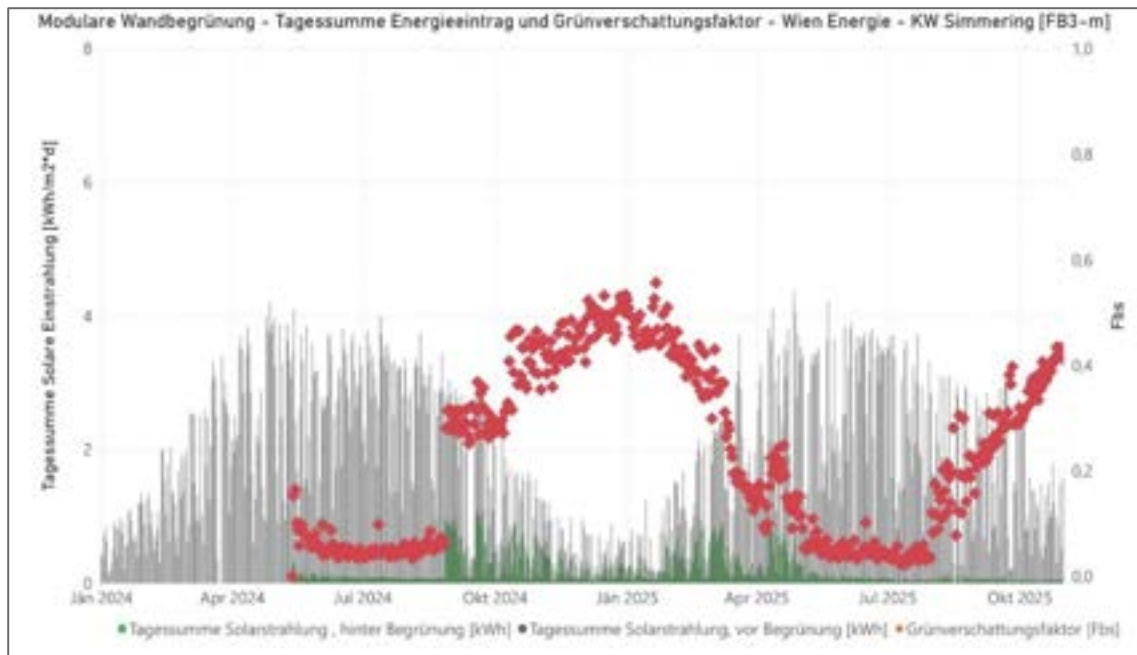


Abbildung 33: Jahresstrahlungsgrafik 2024 bis 2025 aus Tagessummen des solaren Strahlungseintrags [$\text{kWh}/\text{m}^2\cdot\text{d}$], inkl. Grünverschattungsfaktor, Wien Energie Kraftwerk Simmering, Wien [FB4-m] (©IBLB).

4.3.4 Hitzewellen 2024 und 2025

2024 wurde auf die Hitzewelle vom 01.09. bis 05.09. fokussiert (Abbildung 34).

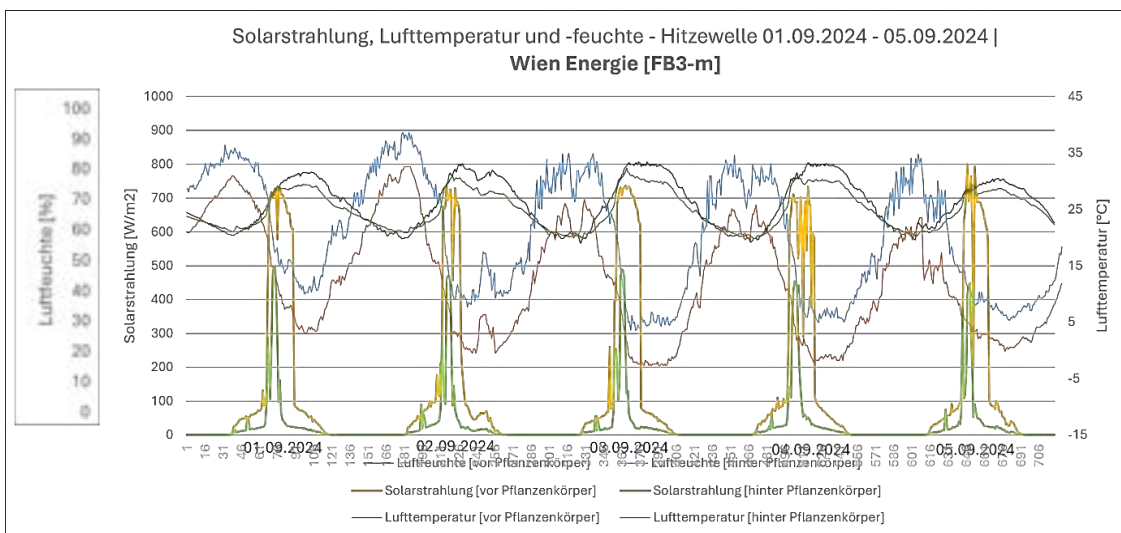


Abbildung 34: 5-tägige Hitzewelle 1.-5. September 2024, Solarstrahlung und Lufttemperatur jeweils vor und hinter dem Pflanzenkörper (Wien Energie, Wien [FB3-m]) (©IBLB).

Im Betrachtungszeitraum zeigten sich vor der Begrünung deutlich höhere Solarstrahlungswerte – wobei die Werte im Mittel vor dem Laubkörper bei $117 \text{ W}/\text{m}^2$ und hinter diesem bei $32 \text{ W}/\text{m}^2$ lagen. Die maximale Strahlungsreduktion betrug 94 %. Betrachtet man die Lufttemperatur, so zeigt sich vor allem tagsüber eine deutliche Verringerung von bis zu $3,8 \text{ }^\circ\text{C}$, wobei diese Werte

nachts um durchschnittlich 0,3 °C geringer ausfielen. Über die gesamte Hitzewelle hinweg lag Luft-T im Mittel vor dem Pflanzenkörper bei 26,1 °C und jene hinter diesem bei 25,0 °C.

Im Jahr 2025 wurde die Hitzewelle vom 26.06. bis 03.07. näher untersucht. In diesem Zeitraum ließen sich beeindruckende Strahlungsreduktionen des Pflanzenkörpers nachweisen (Abbildung 35). Im Mittel lagen die Werte vor dem Laubkörper bei 137 W/m² und hinter diesem bei 3 W/m². Die maximale Strahlungsreduktion betrug 98 %. Dies lässt auf gut etablierte und wüchsige Pflanzen schließen, die mit guter Biomasseentwicklung auf die fachgerechten Pflegeeingriffe reagiert haben. Auch lässt sich daran ein optimales Gieß- und Düngeverhalten ableiten. Die Lufttemperatur hinter dem Pflanzenkörper zeigte ähnlich wie im vorangegangenen Jahr tagsüber eine deutliche Verringerung von bis zu 5,6 °C. Über die gesamte Hitzewelle hinweg betrug die Lufttemperatur im Mittel vor dem Pflanzenkörper 26,9 °C und 24,4 °C hinter diesem. Die mittlere Luft-T Reduktion unter dem Gräser-Kräuter-Staudenbestand beträgt somit 2,5° C.

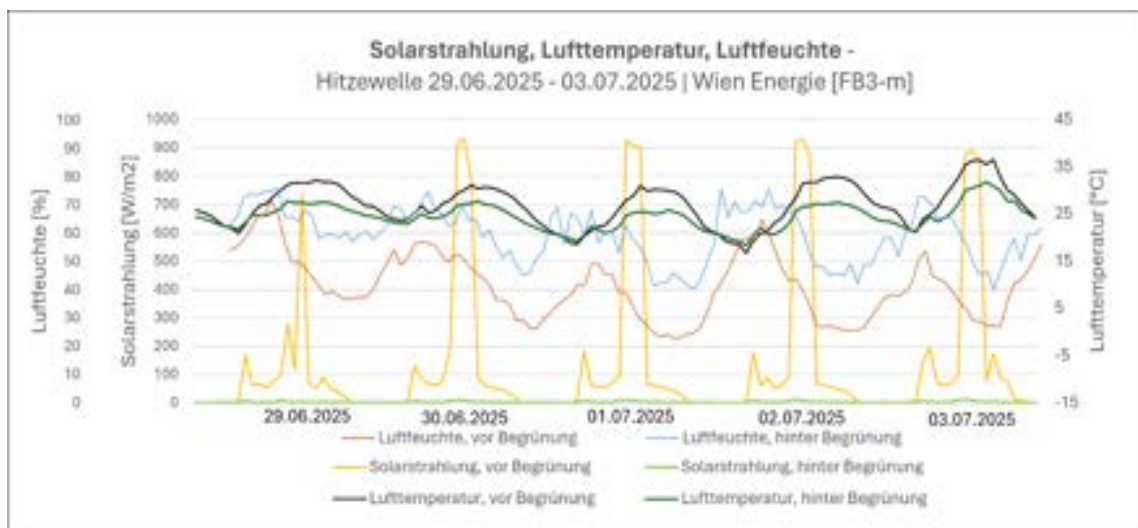


Abbildung 35: 5-tägige Hitzewelle 29.Juni bis 03.Juli 2025, Solarstrahlung und Lufttemperatur jeweils vor und hinter dem Pflanzenkörper (Wien Energie, Wien [FB3-m]) (©IBLB).

4.3.5 Wärmedurchfluss in den Living Wall-Modulen

In Abbildung 36 sind der Wärmedurchfluss hinter den Modulen sowie die Substrattemperatur der Hitzewelle vom 01.09. bis 05.09.2024 und von 29.06. bis 03.07.2025 (Abbildung 39Abbildung 38) dargestellt. Es zeigt sich eine positive Korrelation ($r = 0,8$) zwischen den beiden Parametern.

Die Substrattemperatur pendelt zwischen 18 und 22 °C an vergleichbaren Tagesgängen. Beinahe parallel dazu bewegt sich der Wärmedurchfluss. Lediglich zur Tageshöchsttemperatur kommt es zu einem kurzen Peak bzw. Eintrag zur Gebäudehülle. Insgesamt bleibt 2024 der Durchfluss im negativen Bereich und zeigt Wärmeabgaben bis -10 W/m².

2025 zeigt sich über die gesamte Periode hinweg eine positive Korrelation ($r = 0,69$) zwischen den beiden Parametern. Eine auffällige Spitze ist am 03.07.2025 ersichtlich. Diese lässt sich mit der im Vergleich geringeren Substratfeuchte erklären. Der geringere volumetrische Wasseranteil im Substrat führt zu einer insgesamt geringeren Wärmekapazität und somit zu einer stärkeren Erwärmung bei gleichem Energieeintrag (Abbildung 39, Abbildung 41). Damit ergibt sich an diesem

Tage ein Wärmestrom in Richtung Gebäudehülle. Insgesamt schützt die modulare Wand Begrünung mit automatisch bewässerten Vegetationsträgern das Gebäude sehr effektiv vor Wärmeeintrag. Gleichzeitig bilden diese eine Vollverschattung der Fassade und verhindern somit die Erhitzung der Fassadenoberfläche.

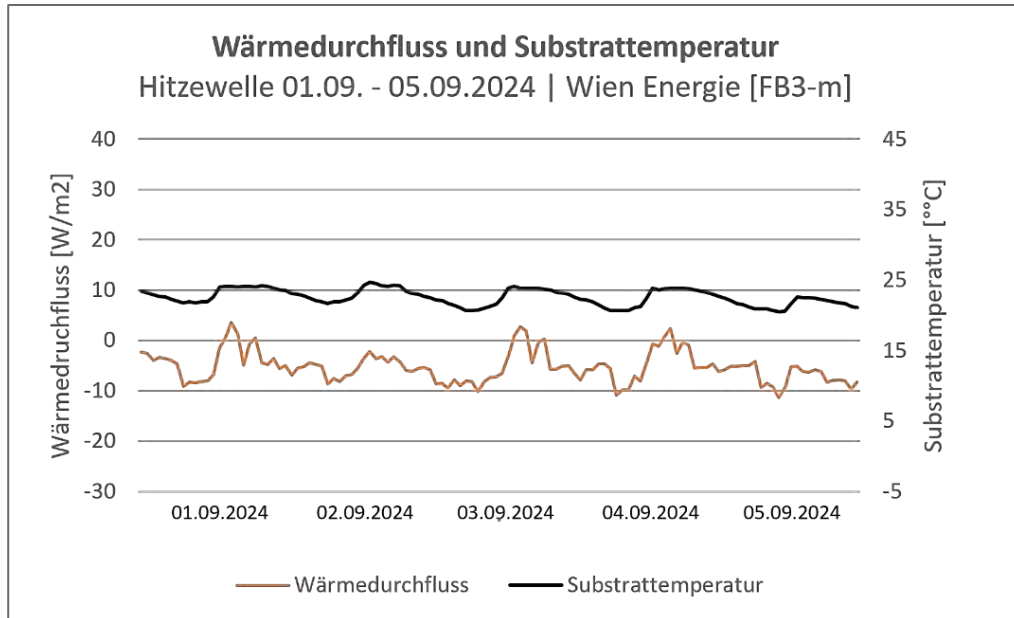


Abbildung 36: 5-tägige Hitzewelle 1.-5. September 2024, Wärmedurchfluss und Substrattemperatur (Wien Energie [FB3-m]) (©IBLB).

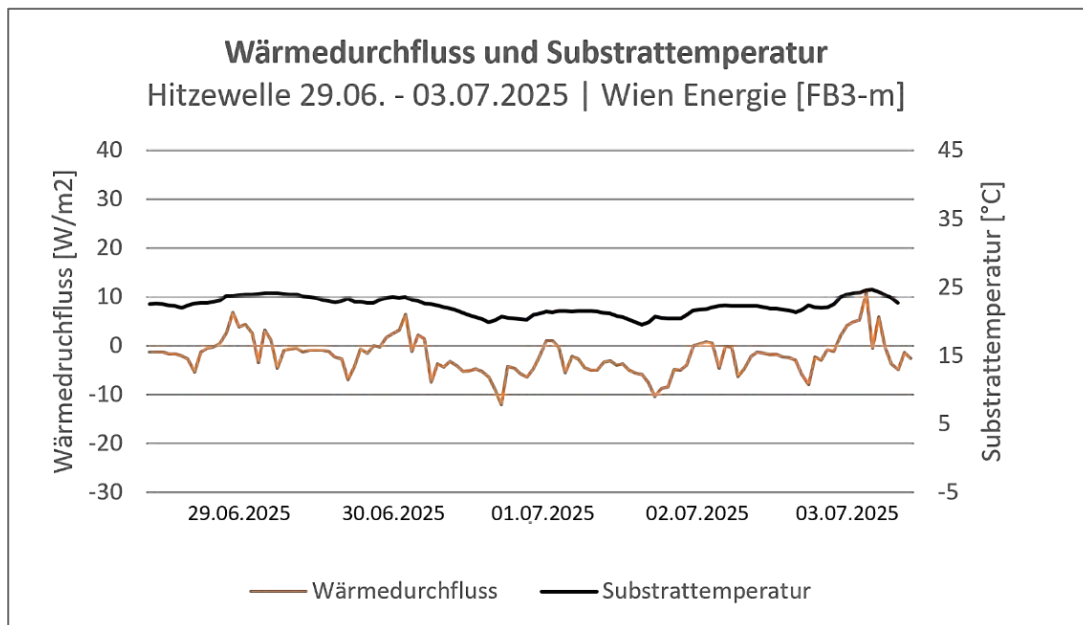


Abbildung 37: 5-tägige Hitzewelle 29.Juni bis 03. Juli 2025, Wärmedurchfluss und Substrattemperatur (Wien Energie [FB3-m]) (©IBLB).

In Abbildung 38 und Abbildung 39 sind die Parameter Wärmedurchfluss und Substratfeuchte der Hitzewellen von 2024 und 2025 dargestellt. Es zeigte sich eine geringe negative Korrelation ($r = -0,4$ bis $-0,65$) zwischen den beiden Parametern. Die Substratfeuchte pendelt um etwa 23 Vol.-%. Mit Bewässerungsgaben (kurze Peaks in den blauen Linien) sind prinzipiell Ausschläge nach unten erkennbar im Wärmefluss, d.h. mit der Befeuchtung kehrt sich der Wärmestrom um bzw. verstärkt sich der Wärmestrom vom Gebäude nach außen.

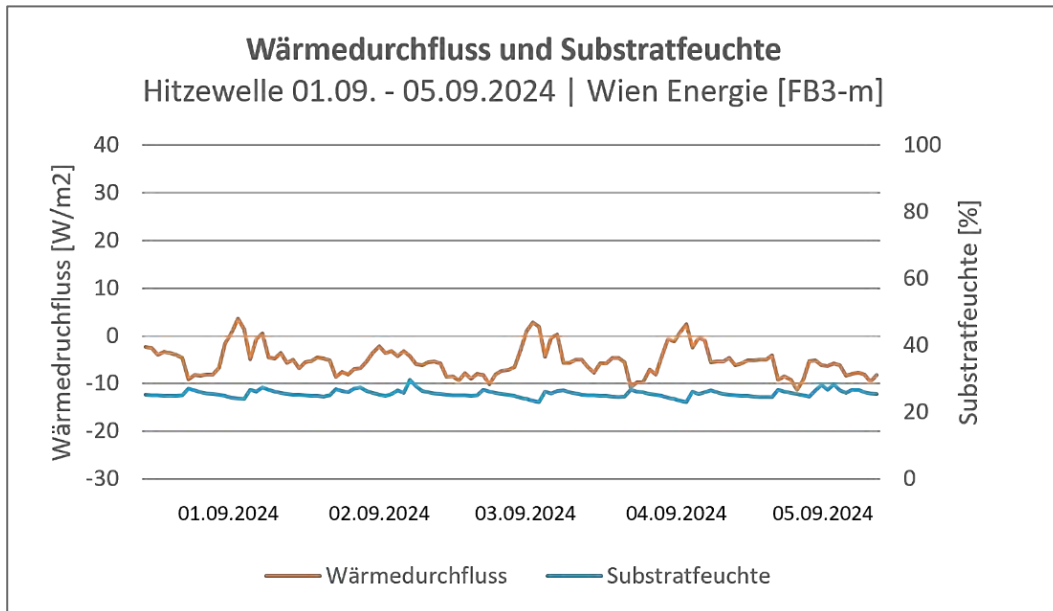


Abbildung 38: 5-tägige Hitzewelle 1.-5. September 2024, Wärmedurchfluss und Substrattemperatur (Wien Energie [FB3-m]) (©IBLB).

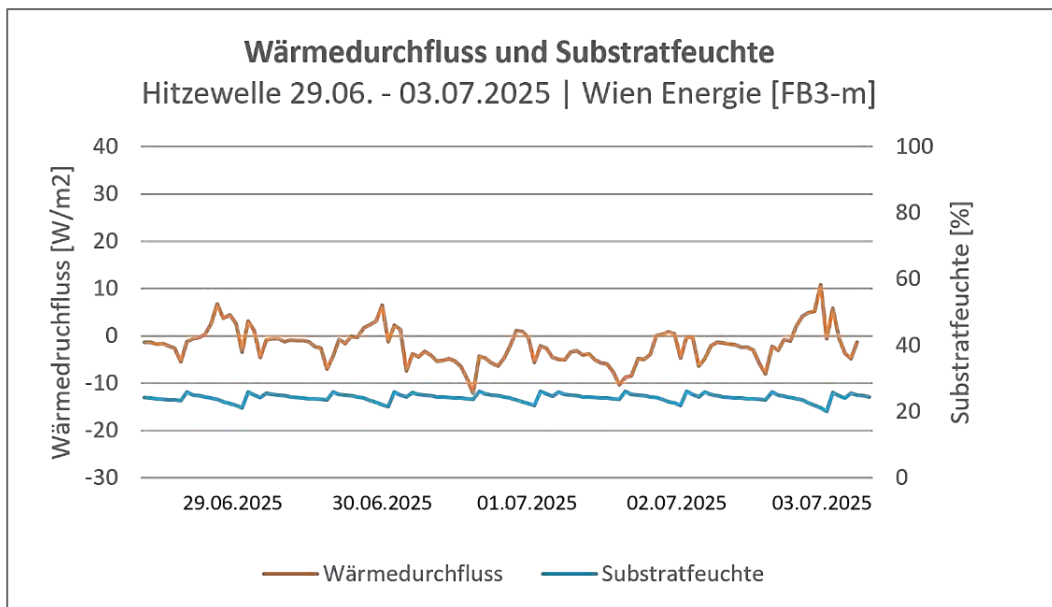


Abbildung 39: 5-tägige Hitzewelle 29. Juni bis 03. Juli 2025, Wärmedurchfluss und Substratfeuchte (Wien Energie [FB3-m]) (©IBLB).

Insgesamt (Abbildung 40, Abbildung 41) zeigt sich in beiden Jahren ein leichter Trend, dass bei steigender Solarstrahlung über den Tag auch der Wärmedurchfluss leicht ansteigt und am

Nachmittag zeitversetzt am Nachmittag gegen 15:00 Uhr peakt, wenn der solare Eintrag bereits wieder abnimmt. 2025 ist erkennbar, dass die Morgen jeweils durch Bewölkung geprägt sind. Obwohl hier der solare Eintrag noch nicht peakt, kommt es bereits zu Anstiegen im Wärmefluss, offenbar analog zum Temperatur- und Feuchtereime im Substrat.

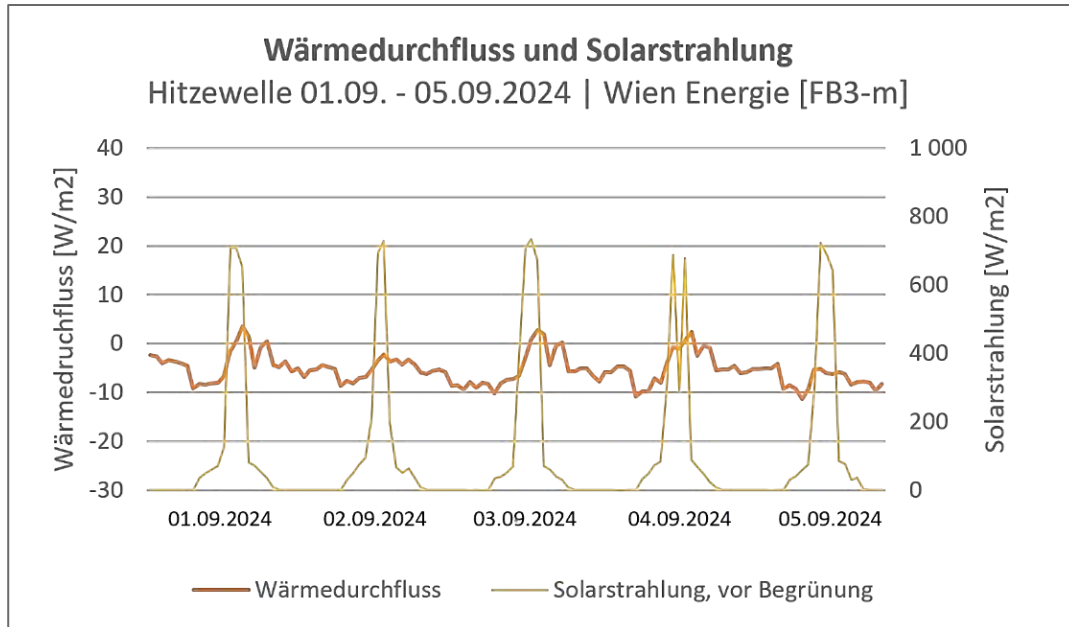


Abbildung 40: 5-tägige Hitzewelle 1.-5. September 2024, Wärmedurchfluss und Solarstrahlung (Wien Energie [FB3-m]) (©IBLB).

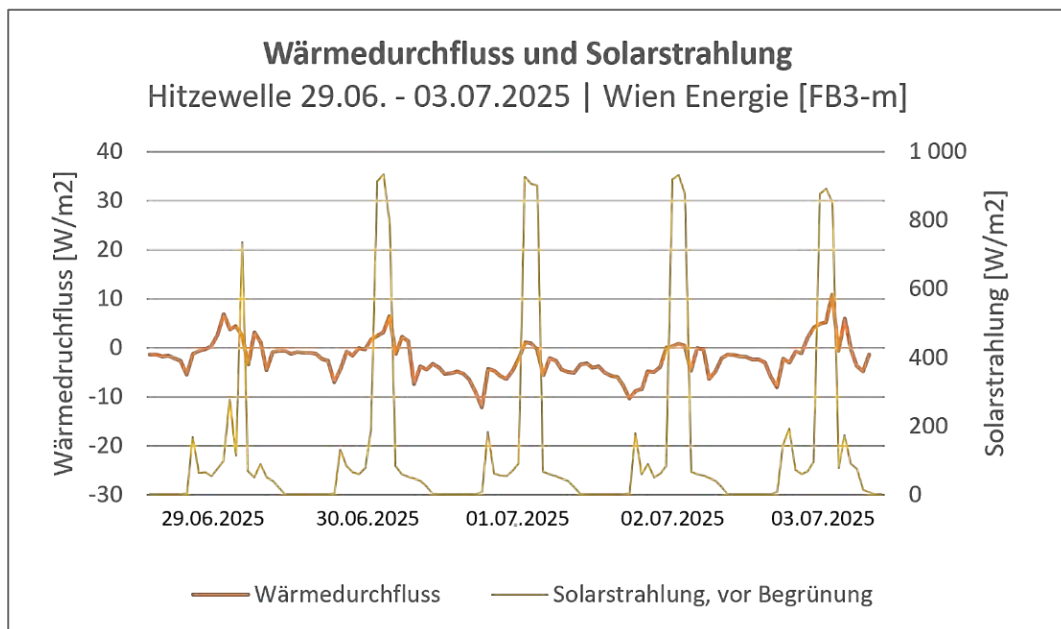


Abbildung 41: 5-tägige Hitzewelle 29.Juni bis 03. Juli 2025, Wärmedurchfluss und Solarstrahlung (Wien Energie [FB3-m]) (©IBLB).

4.3.6 Wand-Blattflächenindex (WLAI), Deckungsgrad und Pflanzenvitalität

Der **Wall-Leaf Area Index (WLAI)** zeigt in den beiden untersuchten Jahren eine relativ konstante Entwicklung (Abbildung 42). MP 1 und 2 liegen mit Werten von 3,5-4,5 näher beieinander, während die MP 3-5 deutlich voneinander abweichen ($WLAI \geq 6$). Der Mittelwert beträgt im Jahr 2023 3,8 und steigt im Jahr 2024 auf 5,3, was einer Differenz von 1,5 entspricht. Hinsichtlich des projektiven Deckungsgrades zeigen sich in beiden Jahren sowie an allen Messpunkten konstant hohe Werte von stets über 90 %. Die mittlere Deckung lag 2023 bei 97,7 % und stieg 2024 leicht auf 98,8 %. Dies deutet auf eine homogene Vegetationsstruktur in der Fassadenbegrünung hin.

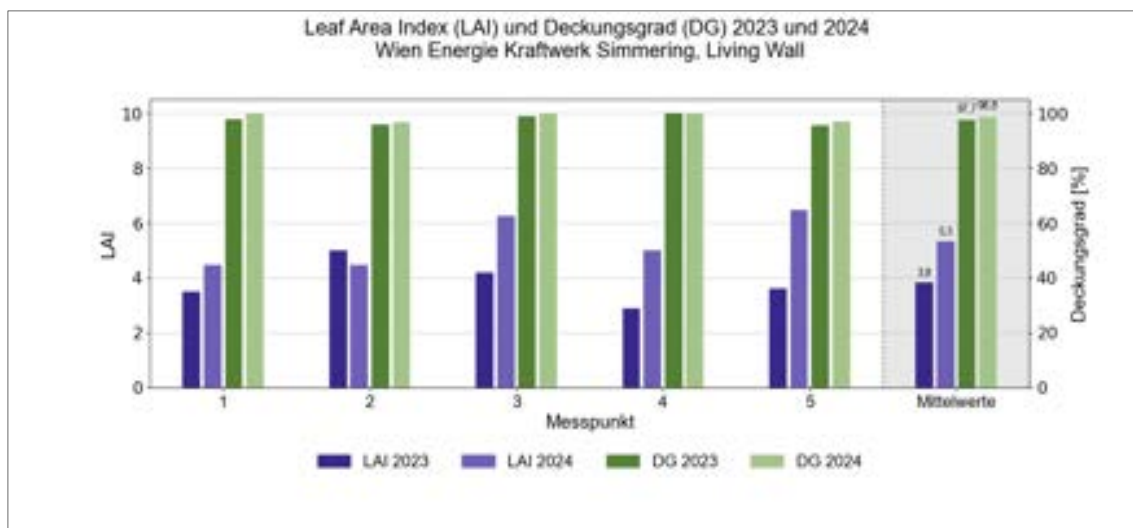


Abbildung 42: Leaf Area Index (LAI) und projektiver Deckungsgrad (DG_{proj}), Messkampagnen 2023 und 2024; Wien Energie Kraftwerk Simmering [FB3-m] (©IBLB).

Bei der Betrachtung der **Pflanzenvitalität** (Abbildung 43) wird deutlich, dass die Begrünung nicht im besten Zustand ist und dadurch das Leistungspotenzial unter Umständen nicht vollständig ausschöpft. Die durchgehende Bewertung aller Parameter liegt bei 7.



Abbildung 43: Bewertungsscheck der Pflanzenvitalität anhand von 5 Parametern Messkampagne 2024 (durchgezogen); Wien Energie Kraftwerk Simmering [FB3-m] (©IBLB).

4.3.7 Kurz- und langwellige solare Einstrahlung und Reflektion

Im Rahmen der Messkampagne 2024 wurden zusätzlich lokalklimatische Parameter erfasst mit besonderem Fokus auf lang- und kurzwelliger **Solarstrahlung** einschließlich der langwelligen Ausstrahlung (Abbildung 44). Die Exposition der Fassadenbegrünung wird deutlich sichtbar, da der Eintrag kurzwelliger Strahlung (lila Line) ab etwa 10 Uhr einsetzt und sprunghaft auf beinahe 700 W/m^2 ansteigt. Dennoch bleibt die langwellige Ausstrahlung der Begrünung (rot gepunktet Linie) geringer und reduziert sich im betrachteten Zeitraum um 1,3 %. Dies verdeutlicht, dass die absorbierte Energie nicht vollständig in Wärme umgewandelt wird. Ein erheblicher Anteil der Energie wird durch die Transpiration der Pflanzen mit Arten wie *Festuca glauca*, *Satureja montana*, *Lavandula angustifolia* und *Geranium* in Verdunstungsenergie und somit in latente Wärme umgewandelt. Dieser Prozess trägt wesentlich zur Regulierung der Temperatur der begrünten Fassade bei und bewirkt eine spürbare Kühlung des angrenzenden Bereichs, selbst bei einem signifikanten Energieeintrag.

Die Lufttemperatur vor der Begrünung (grüne Linie) ist im Tagesverlauf konstant höher als die Temperatur innerhalb der Begrünung (grün gepunktete Linie). Die Temperaturdifferenz beträgt trotz des hohen kurzwelligen Strahlungseintrags $1,1 \text{ °C}$ und ist deutlich wahrnehmbar. Im Tagesverlauf wurden von der kurzwelligen Strahlung im Schnitt 11 % reflektiert, 25 % transmittiert und somit wurden 64 % absorbiert (Abbildung 44).

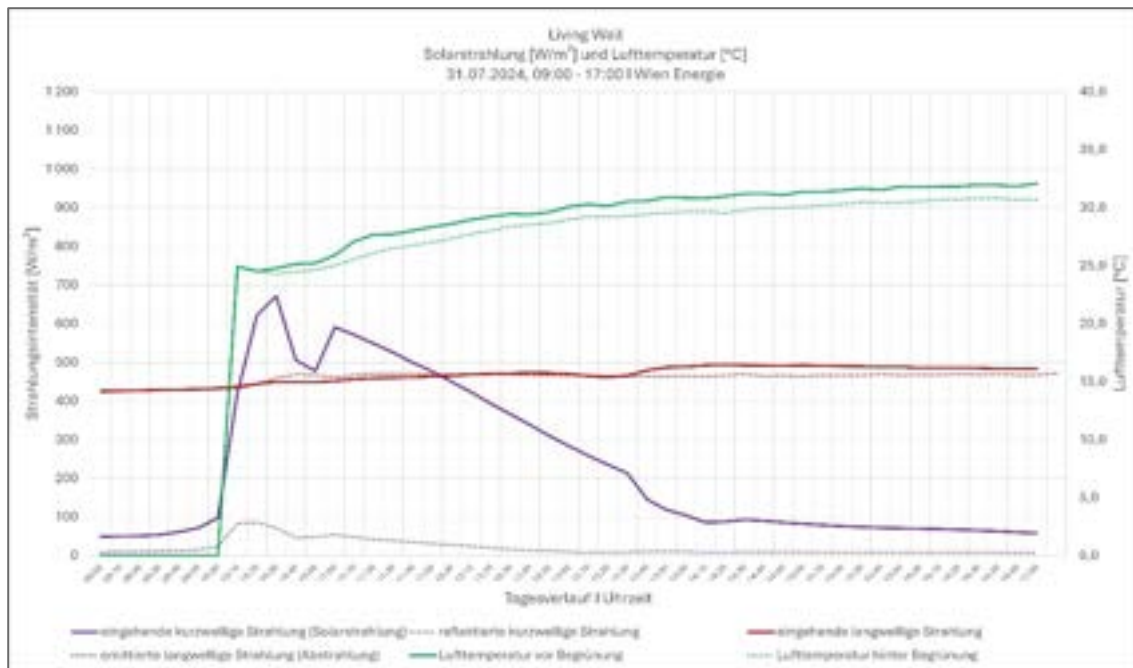


Abbildung 44: Tagesverlauf der Solarstrahlung [W/m²] und Lufttemperatur [°C] vom 31.07.2024 09:00 bis 17:00 Uhr; Wien Energie Kraftwerk Simmering [FB3-m] (©IBLB).

4.3.8 Kennwerte Wien Energie – Kraftwerk Simmering [FB3-m]

In Tabelle 5 sind alle Kennwerte angeführt, die während der Messkampagne 2024 erfasst wurden und als Mittelwerte dargestellt.

Tabelle 5: Übersicht der Mittelwerte der pflanzenphysiologischen und klimatischen Parameter vom 31.07.2024, 09:00 bis 17:00 Uhr, Wien Energie Kraftwerk Simmering [FB3-m].

Pflanzenphysiologische und klimatische Parameter (MW)	31.07.24, 09:00 – 17:00 Ø 29,7°C, Tageshöchstwert: 32,1°C
Kub. Pflanzvolumen [m ³ /m ²] [n=5]	0,3
Proj. Deckungsgrad [%] (n=5)	96,0
Deckungsgrad der Zielfläche [%]	100,0
WLAI (n=15)	4,2
Blatttemperatur [°C] (n=25)	32,1
Stomatäre Leitfähigkeit [mmol m ⁻² s ⁻¹] (n=25)	112,2
Δ Lufttemperatur vor/hinter Begrünung [°C]	-1,1
Δ relative Luftfeuchte vor/in Begrünung [%]	5,3
Δ absolute Luftfeuchte vor/in Begrünung [g/m ³] (Veränderung in %)	-0,9 (-8,8 %)
Bioshading Coefficient (Grünverschattungsfaktor)*	0,3
Tagessumme eintreffende kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]	1,9
Tagessumme refl. kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]	0,2
Δ Tagessumme kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]	1,7
Transmission [%]	25,0
Reflexion [%]	11,0
Absorption [%]	64,0
Transpirationsrate [ml/m ² /h] (n=25) *	129,0

4.3.9 Infrarotwärmebild mit Oberflächentemperaturdifferenzen

Am **Infrarotwärmebild** (Abbildung 45) war die Lufttemperatur (LT) 30,9 °C und ist in der Temperaturskala weiß eingezeichnet. Das Temperaturspektrum reicht von 22,0 °C bis 34,0 °C. Die modulare Fassadenbegrünung ist im Vergleich zu anderen Baumaterialien deutlich kühler. Der kühlsste Messpunkt M1 ist in der Vegetation und ist mit 22,4 °C sogar deutlich kühler als die LT. Der Messpunkt M2 ist der Fensterrahmen aus Kunststoff und ist 31,7 °C warm und es entsteht eine Differenz der Oberflächentemperatur von > 9 °C. Die teilweise erhöhten Temperaturverhältnisse im Laubwerk können sowohl ein Anzeichen dafür sein, dass die Substratfeuchte inhomogen ist, als dass die einzelnen Pflanzenarten individuelle Blattreaktionen aufweisen.

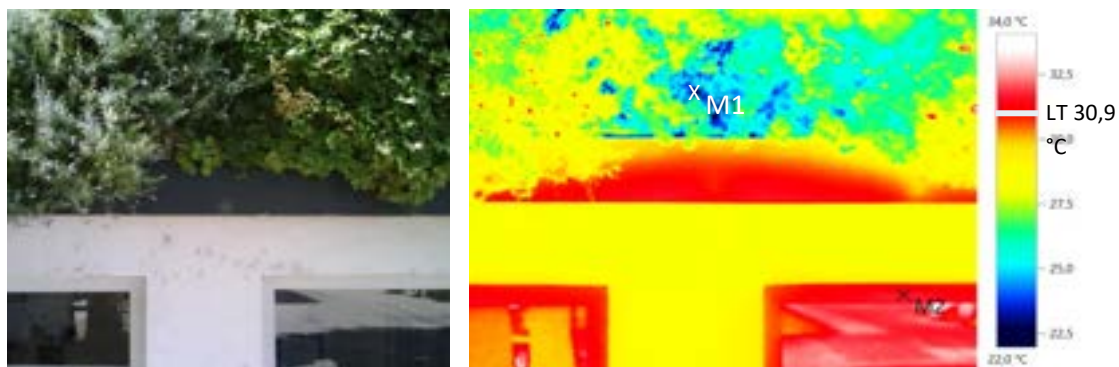


Abbildung 45: Untersuchungsbereich (links) und Infrarot Thermographie (IRT) (rechts) aufgenommen am 31.07.2024 um 13:58; Wien Energie Kraftwerk Simmering [FB3-m] (©IBLB).

4.3.10 Stomatäre Leitfähigkeit

Die stomatäre Leitfähigkeit wurde an 5 Messpunkten (MP) gemessen (Abbildung 46). An jedem MP wurden 5 Blätter untersucht (n=5). Die MP weisen unterschiedliche Werte der stomatären Leitfähigkeit auf, diese ist mit einer Differenz von > einer Zehnerpotenz sehr heterogen und durch starke Streuung gekennzeichnet. Der Minimalwert von 33 mmol m⁻² s⁻¹ wurde an Messpunkt (MP) 2 erreicht. Der Maximalwert von 335 mmol m⁻² s⁻¹ wurde ebenfalls am MP 2 erreicht. Der Mittelwert der Messungen (n=25) beträgt 112 mmol m⁻² s⁻¹.

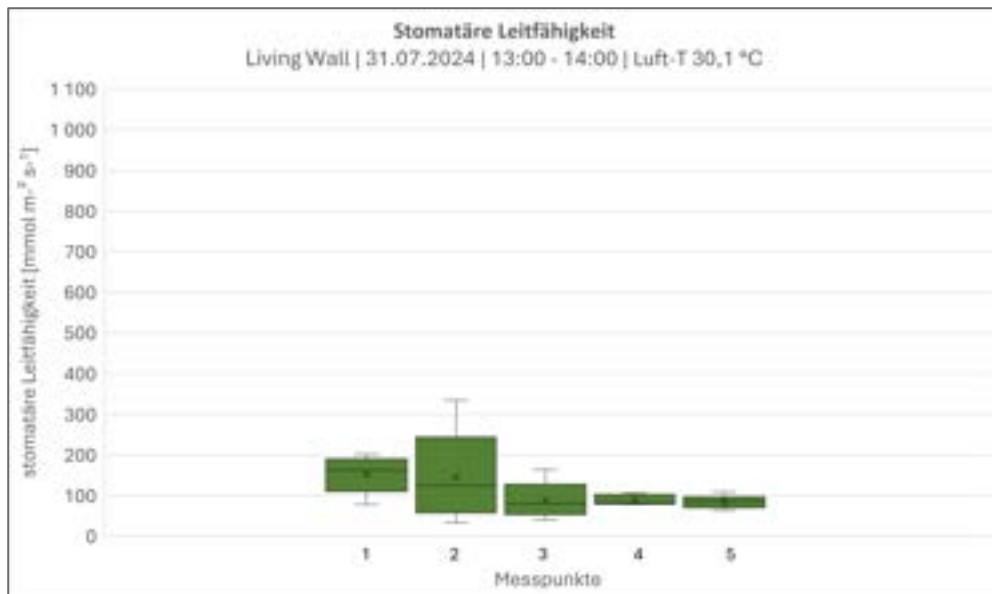


Abbildung 46: Stomatäre Leitfähigkeit [$\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$] aufgenommen am 31.07.2024 von 13:00 bis 14:00 Uhr; Wien Energie Kraftwerk Simmering [FB3-m] (©IBLB).

4.3.11 Innenraumsituation

4.3.11.1 Bewertung der Behaglichkeit mit dem adaptiven Komfortmodell nach ÖNORM EN 16798-1

Beim Kraftwerk Simmering wurde ein Besprechungsraum analysiert, der aufgrund seiner Teilklimatisierung eine Sonderstellung einnimmt. Um die methodische Vergleichbarkeit mit den passiv gekühlten Räumen zu wahren, wurde hier trotz der technischen Anlage das adaptive Komfortmodell anstelle des PMV/PPD-Verfahrens angewandt, zumal die Klimatisierung nur selten in Betrieb ist. Dieser Raum erreicht mit 599 Stunden in Kategorie I und 35 Stunden in Kategorie II auch sehr gute Werte, wobei nur eine einzige Stunde in Kategorie III erfasst wurde. Bezeichnenderweise werden die oberen Grenzwerte der Kategorie II hier zu keinem Zeitpunkt überschritten. Stattdessen treten 13 Stundenmittelwerte auf, welche die Komfortkriterien nach unten hin unterschreiten, was auf eine gelegentliche Überkühlung durch die Anlagentechnik hindeutet (Abbildung 47).

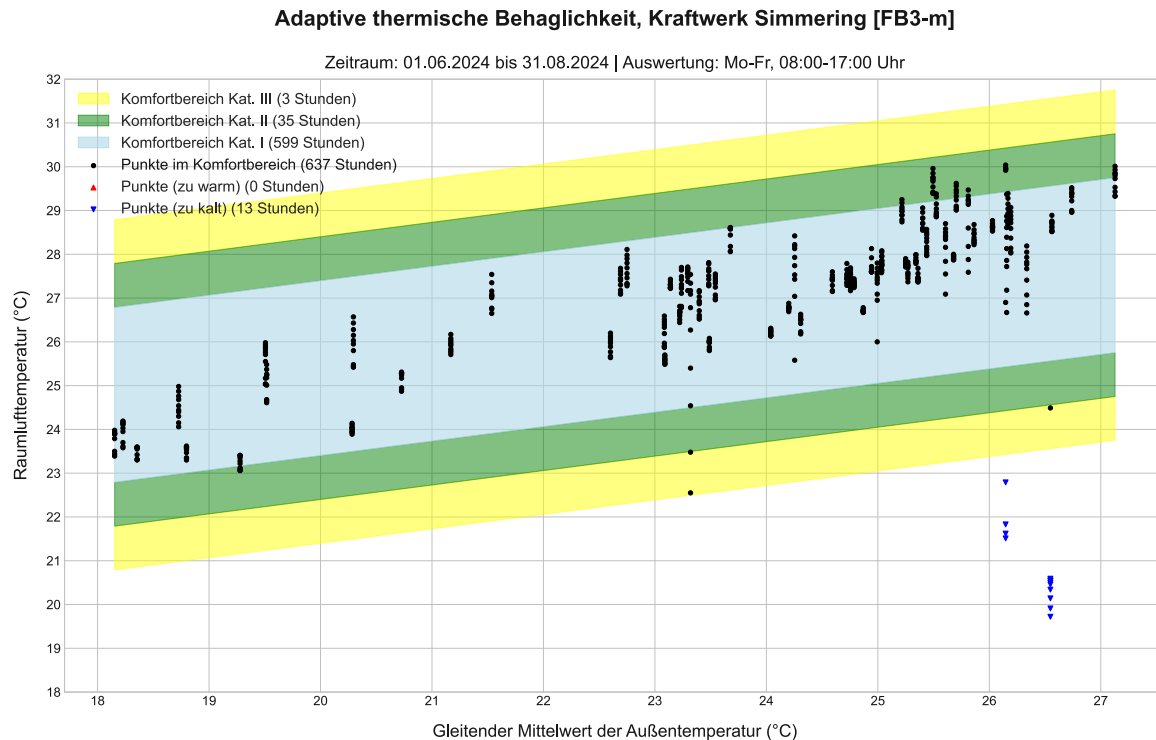


Abbildung 47: Adaptive thermische Behaglichkeit nach ÖNORM EN 16798-1 für Juni bis August 2024; modulare Begrünung], Gräser-Kräuter-Stauden-Mischung, Kraftwerk Simmering [FB3-m] (©IBO).

4.3.11.2 Behaglichkeitsmodell nach Freymark und Leusden

Im Kontrast zur adaptiven Bewertung liefert die Analyse nach Freymark und Leusden ein wesentlich restriktiveres Ergebnis. Hier werden lediglich 24 Stunden als behaglich und 124 Stunden als noch behaglich klassifiziert, während mit 502 Stunden der überwiegende Teil der Betriebszeit formal außerhalb der Behaglichkeitsgrenzen liegt (Abbildung 48).

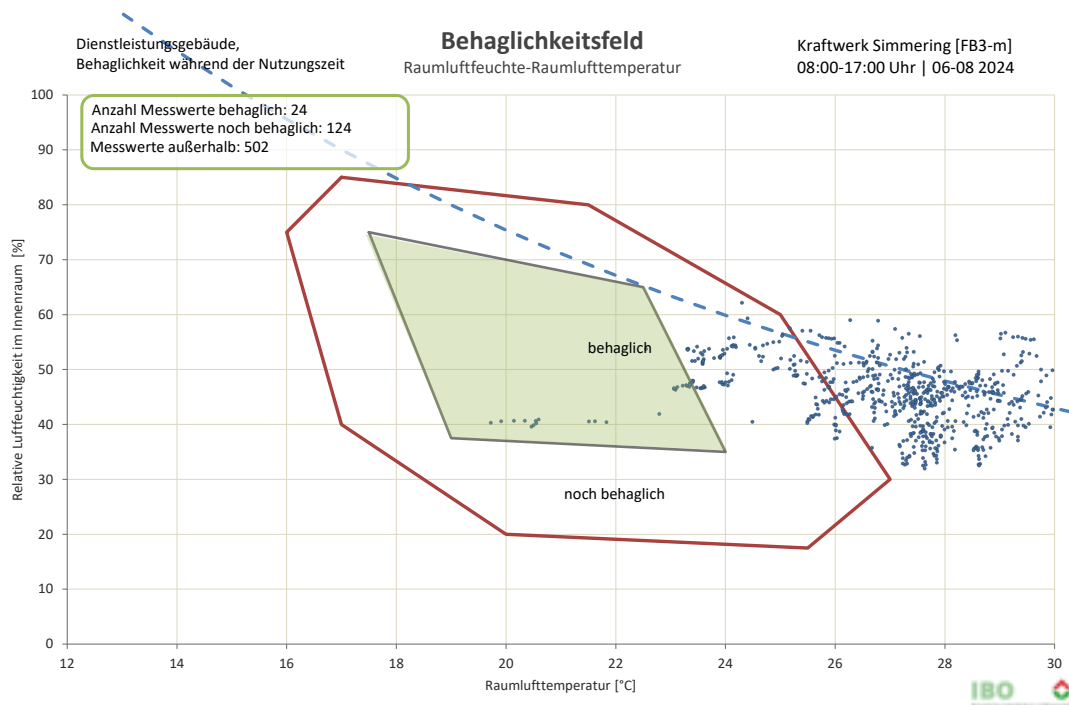


Abbildung 48: Thermische Behaglichkeit nach Freymark und Leusden (1951) für Juni bis August 2024; modulare Begrünung], Gräser-Kräuter-Stauden-Mischung, Kraftwerk Simmering [FB3-m] (©IBO).

4.3.11.3 Ergebnisse aus dem Innenraummonitoring

Für den Zeitraum von Juni bis August 2024 (06–08 2024) wurde eine mittlere Raumlufthtemperatur von 27,3 °C ermittelt, während die Wandoberflächentemperatur im Durchschnitt bei 26,2 °C lag. Der daraus resultierende Bias betrug 0,9 K. Trotz der gemessenen Maximaltemperaturen der Raumlufthtemperatur von bis zu 30,4 °C weist der Raum eine sehr hohe Korrelation von 0,98 zwischen Luft- und Oberflächentemperatur auf.

Im Winterfall (12/23–02/24) vergrößert sich der Bias am Kraftwerk Simmering signifikant auf 2,7 K. Bei einer durch die Heizung stabilisierten Raumlufthtemperatur von durchschnittlich 22,7 °C kühlt die Wandoberfläche auf 19,8 °C ab. Die negative Korrelation in diesem Zeitraum (–0,18) deutet auf die aktive Heizleistungsregelung hin, welche die Raumlufthtemperatur konstant hält. Diese Punktkonzentration der Daten im Winter belegt, dass die thermische Situation in diesem Zeitraum primär durch die Gebäudetechnik (Heizung) determiniert wurde (Abbildung 49).

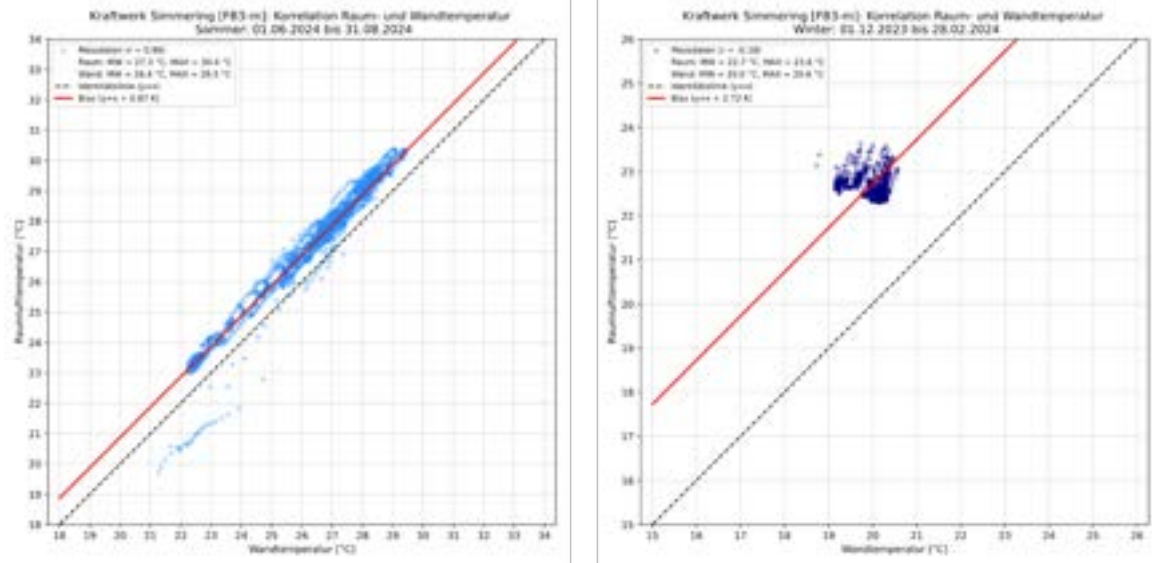


Abbildung 49: Korrelation Raumluft- und Oberflächentemperatur, Sommer/Winter 2024; modulare Begrünung], Gräser-Kräuter-Stauden-Mischung, Kraftwerk Simmering [FB3-m] (©IBO).

4.4 **FB** | MA48 Gürtel [FB4-w]

Die wandgebundene Grünfassade mit Wannensystem (lineare Tröge aus Aluminium) und Gräser-Kräuter-Staudenbestand war ein HEDWIG-Dauermessobjekt. Zusätzlich wurden Messkampagnen 2023 und 2024 durchgeführt.

4.4.1 **Factsheet** MA48 Gürtel [FB4-w]



Abbildung 50: MA48 Gürtel, links: Frontansicht wandgebundene Fassadenbegrünung (Süd-seitig), rechts: Wannensystem (©IBLB).

Allgemeine standortbezogene Informationen

- **Bundesland:** Wien
- **Adresse:** Einsiedlergasse 2, 1050 Wien

Gebäudebezogene Informationen

- **Gebäudetyp:** Büro + Magistrat
- **Gebäudenutzung:** öffentlich + halböffentlich
- **Baujahr/Bauperiode:** 1968

Begrünungsbezogene Informationen

- **Begrünungsart:** wandgebundene Fassadenbegrünung [Wannensystem]
- **Errichtung der Begrünung:** 2006
- **Zielfläche, gesamt:** Gesamt: 850 m²; Messungen an Südseite ca. 155 m²
- **Exposition:** Süd und West
- **Pflanzenarten:** Gräser-Kräuter-Stauden-Mischung, u.a. *Sesleria sp.*, *Achillea sp.*, *Thymus sp.*, *Iberis sp.*, *Dianthus sp.*, *Nepeta fassenii*

Ergänzende Informationen

Aufgrund der Exposition und freien Lage sehr besteht eine starke solare Einstrahlung.

Limitierende Faktoren

Die Messkampagnen können nur im Zuge von Pflegemaßnahmen durchgeführt werden, da ein Hubsteiger und die Sperre des Gehsteigs erforderlich sind.

4.4.2 Energieeintrag 2024 und 2025

Beim Messobjekt [FB4-w] war von Juni bis September 2024 eine Reduktion des monatlichen Strahlungseintrags hinter dem Pflanzenkörper von 92 und 95 % zu verzeichnen (Abbildung 51).

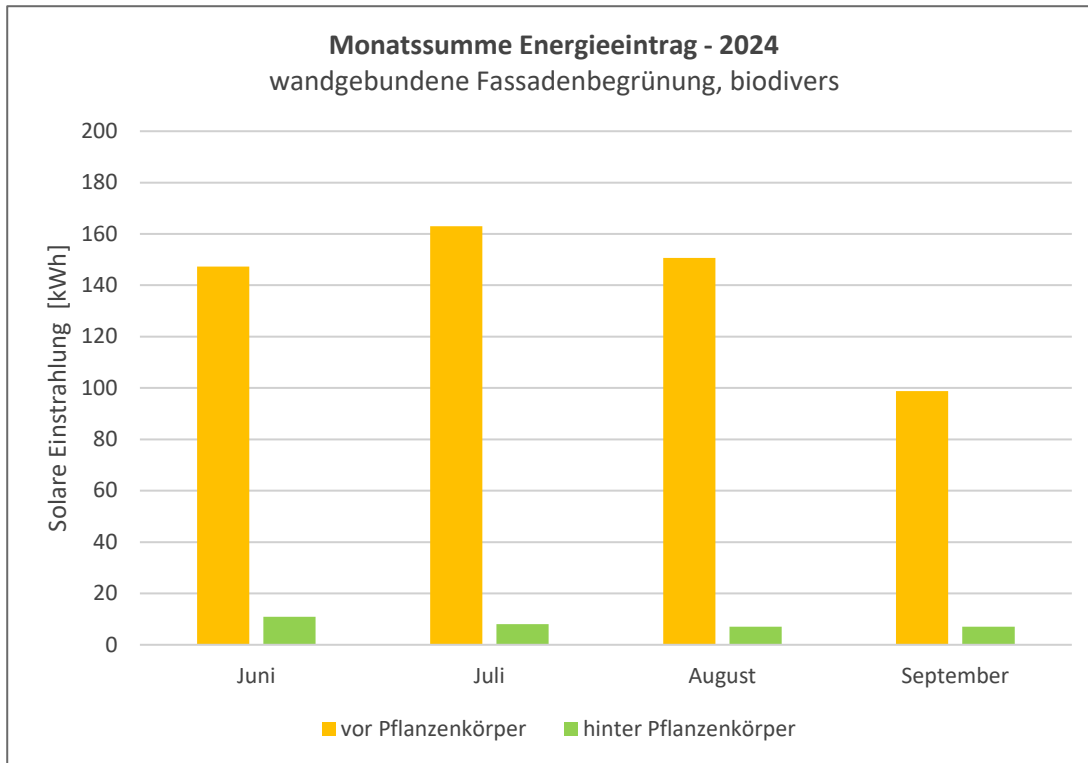


Abbildung 51: Monatssumme Energieeintrag 2024, vor und hinter dem Pflanzenkörper (MA48 Gürtel, Wien) (©IBLB).

2025 (Abbildung 52) zeigte sich ein noch eindrucksvolleres Strahlungsbild als im Messjahr 2024. Im Vergleich waren die Solastrahlungswerte vor der Begrünung im Juni höher, zugleich waren die Werte hinter dem Pflanzenkörper niedriger. Auch im Juli und August fiel die Reduktion jeweils höher aus, was auf eine noch dichtere Belaubung schließen lässt. Durch Unterbrechung der Stromzufuhr vom Solarpanel sind vom September 2025 keine Messdaten verfügbar.

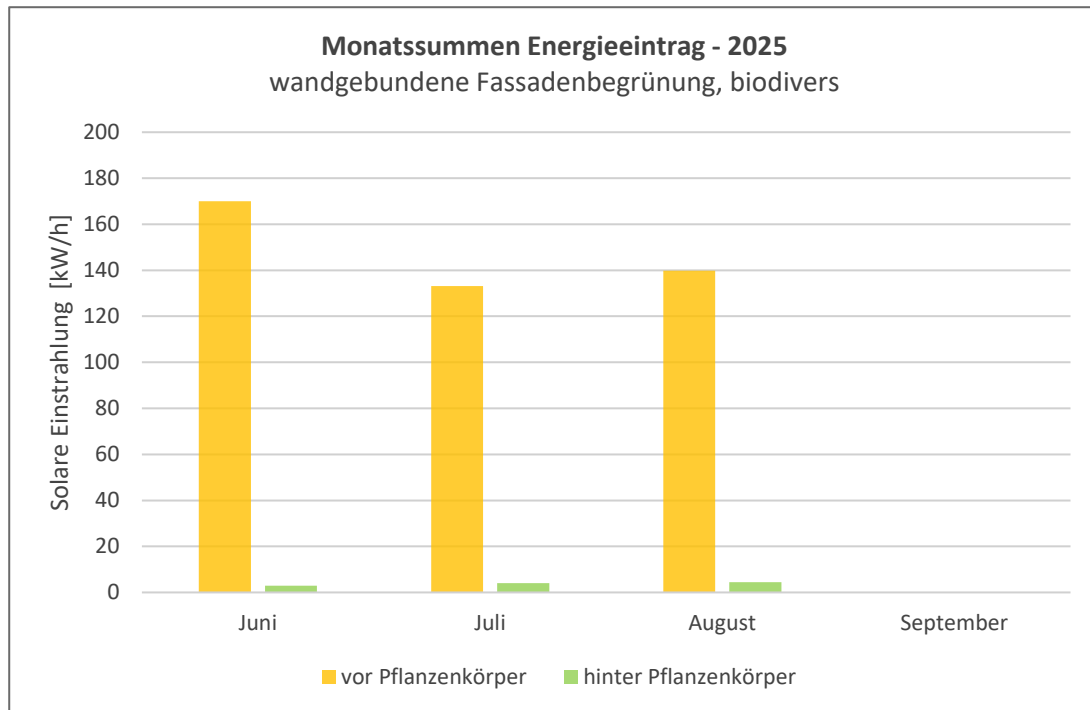


Abbildung 52: Monatssumme Energieeintrag 2025, vor und hinter dem Pflanzenkörper (MA48 Gürtel, Wien) (©IBLB).

4.4.3 Solare Einstrahlung mit Grünverschattungsfaktor (*Bioshading Coefficient BSC*)

Das Messobjekt [FB4-w] zeigt zwischen Mai und September 2024 ein stabiles Niveau des Grünverschattungsfaktors mit wenig Streuung (Abbildung 53). Der im September durchgeführte Pflegeeingriff am Grünkörper spiegelt sich klar ersichtlich im sprunghaften Anstieg der saisonalen Kurve auf 0,2 wider. Von November 2024 bis Jänner 2025 ist der Laubwurf und ab März der erneute Blattaustrieb mit Anstieg der Blattmasse erkennbar. Ab Ende Mai liegt der Grünverschattungsfaktor auf vergleichbarem Niveau von < 1 wie im 1. Messjahr. Die geringste Verschattung zeigt sich im Jänner bis Februar mit Werten $< 0,5$.

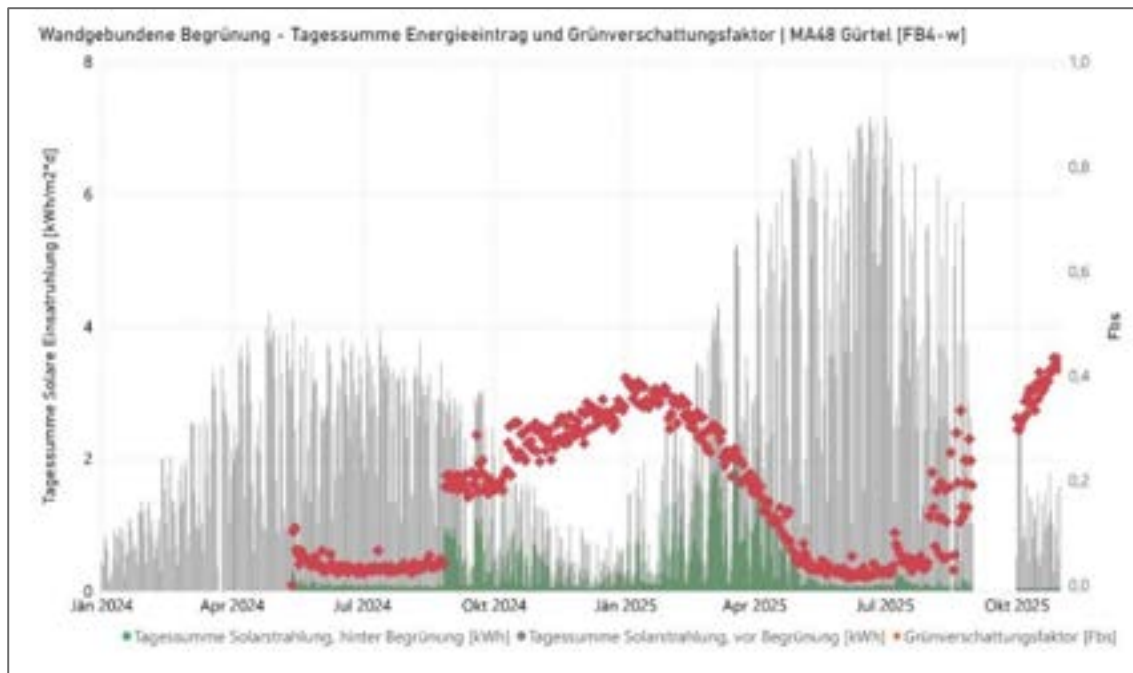


Abbildung 53: Jahresstrahlungsgrafik 2024 bis 2025 aus Tagessummen des solaren Strahlungseintrags [kWh/m²·d], inkl. Grünverschattungsfaktor, MA48 Gürtel, Wien (©IBLB).

4.4.4 Hitzewellen 2024 und 2025

Im Jahr 2024 wurde die Hitzewelle vom 01.09. bis 05.09. zur näheren Betrachtung herangezogen (Abbildung 54). Innerhalb dieser zeigten sich vor der Begrünung im Vergleich zu den anderen Messobjekten deutlich höhere Solarstrahlungswerte, die bis zu 760 W/m² betrugen. Dies liegt an der S-Exposition und der völlig freien Lage, wodurch die Sonne völlig ungehindert auf das Objekt auftrifft. Hingegen sind hinter dem Pflanzenkörper maximale Strahlungswerte von 111 W/m² verzeichnet worden. Damit lag die maximale Strahlungsreduktion bei 99 %. Die höchste gemessene Lufttemperatur vor der Begrünung betrug 33,7 °C und 31,1 °C hinter dieser. Über die gesamte Hitzewelle hinweg lag die mittlere Lufttemperatur vor dem Laubkörper bei 26,5 °C und 24,5 °C dahinter, das ergibt eine durchschnittliche Differenz von 2° C. Die höchste Reduktion von Luft-T im Begrünungskörper betrug tagsüber 5,3 °C.

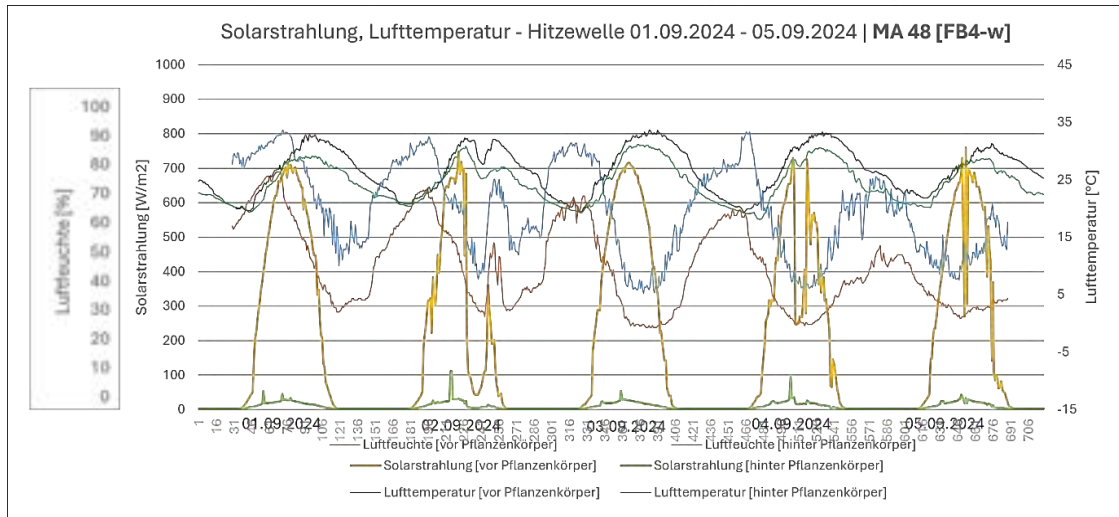


Abbildung 54: 5-tägige Hitzewelle 1.-5. September 2024, Solarstrahlung und Lufttemperatur jeweils vor und hinter dem Pflanzenkörper (MA48 Gürtel, Wien [FB4-w]) (©IBLB).

2025 wurde die Hitzewelle vom 29.06. bis 03.07. beleuchtet (Abbildung 55). Im Vergleich zum Vorjahr zeigten sich vor der Begrünung noch mal deutlich höhere Solarstrahlungswerte. Die erhobenen Maxima lagen bei 952 W/m^2 – vor der Begrünung – und bei 16 W/m^2 – hinter dieser. Die stärkste Strahlungsreduktion durch den Grünkörper betrug analog zum Jahr 2024 99 %. Die höchste Lufttemperatur vor der Begrünung betrug $36,0^\circ\text{C}$ und $30,8^\circ\text{C}$ dahinter. Über die gesamte Betrachtungsperiode hinweg lag die mittlere Lufttemperatur vor der Begrünung bei $26,6^\circ\text{C}$ und bei $23,6^\circ\text{C}$ hinter dieser, das ergibt eine mittlere Differenz von 3°C . Die höchste Reduktion der Luft-T durch die Begrünung betrug $6,3^\circ\text{C}$.

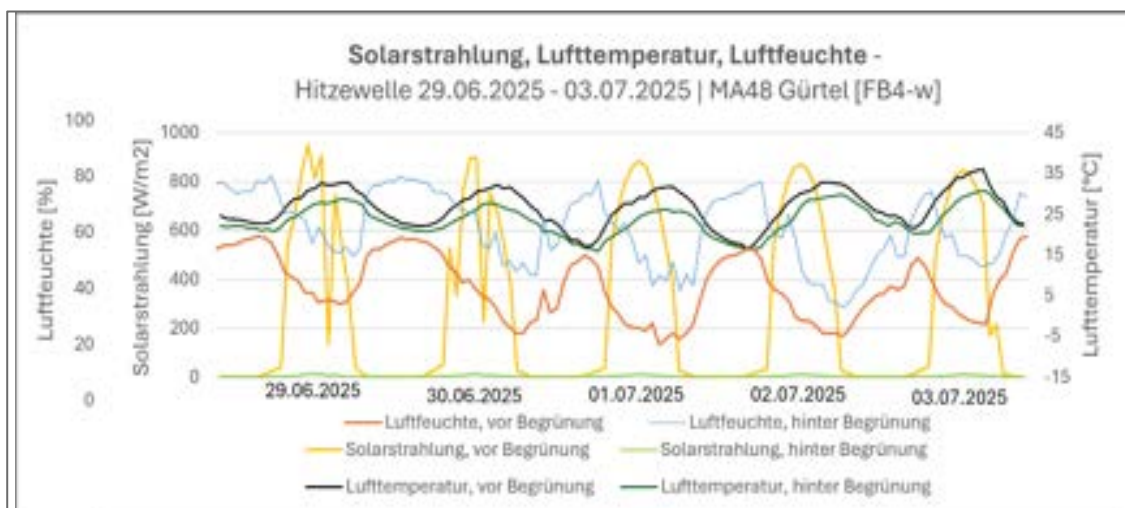


Abbildung 55: 5-tägige Hitzewelle 29.Juni bis 03.Juli 2025, Solarstrahlung und Lufttemperatur jeweils vor und hinter dem Pflanzenkörper (MA48 Gürtel, Wien [FB4-w]) (©IBLB).

4.4.5 Wärmedurchfluss im Substrat

In Abbildung 56 und Abbildung 57 sind der Wärmedurchfluss im Wannensubstrat sowie die Substrattemperatur der Hitzewelle vom 01.09. bis 05.09.2024 und von 29.06. bis 03.07.2025

dargestellt. Es zeigt sich über beide Perioden hinweg eine positive Korrelation ($r=0,71$ bzw. $r=0,80$ für 2025) zwischen den beiden Parametern. Dies bedeutet, dass der Wärmeeintrag zur Gebäudehülle parallel zur Substrattemperatur mitansteigt. Die Substrattemperatur zeigt beinahe idente Tagesgänge und bewegt sich zwischen 20 und 25 °C. Parallel zum Temperaturpeak kommt es zu minimalen Einträgen bis 5 W/m². Sobald der Temperaturpeak überschritten ist, verläuft der Wärmefluss in die umgekehrte Richtung nach außen. Das Muster ist ident zur Hitzewelle 2025. Hier sticht ins Auge, dass an den ersten 3 Tagen der Hitzewelle kaum Wärmeeinträge ablesbar sind und sich diese erst am 4. Tag nach einer Tropennacht erhöhen.

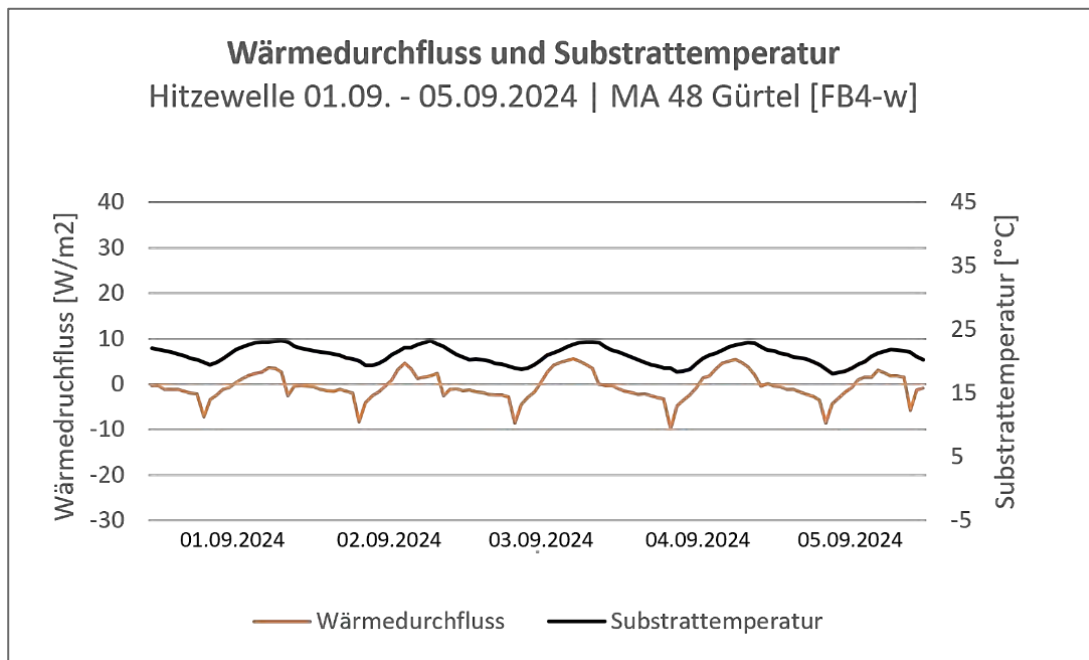


Abbildung 56: 5-tägige Hitzewelle 1.-5. September 2024, Wärmedurchfluss und Substrattemperatur (MA48 Gürtel, Wien [FB4-w]) (©IBLB).

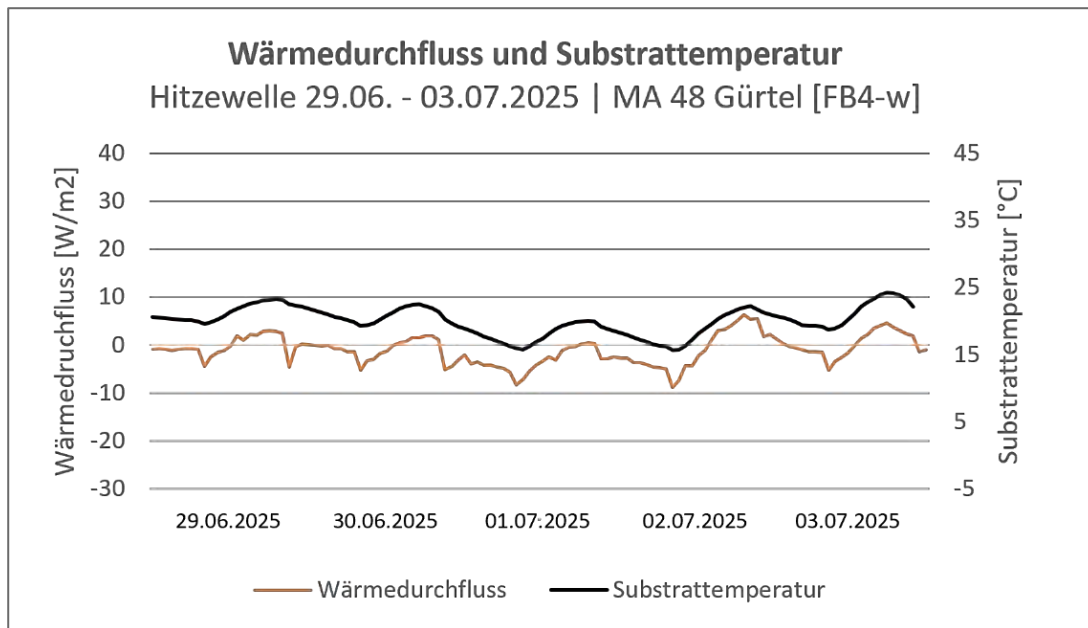


Abbildung 57: 5-tägige Hitzewelle 29.Juni bis 03. Juli 2025, Wärmedurchfluss und Substrattemperatur (MA48 Gürtel, Wien [FB4-w]) (©IBLB).

In Abbildung 58 und Abbildung 59 sind die Parameter Wärmedurchfluss und Substratfeuchte der Hitzewellen 2024 und 2025 gegenübergestellt. Die Tagesgänge der Substratfeuchte spiegeln die täglichen Bewässerungsgaben und liegen auf einem Niveau von 39 – 44 Vol.-%. Es zeigt sich eine negative Korrelation ($r = -0,66$ bzw. $-0,77$) zwischen den beiden Parametern, dies bedeutet, dass der Wärmedurchfluss bei steigender Substratfeuchte nach außen erfolgt. Es lässt sich ablesen, dass die Richtung des Wärmedurchflusses stark geprägt wird von den Bewässerungsgaben: Sobald diese einsetzen, erfolgt ein Wärmeaustrag ($< -10 \text{ W/m}^2$), nimmt die Feuchte ab, wird Wärme nach innen transportiert.

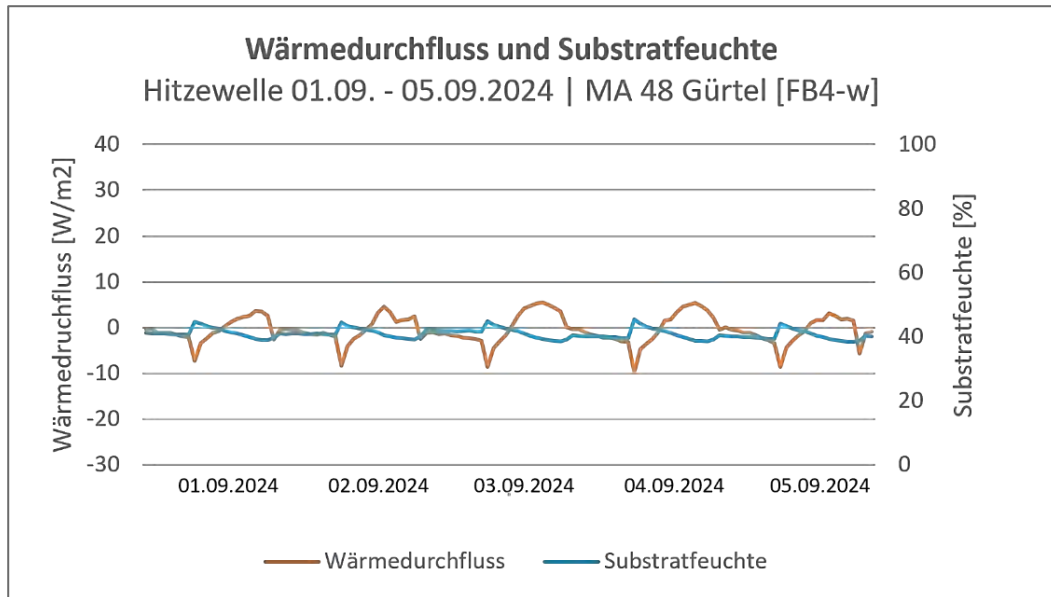


Abbildung 58: 5-tägige Hitzewelle 1.-5. September 2024, Wärmedurchfluss und Substrattemperatur (MA48 Gürtel, Wien [FB4-w]) (©IBLB).

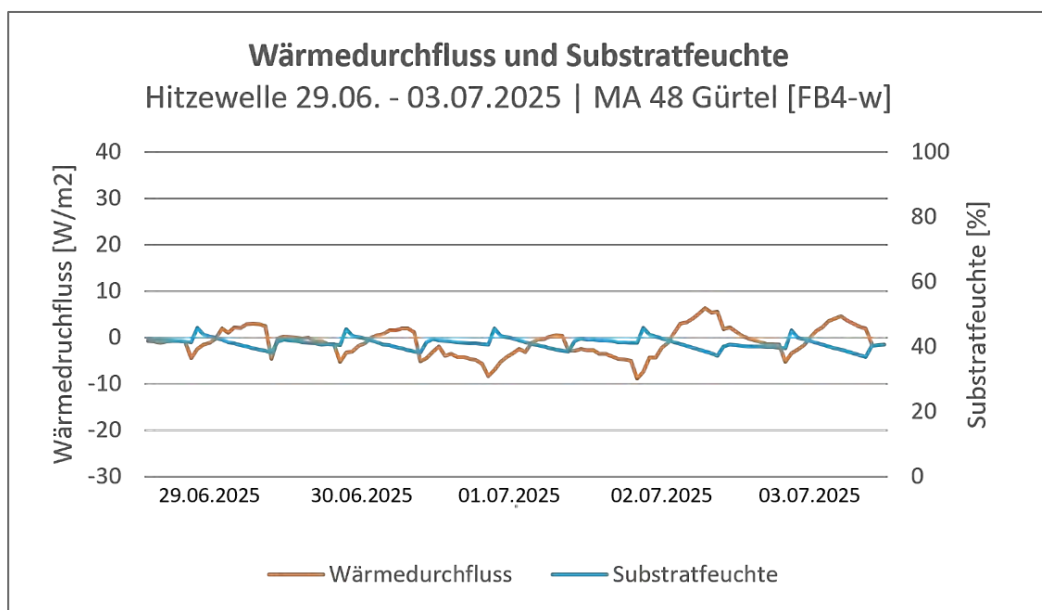


Abbildung 59: 5-tägige Hitzewelle 29.Juni bis 03. Juli 2025, Wärmedurchfluss und Substratfeuchte (MA48 Gürtel, Wien [FB4-w]) (©IBLB).

Im Tagesgang der Solarstrahlung (Abbildung 60, Abbildung 61) zeigt sich ein statistisch schwach abgesicherter Trend, dass bei steigender Solarstrahlung über den Tag auch der Wärmedurchfluss leicht ansteigt ($r = 0,41$ im Jahr 2024 bzw. $0,34$ im Jahr 2025). Der Peak des täglichen Wärmeeintrags erfolgt zeitlich versetzt beim Abfall der Solarstrahlung.

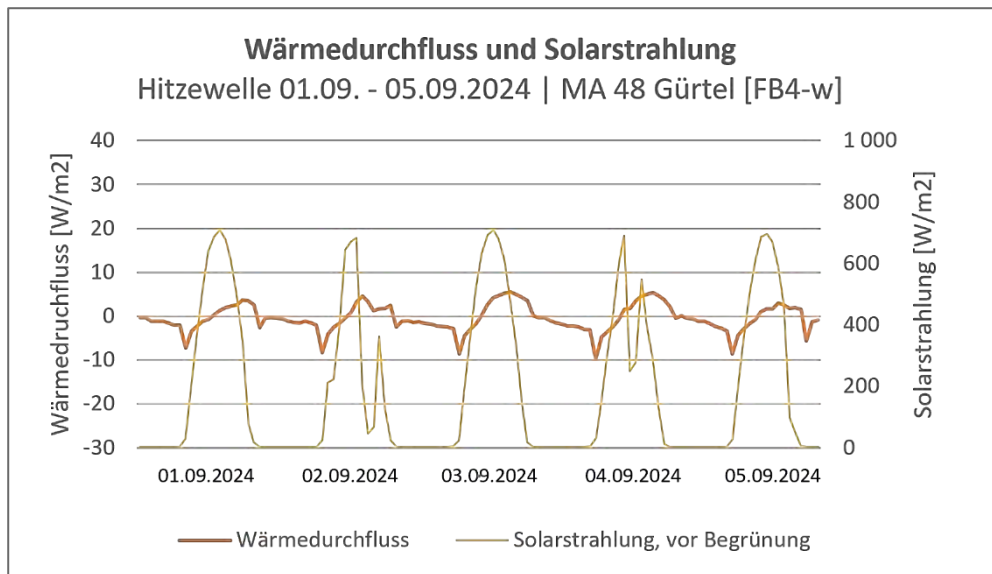


Abbildung 60: 5-tägige Hitzewelle 1.-5. September 2024, Wärmedurchfluss und Solarstrahlung (MA48 Gürtel, Wien [FB4-w]) (©IBLB).

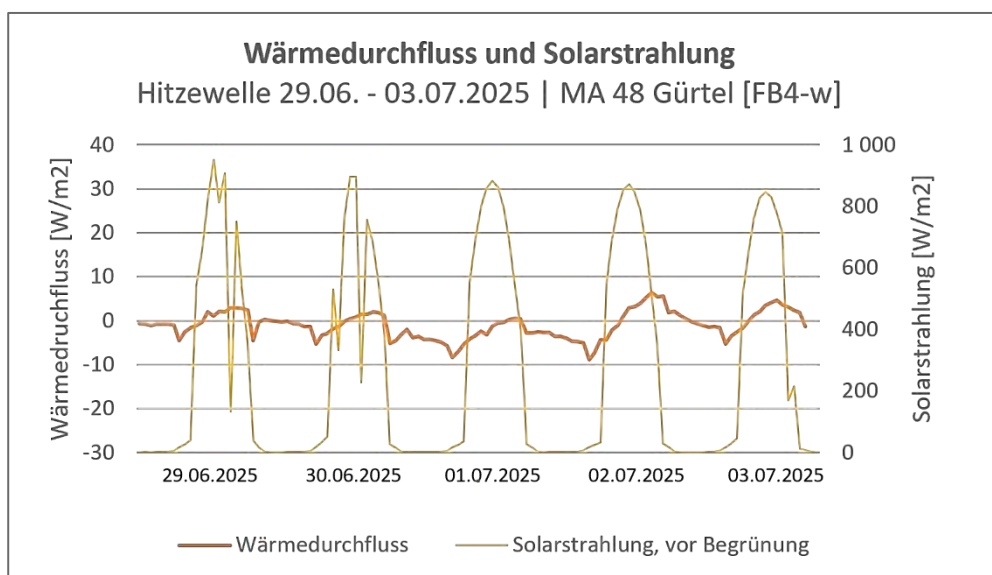


Abbildung 61: 5-tägige Hitzewelle 29.Juni bis 03. Juli 2025, Wärmedurchfluss und Solarstrahlung (MA48 Gürtel, Wien [FB4-w]) (©IBLB).

4.4.6 Wand-Blattflächenindex (WLAI), Deckungsgrad und Pflanzenvitalität

Die zusätzlich durchgeführten Messkampagne konnten aufgrund der Standortsituation und schweren Zugänglichkeit nur in der Messkampagne 2024 durchgeführt werden. **WLAI** und der **projektive Deckungsgrad** waren in der Messkampagne an den 5 Messpunkten (MP) ähnlich verteilt (Abbildung 62). Der WLAI lag zwischen 4 und 6,5 mit einem Mittelwert von 5,3. Der Deckungsgrad war immer über 95 %, wobei der Mittelwert bei 98,8 % lag. Diese Messergebnisse spiegeln die sehr homogene und sehr dichte Vegetation der Fassadenbegrünung .

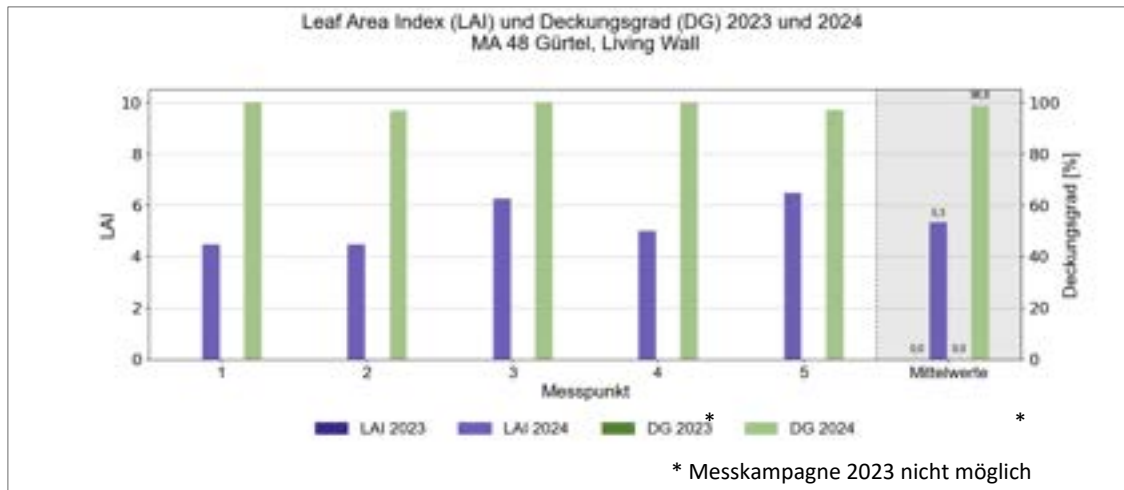


Abbildung 62: Leaf Area Index (LAI) und projektiver Deckungsgrad (DG_{proj}), Messkampagnen 2023 und 2024; MA 48 Gürtel [FB4-w] (©IBLB).

Bei der Betrachtung der **Pflanzenvitalität** (Abbildung 63) wird deutlich, dass die Begrünung in einem sehr guten Zustand ist. Alle Parameter haben eine Bewertung > 8 erreicht. Die Pflanzen (z.B. *Nepeta faassenii*, *Achillea millefolium* und *Thymus sp.*) sind gut im System etabliert.



Abbildung 63: Bewertungscheck der Pflanzenvitalität anhand von 5 Parametern Messkampagne 2024 (durchgezogen); MA 48 Gürtel [FB4-w] (©IBLB).

4.4.7 Kurz- und langwellige solare Einstrahlung und Reflektion

In der Messkampagne 2024 wurden zusätzlich lokalklimatische Parameter, insbesondere die **Solarstrahlung** einschließlich der Rückstrahlung, erfasst (Abbildung 64). Teilweise war die kurzwellige Strahlung (lila) unterbrochen, was auf einen leicht bewölkten Tag hindeutet. Die Lufttemperatur in der Begrünung ist um 1,3 °C im Tagesverlauf deutlich kühler als vor der Begrünung.

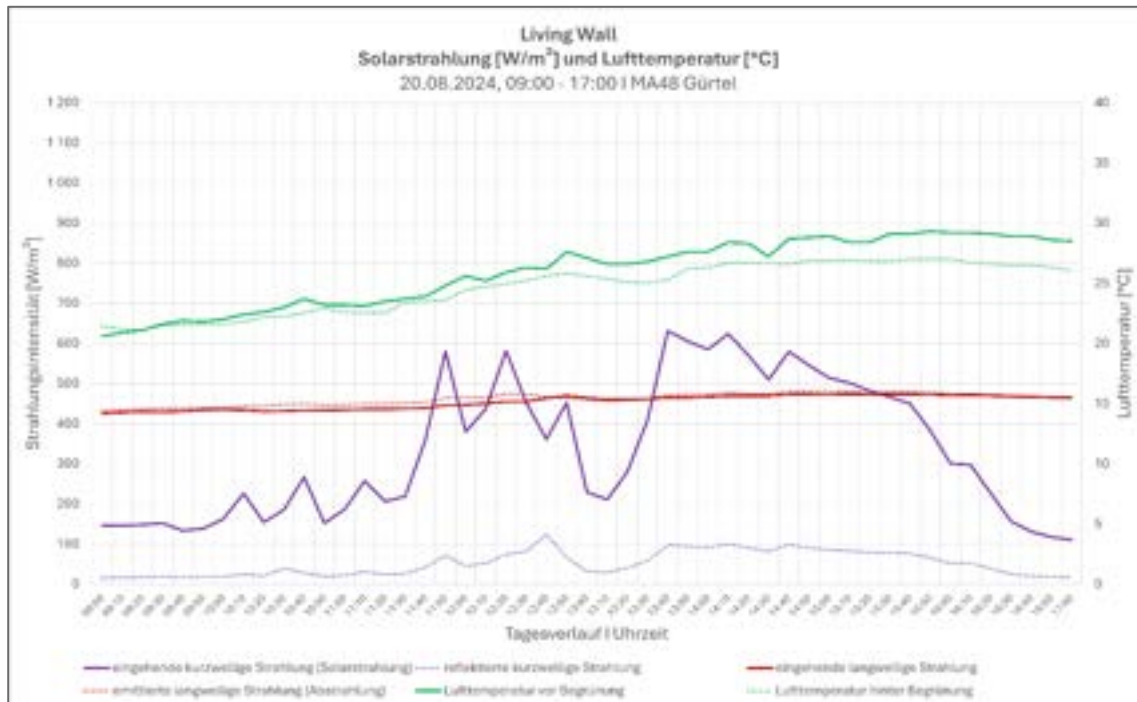


Abbildung 64: Tagesverlauf der Solarstrahlung [W/m²] und Lufttemperatur [°C] vom 20.08.2024 09:00 bis 17:00 Uhr; MA 48 Gürtel [FB4-w] (©IBLB).

Die langwellige Strahlung (rot) ist bereits morgens auf einem Niveau über 400 W/m². Diese Wärmerückstrahlung entsteht vor allem bei Tropennächten, da sich Baukörper in der Nacht nicht mehr abkühlen und die Abstrahlung auch von anderen Objekten, Straßenkörpern, Oberflächenmaterialien etc. ausgeht. Im Tagesverlauf wurden von der kurzwelligen Strahlung im Schnitt 15 % reflektiert, 6 % transmittiert und somit wurden 79 % absorbiert. Trotzdem bleibt die langwellige Rückstrahlung (rot gepunktet) der Fassadenbegrünung sehr gering und erhöht sich im betrachteten Zeitraum nur um 1 - 2 %, vorwiegend am Vormittag. Dies zeigt, dass die absorbierte Energie nicht vollständig in sensible Wärme umgewandelt wird. Ein Großteil der Energie wird durch die Transpiration der Vegetation in Verdunstungsenergie und latente Wärme umgewandelt. Dieser Prozess trägt dazu bei, die Temperatur der begrünten Fassade und das Mikroklima im angrenzenden Bereich zu regulieren, obwohl ein Energieeintrag stattfindet.

4.4.8 Kennwerte MA48 Gürtel [FB4-w]

In Tabelle 6 sind alle Kennwerte angeführt, die während der Messkampagne 2024 erfasst wurden, und als Mittelwerte dargestellt.

Tabelle 6: Übersicht der Mittelwerte der pflanzenphysiologischen und klimatischen Parameter vom 20.08.2024, 09:00 bis 17:00 Uhr, MA 48 Gürtel [FB4-w].

Pflanzenphysiologische und klimatische Parameter (MW)	20.08.24, 09:00 – 17:00 Ø 30,0°C, Tageshöchstwert:33,6°C
Kub. Pflanzvolumen [m ³ /m ²] [n=5]	0,7
Proj. Deckungsgrad [%] (n=5)	98,8
Deckungsgrad der Zielfläche [%]	100,0
WLAI (n=15)	5,3
Blatttemperatur [°C] (n=25)	25,6
Stomatäre Leitfähigkeit [mmol m ⁻² s ⁻¹] (n=25)	420,5
Δ Lufttemperatur vor/hinter Begrünung [°C]	-1,3
Δ relative Luftfeuchte vor/in Begrünung [%]	15,7
Δ absolute Luftfeuchte vor/in Begrünung [g/m ³] (Veränderung in %)	-2,6 (-17,5 %)
<i>Bioshading Coefficient</i> (Grünverschattungsfaktor)*	0,1
Tagessumme eintreffende kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]	2,2
Tagessumme refl. kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]	0,4
Δ Tagessumme kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]	1,8
Transmission [%]	6,0
Reflexion [%]	15,1
Absorption [%]	78,9
Transpirationsrate [ml/m ² /h] (n=25) *	169,4
Verdunstungsenthalpie [W/m ²] (14:00 – 15:00) *	115,3
*sensorbasiert **errechnet	

4.4.9 Infrarotwärmebild mit Oberflächentemperaturdifferenzen

Am Infrarotwärmebild (Abbildung 65) betrug zum Zeitpunkt der Aufnahme die Luft-T 28,9 °C und ist in der Temperaturskala weiß eingezeichnet. Das Temperaturspektrum reichte von 25,0 °C bis 42,0 °C. Die modulare Fassadenbegrünung ist im Vergleich zu anderen Baumaterialien markant kühler. M1 befindet sich in der Vegetation und ist mit 25,2 °C sogar kühler als die Luft-T. M2 befindet sich am Blech des MA 48-Logos und zeigt 41,3 °C. Dadurch entsteht eine Differenz der Oberflächentemperatur von > 16 °C. Insgesamt lässt sich erkennen, dass die gesamte Fassade bis auf die Fensterflächen durch die deckende Laubmasse keine Erwärmung oder erhöhte Rückstrahlung aufweist.

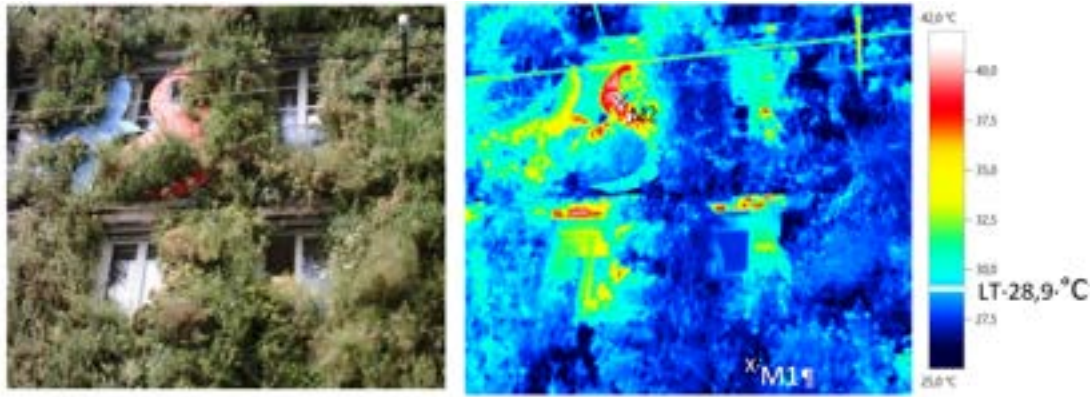


Abbildung 65: Untersuchungsbereich (links) und Infrarot Thermographie (IRT) (rechts) aufgenommen am 20.08.2024, 16:32 Uhr, Lufttemperatur 28,9 °C; MA 48 Gürtel [FB4-w] (©IBLB).

4.4.10 Stomatäre Leitfähigkeit

Die stomatäre Leitfähigkeit (Abbildung 66) wurde an 5 MP gemessen. An jedem MP wurden 5 Blätter untersucht (n=5). Die MP weisen große Unterschiede in der stomatären Leitfähigkeit auf und sind sehr heterogen. Die Minimalwerte mit $160 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ wurden an MP 2 erreicht. Der Maximalwert von $1.030 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ wurde am MP 3 erreicht. Der Mittelwert der Messungen (n=25) beträgt $421 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ bei großer Streuung innerhalb und zwischen den einzelnen MP. Hier werden starke Unterschiede zwischen Pflanzentypen und lokalen Feuchtesituationen im Substrat besonders deutlich. Jedenfalls liegt das Niveau der stomatären Leitfähigkeiten deutlich über jenen der boden- und troggebundenen Systemen.

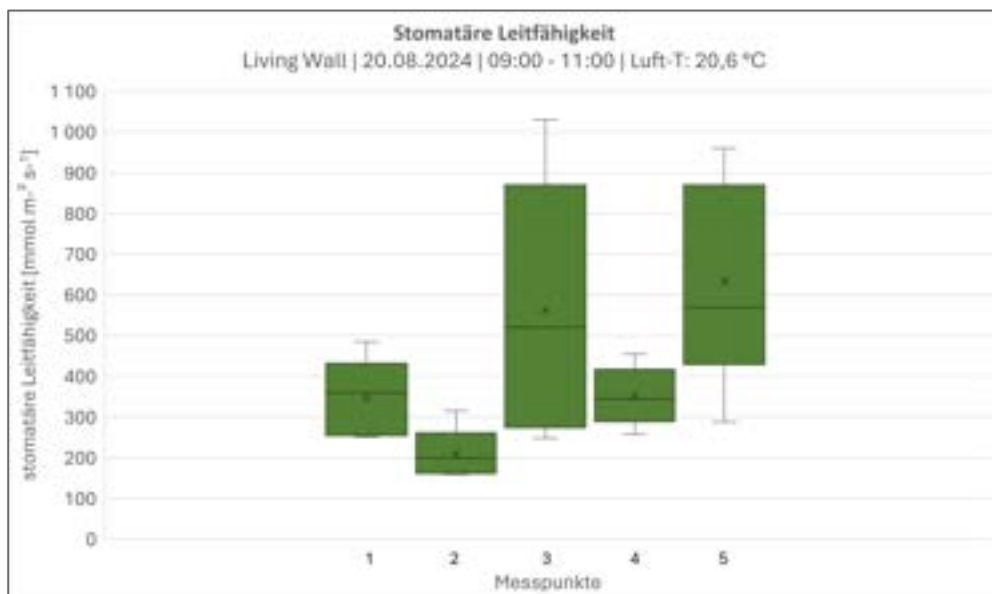


Abbildung 66: Stomatäre Leitfähigkeit [$\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$] aufgenommen am 20.08.2024, 16:32 Uhr, Lufttemperatur 25,9 °C; MA 48 Gürtel [FB4-w] (©IBLB).

4.4.11 Innenraumsituation

4.4.11.1 Bewertung der Behaglichkeit mit dem adaptiven Komfortmodell nach ÖNORM EN 16798-1

Die Raumanalyse im Objekt Amtshaus Margareten gemäß ÖNORM EN 16798-1 weist insgesamt 589 Stunden in der Kategorie I, 53 Stunden in der Kategorie II und lediglich 6 Stunden in der Kategorie III auf (Abbildung 67). Ein wesentliches Merkmal dieser Verteilung ist, dass sich die operativen Raumtemperaturen fast ausschließlich im unteren Bereich der jeweiligen Komfortbänder bewegen. Im Gegensatz zu den vorangegangenen Räumen wird hier das Komfortziel nicht durch ein grenzwertiges Einhalten der oberen Temperaturschwellen erreicht, sondern durch ein konstant moderates und kühleres Raumklima.

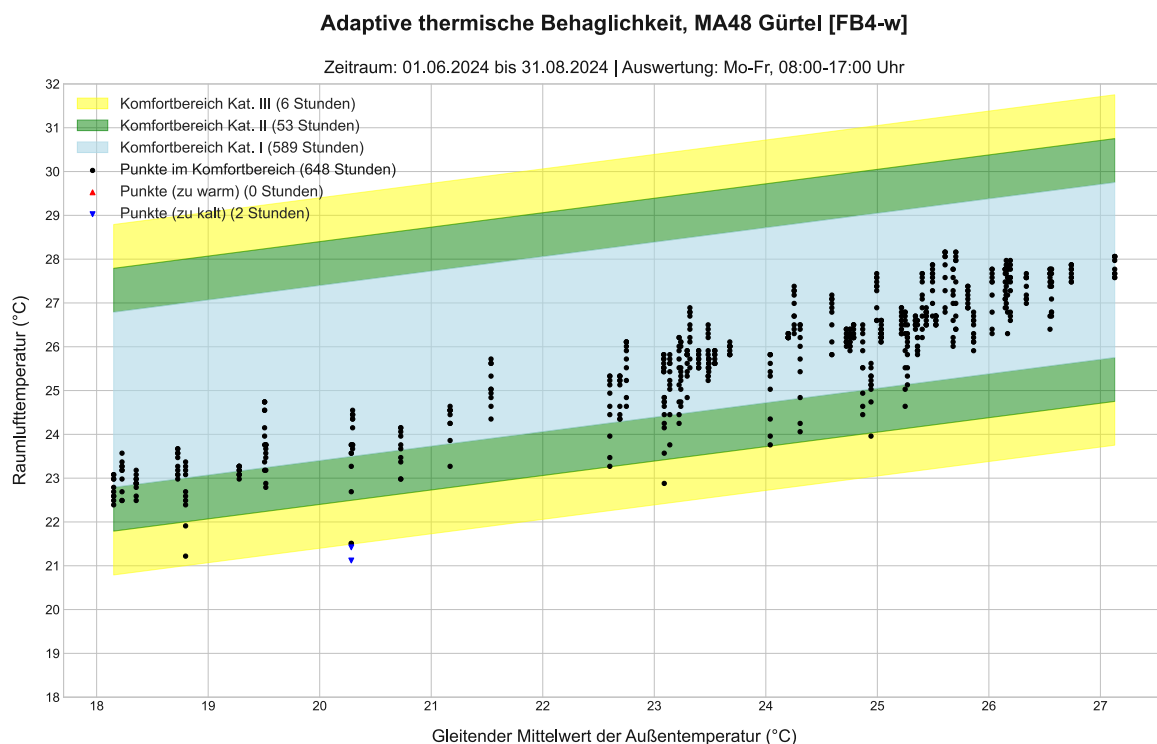


Abbildung 67: Adaptive thermische Behaglichkeit nach ÖNORM EN 16798-1 für Juni bis August 2024; wandgebundene Fassadenbegrünung [Wannensystem], Gräser-Kräuter-Stauden-Mischung, MA48 Gürtel [FB4-w] (©IBO).

4.4.11.2 Behaglichkeitsmodell nach Freymark und Leusden

Trotz der fehlenden Verschattung durch umliegende Objekte bleiben die Maximalwerte der Stundenmittelwerte mit leicht über 28 °C Raumlufttemperatur moderat. Die Analyse nach Freymark und Leusden ordnet 73 Stunden als behaglich, 206 Stunden als noch behaglich und 371 Stunden als außerhalb der Grenzwerte ein (Abbildung 68). Obwohl die Anzahl der Stunden außerhalb der statischen Behaglichkeitsgrenzen hoch erscheint, ist festzuhalten, dass dieser Raum

das niedrigste Temperaturniveau innerhalb der Gruppe der mit Innenraum-Dauermessungen ausgestatteten Objekte aufweist. Die Diskrepanz zwischen der hohen Einstufung im adaptiven Modell und den Überschreitungen nach Freymark resultiert auch hier aus den starren Grenzwerten der statischen Methode, die bei deutlich niedrigeren Temperaturen bereits anschlagen.

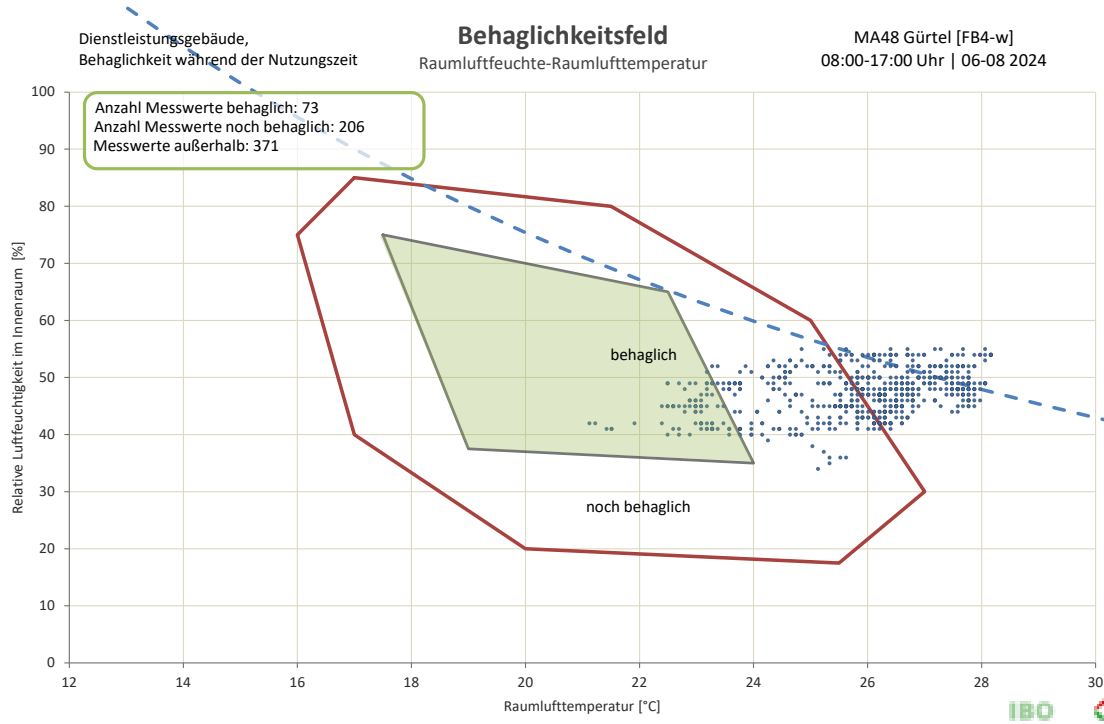


Abbildung 68: Thermische Behaglichkeit nach Freymark und Leusden (1951) für Juni bis August 2024; wandgebundene Fassadenbegrünung [Wannensystem], Gräser-Kräuter-Stauden-Mischung, MA48 Gürtel [FB4-w] (©IBO).

4.4.11.3 Ergebnisse aus dem Innenraummonitoring

Die thermische Analyse des Amtsgebäudes der MA 48 für den Zeitraum von Juni bis August 2024 bestätigt das außergewöhnlich kühle Temperaturniveau dieses Objekts im Vergleich zu den anderen untersuchten Räumen. Trotz der fehlenden Verschattung durch umliegende Gebäude weist das System aus Fassadenbegrünung und spezifischer Raumkonfiguration eine hohe thermische Stabilität auf. Die Korrelation zwischen der Raumlufttemperatur und der inneren Oberflächentemperatur der begrünten Außenwand ist mit einem Koeffizienten von 0,97 sehr hoch (Abbildung 69). Der ermittelte Bias von 0,86 K belegt zudem, dass die Wandoberfläche systematisch kühler bleibt als die Raumlufte und somit als effektive Strahlungssenke zur Senkung der operativen Temperatur beiträgt. Die im Vergleich niedrigsten Raumlufteemperaturen innerhalb der Gruppe, der mit Innenraum-Dauermessungen ausgestatteten Objekte lassen sich u.a. auf die Raumgeometrie und die Sensorpositionierung zurückführen. Die thermische Trägheit des Gebäudekerns dominiert hier das Klima.

Im Winter 2023/2024 verändert sich dieses Bild signifikant. Während der Raum auf eine mittlere Temperatur von 20,9 °C beheizt wird, fällt die Wandoberflächentemperatur auf durchschnittlich

18,6 °C ab. Der Bias vergrößert sich auf 2,34 K. Die geringe winterliche solare Einstrahlung und die niedrige Außentemperatur führen zu einer spürbaren thermischen Belastung der ungedämmten Außenwandkonstruktion. Die Korrelation sinkt im Winter leicht auf 0,89, was auf die dynamischen Einflüsse der Heizungsregelung und die stärkeren Temperaturgradienten zurückzuführen ist (Abbildung 69).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die wannengebundene Fassadenbegrünung am Amtsgebäude MA 48 im Sommer einen wertvollen Beitrag zur Kühlung leistet (Bias ~0,9 K), im Winter jedoch die bauphysikalischen Defizite der ungedämmten Wand nicht kompensieren kann, was zu den gemessenen kühlen Oberflächentemperaturen führt.

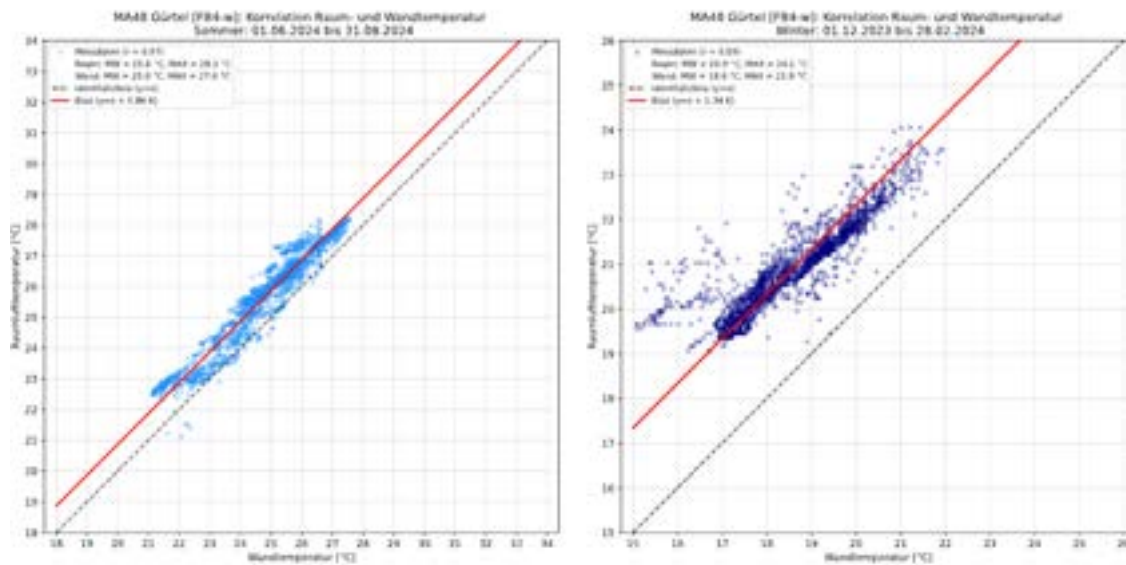


Abbildung 69: Korrelation Raumluft- und Oberflächentemperatur, Sommer/Winter 2024; wandgebundene Fassadenbegrünung [Wannensystem], Gräser-Kräuter-Stauden-Mischung, MA48 Gürtel [FB4-w] (©IBO).

4.5 | Lichtblau-Wagner [FB5-bP]

Das Objekt [FB5-bP] mit bodengebundenem *Parthenocissus*-Bewuchs stellte kein Dauermessobjekt dar. Es erfolgten daher keine permanenten Messungen im Innen- bzw. im Außenraum. Die nachfolgenden Daten und Kennwerte konnten aus Messkampagnen generiert werden.

4.5.1 *Factsheet* Lichtblau-Wagner [FB5-bP]



Abbildung 70: Lichtblau-Wager, links: manuelle Aufnahme bei Messkampagne, rechts: Nahaufnahme Messrahmen (©IBLB).

Allgemeine standortbezogene Informationen

- **Bundesland:** Wien
- **Adresse:** Diehlgasse 50, 1050 Wien

Gebäudebezogene Informationen

- **Gebäudetyp:** Wohngebäude
- **Gebäudenutzung:** privat
- **Baujahr/Bauperiode:** 19. Jahrhundert

Begrünungsbezogene Informationen

- **Begrünungsart:** bodengebundene Fassadenbegrünung, Selbstkletterer
- **Errichtung der Begrünung:** 2009/2010
- **Zielfläche, gesamt:** linke Fassade: 38%; rechte Fassade 33 %
- **Exposition:** Süd-Südost
- **Pflanzenarten:** *Parthenocissus tricuspidata*

Ergänzende Informationen

Das Messobjekt, welches aus zwei Teilbereichen besteht, befindet sich in einer Hoflage auf Privatgelände, daher ist die Kooperationsbereitschaft nicht sehr hoch.

Limitierende Faktoren

keine

4.5.2 Wand-Blattflächenindex (WLAI), Deckungsgrad und Pflanzenvitalität

WLAI und der **projektive Deckungsgrad** zeigten sich in der Messkampagne 2024 an den 5 Messpunkten (MP) auf ähnlichem Niveau (Abbildung 71). Die LAI-Werte lagen zwischen 2,5 und 4 mit einem Mittelwert von 3,4 beziehungsweise 2,9 im Jahr 2024. Der größte Unterschied zwischen den beiden Jahren war bei MP 3 und beträgt ca. 1,5. Der Deckungsgrad schwankte in den beiden Messjahren zwischen 66 bis 86 %. Der Mittelwert beider Jahre ist konstant mit etwa 77 %. Diese Messergebnisse deuten auf eine sehr homogene Fassadenbegrünung hin.

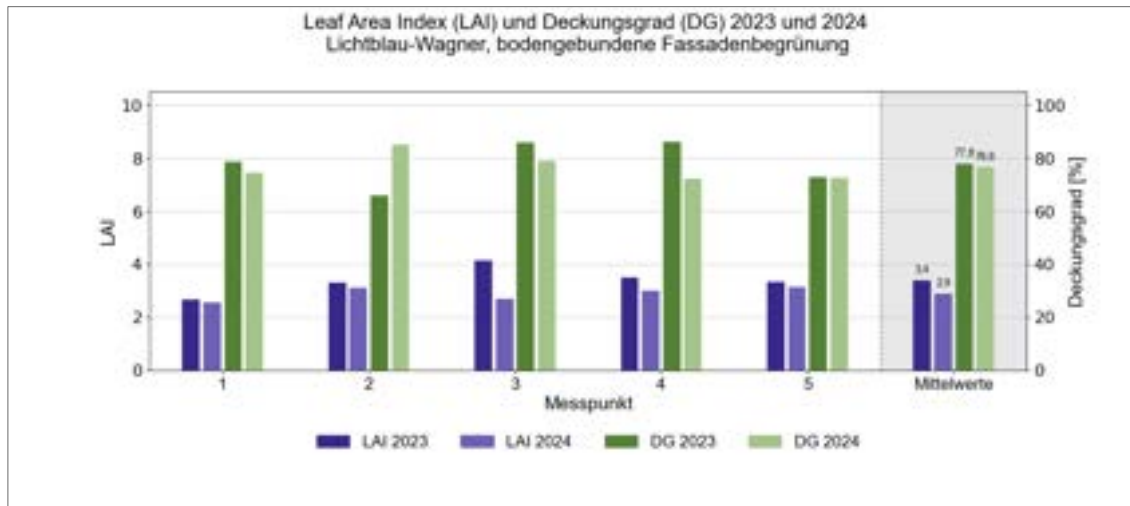


Abbildung 71: Leaf Area Index (LAI) und projektiver Deckungsgrad (DG_{proj}), Messkampagnen 2023 und 2024; Lichtblau-Wagner [FB5-bP] (©IBLB).

Bei der Betrachtung der **Pflanzenvitalität** (Abbildung 72) wird deutlich, dass die Begrünung etabliert und in einem sehr guten Zustand ist. In beiden Jahren war die Pflanzvitalität in allen 5 Parametern auf dem höchsten Niveau von 9.

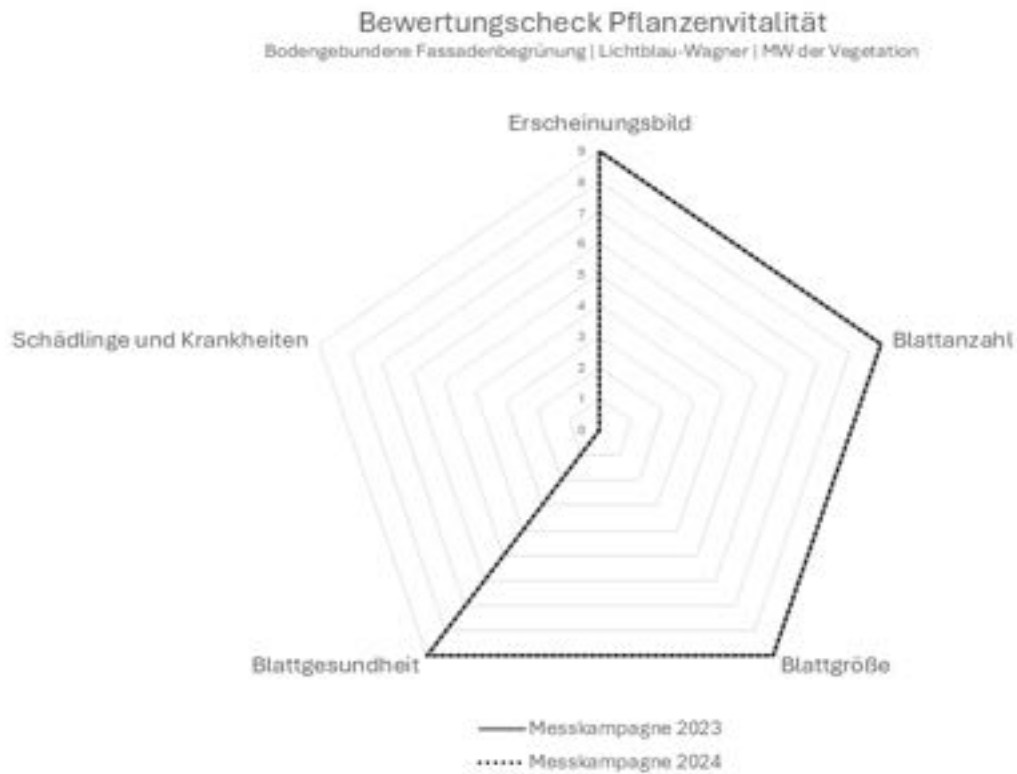


Abbildung 72: Bewertungsscheck der Pflanzenvitalität anhand von 5 Parametern Messkampagne 2023 (durchgezogen) und Messkampagne 2024 (gepunktet); Lichtblau-Wagner [FB5-bP] (©IBLB).

4.5.3 Kurz- und langwellige solare Einstrahlung und Reflektion

In der Messkampagne 2024 wurden zusätzlich lokalklimatische Parameter, insbesondere die **Solarstrahlung** einschließlich der Ausstrahlung, erfasst (Abbildung 73). Die kurzwellige Strahlung (lila) blieb meist unter 400 W/m^2 und war unterbrochen, was auf einen bewölkten Tag hindeutet. Die Tagessumme im gemessenen Zeitraum betrug $1,3 \text{ kWh}$ auf die Fassadenbegrünung. Die Lufttemperatur in der Begrünung ist mit knapp $1,2 \text{ °C}$ im Tagesverlauf sichtbar kühler als vor der Begrünung.

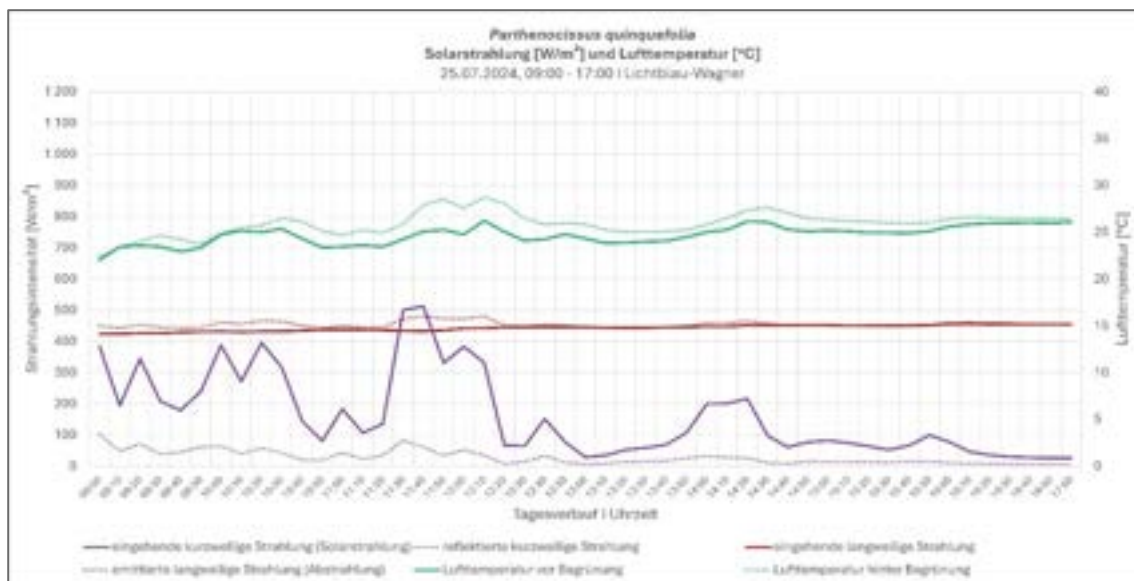


Abbildung 73: Tagesverlauf der Solarstrahlung [W/m^2] und Lufttemperatur [$^{\circ}\text{C}$] vom 25.07.2024 09:00 bis 17:00 Uhr; Lichtblau-Wagner [FB5-bP] (©IBLB).

Die langwellige Strahlung (rot) lag bereits morgens über 400 W/m^2 . Die hohe langwellige Ausstrahlung resultiert aus der hohen Oberflächentemperatur des aufgeheizten Substrats. Dennoch blieb die langwellige Rückstrahlung (rot gepunktet) der Fassadenbegrünung sehr gering und erhöhte sich im betrachteten Zeitraum nur um 2,4 %. Dies zeigt, dass die absorbierte Energie weitgehend nicht in fühlbare Wärme umgewandelt wird.

Ein Großteil der Energie wird durch die Transpiration der Pflanzen in Verdunstungskälte und damit in latente Wärme überführt. Dieser Prozess trägt dazu bei, die (Oberflächen-)Temperatur der begrünten Fassade und die umgebenden Luftschichten zu regulieren, obwohl ein Energieeintrag stattfindet. Im Tagesverlauf wurden von der kurzwelligen Strahlung im Schnitt 19 % reflektiert, 33 % transmittiert und somit wurden 48 % absorbiert.

4.5.4 Kennwerte Lichtblau-Wagner [FB5-bP]

In Tabelle 7 sind alle Kennwerte angeführt, die während der Messkampagne 2024 erfasst wurden und als Mittelwerte dargestellt.

Tabelle 7: Übersicht der Mittelwerte der pflanzenphysiologischen und klimatischen Parameter vom 25.07.2024, 09:00 bis 17:00 Uhr, Lichtblau-Wagner [FB5-bP].

Pflanzenphysiologische und klimatische Parameter (MW)	25.07.24, 09:00 – 17:00 Ø $24,7^{\circ}\text{C}$, Tageshöchstwert: $26,3^{\circ}\text{C}$
Kub. Pflanzvolumen [m^3/m^2] [n=5]	0,1
Proj. Deckungsgrad [%] (n=5)	77,8
Deckungsgrad der Zielfläche [%]	38% (li) 33 % (re)
WLAI (n=15)	3,4
Blatttemperatur [$^{\circ}\text{C}$] (n=25)	32,9
Stomatäre Leitfähigkeit [$\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$] (n=25)	70,8
Δ Lufttemperatur vor/hinter Begrünung [$^{\circ}\text{C}$]	-1,2

Δ relative Luftfeuchte vor/in Begrünung [%]	0,02
Δ absolute Luftfeuchte vor/in Begrünung [g/m ³] (Veränderung in %)	0,2 (2,0)
<i>Bioshading Coefficient</i> (Grünverschattungsfaktor)*	0,3
Tagessumme eintreffende kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]	1,3
Tagessumme refl. kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]	0,2
Δ Tagessumme kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]	1,1
Transmission [%]	19,1
Reflexion [%]	33,6
Absorption [%]	47,3
Transpirationsrate [ml/m ² /h] (n=25) *	74,0
Verdunstungsenthalpie [W/m ²] (14:00 – 15:00) *	49,9

*sensorbasiert | **errechnet

4.5.5 Infrarotwärmebild mit Oberflächentemperaturdifferenzen

Am **Infrarotwärmebild** war zum Zeitpunkt der Aufnahme die Luft-T 24,8 °C und ist in der Temperaturskala weiß eingezeichnet (Abbildung 74).

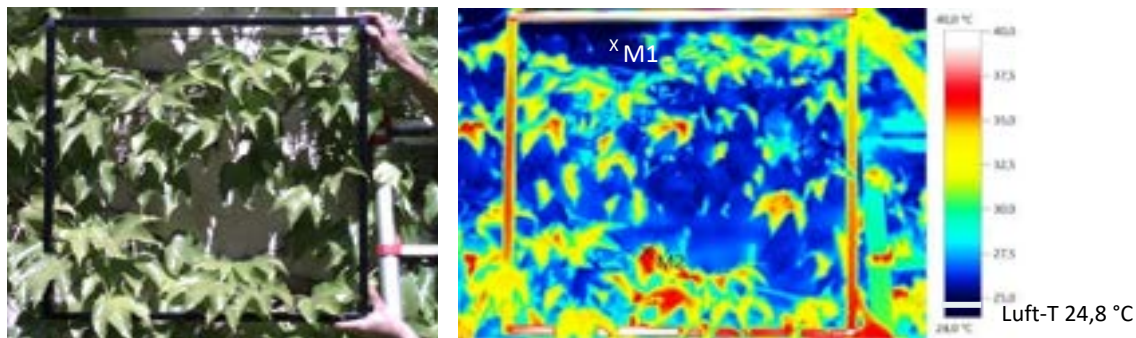


Abbildung 74: Untersuchungsbereich (links) und Infrarot Thermographie (IRT) (rechts) aufgenommen am 25.07.2024, 10:09 Uhr, Lufttemperatur 24,8 °C; Lichtblau-Wagner [FB5-bP] (©IBLB).

Das Temperaturspektrum reicht von 24,0 °C bis 40,0 °C. Die Blätter der bodengebundene Fassadenbegrünung weisen teilweise erhöhte Temperaturen > 30° C auf, während beschattete Fassadenbereiche im Vergleich kühler (< 28° C) waren. Messpunkt M2 ist ein erhitztes Blatt in der Sonne und war mit 36,9 °C deutlich wärmer als die Luft-T. Messpunkt M1 ist die von den Blättern beschattete Wand und war mit 24,5° C leicht unter der LT. Dadurch ergibt sich zwischen den beiden Messpunkten eine Differenz der Oberflächentemperatur von > 12° C. Die vorhandene Vegetation fungiert als Verschattungselement und schützt die Fassade vor direkter solarer Einstrahlung, sie mindert somit deren thermische Belastung. Auffällig sind erhitzte Blattoberflächen, die auf Trockenstress hindeuten und die hohe Wärmebelastung in der versiegelten Hofumgebung widerspiegeln.

4.5.6 Stomatäre Leitfähigkeit

Die stomatäre Leitfähigkeit wurde an fünf Messpunkten gemessen (Abbildung 75). An jedem MP wurden fünf Blätter untersucht ($n = 5$). MP 3 und 4 zeigten im Vergleich höhere Werte. Die Werte lagen zwischen 35 und 128 mmol m⁻² s⁻¹. Der Minimalwert von 35 mmol m⁻² s⁻¹ wurde an

MP 2 erreicht, der Maximalwert von $128 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ab MP 4. Der Mittelwert der Messungen ($n=25$) betrug $71 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Die Streuung an allen Messpunkten ist gering.

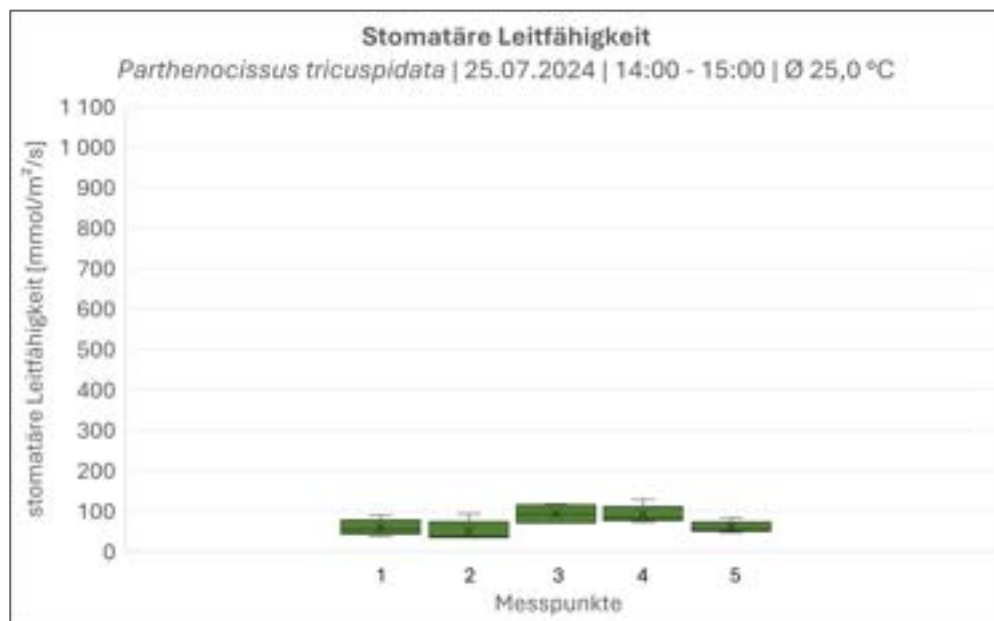


Abbildung 75: Stomatäre Leitfähigkeit [$\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$] aufgenommen am 25.07.2024 von 14:00 bis 15:00 Uhr; Lichtblau-Wagner [FB5-bP] (©IBLB).

4.6 | Privathaus Ternitz [FB6-bP]

Das Objekt [FB6-bP] mit bodengebundenem *Parthenocissus*-Bewuchs stellte kein Dauermessobjekt dar. Es erfolgte kein Dauermonitoring im Außen- oder Innenraum. Im Zuge von Messkampagnen konnten folgende Daten und Kennwerte generiert werden.

4.6.1 *Factsheet* Privathaus Ternitz [FB6-bP]



Abbildung 76: Privathaus Ternitz, links: Frontansicht Fassadenbegrünung (West-seitig), rechts: *Parthenocissus tricuspidata* Herbstfärbung (©IBLB).

Allgemeine standortbezogene Informationen

- **Bundesland:** Niederösterreich
- **Adresse:** Bahnstraße 3, 2630 Ternitz, Ortsteil Pottschach

Gebäudebezogene Informationen

- **Gebäudetyp:** Wohngebäude
- **Gebäudenutzung:** privat
- **Baujahr/Bauperiode:** 1900, Umbau 1960

Begrünungsbezogene Informationen

- **Begrünungsart:** bodengebundene Fassadenbegrünung, Selbstkletterer
- **Errichtung der Begrünung:** 1960
- **Zielfläche, gesamt:** ca. 55 m²
- **Exposition:** Westen
- **Pflanzenarten:** *Parthenocissus tricuspidata*

Ergänzende Informationen

Kooperationsbereitschaft beim Projekt sehr hoch, Dimensionen der Begrünung: 11m breit, Höhe links und rechts 3,5 m, Giebelhöhe 7 m

Limitierende Faktoren

keine

4.6.2 Wand-Blattflächenindex (WLAI), Deckungsgrad und Pflanzenvitalität

WLAI und der projektive **Deckungsgrad** waren in der Messkampagne 2024 an den 5 Messpunkten (MP) weitgehend auf ähnlichem Niveau (Abbildung 77). Die LAI-Werte lagen 2023 zwischen 3,1 und 4,3. Im Jahr 2024 blieben die Werte konstant am selben Niveau zwischen 3,2 und 4,1. In beiden Jahren waren die Mittelwerte sehr nah mit 3,9 bzw. 4,1 im Folgejahr. Auch der Deckungsgrad war bei allen MP sehr konstant und lag stets über 95 %. Diese Messergebnisse spiegeln die sehr homogene Pflanzenstruktur der Fassadenbegrünung.

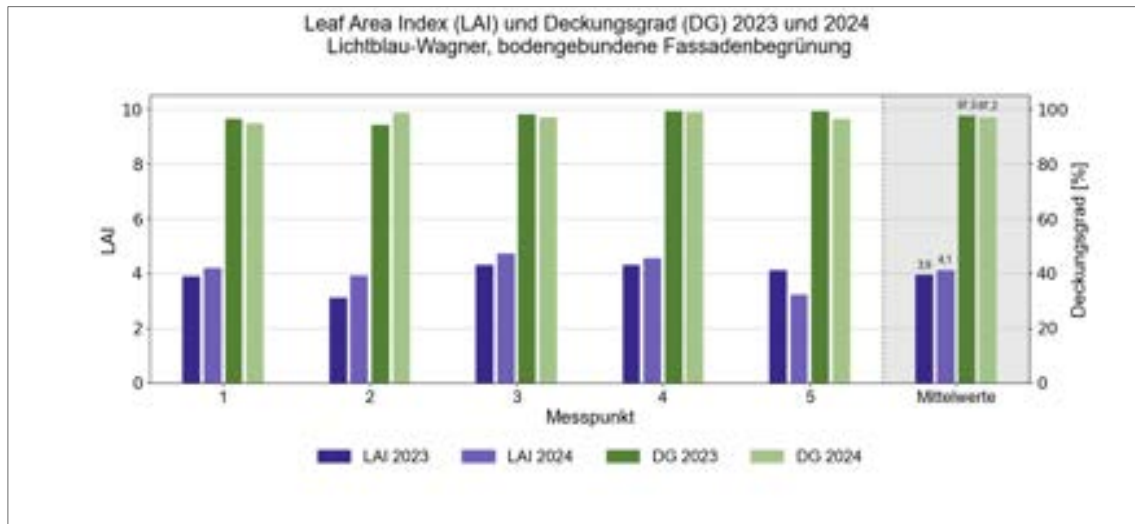


Abbildung 77: Leaf Area Index (LAI) und projektiver Deckungsgrad (DG_{proj}), Messkampagnen 2023 und 2024; Privathaus Ternitz [FB6-bP] (©IBLB).

Bei der Betrachtung der Pflanzenvitalität wurde deutlich, dass die Begrünung etabliert und in einem sehr guten Zustand ist (Abbildung 78). In beiden Jahren war die Pflanzvitalität in allen 5 Parametern auf dem höchsten Niveau von 9 der Bewertungsskala.

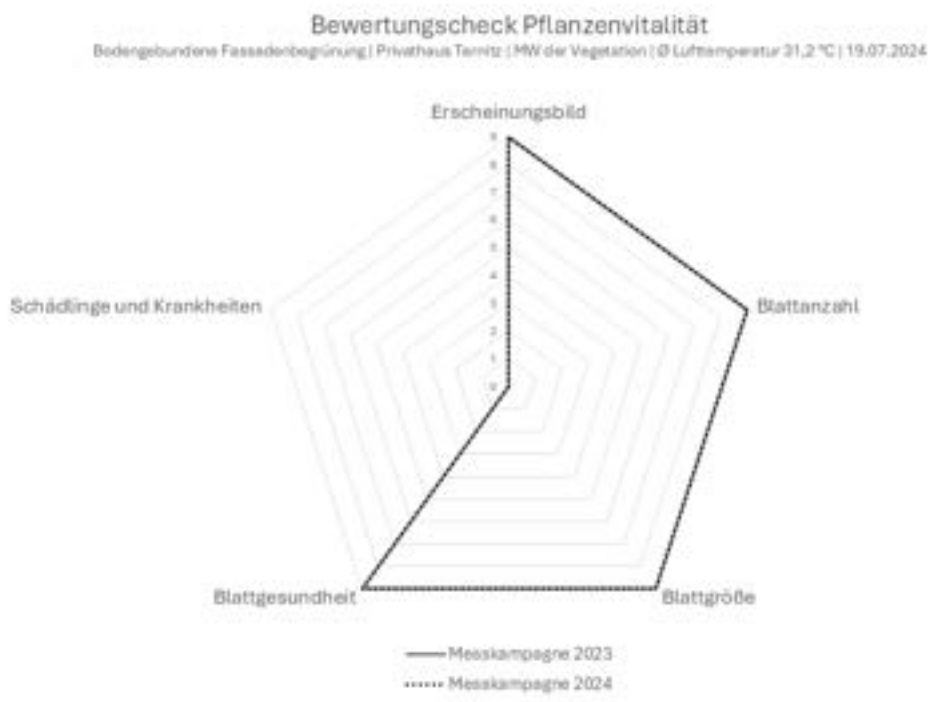


Abbildung 78: Bewertungsscheck der Pflanzenvitalität anhand von 5 Parametern Messkampagne 2023 (durchgezogen) und Messkampagne 2024 (gepunktet); Privathaus Ternitz [FB6-bP] (©IBLB).

4.6.3 Kurz- und langwellige solare Einstrahlung und Reflektion

In der Messkampagne 2024 wurden zusätzlich lokalklimatische Parameter erfasst, insbesondere die **Solarstrahlung** einschließlich der emittierenden Strahlung (Abbildung 79). Aufgrund der West-Ausrichtung der Fassade und der starken Eigenbeschattung am Vormittag begann die Messung erst um 11:00 Uhr. Ab etwa 13:30 stieg die kurzwellige Strahlung (lila) an und nahm bis etwa 16:00 Uhr bis über 600 W/m^2 weiter zu. Die Tagessumme der kurzwelligen solaren Einstrahlung auf die Fassadenbegrünung betrug im gemessenen Zeitraum $1,5 \text{ kWh}$. Im Tagesverlauf wurden von der kurzwelligen Strahlung im Schnitt 7 % reflektiert, 34 % transmittiert und somit wurden 59 % absorbiert.

Die langwellige Strahlung (rot) lag bereits morgens über 400 W/m^2 . In Tropennächten führt die gleichzeitig hohe atmosphärische Gegenstrahlung (oft bedingt durch Luftfeuchtigkeit oder Bewölkung) dazu, dass die effektive nächtliche Abkühlung gering bleibt, da die Strahlungsbilanz nahezu ausgeglichen ist. Die langwellige Ausstrahlung (rot gepunktet) von der Fassadenbegrünung erfolgte mit stetigem Anstieg während der Sonneneinstrahlung, blieb dennoch sehr gering und erhöht sich im betrachteten Zeitraum nur um 2,8 %. Dies zeigt, dass ein Großteil der absorbierten Energie durch die Transpiration der Pflanzen in Verdunstungsenergie bzw. in latente Wärme übergeführt wird. Dieser Prozess trägt dazu bei, die Wandtemperatur der begrünzten Fassade zu und die angrenzenden Luftschichten zu regulieren, obwohl ein Energieeintrag stattfand. Die Luft-

temperatur in der Begrünung war im Tagesverlauf konstant um etwa 0,5 °C kühler als vor der Begrünung.

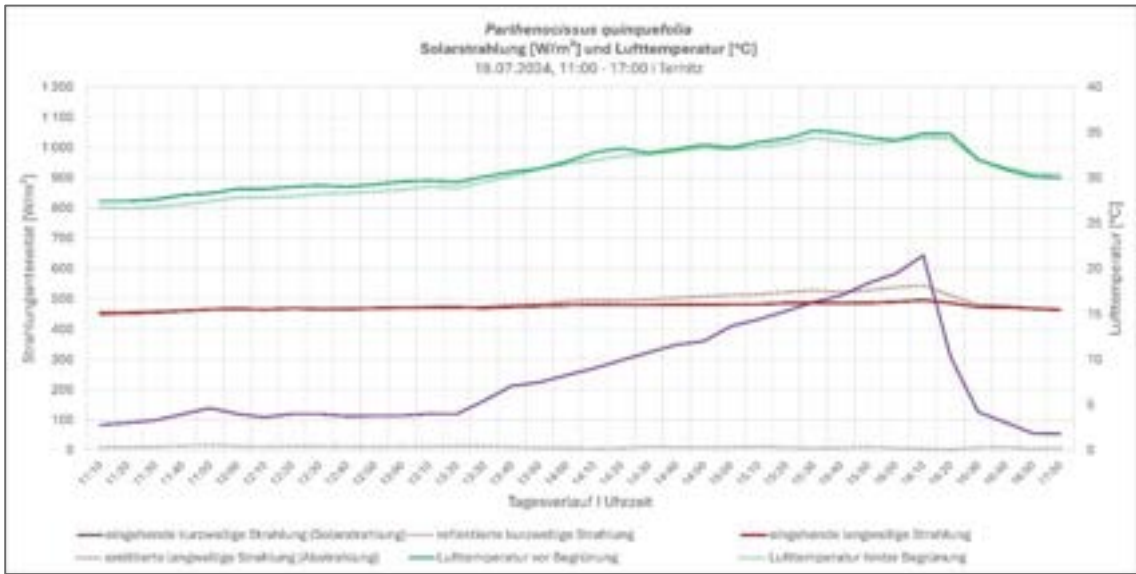


Abbildung 79: Tagesverlauf der Solarstrahlung [W/m²] und Lufttemperatur [°C] vom 19.07.2024 11:00 bis 17:00 Uhr; Privathaus Ternitz [FB6-bP] (©IBLB).

4.6.4 Kennwerte Privathaus Ternitz [FB6-bP]

In Tabelle 8 sind alle Kennwerte angeführt, die während der Messkampagne 2024 erfasst wurden, und als Mittelwerte dargestellt.

Tabelle 8: Übersicht der Mittelwerte der pflanzenphysiologischen und klimatischen Parameter vom 19.07.2024 11:00 bis 17:00 Uhr; Privathaus Ternitz [FB6-bP].

Pflanzenphysiologische und klimatische Parameter (MW)	19.07.24, 11:00 – 17:00 Ø 31,2°C, Tageshöchstwert: 35,2°C
Kub. Pflanzvolumen [m³/m²] [n=5]	0,4
Proj. Deckungsgrad [%] (n=5)	97,2
Zieldeckungsgrad [%]	100,0
WLAI (n=15)	4,1
Blatttemperatur [°C] (n=25)	33,4
Stomatäre Leitfähigkeit [mmol m ⁻² s ⁻¹] (n=25)	65,0
Δ Lufttemperatur vor/hinter Begrünung [°C]	-0,5
Δ relative Luftfeuchte vor/in Begrünung [%]	1,43
Δ absolute Luftfeuchte vor/in Begrünung [g/m³] (Veränderung in %)	0,1 (0,9 %)
Bioshading Coefficient (Grünverschattungsfaktor)*	0,3
Tagessumme eintreffende kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]	1,5
Tagessumme refl. kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]	0,1
Δ Tagessumme kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]	1,4
Transmission [%]	35,5
Reflexion [%]	6,8
Absorption [%]	58,7
Transpirationsrate [ml/m²/h] (n=25) *	83,8

4.6.5 Infrarotwärmebild mit Oberflächentemperaturdifferenzen

Am Infrarotwärmebild (Abbildung 80) war zum Zeitpunkt der Aufnahme die Luft-T $29,7^\circ\text{C}$ und ist in der Temperaturskala weiß gekennzeichnet. Das Temperaturspektrum reicht von $25,0^\circ\text{C}$ bis $37,0^\circ\text{C}$. Die Blätter der bodengebundene Fassadenbegrünung sind kühler als der Holzzaun im Vordergrund. M1 mit niedrigstem Wert ist auf der Vegetation mit $25,5^\circ\text{C}$ um knapp 10°C kühler als die Luft-T. M2 ist der Holzzaun und hat mit $35,3^\circ\text{C}$ eine höhere Oberflächentemperatur als die Lufttemperatur. Dadurch entsteht eine Differenz der Oberflächentemperatur von etwa 10°C . Erhitzte Blattoberflächen zeigen sich nicht. Prinzipiell spiegelt sich die homogene Struktur der bodengebundenen Kletterpflanzen und voll bedeckten Fassade im Infrarotwärmebild.

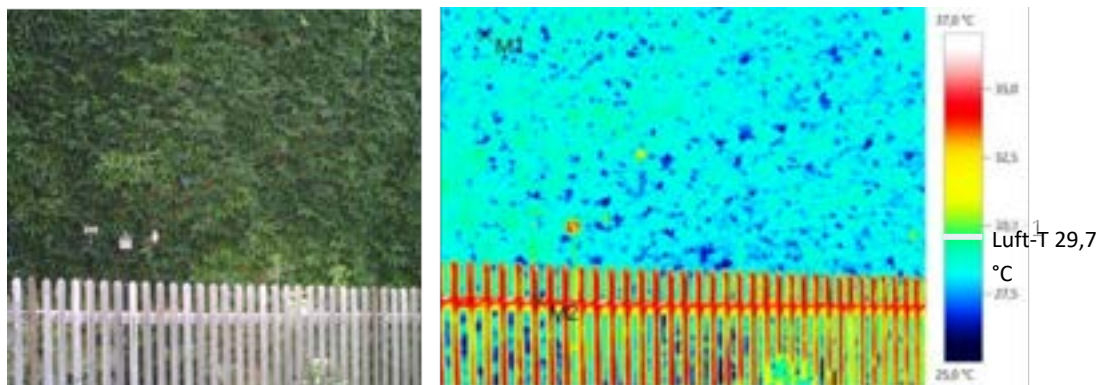


Abbildung 80: Untersuchungsbereich (links) und Infrarot Thermographie (IRT) (rechts) aufgenommen am 19.07.2024, 13:10 Uhr, Lufttemperatur $29,7^\circ\text{C}$; Privathaus Ternitz [FB6-bP] (©IBLB).

4.6.6 Stomatäre Leitfähigkeit

Die stomatäre Leitfähigkeit wurde an 5 MP gemessen (Abbildung 81). An jedem MP wurden 5 Blätter untersucht ($n=5$). Die MP weisen geringfügige Unterschiede untereinander auf. Die Werte liegen zwischen 15 bis $140 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Der Maximalwert von $140 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ wurde am MP 5 erreicht. Der Mittelwert der Messungen ($n=25$) beträgt $65 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, die Streuung innerhalb der Messpunkte ist gering. Im Vergleich zu den anderen *Parthenocissus*-Standorten ist die Leitfähigkeit hier höher. Der Standort ist hier unversiegelt.

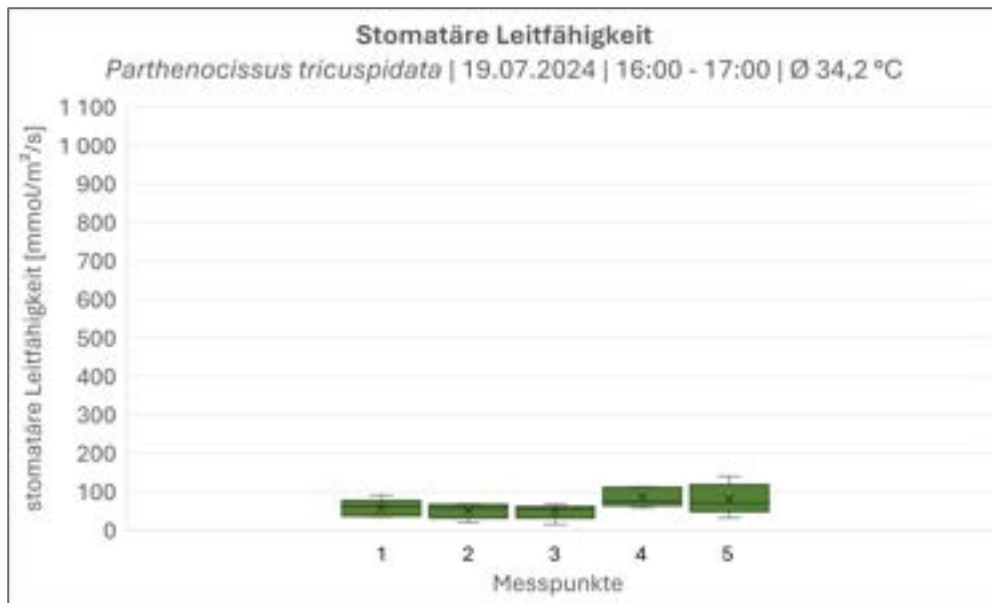


Abbildung 81: Stomatäre Leitfähigkeit [mmol m⁻² s⁻¹] aufgenommen am 19.07.2024 von 16:00 bis 17:00 Uhr; Privathaus Ternitz [FB6-bP] (©IBLB).

4.7 | BH Korneuburg [FB7-bW]

Das Objekt [FB7-bW] mit bodengebundenen Blauregen (*Wisteria sinensis*) war kein Dauer-messobjekt. Es erfolgten keine Messungen im Außen- und im Innenraum. Aus Messkampagnen konnten die nachfolgend gelisteten Daten und Kennwerte generiert werden.

4.7.1 *Factsheet* BH Korneuburg [FB8-bW]



Abbildung 82: BH Korneuburg, links: Glasfassade mit bodengebundener Begrünung, rechts: Messrahmen bei Messkampagne (©IBLB).

Allgemeine standortbezogene Informationen

- **Bundesland:** Niederösterreich
- **Adresse:** Bankmannring 5, 2100 Korneuburg

Gebäudebezogene Informationen

- **Gebäudetyp:** Büro + Bezirkshauptmannschaft
- **Gebäudenutzung:** öffentlich + halböffentlich
- **Baujahr/Bauperiode:** 1960

Begrünungsbezogene Informationen

- **Begrünungsart:** bodengebundene Fassadenbegrünung mit Seilkletterhilfe
- **Errichtung der Begrünung:** 2021
- **Zielfläche, gesamt:** ca. 135 m²
- **Exposition:** Osten
- **Pflanzenarten:** *Wisteria sinensis*

Ergänzende Informationen

keine

Limitierende Faktoren

Die Pflegeeingriffe und radikale Einkürzungen sind limitierend für die Messungen, weiters ist die Koordination schwierig.

4.7.2 Wand-Blattflächenindex (WLAI), Deckungsgrad und Pflanzenvitalität

WLAI und der **projektive Deckungsgrad** waren in der Messkampagne 2024 an den 5 Messpunkten relativ konstant (Abbildung 83). Die WLAI-Werte lagen 2023 zwischen 3,9 und 4,9. Im Jahr 2024 waren die Werte etwas höher und lagen zwischen 4,8 und 6,2. In zweiten Jahr war der Mittelwert entsprechend höher. 2023 lag der Mittelwert bei 4,4 und 2024 bei 5,6. Auch der Deckungsgrad war bei allen MP sehr konstant und lag über 95 %. Lediglich im Jahr 2024 war der MP 2 niedriger und lag bei etwa 70 %. Die Mittelwerte beider Jahre liegen deutlich über 90 % Deckungsgrad. Diese Messergebnisse deuten auf eine weitgehend homogene Laubmasse innerhalb der MP hin.

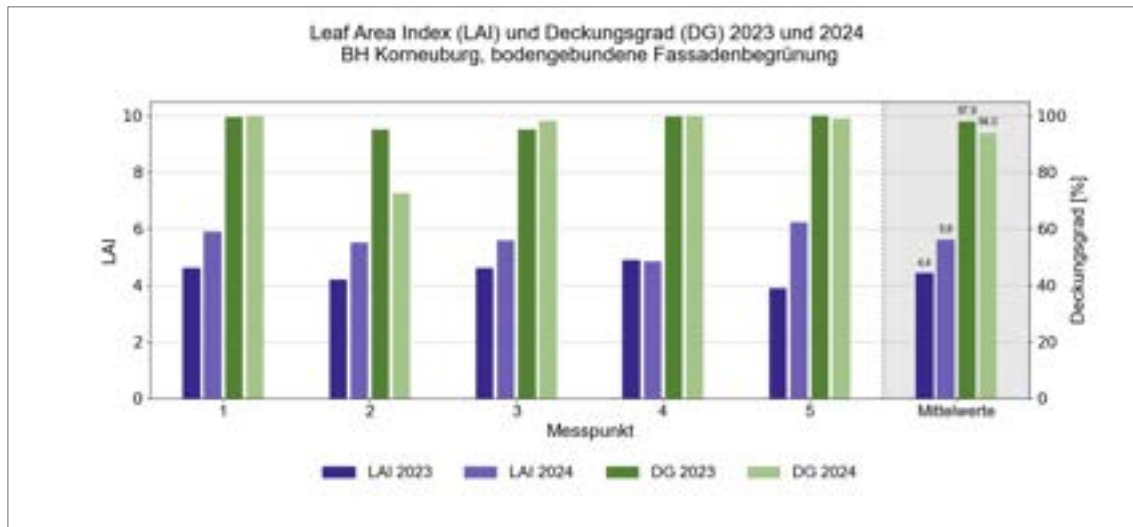


Abbildung 83: Leaf Area Index (LAI) und projektiver Deckungsgrad (DG_{proj}), Messkampagnen 2023 und 2024; BH Korneuburg [FB7-bW] (©IBLB).

Bei der Betrachtung der **Pflanzenvitalität** wird deutlich, dass die Begrünung etabliert ist und in einem sehr guten Zustand ist (Abbildung 84). In beiden Jahren war die Pflanzvitalität in allen 5 Parametern auf dem höchsten Niveau von 9.



Abbildung 84: Bewertungsscheck der Pflanzenvitalität anhand von 5 Parametern Messkampagne 2023 (durchgezogen) und Messkampagne 2024 (gepunktet); BH Korneuburg [FB7-bW] (©IBLB).

4.7.3 Kurz- und langwellige solare Einstrahlung und Reflektion

In der Messkampagne 2024 wurden zusätzlich lokalklimatische Parameter, insbesondere die **Solarstrahlung** einschließlich der Wärmestrahlung, erfasst (Abbildung 85). Durch die S-W-Ausrichtung stieg die kurzwellige Strahlung (lila) erst ab ca. 11:00 an und nahm bis etwa 16:00 Uhr bis $> 700 \text{ W/m}^2$ weiter zu. Die Tagessumme der kurzwelligen solaren Einstrahlung auf die Fassadenbegrünung betrug im gemessenen Zeitraum 3,4 kWh.

Im Tagesverlauf wurden von der kurzwelligen Strahlung im Schnitt 21 % reflektiert, 25 % transmittiert und somit wurden 54 % absorbiert. Die langwellige Rückstrahlung (rot, gepunktet) blieb sehr gering und erhöhte sich im betrachteten Zeitraum nur um 0,3 %. Es erfolgte keine erhöhte Ausstrahlung während der direkten Besonnung. Dies zeigt, dass ein Großteil der Energie durch die Transpiration der Pflanzen in Verdunstungskälte und damit in latente Wärme übergeführt wird. Dieser Prozess trägt dazu bei, die Temperatur der vertikalen Grünstruktur zu regulieren und die unmittelbare Umgebung zu temperieren, obwohl ein Energieeintrag stattfand. Die Lufttemperatur in der Begrünung war im gemessenen Tagesmittel ca. $1,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ kühler als vor der Begrünung.

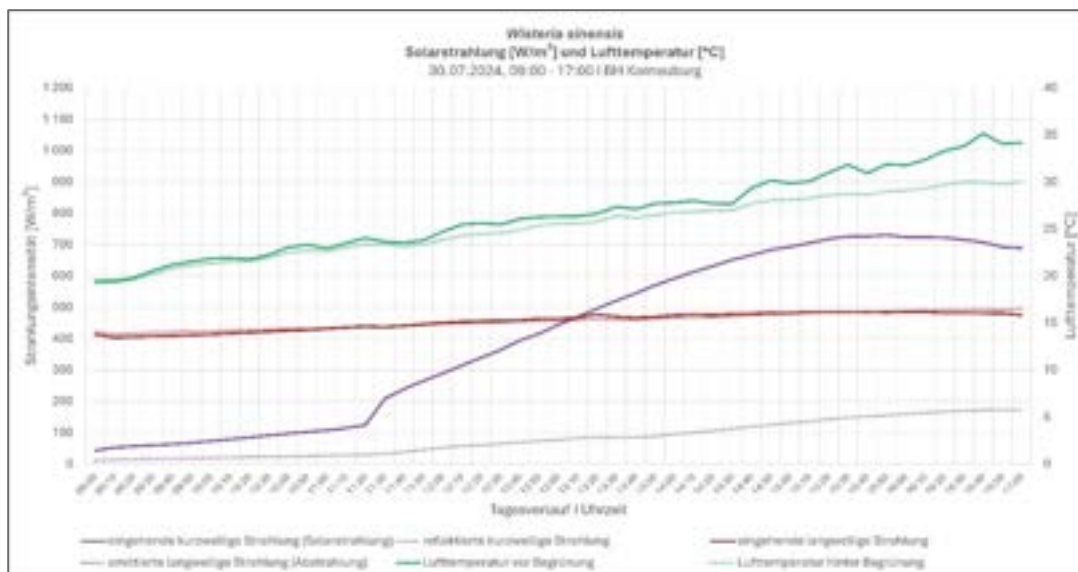


Abbildung 85: Tagesverlauf der Solarstrahlung [W/m²] und Lufttemperatur [°C] vom 30.07.2024 09:00 bis 17:00 Uhr, BH Korneuburg [FB7-bW] (©IBLB).

4.7.4 Kennwerte BH Korneuburg [FB7-bW]

In Tabelle 9 sind alle Kennwerte angeführt, die während der Messkampagne 2024 erfasst wurden und als Mittelwerte dargestellt.

Tabelle 9: Übersicht der Mittelwerte der pflanzenphysiologischen und klimatischen Parameter vom 30.07.2024, 09:00 bis 17:00 Uhr; BH Korneuburg [FB7-bW].

Pflanzenphysiologische und klimatische Parameter (MW)		30.07.24, 09:00 – 17:00 Ø 26,6°C, Tageshöchstwert: 35,2°C
Kub. Pflanzvolumen [m³/m²] [n=5]		1,5
Proj. Deckungsgrad [%] (n=5)		94,90
Deckungsgrad der Zielfläche [%]		100,0
WLAI (n=15)		5,6
Blatttemperatur [°C] (n=25)		42,1
Stomatäre Leitfähigkeit [mmol m ⁻² s ⁻¹] (n=25)		118,9
Δ Lufttemperatur vor/hinter Begrünung [°C]		-1,4
Δ relative Luftfeuchte vor/in Begrünung [%]		1,6
Δ absolute Luftfeuchte vor/in Begrünung [g/m³] (Veränderung in %)		0,3 (-3,4 %)
Bioshading Coefficient (Grünverschattungsfaktor)*		0,3
Tagessumme eintreffende kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]		3,4
Tagessumme refl. kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]		0,7
Δ Tagessumme kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]		2,7
Transmission [%]		24,8
Reflexion [%]		21,0
Absorption [%]		54,2
Transpirationsrate [ml/m²/h] (n=25) *		227,7
Verdunstungsenthalpie [W/m²] (14:00 – 15:00) *		154,9
		*sensorbasiert **errechnet

4.7.5 Infrarotwärmebild mit Oberflächentemperaturdifferenzen

Zum Aufnahmezeitpunkt betrug Luft-T 27,8 °C (in der Temperaturskala weiß markiert, Abbildung 86). Das Temperaturspektrum reichte von 22,0 °C bis 45,0 °C. Die Blätter der bodengebundenen Fassadenbegrünung sind kühler als andere Fassadenelemente. M1 liegt auf der Vegetation und ist mit 24,8 °C, 3 °C kühler als Luft-T. M2 ist das Fassadenelement und weist mit 41,9 °C die höchste Oberflächentemperatur auf. Dadurch ergibt sich eine ausgeprägte Differenz von über 17 °C. Die Laubkörper liegen jedenfalls unter 27° C, was auf eine gute Wasserversorgung der bodengebundenen Wisterien zurückzuführen ist. Keines der Blätter zeigt erhöhte Abstrahlung von der Oberfläche im Infrarotbild auf.

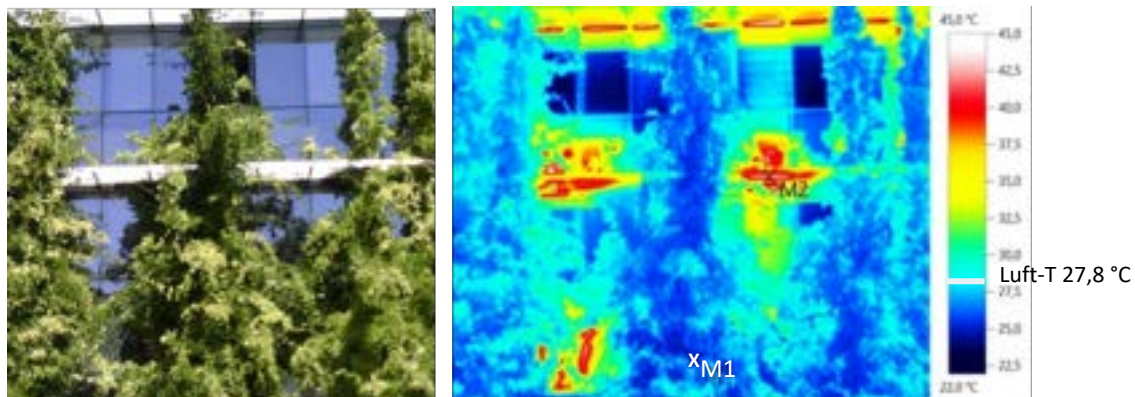


Abbildung 86: Untersuchungsbereich (links) und Infrarot Thermographie (IRT) (rechts) aufgenommen am 30.07.2024, 14:09 Uhr, Lufttemperatur 27,8 °C; BH Korneuburg [FB7-bW] (©IBLB).

4.7.6 Stomatäre Leitfähigkeit

Die stomatäre Leitfähigkeit wurde an 5 Messpunkten erhoben (Abbildung 87) und jeweils 5 Blätter untersucht (n=5). Die Werte waren geringfügig unterschiedlich mit jedoch geringer Streuung. Diese war am MP 5 am ausgeprägtesten. Die Werte liegen zwischen 58 und 190 mmol m⁻² s⁻¹ (Maximalwert von 190 mmol m⁻² s⁻¹ an MP 5). Der Mittelwert der Messungen (n=25) beträgt 119 mmol m⁻² s⁻¹.

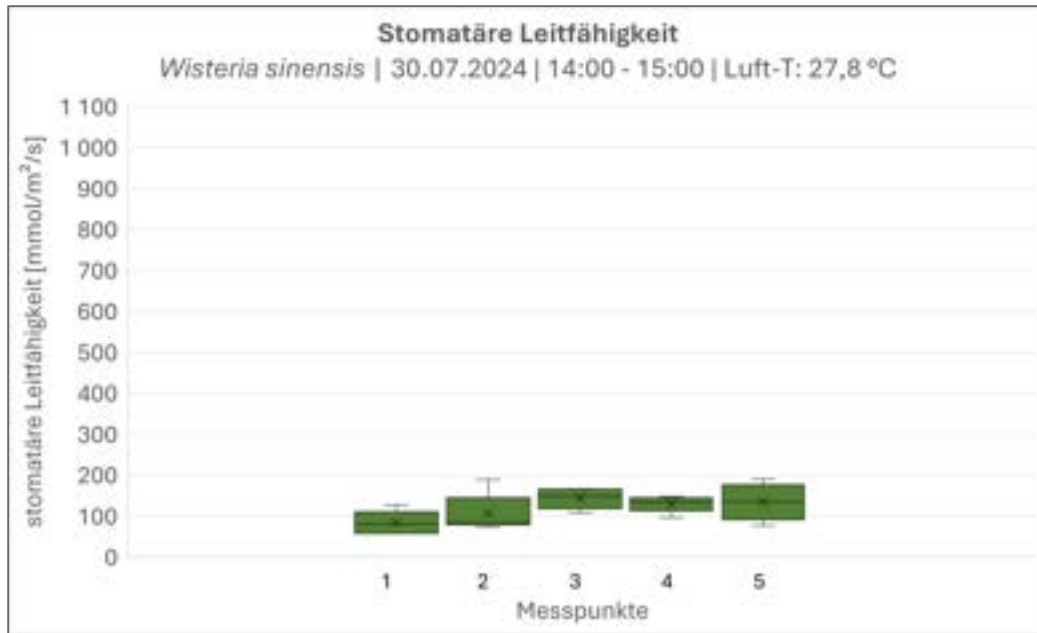


Abbildung 87: Stomatäre Leitfähigkeit [$\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$] aufgenommen am 30.07.2024 von 14:00 bis 15:00 Uhr; BH Korneuburg [FB7-bW] (©IBLB).

4.8 | Hotel Gilbert [FB8-m]

4.8.1 *Factsheet* Hotel Gilbert [FB7-m]



Abbildung 88: Hotel Gilbert, links: Frontansicht der modularen Fassadenbegrünung (Ostseite), rechts: Nahaufnahme biodiverser Begrünung (©Hotel Gilbert).

Allgemeine standortbezogene Informationen

- **Bundesland:** Wien
- **Adresse:** Lange Gasse 9, 1070 Wien

Gebäudebezogene Informationen

- **Gebäudetyp:** Hotel + Gewerbe
- **Gebäudenutzung:** halböffentlich
- **Baujahr/Bauperiode:** 1940 - 1914

Begrünungsbezogene Informationen

- **Begrünungsart:** wandgebunden mit Grünmodulen von Sempergreen
- **Errichtung der Begrünung:** 2021
- **Zielfläche, gesamt:** ca. 350 m²
- **Exposition:** Osten
- **Pflanzenarten:** biodiverse Gräser-Kräuter-Staudenmischung

Ergänzende Informationen

keine

Limitierende Faktoren

Es sind starke Einschränkungen bei den Messkampagnen gegeben, da Messungen aus dem Fenster im Hotelbetrieb nur bei Zimmerwechsel möglich sind. Die Zugänglichkeit der Fassade von Straßenniveau aus ist wegen der Marquise nicht gegeben, das Aufstellen eines Hubsteigers ist aufgrund der benötigten Sperre der Straßenbahnlinie nicht möglich.

4.8.2 Wand-Blattflächenindex (WLAI) und Pflanzenvitalität

Die Erhebung der Pflanzenparameter musste von den Fenstern aus erfolgen. Die Schätzrahmen-erhebung zur Ermittlung des projektiven Deckungsgrades konnte hiermit nicht erfolgen. Der **WLAI** zeigte sich in beiden Jahren relativ konstant (Abbildung 89) und lag im ersten Jahr zwischen 1,9 und 3,3, im zweiten Jahr zwischen 1,5 und 2,0. Im zweiten Jahr war der gemittelte WLAI etwas niedriger: 2,6 (2023) und 1,8 (2024).



Abbildung 89: Leaf Area Index (LAI) der Messkampagnen 2023 und 2024; Hotel Gilbert [FB8-m] (©IBLB).

Bei der Betrachtung der **Pflanzenvitalität** (Abbildung 90) wird deutlich, dass die Begrünung nicht in einem optimalen Zustand ist. Aufgrund der genannten Limitationen wurde die Pflanzenvitalität ausschließlich während der Messkampagne 2024 erfasst und konnten dabei nur aus der Ferne auf Straßenniveau beurteilt werden.

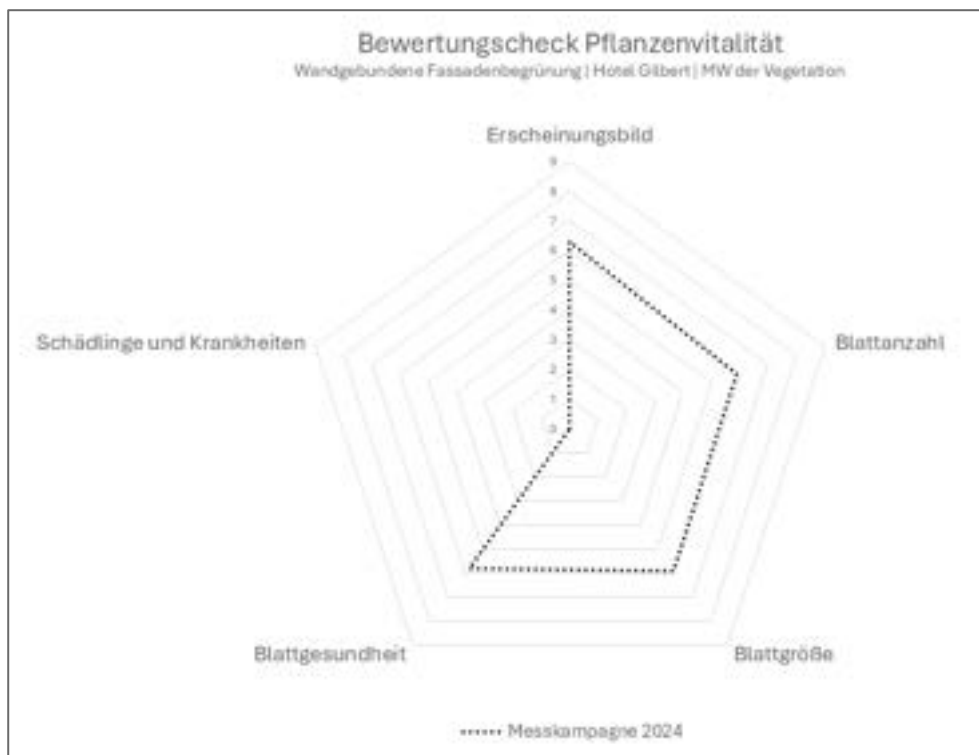


Abbildung 90: Bewertungsscheck der Pflanzenvitalität anhand von 5 Parametern 2024 (gepunktet); Hotel Gilbert [FB8-m] (©IBLB).

4.8.3 Kennwerte Hotel Gilbert [FB8-m]

In Tabelle 10 sind alle Kennwerte angeführt, die während der Messkampagne 2024 erfasst wurden und als Mittelwerte dargestellt. Bei dem Standort sind weniger Messwerte erhoben worden, da es durch die Standortbedingungen zu Messeinschränkungen führte. (n.v. = nicht verfügbar).

Tabelle 10: Übersicht der Mittelwerte der pflanzenphysiologischen und klimatischen Parameter vom 12.08.2024; Hotel Gilbert [FB8-m].

Pflanzenphysiologische und klimatische Parameter (MW)	12.08.24, Ø 27,9°C
Kub. Pflanzvolumen [m ³ /m ²] [n=5]	0,2
Proj. Deckungsgrad [%] (n=5)	n.v.
Zieldeckungsgrad [%]	100,0
WLAI (n=15)	1,8
Blatttemperatur [°C] (n=25)	28,4
Stomatäre Leitfähigkeit [mmol m ⁻² s ⁻¹] (n=25)	139,9
Δ Lufttemperatur vor/hinter Begrünung [°C]	n.v.
Δ relative Luftfeuchte vor/in Begrünung [%]	n.v.
Δ absolute Luftfeuchte vor/in Begrünung [g/m ³] (Veränderung in %)	n.v.
Bioshading Coefficient (Grünverschattungsfaktor)*	n.v.
Tagessumme eintreffende kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]	n.v.
Tagessumme refl. kurzwellige Rückstrahlung (8h) [kWh]	n.v.
Δ Tagessumme kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]	n.v.

Transmission [%]	n.v.
Reflexion [%]	n.v.
Absorption [%]	n.v.
Transpirationsrate [ml/m ² /h] (n=25) *	n.v.
Verdunstungsenthalpie [W/m ²] (14:00 – 15:00) *	n.v.

*sensorbasiert | **errechnet

4.8.4 Infrarotwärmebild mit Oberflächentemperaturdifferenzen

Am **Infrarotwärmebild** (Abbildung 91) beträgt Luft-T zum Aufnahmezeitpunkt 27,5 °C und ist in der Temperaturskala weiß eingezeichnet. Das Temperaturspektrum reicht von 23,0 °C bis 60,0 °C. Die Blätter der wandgebundenen Fassadenbegrünung sind deutlich kühler als andere Fassadenelemente. M1, der kühlsste Messpunkt, liegt auf der Vegetation und ist mit 26,9 °C um etwa 0,5 °C kühler als die Luft-T. Der heißeste Wert M2 liegt auf der Fensterverkleidung an der Fassade und weist mit auffälligen 55,0 °C eine deutlich höhere Oberflächentemperatur als die Lufttemperatur auf. Dadurch ergibt sich eine Differenz der Oberflächentemperatur von über 27 °C. Die Blätter der Wandbegrünung weisen nur an wenigen Stellen erhöhte Temperaturen auf, dies deutet auf eine gute und homogene Wasserversorgung in der Begrünung hin.

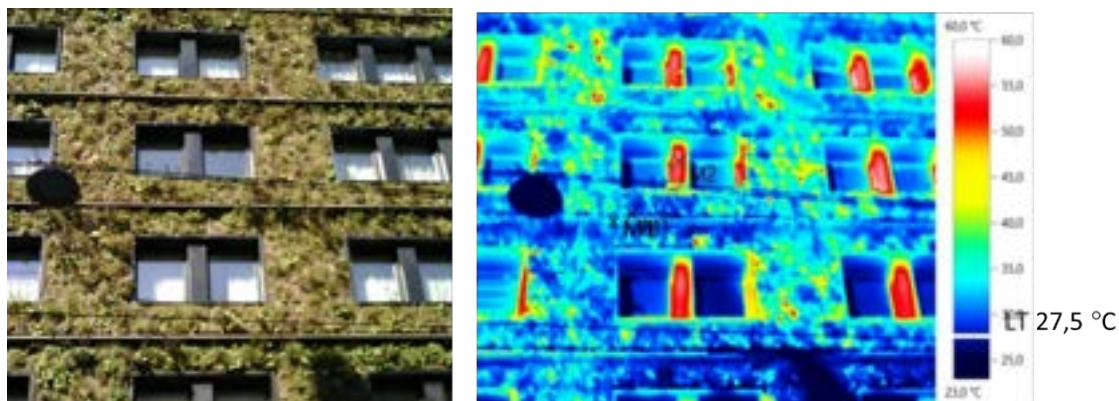


Abbildung 91: Untersuchungsbereich (links) und Infrarot Thermographie (IRT) (rechts) aufgenommen am 12.08.2024, 09:58 Uhr, Lufttemperatur 27,5 °C; Hotel Gilbert [FB8-m] (©IBLB).

4.8.5 Stomatäre Leitfähigkeit

Die stomatäre Leitfähigkeit wurde an den 5 MP gemessen (Abbildung 92) und jeweils 5 Blätter untersucht (n=5), u.a. von *Heuchera sanguinea* und *Bergenia cordifolia*. Die stomatäre Leitfähigkeit wies unterschiedlich hohe Werte auf, die stärkste Streuung zeigte sich an MP 1 und lag zwischen 62 und 230 mmol m⁻² s⁻¹. Der Maximalwert von 230 mmol m⁻² s⁻¹ wurde am MP 2 erreicht. Der Mittelwert der Messungen (n=25) beträgt 140 mmol m⁻² s⁻¹.

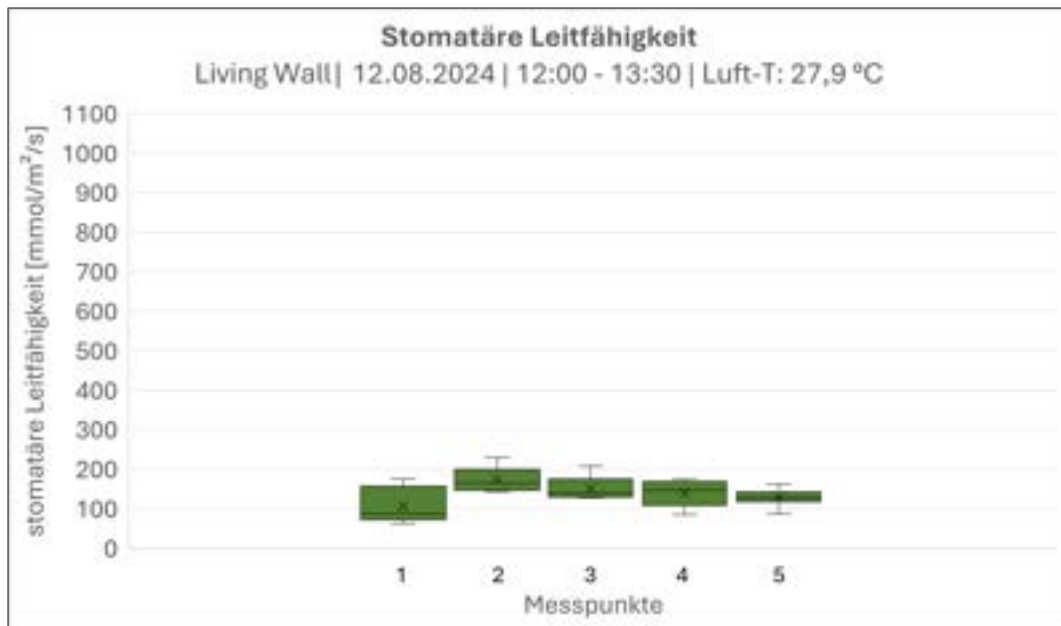


Abbildung 92: Stomatäre Leitfähigkeit [mmol m⁻² s⁻¹] aufgenommen am 12.08.2024 von 12:00 bis 13:30 Uhr; Hotel Gilbert [FB8-m] (©IBLB).

4.9 DB | Steinbauer Development GmbH, extensiv [DB1-e]

4.9.1 *Factsheet* Steinbauer Development GmbH, extensiv [DB1-e]



Abbildung 93: Steinbauer Development extensiv, links: extensive Dachbegrünung sowie Umgebung, rechts: Lufttemperatursensor und *Sedum*-Bedeckung (©IBLB).

Allgemeine standortbezogene Informationen

- **Bundesland:** Wien
- **Adresse:** Favoritenstraße 50, 1040 Wien

Gebäudebezogene Informationen

- **Gebäudetyp:** Büro [sowie Wohnen in unteren Geschossen]
- **Gebäudenutzung:** halböffentlich + privat
- **Baujahr/Bauperiode:** 1880

Begrünungsbezogene Informationen

- **Begrünungsart:** extensive Dachbegrünung
- **Errichtung der Begrünung:** 1996
- **Zielfläche, gesamt:** ca. 65 m²
- **Pflanzenarten:** Sukkulenten und Kräuter

Ergänzende Informationen

Stellt ein Dachbegrünungsmessobjekt ohne Dämmung zum darunter liegenden Dachraum dar. Darunter liegt eine gedämmte Zwischendecke über dem Wohnraum.

Limitierende Faktoren

Anbringen einer Wetterstation in 2 m Höhe ist aufgrund des fehlenden Blitzschutzes und sicherheitstechnischer Anforderungen nicht möglich, daher wird auf die öffentlich zugänglichen Wetterdaten der nächstgelegenen GeoSphere Austria Station an der TU Wien zurückgegriffen.

4.9.2 Wärmedurchfluss im Substrat, Substratfeuchte und -temperatur

Der Wärmedurchfluss im Sommer zeigt sich bei vergleichbaren Tagesgängen zwischen $+10$ und -5 W/m^2 und damit geringen Einträgen und Verlusten. Reaktionen auf Niederschläge sind durch abrupte, stärker negative Wärmeströme. An den Hitzetagen im Juni 2024 sind keine im Vergleich erhöhten Wärmeströme zur Gebäudehülle ablesbar. Dies zeigt, dass der Wärmestrom bei $+10 \text{ W/m}^2$ ein maximales Niveau einnimmt.

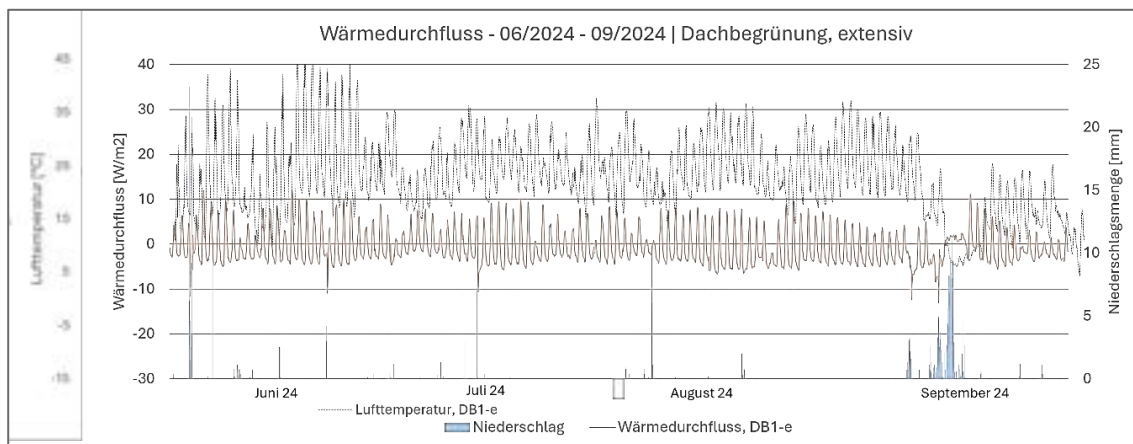


Abbildung 94: Wärmedurchfluss im Substrat Juni - September 2024, extensive Dachbegrünung [DB1-e] [Steinbauer Development GmbH, Wien] (©IBLB).

In den Wintermonaten November 2024 bis Februar 2025 (Abbildung 95) lag der Wärmedurchfluss bei [DB1-e] ohne wesentliche Peaks zwischen $2,8 \text{ W/m}^2$ und $-6,2 \text{ W/m}^2$, wobei der Wert im Mittel bei $-1,3 \text{ W/m}^2$ ($SD = 1,3$) lag. Wesentliche Niveauänderungen durch Minustemperaturen oder Niederschlag sind nicht erkennbar. Damit zeigt sich das extensive Substrat als gute Unterstützung der Dämmung.

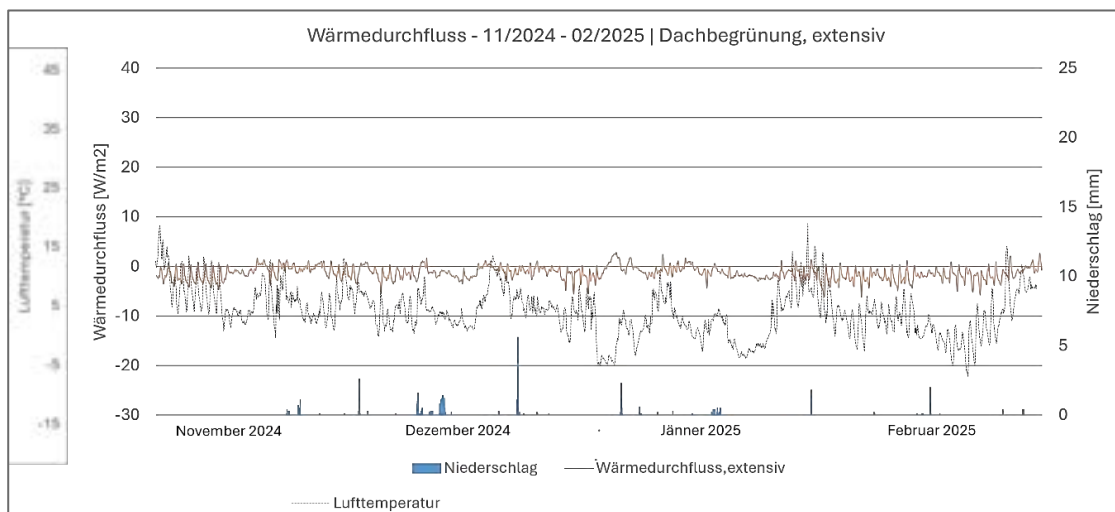


Abbildung 95: Wärmedurchfluss im Substrat November 2024 - Februar 2025, extensive Dachbegrünung [Steinbauer Development GmbH, Wien] (©IBLB).

Vor dem **Starkregenereignis im September 2024** präsentierte sich der Wärmedurchfluss im Extensivdachsubstrat mit weitgehend konstanten Tagesgängen (Abbildung 96). Trotz hoher Septembertemperaturen pendelt der Wärmedurchfluss in einem engen Korridor. Bei eintretendem Niederschlag reagierte die Extensivbegrünung durch den Temperaturabfall mit einem Werteabfall von $-5,6 \text{ W/m}^2$ auf $-13,7 \text{ W/m}^2$. Damit erfolgt ein Energieaustrag weg von der Gebäudehülle. Wenn die Lufttemperatur sich wenig verändert, bleibt auch der Wärmestrom stabil. Nach Ende der Regenereignisse ist ein beinahe sprunghafter Anstieg auf ein erhöhtes Niveau des Wärmestroms erkennbar, dass sich nach etwa 1 Woche wieder einpendelt.

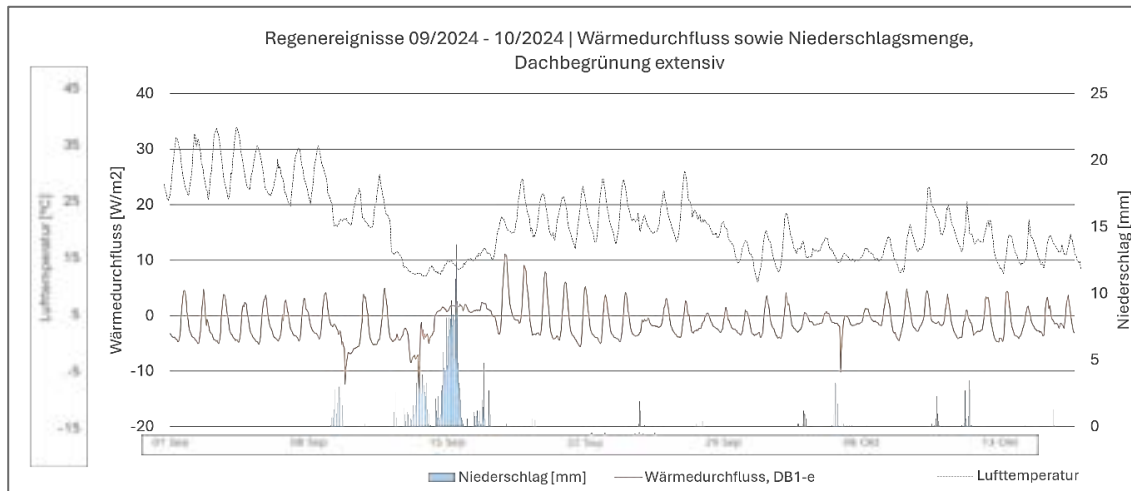


Abbildung 96: Wärmedurchfluss bei Regenereignis, September sowie Oktober 2024, extensive Dachbegrünung [Steinbauer Development GmbH, Wien] (©IBLB).

Da das Extensivdach über keine Bewässerungsanlage verfügt, war das in Trockenphasen praktisch ausgetrocknet und im Mittel bei nur 6,3 Vol.-% (Abbildung 97). Bei einsetzendem Regen rund um den 8. September reagierte das Extensivgründach mit einem Feuchteanstieg auf ca. 30 Vol.-% und erreichte im Zuge des Starkregens um den 14. September ein Sättigungsmaximum (56,4 %). Dies deutet auf einen Rückstau des Regenwasserabflusses hin. Das Extensivgründach weist einen niedrigen Schichtaufbau auf, es zeigte sich eine Wassersättigung nach dem Regenereignis von 26,8 % im Mittel (SD = 4,1), welche im Herbst stabil bleibt.

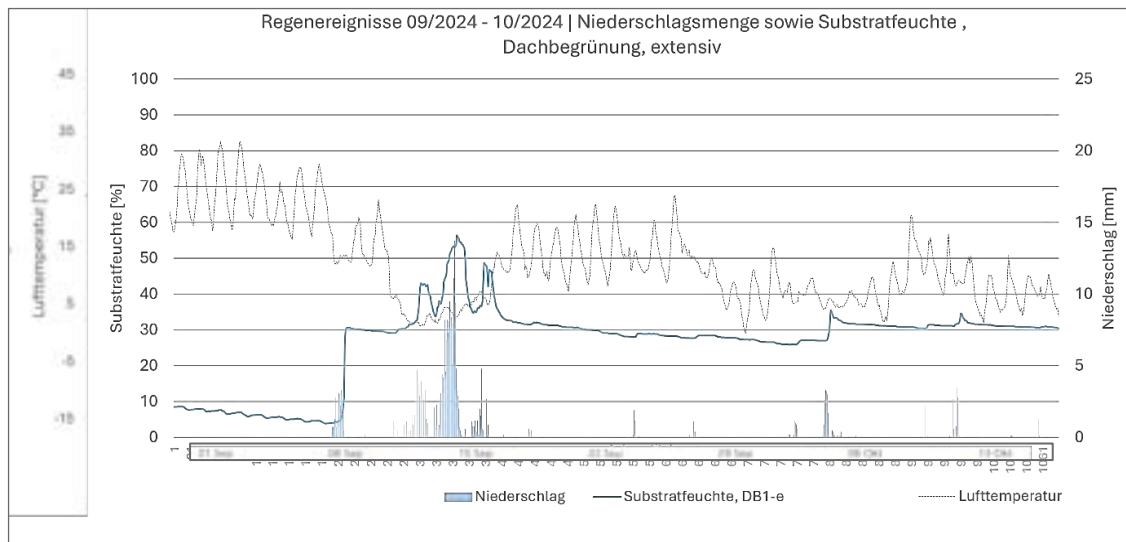


Abbildung 97: Substratfeuchte bei Regenereignis, September sowie Oktober 2024, extensive und intensive Dachbegrünung [Steinbauer Development GmbH, Wien] (©IBLB).

Vor dem Regenereignis betrug die Substrattemperatur im Mittel $29,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\text{SD} = 3,4$), sie ist um bis 5°C höher als die Lufttemperatur. Die Tagespeaks zeigen sich etwas zeitversetzt (Abbildung 98). Bei eintretendem Niederschlag erfolgte ein rascher Temperaturabfall beim Extensivgründach, wobei die Substrattemperatur unmittelbar nach dem Regenereignis analog zur Luft-T wieder anstieg, jedoch in den Folgewochen immer unterhalb der Luft-T blieb. An den Hitzetagen heizt sich das Substrat stark auf und emittiert in Folge sensible Wärme. Bei hoher Substratfeuchte hingegen bleibt die Substrattemperatur unterhalb der Lufttemperatur.

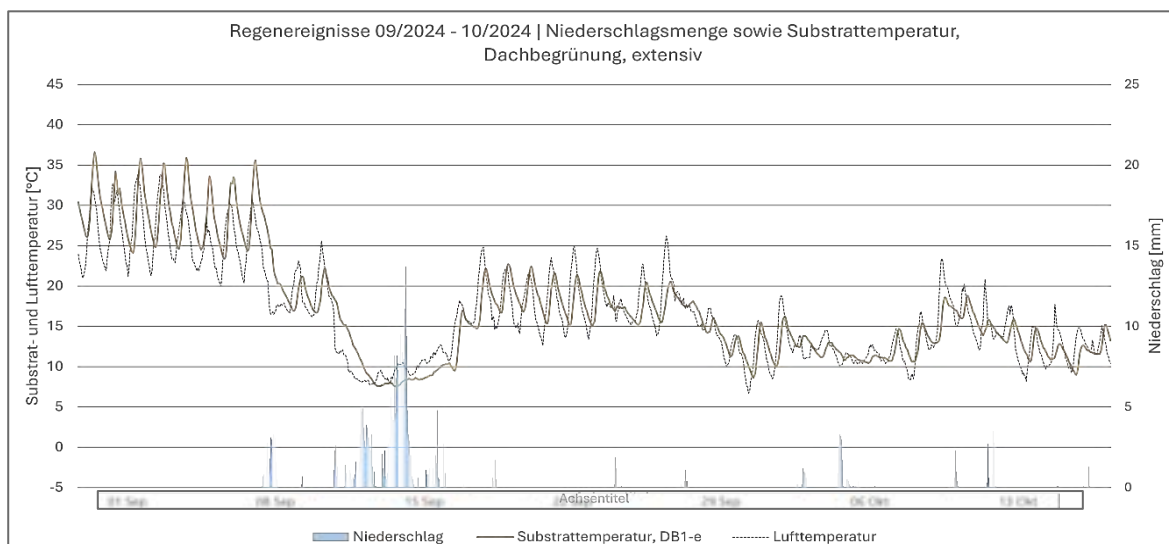


Abbildung 98: Substrattemperatur bei Regenereignis, September sowie Oktober 2024, extensive Dachbegrünung [Steinbauer Development GmbH, Wien] (©IBLB).

4.9.3 Blattflächenindex (LAI), Deckungsgrad und Pflanzenvitalität

Der **Leaf Area Index (LAI)** und der **projektive Deckungsgrad** zeigen in den beiden Untersuchungsjahren 2023 und 2024 teilweise ähnliche Muster, aber auch Unterschiede. Die LAI-Werte 2024 waren im Mittel um 0,5 geringer als im Vorjahr. Besonders die Messpunkte 1, 2, 3 und 5 zeigen Unterschiede zwischen den beiden Jahren, während der Messpunkt 4 ähnliches Niveau aufwies (Abbildung 99). Diese Abweichungen sind auf unterschiedliche Laubdichten und Inhomogenitäten der Pflanzenkörper zurückzuführen, z. B. durch Unterschiede in Wuchsform. Der Deckungsgrad zeigt an den Messpunkten 1, 2, 4 und 5 vergleichbar hohe Werte zwischen 75-90 %, wohingegen am Messpunkt 3 eine Differenz von über 40 % auftritt. Der Mittelwert der fünf Messpunkte verdeutlicht aber die Konstanz der extensiven Dachbegrünung und liegt 2023 bei 87 % und 2024 bei 78 %. Sowohl Deckungsgrad als auch LAI sind im zweiten Messjahr geringer.

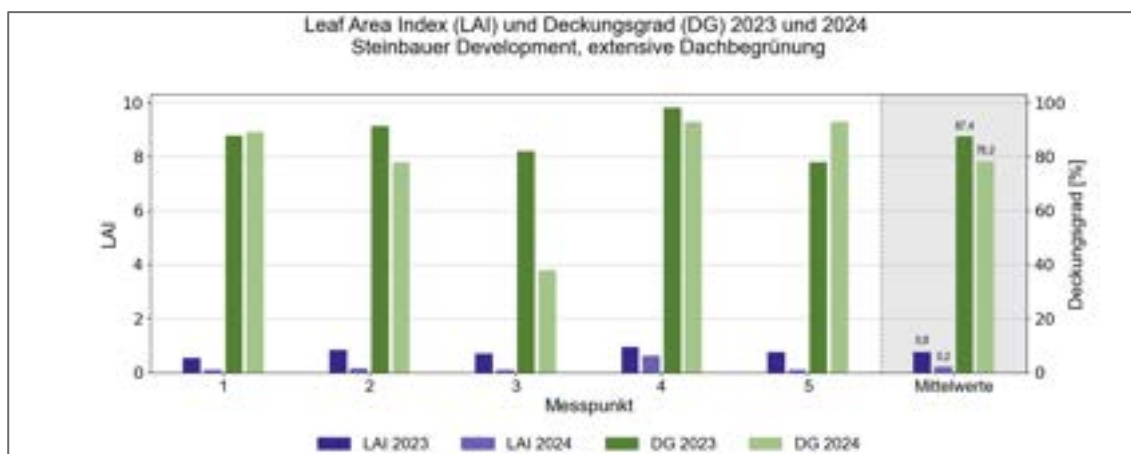


Abbildung 99: Leaf Area Index (LAI) und projektiver Deckungsgrad (DG_{proj}), Messkampagnen 2023 und 2024; Steinbauer Development [DB-1e] (©IBLB).

Auch bei der Betrachtung der **Pflanzenvitalität** wird ersichtlich, dass die Begrünung 2023 eine insgesamt höhere Vitalität aufwies (Abbildung 100). Vor allem bei extensiven Begrünungen sind die Speicherfähigkeiten begrenzt und längere Trockenzeiten problematischer, worunter Blattgrößen, -gesundheit und -anzahl leiden. Jedoch sind die dort kultivierten Arten wie Sedum gut für die Standortbedingungen geeignet.

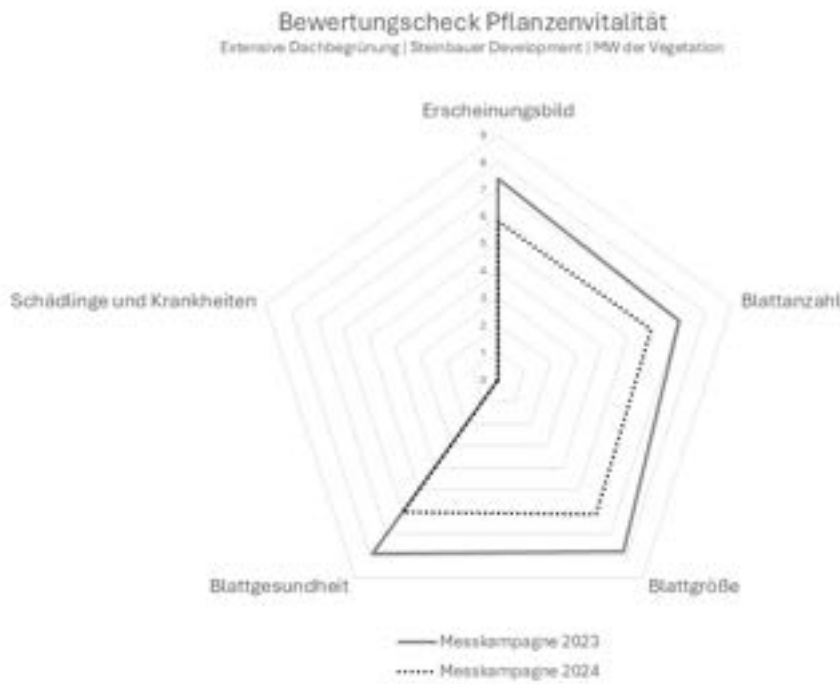


Abbildung 100: Bewertungsscheck der Pflanzenvitalität anhand von 5 Parametern Messkampagne 2023 (durchgezogen) und Messkampagne 2024 (gepunktet); Steinbauer Development [DB1-e] (©IBLB).

4.9.4 Kurz- und langwellige solare Einstrahlung und Reflektion

In der Messkampagne 2024 wurden zusätzlich klimatische Parameter, insbesondere die **Solarstrahlung** einschließlich der Wärmestrahlung (emittierende langwellige Strahlung) erfasst (Abbildung 101). Der Energieeintrag durch kurzwellige Strahlung in der extensiven Dachbegrünung beträgt 5,7 kWh. Durch den eingehenden kurzweligen Strahlungseintrag erhöht sich die langwellige Ausstrahlung (rot gepunktete Linie) des Gründachs im betrachteten Zeitraum um 40 %. Die langwellige Strahlung (rot) liegt bereits morgens bei etwa 300 W/m². Die hohe langwellige Ausstrahlung resultiert aus der hohen Oberflächentemperatur. In Tropennächten führt die gleichzeitig hohe atmosphärische Gegenstrahlung (oft bedingt durch Luftfeuchtigkeit oder Bewölkung) dazu, dass die effektive nächtliche Abkühlung gering bleibt, da die Strahlungsbilanz nahezu ausgeglichen ist.

Während der Messkampagne wurden durch die geringe und lückige Blattmasse der Extensivbegrünung 89 % der eingehenden kurzweligen Strahlung (lila)transmittiert und 18,6 % reflektiert. Die Absorption erfolgt hier vollständig durch den Substratkörper. Die Lufttemperatur in der Begrünung ist im gemessenen Zeitraum um 1,3 °C kühler als die Referenztemperatur (Wetterstation Geosphere Innere Stadt).

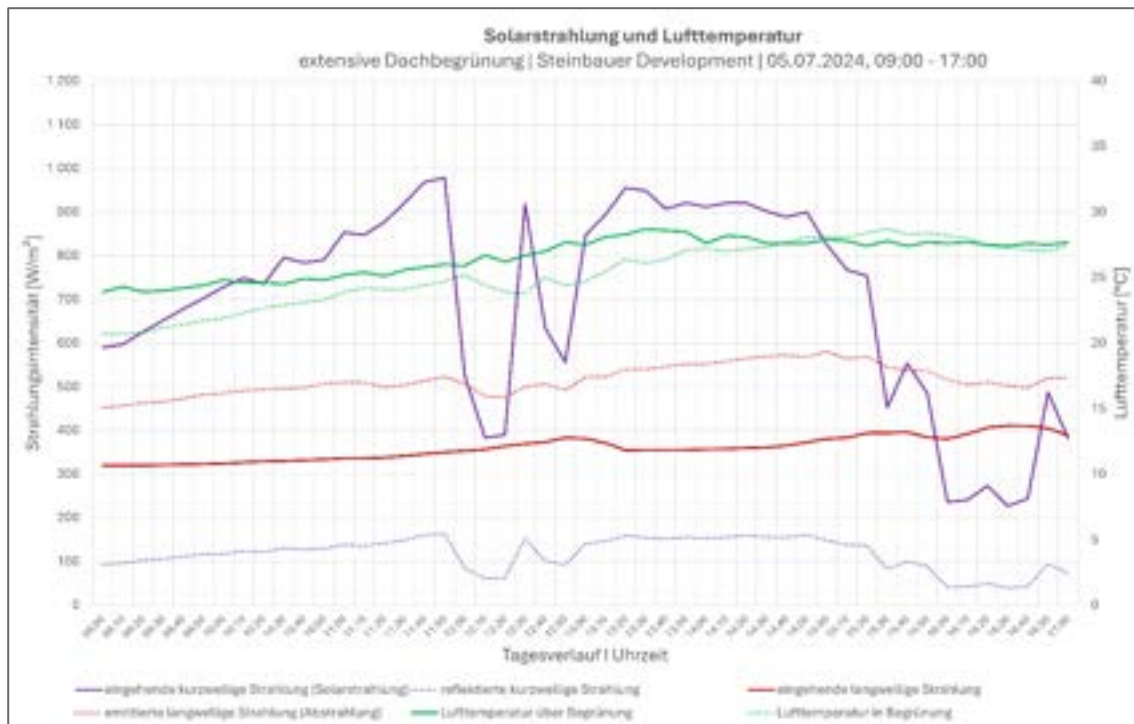


Abbildung 101: Tagesverlauf der Solarstrahlung [W/m^2] und Lufttemperatur [$^{\circ}\text{C}$] vom 05.07.2024 09:00 bis 17:00 Uhr; Steinbauer Development [DB1-e] (©IBLB).

4.9.5 Kennwerte Steinbauer Development [DB1-e]

In Tabelle 11 sind alle Kennwerte angeführt, die während der Messkampagne 2024 erfasst wurden und als Mittelwerte dargestellt.

Tabelle 11: Übersicht der Mittelwerte der pflanzenphysiologischen und klimatischen Parameter vom 05.07.2024, 09:00 bis 17:00 Uhr; Steinbauer Development [DB1-e].

Pflanzenphysiologische und klimatische Parameter (MW)		05.07.24, 09:00 – 17:00 Ø 26,6°C, Tageshöchstwert: 28,7°C
Kub. Pflanzvolumen [m^3/m^2] [n=5]		0,1
Proj. Deckungsgrad [%] (n=5)		78,2
Deckungsgrad der Zielfläche [%]		87,0
LAI (n=15)		0,2
Blatttemperatur [$^{\circ}\text{C}$] (n=25)		n.v.
Stomatäre Leitfähigkeit [$\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$] (n=25)		n.v.
Δ Lufttemperatur vor/hinter Begrünung [$^{\circ}\text{C}$]		-1,3
Δ relative Luftfeuchte vor/in Begrünung [%]		1,6
Δ absolute Luftfeuchte vor/in Begrünung [g/m^3] (Veränderung in %)		0,9 (8,6 %)
Bioshading Coefficient (Grünverschattungsfaktor)*		0,9
Tagessumme eintreffende kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]		5,7
Tagessumme refl. kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]		1,0
Δ Tagessumme kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]		4,7
Transmission [%]		88,7
Reflexion [%]		18,6

Absorption [%]	n.v.
Transpirationsrate [ml/m ² /h] (n=25) *	n.v.
Verdunstungsenthalpie [W/m ²] *	n.v.

*sensorbasiert | **errechnet
n.v. = nicht verfügbar

4.9.6 Infrarotwärmebild mit Oberflächentemperaturdifferenz

Das Temperaturspektrum am **Infrarotwärmebild** (Abbildung 102) reicht von 23 °C bis 62 °C. Die Lufttemperatur zum Messzeitpunkt von 28,6 °C wird in der Temperaturskala weiß angezeigt.

Die extensive Dachbegrünung ist im Vergleich zu anderen Oberflächen teilweise kühler. M1 zeigt den kühlfsten Messpunkt an der Vegetation und ist mit 29,6 °C etwas wärmer als die Luft-T, aber deutlich kühler als die Attika aus Blech M2 (48,4 °C). Es entsteht eine Differenz der Oberflächentemperaturen von knapp 20 °C.

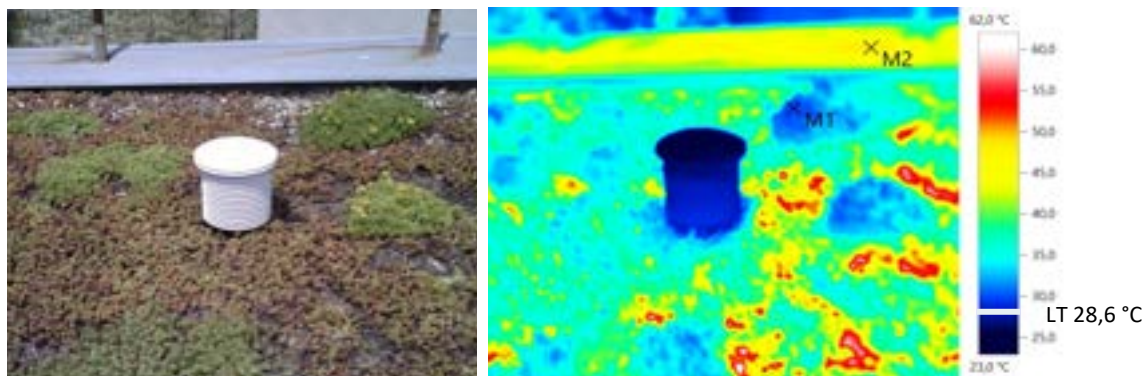


Abbildung 102: Untersuchungsbereich (links) und Infrarot Thermographie (IRT) (rechts) aufgenommen am 05.07.2024, 13:42 Uhr, Lufttemperatur 28,6 °C; Steinbauer Development [DB1-e] (©IBLB).

4.9.7 Innenraumsituation

4.9.7.1 Bewertung der Behaglichkeit mit dem adaptiven Komfortmodell nach ÖNORM EN 16798-1

DB1-e verfügt über einen ungedämmten Dachraum, dessen Dachhaut mit einer extensiven Begrünung versehen ist. Der konditionierte Wohnraum wird nach oben durch eine mit 20 cm Mineralwolle gedämmte Geschossdecke begrenzt. Über dem bewohnten Wohnraum befindet sich eine Zwischendecke mit einer 20 cm starken Mineralwollämmung. Darüber liegt der Dachraum (Dachboden), der nach oben hin durch ein ungedämmtes Dach mit einer extensiven Begrünung abgeschlossen wird. Die Messanordnung wurde so gewählt, dass die Oberflächentemperatur direkt an der Holzverschalung im Dachraum erfasst wurde, während die Raumlufttemperatur im darunterliegenden Wohnraum gemessen wurde.

Ein zentrales Ergebnis dieser Messreihe ist das ausgeprägte Temperaturgefälle zwischen diesen Ebenen. An der Holzverschalung im Dachraum ist es im Mittel um 2,8 K kühler (Bias) als in der Luft des darunterliegenden Wohnraums. Dies belegt, dass die extensive Dachbegrünung die oberste Konstruktionsschicht selbst an heißen Sommertagen effektiv vor Überhitzung schützt und den Dachraum kühler hält als die bewohnten Zonen. Trotzdem zeigen die für den Wohnraum ermittelten Komfortdaten (Juni bis August 2024) eine deutliche Tendenz zu hohen Temperaturen. Mit 292 Stunden in Kategorie I, 215 Stunden in Kategorie II und 103 Stunden in Kategorie III sowie 40 Stunden, die als „zu warm“ (Abbildung 103) außerhalb der adaptiven Grenzwerte eingestuft wurden, liegen fast alle Werte im oberen Bereich der Komfortbänder. Die Interpretation dieser Daten zeigt, dass die 20 cm starke Dämmung der Zwischendecke den thermischen Vorteil des kühleren Dachraums vom Wohnraum entkoppelt. Während die Dachbegrünung die Holzverschalung im Dachboden erfolgreich kühl hält, führen andere thermische Lasten im Wohnraum (wie solare Gewinne durch Fenster und interne Lasten) dazu, dass die dortige Lufttemperatur dennoch häufig das Behaglichkeitsniveau überschreitet. Der signifikante Bias von 2,8 K verdeutlicht zwar das Potenzial der Dachbegrünung als thermisches Schutzschild für die Primärkonstruktion, zeigt aber auch, dass die Kühlwirkung im ungedämmten Dachraum ohne eine optimierte thermische Kopplung zum Wohnraum nicht ausreicht, um die sommerliche Überhitzung im darunterliegenden Geschoss zu verringern.

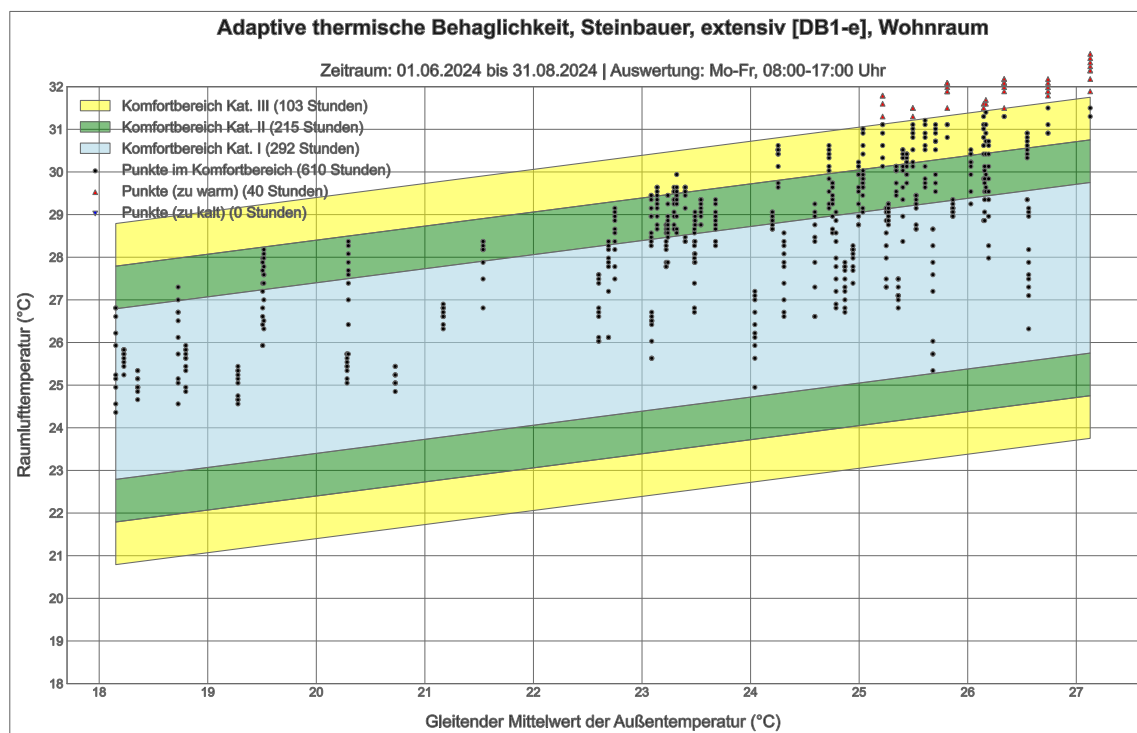


Abbildung 103: Adaptive thermische Behaglichkeit nach ÖNORM EN 16798-1 für Juni bis August 2024; extensive Dachbegrünung, Steinbauer Development GmbH [DB1-e] (©IBLB).

4.9.7.2 Behaglichkeitsmodell nach Freymark und Leusden

Ergänzend zur adaptiven Analyse stuft die Methodik von Freymark und Leusden die thermische Situation wesentlich kritischer ein. Mit 0 Stunden im Bereich „behaglich“, lediglich 85 Stunden als „noch behaglich“ und der überwiegenden Mehrheit von 565 Stunden „außerhalb“ der Behaglichkeitsgrenzen verdeutlicht dieses Modell die hohen absoluten Temperaturbelastungen im Wohnraum. Während das adaptive Modell (mit 303 Stunden in Kategorie I und 212 in Kategorie II) die sommerliche Anpassung berücksichtigt, führen die starren Grenzwerte der Freymark-Bewertung bei den vorliegenden Raumlufthtemperaturen zu einer fast vollständigen Einstufung als unbehaglich (Abbildung 104).

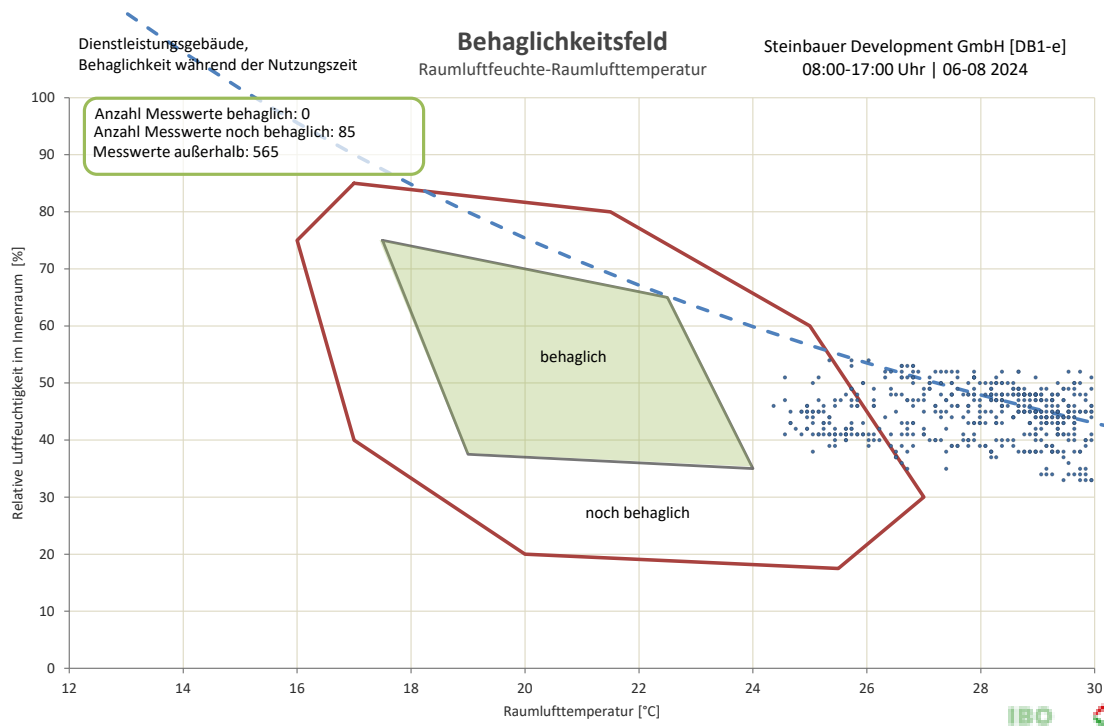


Abbildung 104: Thermische Behaglichkeit nach Freymark und Leusden (1951) für Juni bis August 2024; extensive Dachbegrünung, Steinbauer Development GmbH [DB1-e] (©IBO).

4.9.7.3 Ergebnisse aus dem Innenraummonitoring

Die Korrelationsanalyse zwischen der Raumlufthtemperatur im Wohnraum und der Oberflächen-temperatur der Holzverschalung im Dachraum zeigt eine temperaturabhängige Effektivität des Gründachsystems (Abbildung 105). Während bei moderaten Innentemperaturen von bis zu 26° C ein maximaler Bias von über 4 K gemessen wurde, reduziert sich dieser Vorsprung an heißen Tagen signifikant. Bei Raumlufthtemperaturen jenseits der 30 °C Marke schrumpft das Temperaturgefälle auf durchschnittlich 1,6 K bis 2,0 K. Dieses Phänomen deutet auf eine thermische Sättigung der extensiven Begrünungsschicht hin. Bei langanhaltender Hitzeeinwirkung können die Verdunstungskühlung der extensiven Begrünung und die Verschattung der Substratschicht den Wärmedurchgang in den ungedämmten Dachraum nicht mehr im selben Maße abpuffern wie in kühleren Perioden. In der Folge nähert sich die Temperatur der Holzverschalung der Raumlufth-

temperatur an. Für die adaptive Behaglichkeit bedeutet dies, dass die kühlende Wirkung der Gründachdecke als Strahlungssenke gerade dann nachlässt, wenn die thermische Belastung im Wohnraum ihr Maximum erreicht.

In der Winterperiode offenbart der ungedämmte Aufbau seine physikalischen Grenzen. Die Messwerte bilden eine deutlich nach unten verschobene Wolke mit einem massiven Bias von 11,31 K. Während der Wohnraum konstant auf 22,4 °C beheizt wurde, sank die Temperatur der raumseitigen Holzoberfläche im Mittel auf lediglich 11,1 °C ab. Die geringe Korrelation ($r=0,42$) verdeutlicht, dass die Innenseite der Decke im Winter thermisch fast vollständig von der Außenwitterung dominiert wurde. Da die extensive Begrünung nicht ausreicht, um ein Fehlen technischer Dämmstoffe zu kompensieren, kühlt das ungedämmte Bauteil aufgrund der hohen Transmissionsverluste massiv aus.

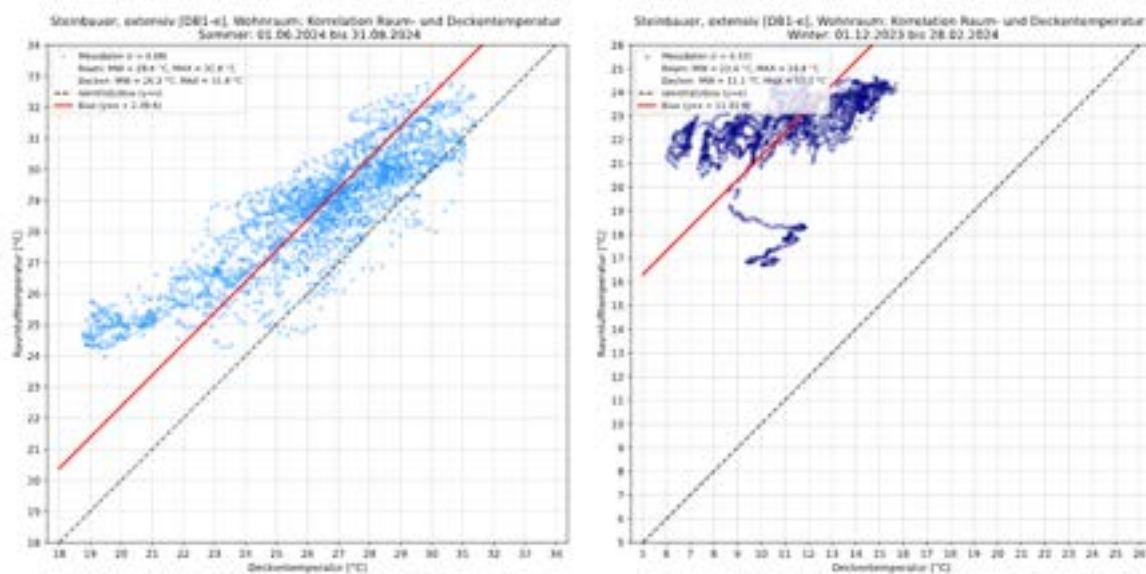


Abbildung 105: Korrelation Raumluft- und Oberflächentemperatur, Sommer/Winter 2024; extensive Dachbegrünung, Steinbauer Development GmbH [DB1-e] (©IBO).

4.10DB | Steinbauer Development GmbH, intensiv [DB1-i]

Das Intensivgründach war ein HEDWIG-Dauermessobjekt. Das Dauermonitoring erfolgte im Außenraum. Zusätzlich wurden Messkampagnen durchgeführt.

4.10.1 *Factsheet* Steinbauer Development GmbH, intensiv [DB1-i]



Abbildung 106: Steinbauer Development intensiv, links: intensive Dachbegrünung mit Strauchbestand, rechts: Strauchbestand (©IBLB).

Allgemeine standortbezogene Informationen

- **Bundesland:** Wien
- **Adresse:** Favoritenstraße 50, 1040 Wien

Gebäudebezogene Informationen

- **Gebäudetyp:** Büro [sowie Wohnen in unteren Geschossen]
- **Gebäudenutzung:** halböffentlich + privat
- **Baujahr/Bauperiode:** 1880

Begrünungsbezogene Informationen

- **Begrünungsart:** intensive Dachbegrünung
- **Errichtung der Begrünung:** 1996
- **Zielfläche, gesamt:** ca. 128 m²
- **Pflanzenarten:** mehrschichtiger Gräser-, Kräuter-, Strauch- u. Baumbestand

Ergänzende Informationen

Keine Dämmung

Limitierende Faktoren

Das Anbringen einer Wetterstation in 2 m Höhe war aufgrund des fehlenden Blitzschutzes (sicherheitstechnische Anforderungen) nicht möglich, daher wurde auf die öffentlich zugänglichen Wetterdaten der nächstgelegenen Geopshere Austria Station an der TU Wien zurückgegriffen.

4.10.2 Wärmedurchfluss im Substrat, Substratfeuchte und -temperatur

Beim Intensivgründach (DB1-i) zeigen sich im Substrat an den Hitzetagen geringe Wärmeeinträge bis etwa 7 W/m^2 (Abbildung 107). Bei Lufttemperaturen $< 30^\circ \text{C}$ pendelt der Wärmedurchfluss zwischen $+ \text{ und } - 5 \text{ W/m}^2$ und somit niedrigeren Einträgen und Verlusten als beim Extensivgründach. Kurze Regenereignisse bleiben ohne wesentlichen Einfluss auf den Wärmedurchfluss, höhere Niederschlagsmengen – wie im September 2024 – reduzieren den Wärmeeintrag bei der Intensivbegrünung unmittelbar und führen zu Wärmeabgabe nach außen analog der Abnahme der Luft-T. Eine frühere Reaktion des Wärmestroms ergibt sich bereits vor der Temperatursenke, die mit $> 20^\circ \text{C}$ beachtlich war, durch den Regen.

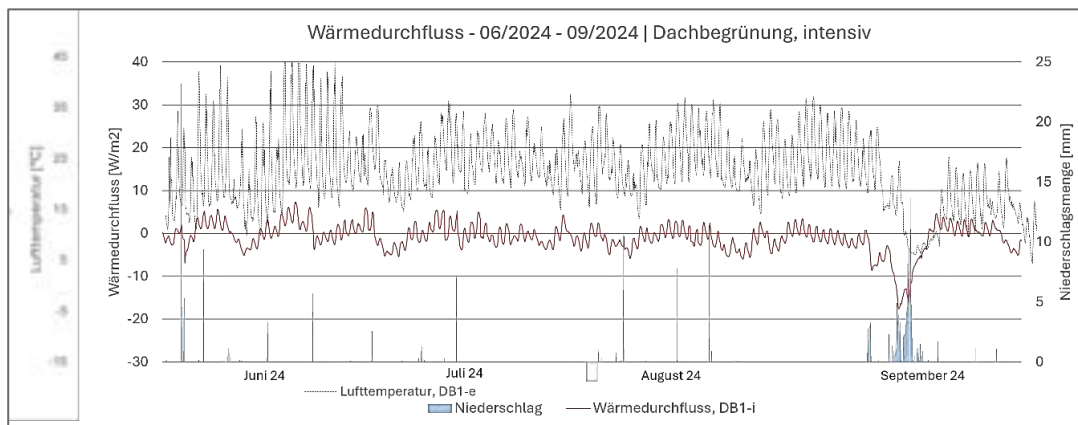


Abbildung 107: Wärmedurchfluss im Substrat Juni - September 2024, intensive Dachbegrünung [Steinbauer Development GmbH, Wien] (©IBLB).

Im Winter zwischen November 2024 bis Februar 2025 (Abbildung 108) lag der Wärmedurchfluss zwischen $+3,8 \text{ W/m}^2$ bis $-4,9 \text{ W/m}^2$, meist führten jedoch Temperaturanstiege oberhalb der Frostgrenze zu marginal höheren Pendelniveaus. Die Tagesschwankungen waren sehr gering. Reaktionen auf Niederschläge ließen sich nicht erkennen. Der intensive Substrataufbau trägt nachweislich zur Dämmung der Gebäudehülle bei.

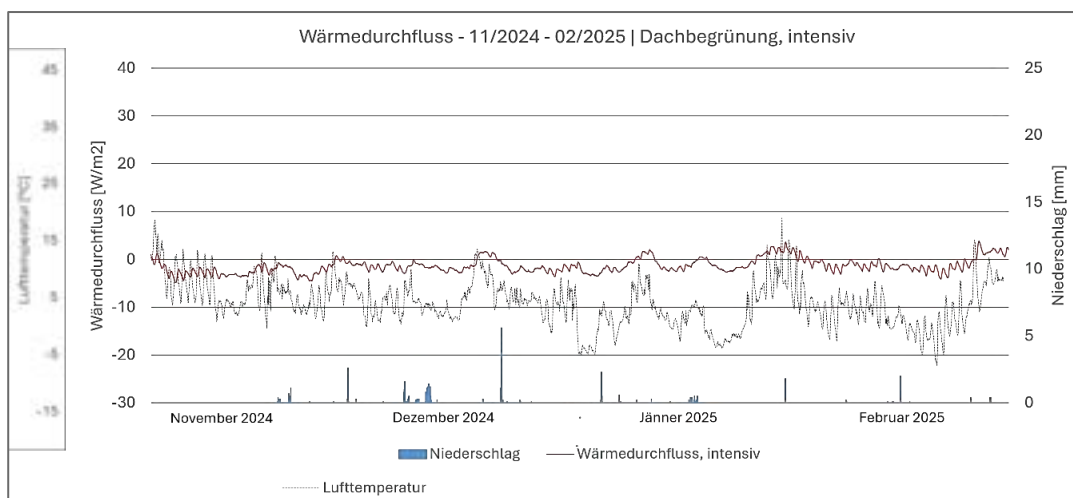


Abbildung 108: Wärmedurchfluss im Substrat November 2024 - Februar 2025, intensive Dachbegrünung [Steinbauer Development GmbH, Wien] (©IBLB).

Vor und nach dem Regenereignis im September 2024 sind beim Intensivgründach die Tagesgänge beim Wärmedurchfluss im Substrat klar erkennbar (Abbildung 109). Im Zuge des Regenereignisses fand eine Abgabe nach außen von $-17,6 \text{ W/m}^2$ analog zum Lufttemperaturabfall statt. Nach der Niederschlagsphase zeigte das Substrat wieder vergleichbare Wärmedurchflussraten auf demselben Niveau wie vor dem Regenereignis.

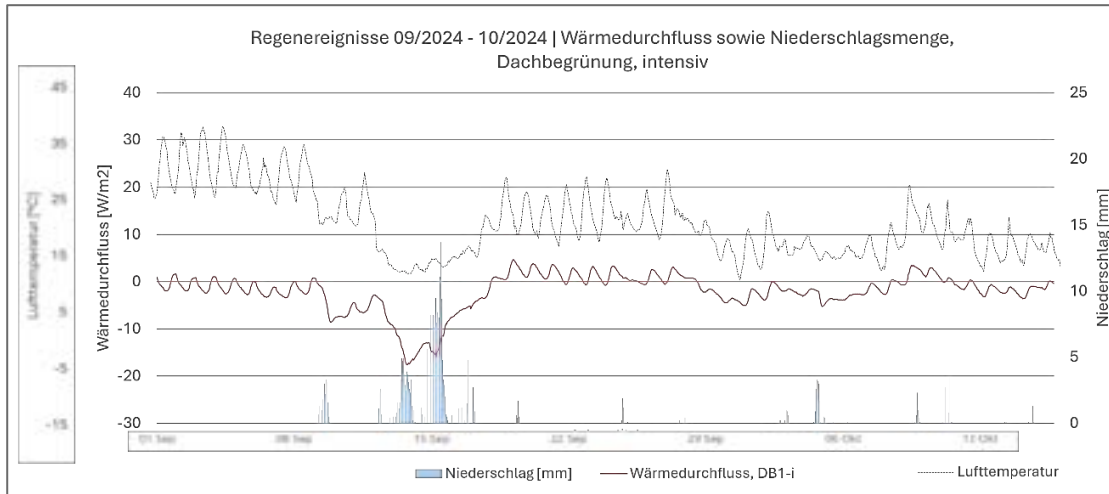


Abbildung 109: Wärmedurchfluss im Substrat bei Regenereignis, September sowie Oktober 2024, intensive Dachbegrünung [Steinbauer Development GmbH, Wien] (©IBLB).

Vor dem Regenereignis am 08.09.2024 waren bei der Substratfeuchte deutliche Tagesgänge erkennbar (Abbildung 110), welche auf die automatische Bewässerung um jeweils Mitternacht zurückzuführen sind. Mit dem Niederschlag wurde die Bewässerung bei der Intensivbegrünung gestoppt, und der Wassergehalt im Substrat pendelte sich bei 30 Vol.-% ein, was sich in den fehlenden Tagesgängen widerspiegelt. Die Entwässerung erfolgte langsam über 2-3 Wochen (ohne weitere Bewässerung), weitere Regenfälle äußerten sich in Feuchteanstiegen mit langsamer Entwässerung. Die Muster lassen eine gute Speicher- und Pufferkapazität des Substrats erkennen.

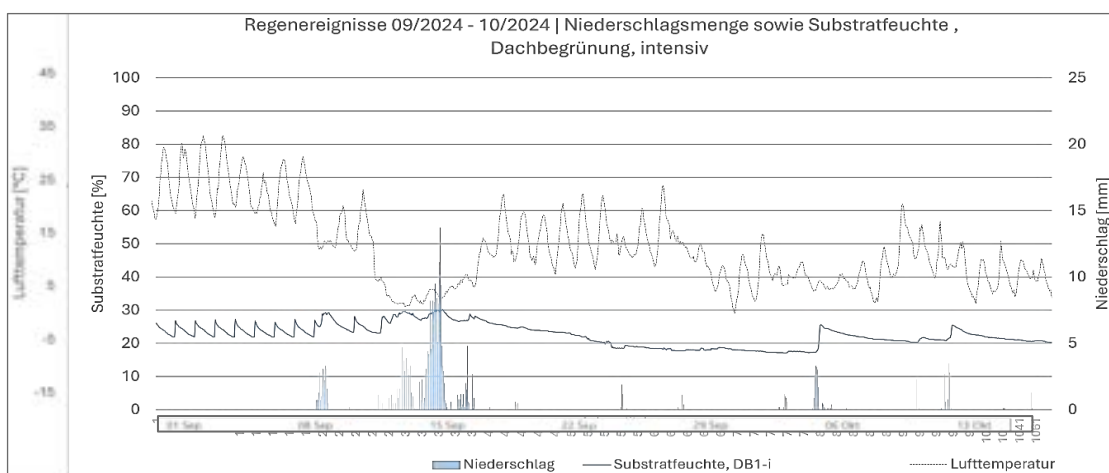


Abbildung 110: Substratfeuchte bei Regenereignis, September sowie Oktober 2024, intensive Dachbegrünung [Steinbauer Development GmbH, Wien] (©IBLB).

Die Substrattemperatur reagiert analog zur Lufttemperatur mit Werten bis 26°C (Abbildung 111). Im Gegensatz zum Extensivgründach am selben Standort sind hier keine Tagespeaks erkennbar, die höher sind als die Lufttemperatur. Der Intensivaufbau zeigt eine Temperaturträgheit im Substrat, das Substrat kühlt schwach zeitverzögert ab und reagiert auf Lufttemperaturabfall ebenfalls träger.

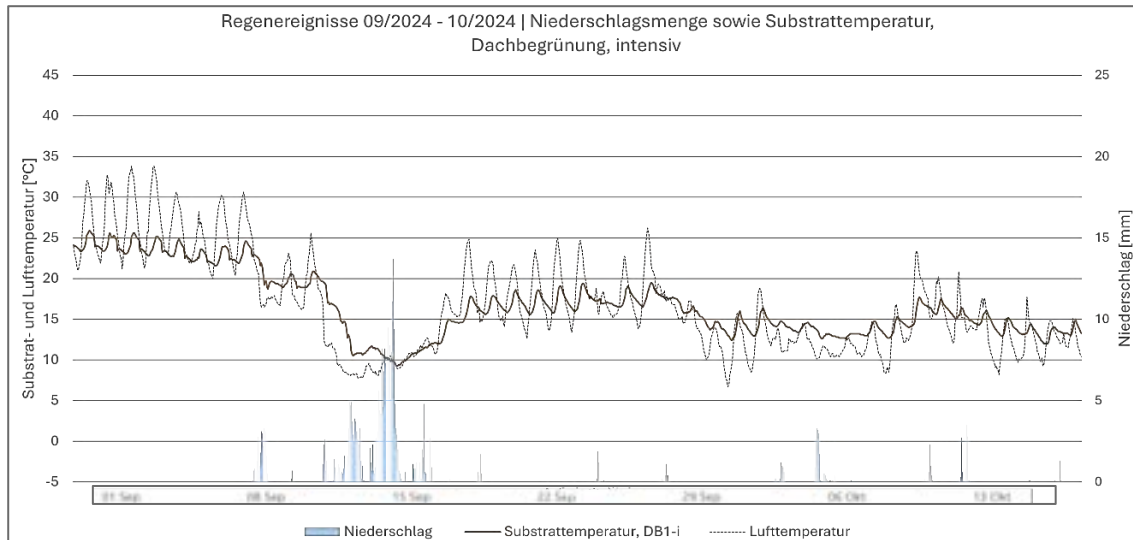


Abbildung 111: Substrattemperatur bei Regenereignis, September sowie Oktober 2024, intensive Dachbegrünung [Steinbauer Development GmbH, Wien] (©IBLB).

4.10.3 Blattflächenindex (LAI), Deckungsgrad und Pflanzenvitalität

Der **Leaf Area Index (LAI)** und der **projektive Deckungsgrad** zeigen in den beiden Untersuchungsjahren 2023 und 2024 ähnliche und konstante Muster, mit nur geringen Unterschieden (Abbildung 112). Die größten Unterschiede der LAI-Werte sind bei MP 1 mit etwa 2 erkennbar. Beim Deckungsgrad lag die größte Differenz an MP 3 mit knapp 20 %. Die niedrigen LAI-Werte bei MP 2 lassen sich auf den kurz gehaltenen Rasen zurückzuführen, während bei den anderen Messpunkten andere Vegetationstypen wie Staudenbeete und Gehölze einen höheren LAI bis 5 gemessen wurden. Im Durchschnitt lag der LAI in beiden Messjahren bei etwa 3.

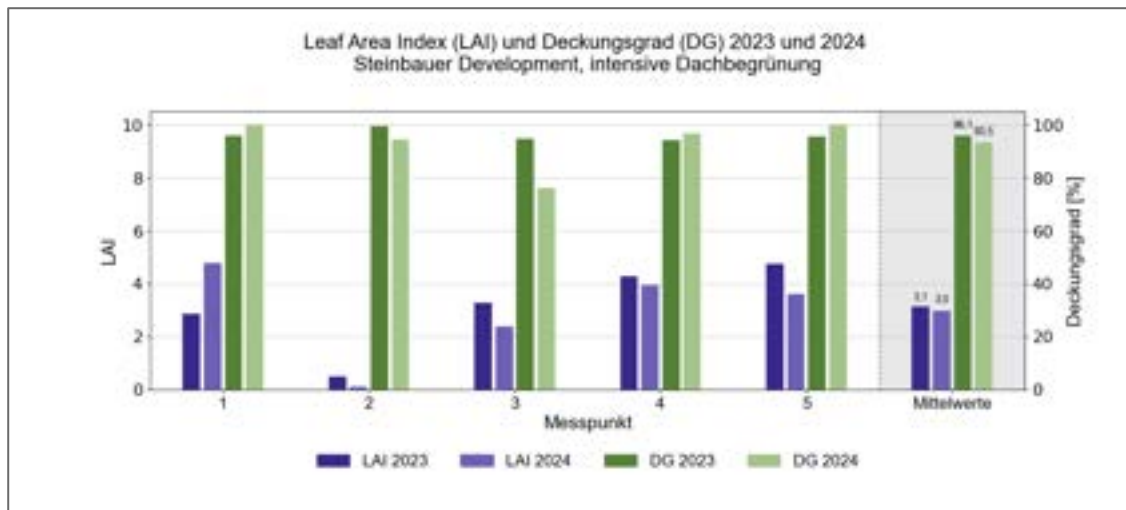


Abbildung 112: Leaf Area Index (LAI) und projektiver Deckungsgrad (DG_{proj}), Messkampagnen 2023 und 2024; Steinbauer Development [DB1-i] (©IBLB).

Die Begrünung wies eine konstant gute Vitalität auf (Abbildung 113). Bei Intensivgründächern ist die Auswahl an Vegetationstypen und Pflanzenarten größer. Durch die Erhöhung der Substratschicht können sich die Pflanzen gut etablieren und sind besser mit Feuchtigkeit versorgt.



Abbildung 113: Bewertungsscheck der Pflanzenvitalität anhand von 5 Parametern Messkampagne 2023 (durchgezogen) und Messkampagne 2024 (gepunktet); Steinbauer Development [DB1-i] (©IBLB).

4.10.4 Kurz- und langwellige solare Einstrahlung und Reflektion

In der Messkampagne 2024 wurden zusätzlich klimatische Parameter, insbesondere die **Solarstrahlung** einschließlich der emittierenden Wärmestrahlung, erfasst. Dabei zeigte sich, dass die emittierte langwellige Strahlung im gemessenen Zeitraum 27,8 % höher als die einfallende

langwellige Strahlung durch den kurzwelligen Strahlungseintrag ist. Die langwellige Strahlung (rot) ist bereits morgens bei etwa 300 W/m².

Der Energieeintrag durch kurzwellige Strahlung in der extensiven Dachbegrünung beträgt 5,5 kWh. Die abrupten Abfälle der eintreffenden kurzwelligen Strahlung (lila Linie) sind auf das Auftreten von Bewölkung zurückzuführen. Im Tagesverlauf wurden von der kurzwelligen Strahlung im Schnitt 7 % reflektiert, 30 % transmittiert und somit wurden 63 % absorbiert (Abbildung 114).

Die Lufttemperatur in der Begrünung ist im gemessenen Zeitraum im Mittel um 1,3 °C kühler als die Referenz der Wetterstation Geosphere Austria an der TU Wien.

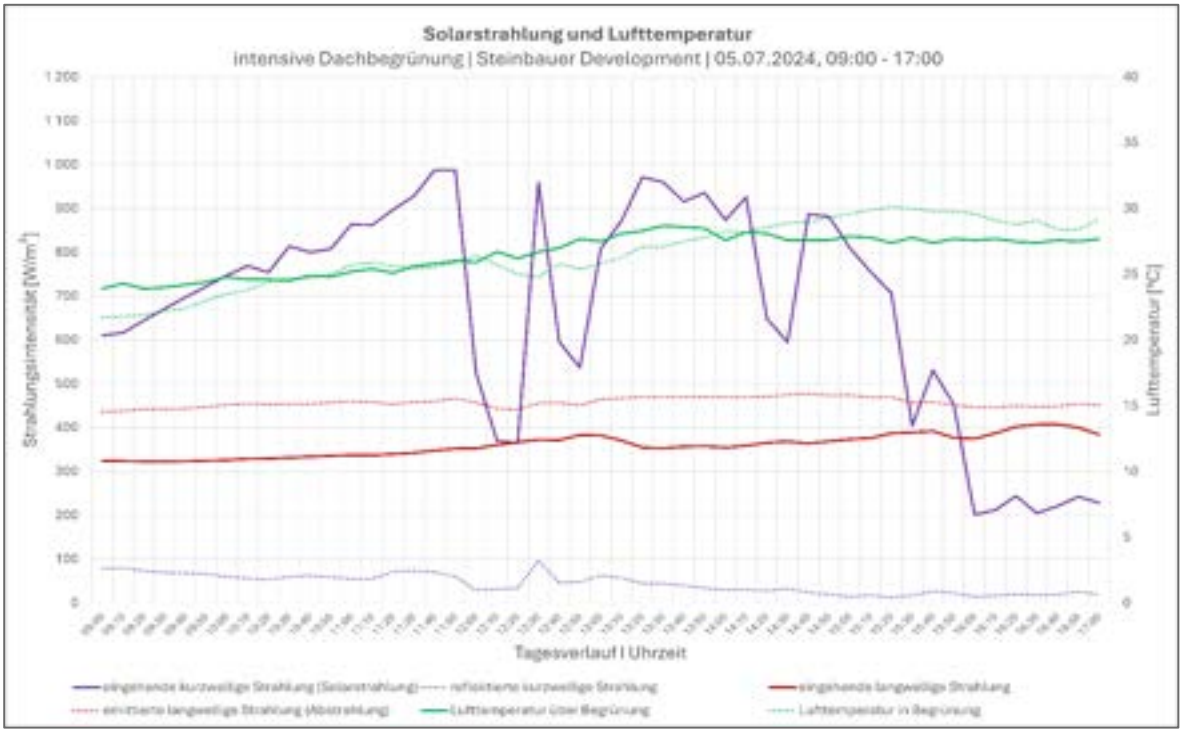


Abbildung 114: Tagesverlauf der Solarstrahlung [W/m²] und Lufttemperatur [°C] vom 05.07.2024 09:00 bis 17:00 Uhr; Steinbauer Development [DB1-i] (©IBLB).

4.10.5 Kennwerte Steinbauer Development [DB1-i]

In Tabelle 12 sind alle Kennwerte angeführt, die während der Messkampagne 2024 erfasst wurden und als Mittelwerte dargestellt.

Tabelle 12: Übersicht der Mittelwerte der pflanzenphysiologischen und klimatischen Parameter vom 05.07.2024, 09:00 bis 17:00 Uhr; Steinbauer Development [DB1-i].

Pflanzenphysiologische und klimatische Parameter (MW)		05.07.24, 09:00 – 17:00
		Ø 26,6°C, Tageshöchstwert: 28,7°C
Kub. Pflanzvolumen [m³/m²] [n=5]		0,5
Proj. Deckungsgrad [%] (n=5)		93,5
Deckungsgrad der Zielfläche [%]		100,0
LAI (n=15)		3,0

Blatttemperatur [°C] (n=25)	31,8
Stomatäre Leitfähigkeit [$\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$] (n=25)	252,4
Δ Lufttemperatur vor/hinter Begrünung [°C]	0,0
Δ relative Luftfeuchte vor/in Begrünung [%]	3,5
Δ absolute Luftfeuchte vor/in Begrünung [g/m^3] (Veränderung in %)	0,9 (8,9 %)
Bioshading Coefficient (Grünverschattungsfaktor)*	0,3
Tagessumme eintreffende kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]	5,5
Tagessumme refl. kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]	0,4
Δ Tagessumme kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]	5,1
Transmission [%]	30,0
Reflexion [%]	6,9
Absorption [%]	63,1
Transpirationsrate [$\text{ml/m}^2/\text{h}$] (n=25) *	131,3
Verdunstungsenthalpie [W/m^2] (14:00 – 15:00) *	89,3

*sensorbasiert | **errechnet
n.v. = nicht verfügbar

4.10.6 Infrarotwärmebild mit Oberflächentemperaturdifferenz

Das Temperaturspektrum am **Infrarotwärmebild** (Abbildung 115) reicht von 22° C bis 38° C. Luft-T zum Messzeitpunkt von 24,7 °C wird in der Temperaturskala weiß angezeigt. Die intensive Dachbegrünung ist im Vergleich zu anderen Oberflächen kühler. M1 zeigt den kühlgsten Messpunkt an der vitalen und grünen Vegetation und ist mit 22,4 C kühler als die Luft-T und das vertrocknete und braune Laub der Vegetation M2, welche mit 30,4 °C eine höhere Temperatur zeigt. Es entsteht eine Differenz der Oberflächentemperatur von bis zu 8 °C.

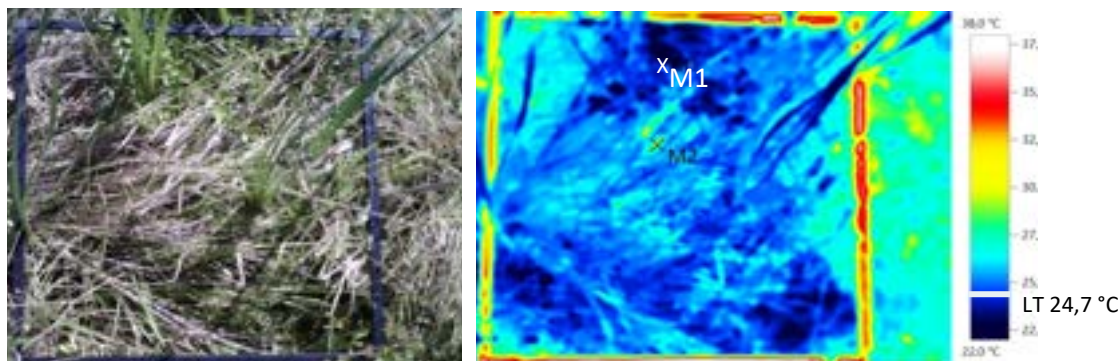


Abbildung 115: Untersuchungsbereich MP1 (links) und Infrarot Thermographie (IR_T) (rechts) aufgenommen am 05.07.2024, 10:37 Uhr, Lufttemperatur 24,7 °C; Steinbauer Development [DB1-i] (©IBLB).

4.10.7 Stomatäre Leitfähigkeit

Die stomatäre Leitfähigkeit wurde an 5 Messpunkten erhoben (Abbildung 116). An jedem MP wurden 5 Blätter von Kleingehölzen (Apfelbaum, Flieder, Hasel u.a.) untersucht (n=5). Die MP weisen sehr heterogene stomatäre Leitfähigkeiten auf. Die Werte liegen zwischen 53 und 570 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Der Maximalwert von 570 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ wurde bei MP 1 erreicht. Der Mittelwert der Messungen (n=25) beträgt 252 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

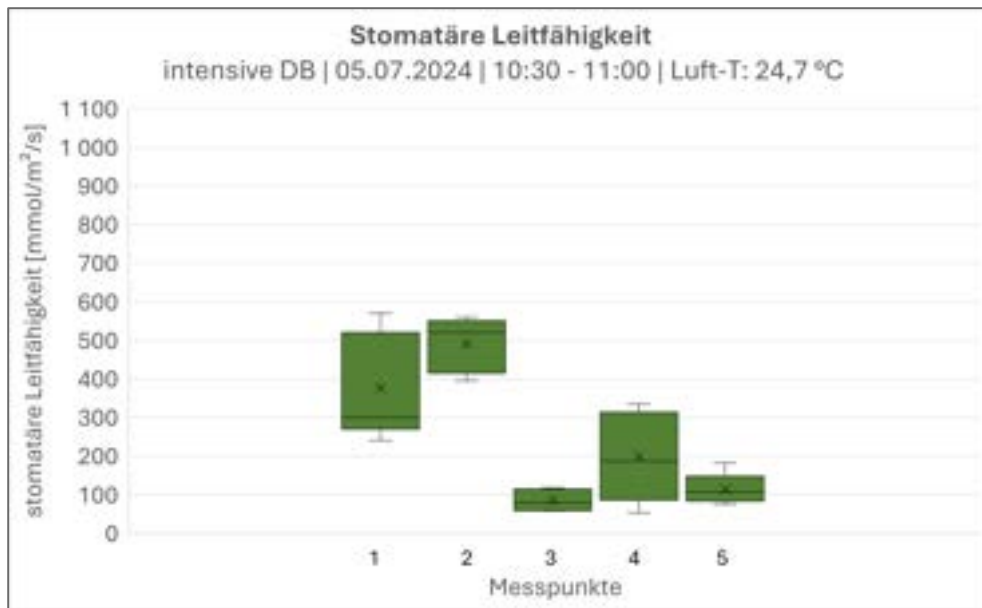


Abbildung 116: Stomatäre Leitfähigkeit [$\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$] gemessen an Gehölzen (Apfelbaum, Flieder, Hasel u.a.) am 05.07.2024 von 10:30 bis 11:00 Uhr; Steinbauer Development [DB1-i] (©IBLB).

4.11DB | HTL St. Pölten, extensiv [DB2-e]

Das Extensivgründach war ein HEDWIG-Dauermessobjekt. Zusätzlich wurden Messkampagnen durchgeführt.

4.11.1 Factsheet HTL St. Pölten, extensiv [DB2-e]



Abbildung 117: HTL St. Pölten extensiv, links: extensive sowie angrenzendes reduziert-intensive Dachbegrünung, rechts: Strahlungssensor in Sedum-Bestand (©IBLB).

Allgemeine standortbezogene Informationen

- **Bundesland:** Niederösterreich
- **Adresse:** Waldstraße 3, 3101 St. Pölten

Gebäudebezogene Informationen

- **Gebäudetyp:** Schule/Ausbildungsstätte
- **Gebäudenutzung:** öffentlich
- **Baujahr/Bauperiode:** 1913

Begrünungsbezogene Informationen

- **Begrünungsart:** extensive Dachbegrünung
- **Errichtung der Begrünung:** 2018
- **Zielfläche, gesamt:** ca. 1.166 m²
- **Pflanzenarten:** Sukkulente und Kräuter

Ergänzende Informationen

20 cm Dämmung (SP2)

Limitierende Faktoren

keine

4.11.2 Wärmedurchfluss im Substrat, Substratfeuchte und -temperatur

Das Extensivgründach ist geprägt von mittleren Wärmedurchflussraten im Substrat und ausgeprägten Tagespeaks zwischen etwa $+20$ und -9 W/m^2 (Abbildung 118). Insgesamt kommt es zu Wärmegewinnen an der Abdichtungsschicht unterhalb des Substrats. Beim Starkregenereignis reagierte das Gründach mit einem Rückgang der Wärmedurchflussrate mit einem mittleren Niveau von $-0,6 \text{ W/m}^2$ ($\text{SD} = 1,8$). Niederschläge sind in der Regel durch tiefere Peaks im negativen Bereich erkennbar.



Abbildung 118: Wärmedurchfluss im Substrat Juni - September 2024, extensive Dachbegrünung [HTL St. Pölten, Niederösterreich] (©IBLB).

In der Winterperiode November 2024 bis Februar 2025 (Abbildung 119) zeigte der Wärmedurchfluss Tagesschwankungen von $-4,7 \text{ W/m}^2$ bis $10,2 \text{ W/m}^2$ durch Sonneneinstrahlung. Über den gesamten Winter hinweg lag der Wärmedurchfluss im Mittel bei $0,6 \text{ W/m}^2$ ($\text{SD} = 1,8$). Im Jänner sind keine Tagesgänge erkennbar, hier wird von Stromausfall durch den Frost ausgegangen. Das Substrat erscheint hier thermisch stabil. Die Dämmung des Daches verhindert den Wärmefluss ins Gebäudeinnere als auch nach außen. Dies zeigt sich durch weitgehend fehlende negative Wärmeströme.

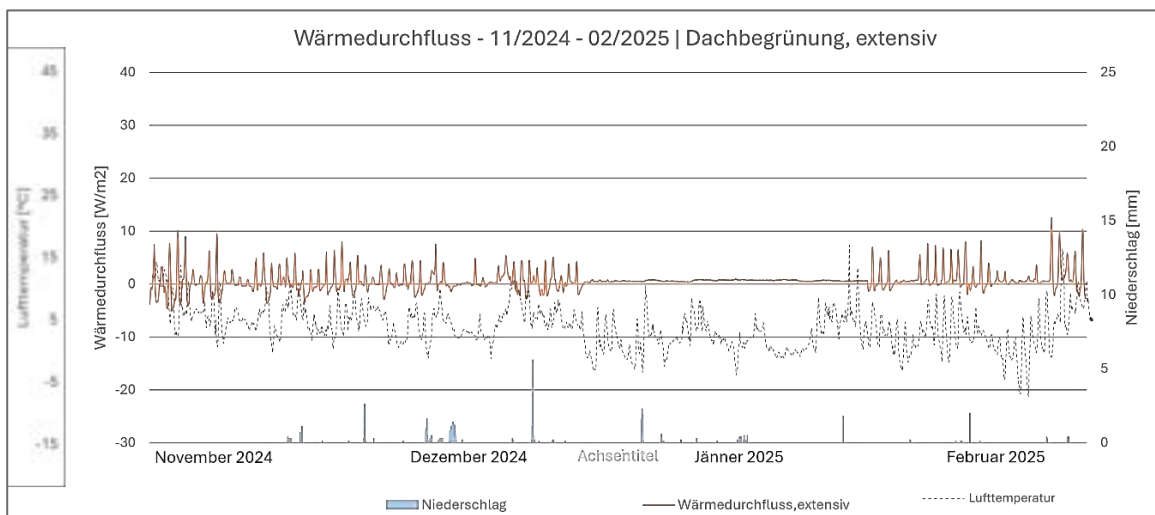


Abbildung 119: Wärmedurchfluss im Substrat November 2024 - Februar 2025, extensive Dachbegrünung [HTL St. Pölten, Niederösterreich].

Fokussiert man auf das Starkregenereignis im September 2024, so zeigten sich beim Wärmedurchfluss höhere Amplituden (Abbildung 120). Dies bedeutet, dass bei [DB2-e] sowohl höhere Energieeinträge als auch -verluste im Tagesverlauf erfolgen, in Summe aber die Einträge zur Gebäudehülle überwiegen. Im Zuge des Starkregenereignisses lag der Wärmedurchfluss im Schnitt bei $-7,7 \text{ W/m}^2$ (SD = 5,6) mit deutlich geringeren Schwankungen analog der Luft-T, auch da Sonneneinstrahlung fehlt. Nach dem Ereignis ist ein überhöhter Ausschlag sichtbar, danach pendelt der Durchfluss auf dem Niveau vor dem Regenereignis weiter. Der Wärmestrom ist durch den höheren Wassergehalt und die damit verbundene Wärmekapazität und -leitfähigkeit der Substratschicht gut erklärbar.

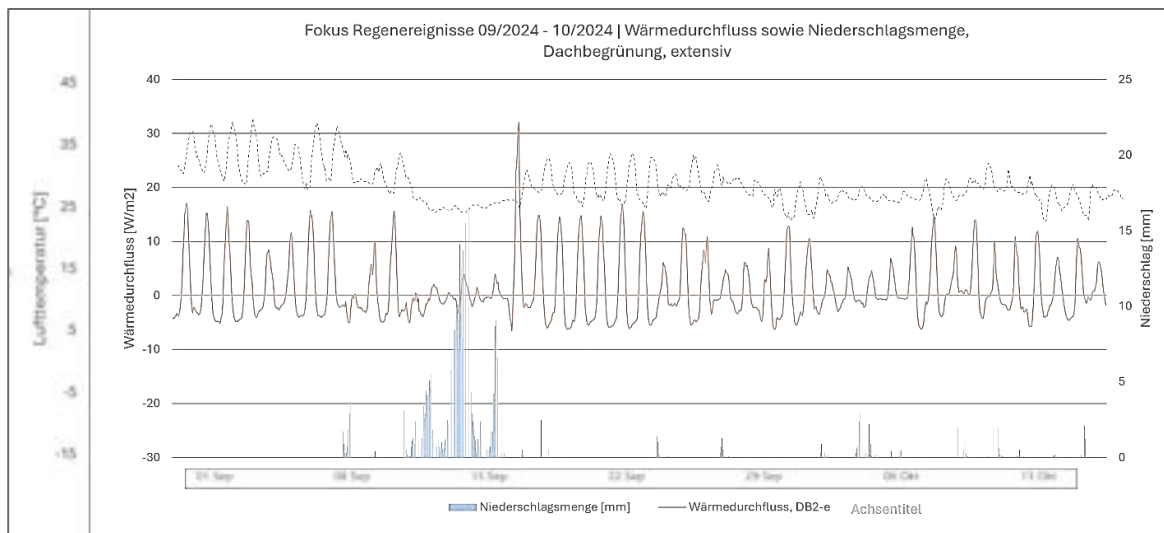


Abbildung 120: Wärmedurchfluss bei Regenereignis, September sowie Oktober 2024, extensive Dachbegrünung [HTL St. Pölten, Niederösterreich] (©IBLB).

Während der Hitzetage Anfang September 2024 ist das Extensivsubstrat nahezu trocken. Die Substratfeuchte steigt durch die Starkregenereignisse beim Extensivgründach 2-mal beinahe sprunghaft an (Abbildung 121). Im Zuge des Großereignisses erreichte die Substratfeuchte eine Sättigung von nahe 30 Vol.-%, die auch während der Extremregenmengen gehalten wurde. Nach der Regenperiode bleibt die Substratfeuchte auf hohem Niveau und nimmt langsam ab und lag im Mittel bei 24,9 Vol.-% (SD =1,8). Das Niveau stieg mit den wiederkehrenden Kleinregenereignissen ab Ende September wieder auf etwa 30 Vol.-% und wurde im Herbst stabil gehalten. Hier ist die gute Speicherkapazität des Substrats erkennbar.

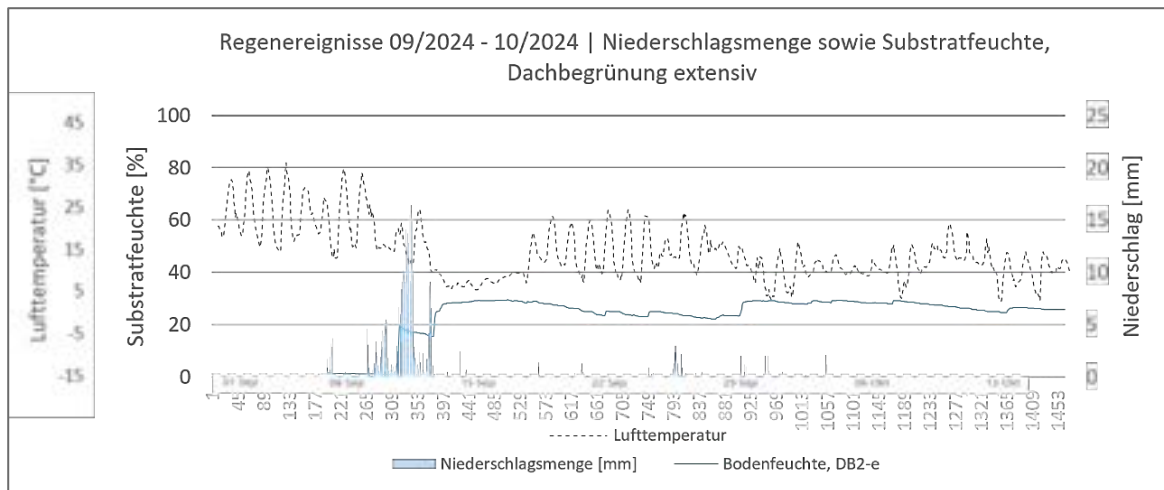


Abbildung 121: Substratfeuchte bei Regenereignis, September sowie Oktober 2024, extensive Dachbegrünung [HTL St. Pölten, Niederösterreich] (©IBLB).

Das extensive Gründach wies im September bis Oktober 2024 starke Tagesschwankungen bei der Substrattemperatur auf mit analogen Mustern zur Lufttemperatur (Abbildung 122) auf. Während der Hitzetage pendelt die Substrattemperatur um die Lufttemperatur. Im Zuge der Niederschläge sank die Temperatur im Substrat nach den Hitzetagen mit 35 °C Tagesmaxima auf 5 °C ab und reagierte somit direkt auf den Abfall der Luft-T. In den Folgewochen pendelten die Substrattemperaturen zwischen 10 und 15 °C analog zur Lufttemperatur, bleiben aber niedriger.

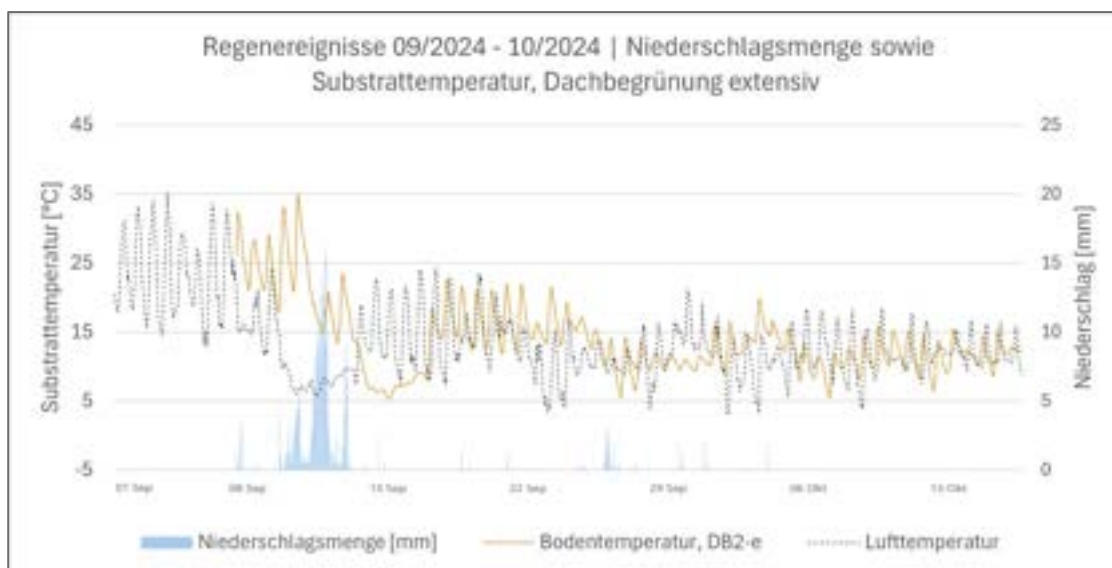


Abbildung 122: Substrattemperatur bei Regenereignis, September sowie Oktober 2024, extensive Dachbegrünung [HTL St. Pölten, Niederösterreich] (©IBLB).

4.11.3 Blattflächenindex (LAI), Deckungsgrad und Pflanzenvitalität

Der **Leaf Area Index (LAI)** und der **projektive Deckungsgrad** an fünf Messpunkten (MP) 2023 und 2024 untersucht (Abbildung 123). Die Mittelwerte von LAI liegen 2023 bei 0,5 und 2024 bei 0,9. Die größten Unterschiede der LAI-Werte sind bei MP 4 und MP5, mit einer Differenz von etwa 1

erkennbar. Beim Deckungsgrad gibt es bei allen MP deutlichere Differenzen von >20 %, die größte Differenz bei MP 4 mit etwa 50 %. Die Mittelwerte vom Deckungsgrad lagen 2023 bei 67,4 % und 2024 bei 96 %, was eine starke Zunahme darstellt und sich auch in einem mittleren Anstieg des LAI spiegelt.

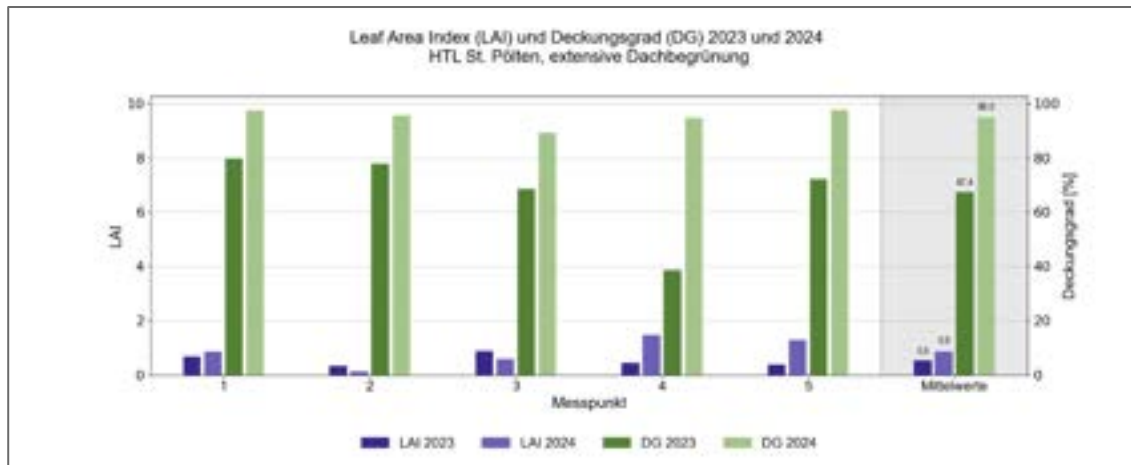


Abbildung 123: Leaf Area Index (LAI) und projektiver Deckungsgrad (DG_{proj}), Messkampagnen 2023 und 2024; HTL St. Pölten [DB2-e] (©IBLB).

Bei der Betrachtung der **Pflanzenvitalität** wird ersichtlich, dass die Begrünung eine konstant gute Vitalität aufwies (Abbildung 124). Die Vegetation war bereits 2023 gut etabliert mit kleiner Steigerung der Parameterwerte 2024.



Abbildung 124: Bewertungsscheck der Pflanzenvitalität anhand von 5 Parametern Messkampagne 2023 (durchgezogen) und Messkampagne 2024 (gepunktet); HTL St. Pölten [DB2-e] (©IBLB).

4.11.4 Kurz- und langwellige solare Einstrahlung und Reflektion

In der Messkampagne 2024 wurden zusätzlich klimatische Parameter, insbesondere die **Solarstrahlung** einschließlich der Wärmestrahlung, erfasst. Dabei zeigte sich, dass die emittierte langwellige Strahlung (Ausstrahlung) im gemessenen Zeitraum 45 % höher als die einfallende langwellige Strahlung ist. Diese erfolgt durch den Energieeintrag durch kurzwellige Strahlung in der extensiven Dachbegrünung (6,4 kWh). Der abrupte Rückgang der eintreffenden kurzweligen Strahlung (lila Linie) um 14:00 ist auf eine kurze und leichte Bewölkung zurückzuführen. Die langwellige Strahlung (rot) ist bereits morgens bei etwa 350 W/m². Die hohe langwellige Ausstrahlung resultiert aus der hohen Oberflächentemperatur des aufgeheizten Substrats. Die Lufttemperatur nahe der extensiven Begrünung ist im gemessenen Zeitraum im Schnitt um 1,6 °C wärmer als oberhalb der Begrünung, da sich der Substratkörper stark erwärmt. Durch die dünne Vegetationsschicht wurden 83 % transmittiert und vom Dachsubstrat absorbiert. Im Tagesverlauf wurden von der kurzweligen Strahlung im Schnitt 12 % reflektiert (Abbildung 125).

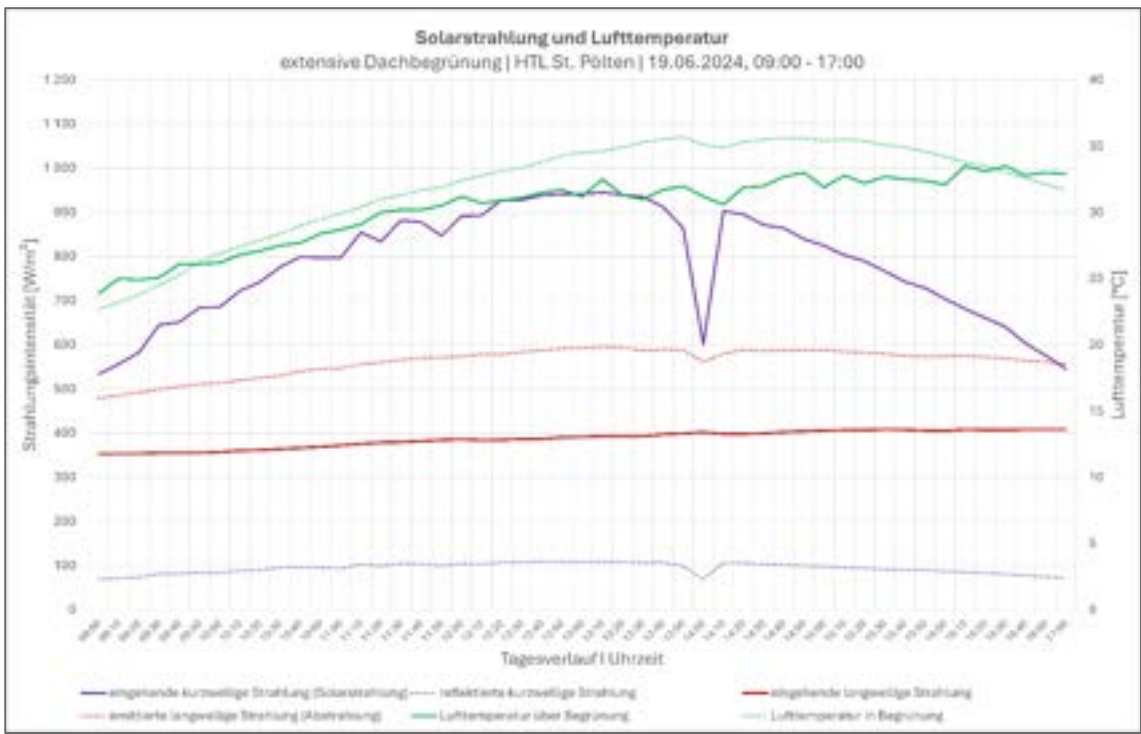


Abbildung 125: Tagesverlauf der Solarstrahlung [W/m²] und Lufttemperatur [°C] vom 05.07.2024 09:00 bis 17:00 Uhr; Steinbauer Development [DB-1i] (©IBLB).

4.11.5 Kennwerte HTL St. Pölten [DB2-e]

In Tabelle 13 sind alle Kennwerte angeführt, die während der Messkampagne 2024 erfasst wurden und als Mittelwerte dargestellt.

Tabelle 13: Übersicht der Mittelwerte der pflanzenphysiologischen und klimatischen Parameter vom 19.06.2024, 09:00 bis 17:00 Uhr; HTL St. Pölten [DB2-e].

Pflanzenphysiologische und klimatische Parameter (MW)	19.06.24, 09:00 – 17:00
---	-------------------------

Ø 30,3°C, Tageshöchstwert: 33,5°C	
Kub. Pflanzvolumen [m³/m²] [n=5]	0,1
Proj. Deckungsgrad [%] (n=5)	95,0
Zieldeckungsgrad [%]	99,0
LAI (n=15)	0,9
Blatttemperatur [°C] (n=25)	n.v.
Stomatäre Leitfähigkeit [mmol m ⁻² s ⁻¹] (n=25)	n.v.
Δ Lufttemperatur vor/hinter Begrünung [°C]	1,6
Δ relative Luftfeuchte vor/in Begrünung [%]	18,5
Δ absolute Luftfeuchte vor/in Begrünung [g/m³] (Veränderung in %)	7,7 (45,6 %)
<i>Bioshading Coefficient</i> (Grünverschattungsfaktor)*	0,8
Tagessumme eintreffende kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]	6,4
Tagessumme refl. kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]	0,8
Δ Tagessumme kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]	5,6
Transmission [%]	83,2
Reflexion [%]	12,1
Absorption [%]	n.v.
Transpirationsrate [ml/m²/h] (n=25) *	n.v.
Verdunstungsenthalpie [W/m²] *	n.v.
*sensorbasiert **errechnet n.v. = nicht verfügbar	

4.11.6 Infrarotwärmebild mit Oberflächentemperaturdifferenzen

Das Temperaturspektrum am **Infrarotwärmebild** reicht von 25° C bis 50° C. Die Luft-T zum Messzeitpunkt von 32,4 °C wird in der Temperaturskala weiß angezeigt (Abbildung 126). Die extensive Dachbegrünung ist im Vergleich zu anderen Oberflächen teilweise kühler. M1 zeigt den kühlgsten Messpunkt an der Vegetation und ist mit 30,3 °C kühler als die Luft-T und M2, welche mit 47° C eine höhere Temperatur zeigt. Es entsteht eine Differenz der Oberflächentemperatur von bis zu 16 °C. Deutlich erkennbar sind die kühlen Baumkronen im Hintergrund.

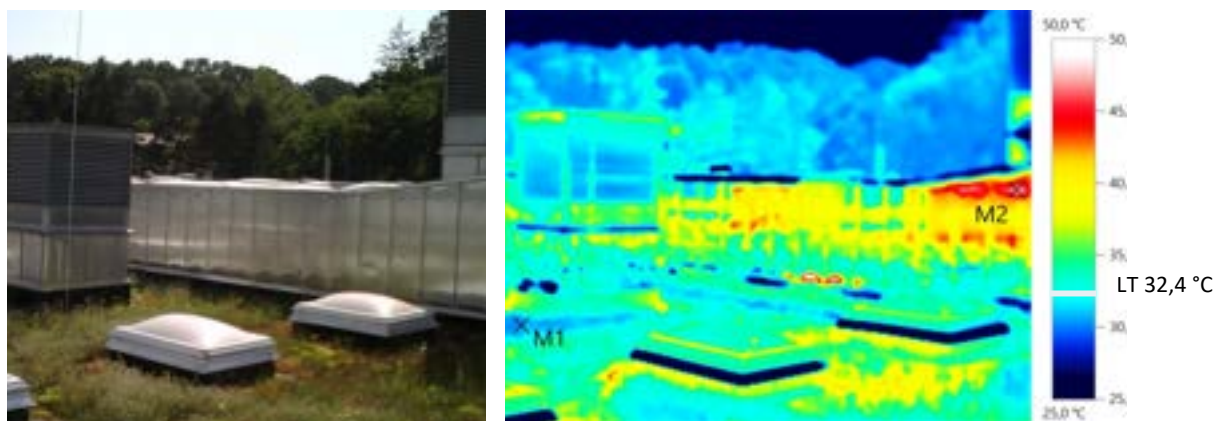


Abbildung 126: Untersuchungsbereich (links) und Infrarot Thermographie (IRT) (rechts) aufgenommen am 19.06.2024, 16:13 Uhr, Lufttemperatur 32,4 °C; HTL St. Pölten [DB-2e] (©IBLB).

4.11.7 Innenraumsituation

4.11.7.1 Bewertung der Behaglichkeit mit dem adaptiven Komfortmodell nach ÖNORM EN 16798-1

Der Raum [DB-e] mit extensiver Dachbegrünung am Standort St. Pölten weist trotz der identischen klimatischen Rahmenbedingungen mit dem Intensivgründach in St. Pölten ein signifikant verändertes thermisches Profil auf. Dieser Raum verfügt über eine 20 cm starke Dämmung oberhalb der Betonrippendecke. Diese bauliche Konfiguration führt dazu, dass der direkte thermische Austausch zwischen dem Außenraum und dem Innenraum stark gedämpft wird.

Die Auswertung der adaptiven Behaglichkeit nach ÖNORM EN 16798-1 liefert für diesen Fall eine Verteilung von 378 Stunden in Kategorie I, 271 Stunden in Kategorie II und eine Stunde in Kategorie III. Im Gegensatz zu den Messreihen in Wien, die durch ein eher kühles Temperaturniveau geprägt waren, konzentrieren sich die Stundenmittelwerte an diesem Standort fast ausschließlich im oberen Bereich der jeweiligen Komfortgrenzen. Es konnten keinerlei kühle oder kalte Werte unterhalb der Behaglichkeitskriterien verzeichnet werden (Abbildung 127).

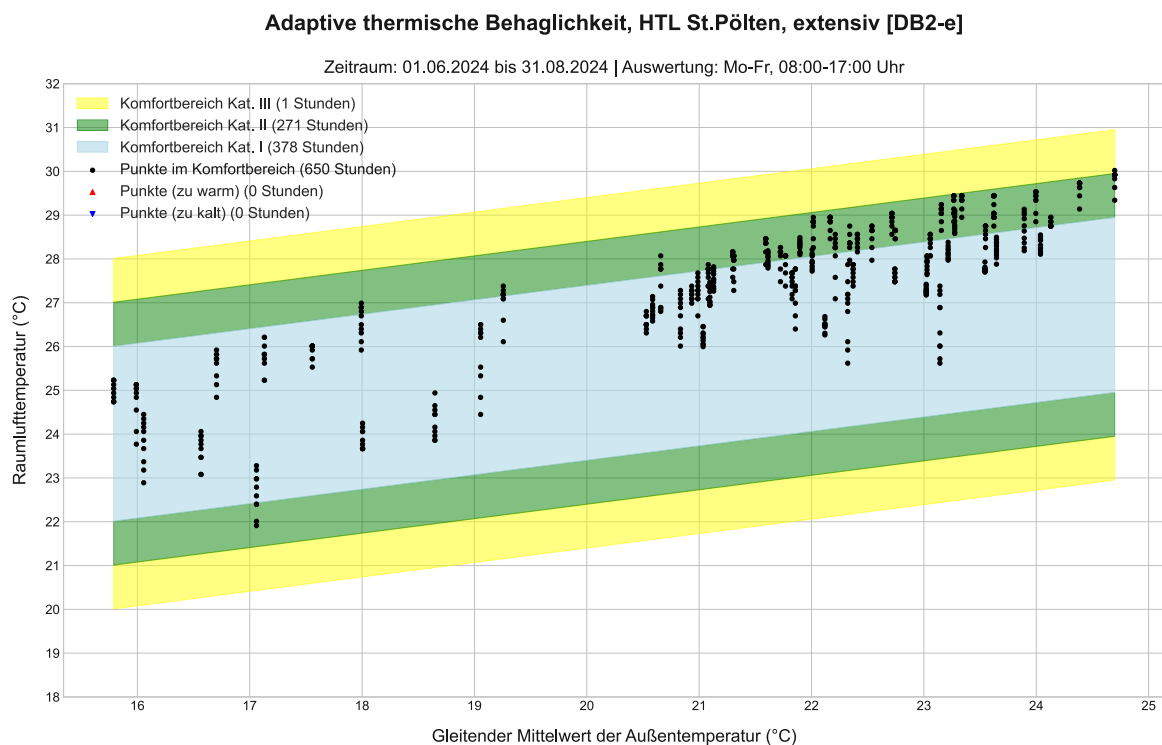


Abbildung 127: Adaptive thermische Behaglichkeit nach ÖNORM EN 16798-1 für Juni bis August 2024; extensive Dachbegrünung, HTL St. Pölten [DB2-e] (©IBO).

4.11.7.2 Behaglichkeitsmodell nach Freymark und Leusden

Der Vergleich zwischen den beiden Gründachvarianten am Standort St. Pölten verdeutlicht den massiven Einfluss des Schichtaufbaus und der Dämmstrategie auf die thermische Behaglichkeit nach der Methodik von Freymark und Leusden. Für den Raum mit der extensiven Dachbegrünung und 20 cm Dämmung (SP2) wurden 78 Stunden als behaglich, 143 Stunden als noch behaglich und 429 Stunden als außerhalb der Komfortgrenzen identifiziert. Im direkten Kontrast dazu stehen die Ergebnisse für das ungedämmte Flachdach mit dem 35 cm starken, reduziert intensiven Substrataufbau [DB-ri], welches zwar lediglich 30 Stunden im behaglichen Bereich, dafür jedoch 241 Stunden im Bereich noch behaglich und mit 379 Stunden signifikant weniger Zeit außerhalb der Behaglichkeitsgrenzen verzeichnet (Abbildung 128). Diese Verteilung lässt darauf schließen, dass die 20 cm starke Wärmedämmung des extensiven Dachs zwar an moderaten Tagen für eine höhere Anzahl an idealen Komfortstunden sorgt, jedoch bei anhaltender Hitzeeinwirkung eine höhere Anzahl an Überschreitungen (429 h) hervorruft.

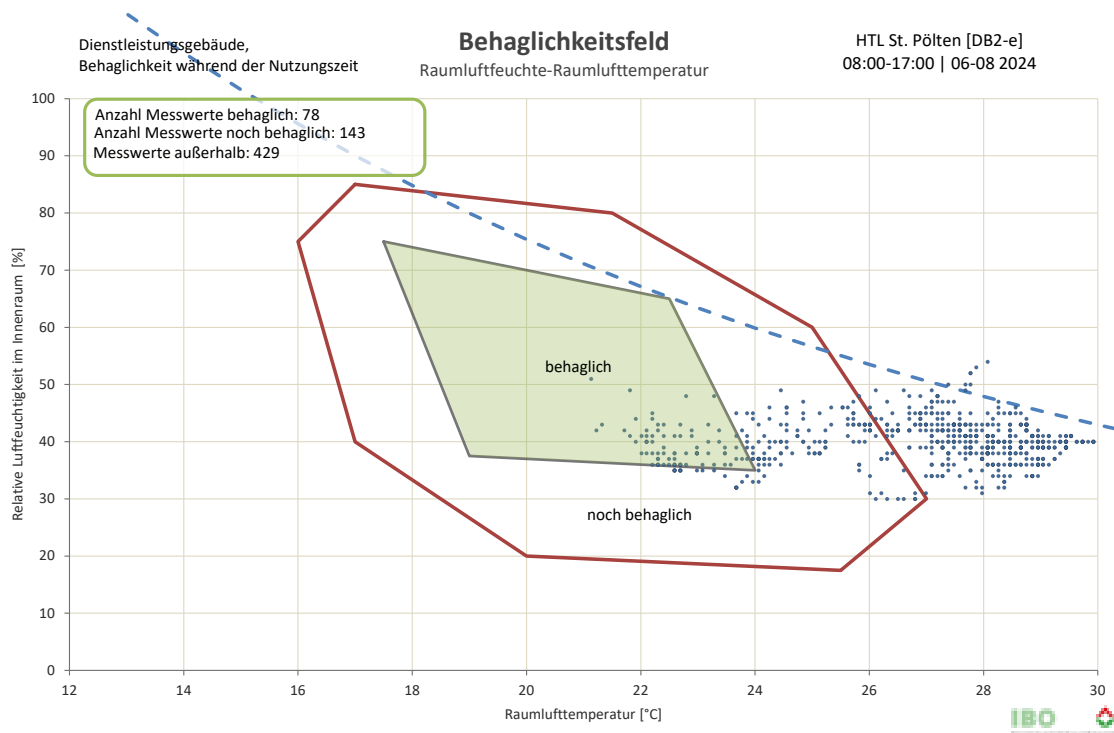


Abbildung 128: Thermische Behaglichkeit nach Freymark und Leusden (1951) für Juni bis August 2024; extensive Dachbegrünung, HTL St. Pölten [DB2-e] (©IBO).

4.11.7.3 Ergebnisse aus dem Innenraummonitoring

Im Zeitraum von Juni bis August 2024 lag die mittlere Raumlufthumidität bei 27,6 °C, während an der Deckenoberfläche ein Mittelwert von 27,3 °C gemessen wurde. Der resultierende Bias von lediglich 0,22 K verdeutlicht, dass die Dämmung eine hocheffektive thermische Entkopplung bewirkt. Die Deckenoberfläche passt sich nahezu vollständig der Raumlufthumidität an, was durch die hohe Korrelation von 0,96 bestätigt wird. Die dämmende Wirkung verhindert zwar ein starkes Aufheizen der Decke durch solare Gewinne auf dem Dach, limitiert jedoch gleichzeitig das

Potenzial der extensiven Dachbegrünung, zur Kühlung des Raumes beizutragen. Die Maximaltemperaturen im Raum erreichten dabei bis zu 30,0 °C (Abbildung 129).

In den Wintermonaten (Dezember 2023 bis Februar 2024) vergrößert sich der Bias auf 1,7 K, wobei die Raumluft im Mittel 23,3 °C und die Deckenoberfläche in der abgehängten Decke 21,6 °C betrug. Dies zeigt, dass die thermischen Verluste über die Dachfläche im Winter präsenter sind als die Wärmegewinne im Sommer, wobei die abgehängte Decke auch hier den Luft- und Wärmeaustausch mit dem Raum behindert.

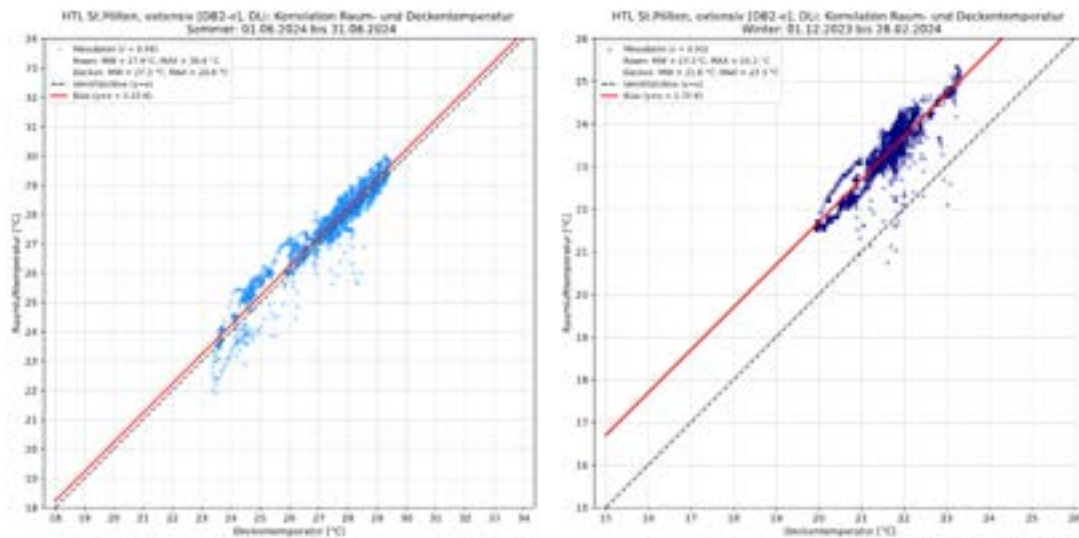


Abbildung 129: Korrelation Raumluft- und Oberflächentemperatur, Sommer/Winter 2024; extensive Dachbegrünung, HTL St. Pölten [DB2-e] (©IBO).

4.12 **DB** | HTL St. Pölten, reduziert-intensiv [DB2-ri]

4.12.1 *Factsheet* HTL St. Pölten, reduziert-intensiv [DB2-ri]



Abbildung 130: HTL St. Pölten reduziert-intensiv, links: Gräser und Kräuter Bestand, rechts: Klimastation mit Solarpanel (IBLB).

Allgemeine standortbezogene Informationen

- **Bundesland:** Niederösterreich
- **Adresse:** Waldstraße 3, 3101 St. Pölten

Gebäudebezogene Informationen

- **Gebäudetyp:** Schule/Ausbildungsstätte
- **Gebäudenutzung:** öffentlich
- **Baujahr/Bauperiode:** 1913
- **Wärmedämmung:** seit Renovierung vorhanden

Begrünungsbezogene Informationen

- **Begrünungsart:** extensive Dachbegrünung
- **Errichtung der Begrünung:** 2018
- **Zielfläche, gesamt:** ca. 168 m²
- **Pflanzenarten:** Gräser und Kräuter

Ergänzende Informationen

Keine Dämmung; hochspeicherfähiges Pflanzensubstrat

Limitierende Faktoren

keine

4.12.2 Wärmedurchfluss im Substrat, Substratfeuchte und -temperatur

Das reduziert-intensive Gründach zeigte in der Sommerperiode ein ausgeglichenes Wärmedurchflussbild, gemessen unterhalb der Substratauflage (Abbildung 131). Es sind kaum Energieeinträge oder -verluste ablesbar. Lediglich beim Starkregenereignis im September 2024 war ein starker Abfall in den Negativbereich zu verzeichnen. Das zeigt eine Wärmeabgabe während des Niederschlags. Hier fiel die Luft-T um etwa 20° C. Die höhere Substratschicht am Objekt [DB2-ri] beherbergt eine wesentlich höhere Pflanzendichte und Biomasse oberhalb als auch innerhalb des Substrats. Damit ist wesentlich mehr Beschattung gegeben, es kommt weniger solare Einstrahlung an und das Temperaturregime bleibt stabil, damit erklärt sich auch der geringe Wärmefluss.

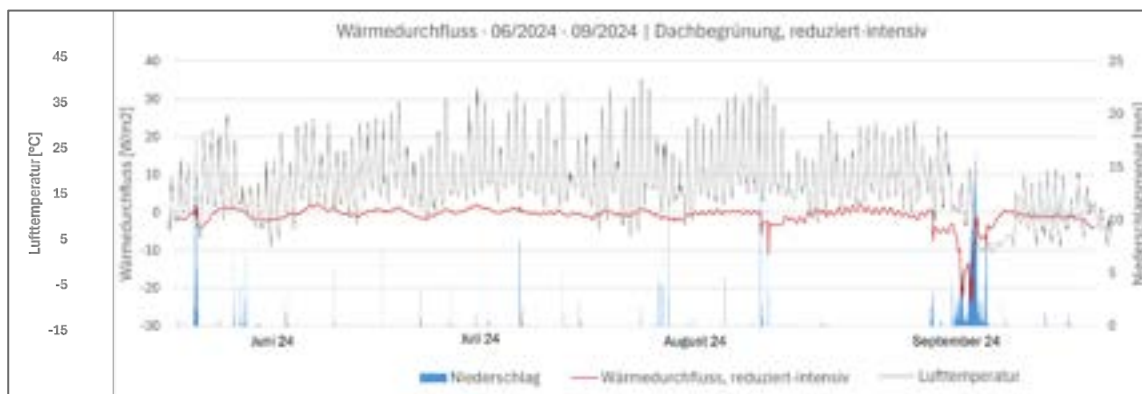


Abbildung 131: Wärmedurchfluss Juni - September 2024, reduziert-intensive Dachbegrünung [HTL St. Pölten, Niederösterreich] (©IBLB).

Im Winter zwischen November 2024 und Februar 2025 (Abbildung 132) nahm der Wärmedurchfluss im Substrat ein stabiles Niveau ein, welches von -9 W/m² bis knapp über 0 W/m² reichte. Tagesgänge sind kaum erkennbar, auch kein Einfluss von Niederschlag, lediglich eine leichte Niveauerhöhung ist sichtbar bei Anstieg der Luft-T über die Frostgrenze. Im Mittel lagen die Wärmedurchflussraten bei -6,5 W/m² (SD = 1,1).

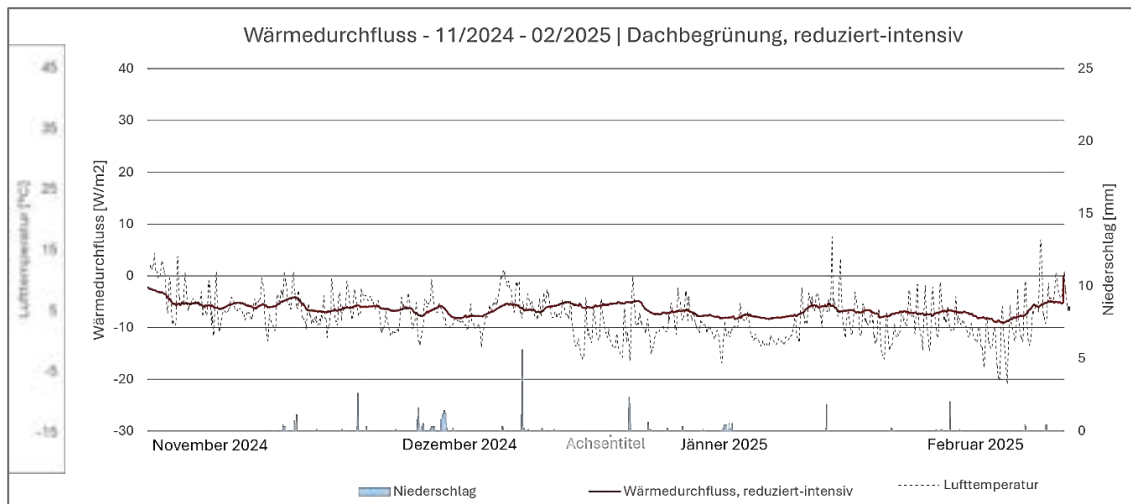


Abbildung 132: Wärmedurchfluss November 2024 - Februar 2025, reduziert-intensive Dachbegrünung [HTL St. Pölten, Niederösterreich] (©IBLB).

Fokussiert man auf das Starkregenereignis im September 2024, so sind gering ausgeprägte Tagesgänge vor und nach dem Ereignis erkennbar (Abbildung 133). Mit dem Regen schon am 8. September sowie mit jedem einsetzenden Regen zeigen Wärmeabgaben bzw. analog zum Temperaturabfall erreicht der Wärmeaustag Werte $< -20 \text{ W/m}^2$. Es zeigen sich kurzfristige Effekte des kühlen Regenwassers. Sobald sich dieses im Substratkörper erwärmt, sinkt die Wärmeleitfähigkeit. Im Schnitt betrug der Wärmedurchfluss $-0,3 \text{ W/m}^2$ (SD = 3,5). Die Tagesgänge waren Ende September und im Oktober deutlich geringer ausgeprägt. In dieser Phase blieb die Substratsättigung auf einem stabilen Niveau.

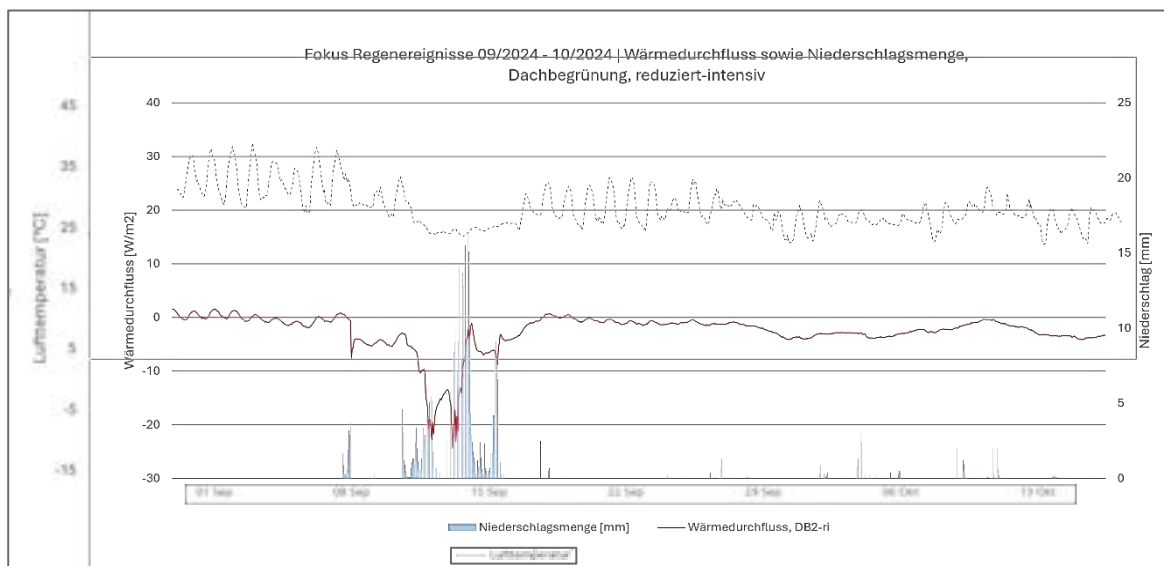


Abbildung 133: Wärmedurchfluss bei Regenereignis, September sowie Oktober 2024, reduziert-intensive Dachbegrünung [HTL St. Pölten, Niederösterreich] (©IBLB).

Vor dem Starkregenereignis im September 2024 stieg die Substratfeuchte beim reduziert-intensiven Gründach mit höherem Substrataufbau 2-mal stufenartig an, immer analog zu

Niederschlägen (Abbildung 134). Im Gegensatz zum Extensivgründach erreichte die erste Stufe nur das Niveau von etwa 13 Vol.-% in der höheren Substratschicht, erst mit der einsetzenden anhaltenden Starkregenperiode erhöhte sich die Substratfeuchte auf ca. 30 Vol.-%. Nach dem Niederschlag verblieb die Feuchte auf diesem stabilen Sättigungsniveau bis in den Spätherbst hinein (im Mittel bei 28,5 Vol.-%, SD = 1,1). Tagesschwankungen der Substratfeuchte sind hier im Gegenzug zu den warmen Septembertagen vor dem Niederschlagsereignis nicht erkennbar. Das Substrat nimmt das Wasser über 2 zeitlich versetzte Regenspenden bis zur Sättigung auf, speichert das Wasser und hält es langfristig in der Substratmatrix. Überschusswasser wird in der Regenperiode vom Dach abgeleitet.

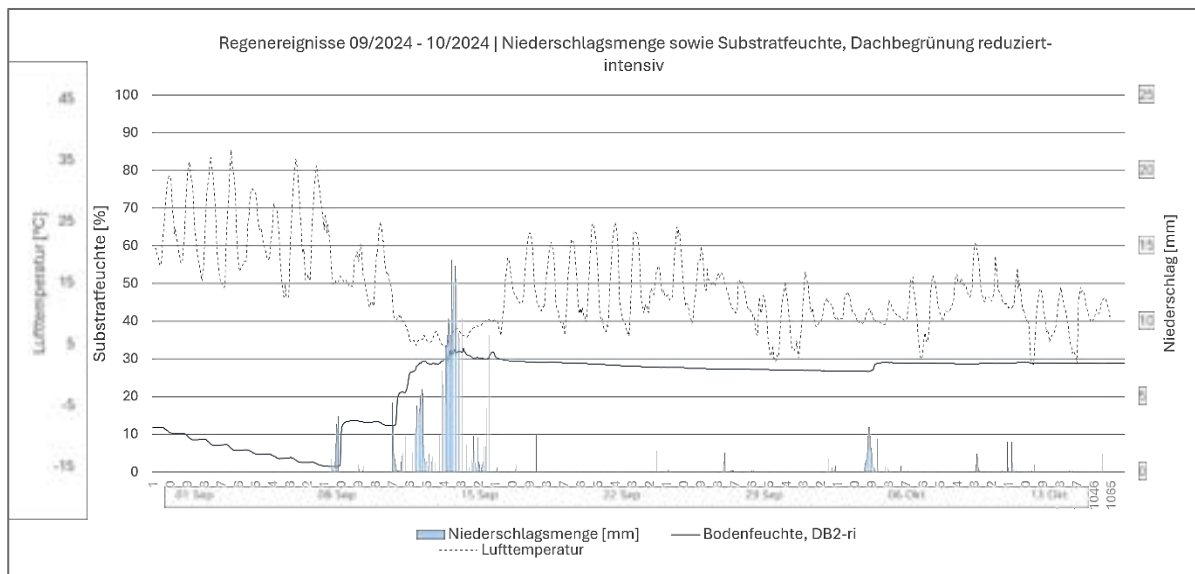


Abbildung 134: Substratfeuchte bei Regenereignis, September sowie Oktober 2024, reduziert-intensive Dachbegrünung [HTL St. Pölten, Niederösterreich] (©IBLB).

Das reduziert-intensive Gründach wies zwischen September und Oktober 2024 nur geringe Tagesschwankungen in der Substrattemperatur auf (Abbildung 135). Im Gegensatz zur extensiven Substratschicht erreichte die Maximaltemperaturen an den Hitzetagen nur etwa 27° C. Während des Niederschlags sank die Temperatur im Substrat, wobei die intensiv-reduzierte Substratschicht träge erst auf höhere Regenmengen mit Lufttemperaturabnahme reagierte.

Nach dem Niederschlagsereignis blieb die Substrattemperatur auf einem stabilen Niveau mit klar erkennbaren Tagesgängen, die in einem engen Korridor mit der Lufttemperatur korrelieren. Im Gegensatz dazu ist der Substrattemperaturkorridor im Extensivgründach deutlich weiter.

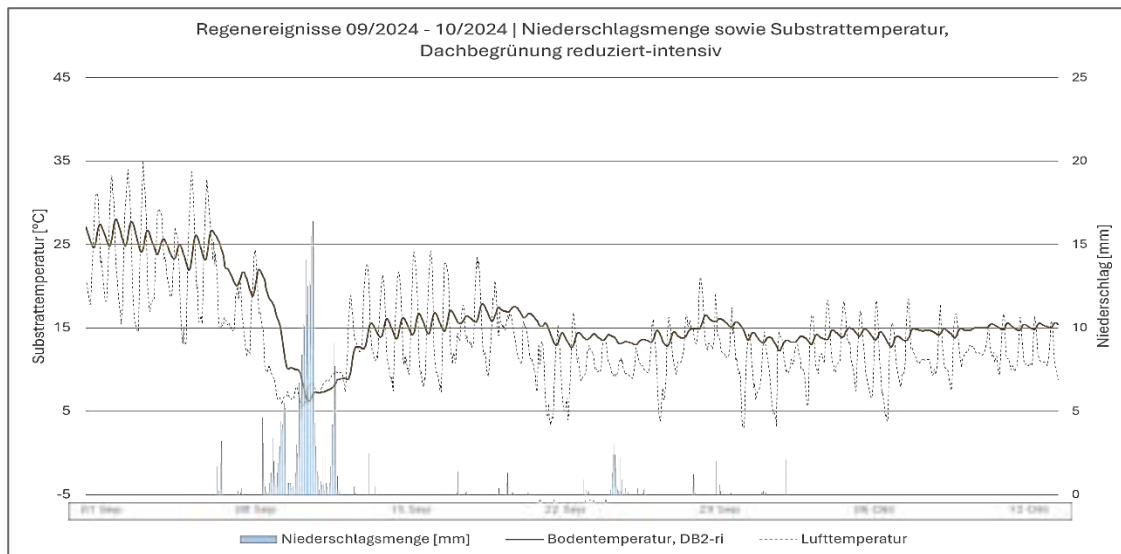


Abbildung 135: Substrattemperatur bei Regenereignis, September sowie Oktober 2024, reduziert-intensive Dachbegrünung [HTL St. Pölten, Niederösterreich] (©IBLB).

4.12.3 Blattflächenindex (LAI), Deckungsgrad und Pflanzenvitalität

Der **Leaf Area Index (LAI)** war 2023 auf einem eindeutig niedrigeren Niveau auf allen Messpunkten (im Mittel 2), während 2024 ein Mittel von 4,5 erreicht wurde (Abbildung 136). Jedoch zeigten sich die Messpunkte wenig homogen mit Werten zwischen 3 und > 6. Die größten Unterschiede der LAI-Werte sind bei MP 2 und MP3, mit einer Differenz von etwa 3-4. Der **projektive Deckungsgrad** hingegen war über die Messpunkte hinweg sehr homogen > 95%. Die Mittelwerte 2023 weichen mit 97,2 % (2023) und 100 % (2024) nur gering voneinander ab.

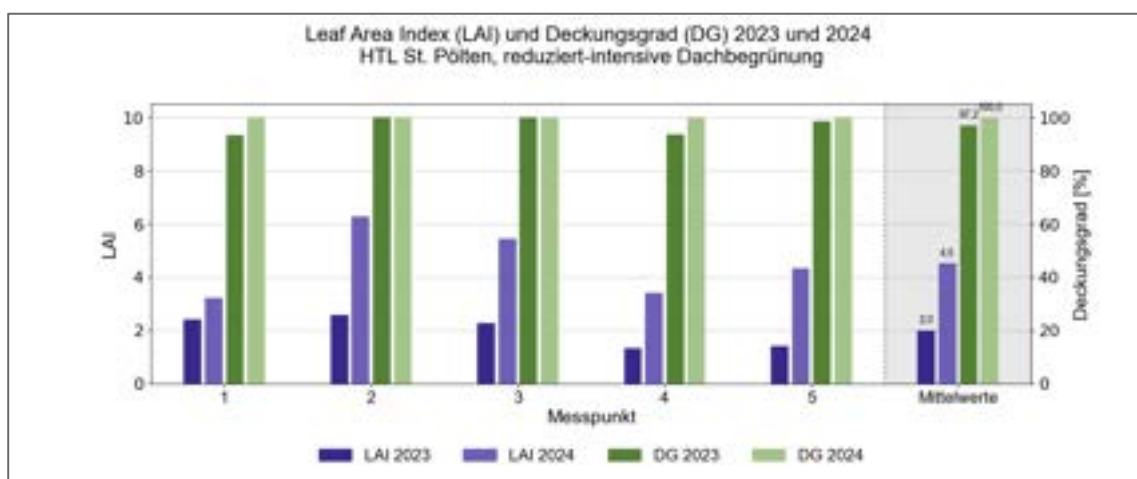


Abbildung 136: Leaf Area Index (LAI) und projektiver Deckungsgrad (DG_{proj}), Messkampagnen 2023 und 2024; HTL St. Pölten [DB2-ri] (©IBLB).

Bei der Betrachtung der **Pflanzenvitalität** wird ersichtlich, dass die Begrünung eine konstant gute Vegetation und Vitalität aufwies (Abbildung 137). 2023 waren die Werte um 1 Bewertungskategorie höher als im Jahr 2024.

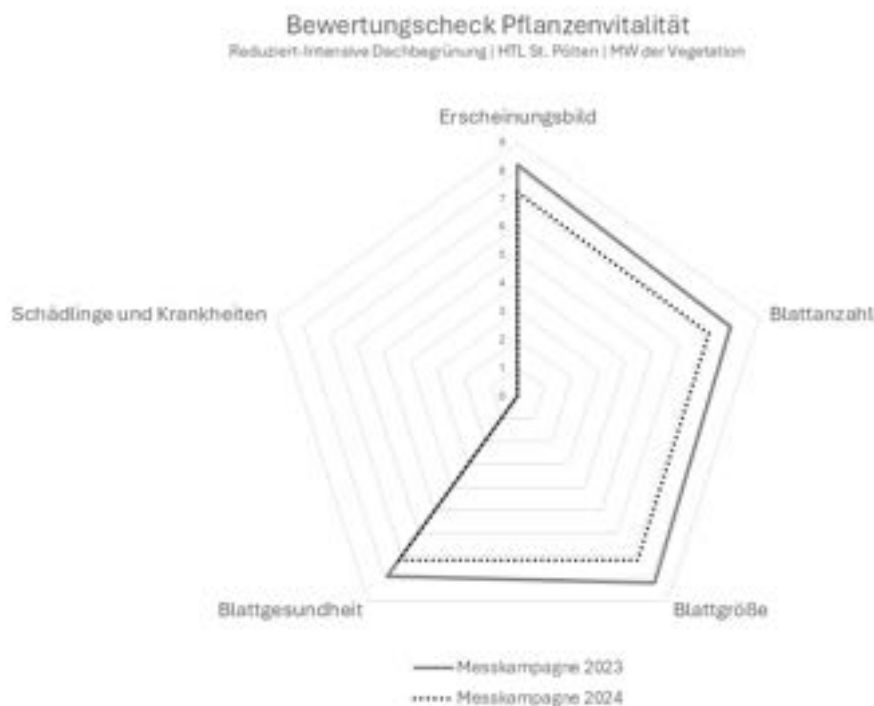


Abbildung 137: Bewertungsscheck der Pflanzenvitalität anhand von 5 Parametern Messkampagne 2023 (durchgezogen) und Messkampagne 2024 (gepunktet); HTL St. Pölten [DB2-ri] (©IBLB).

4.12.4 Kurz- und langwellige solare Einstrahlung und Reflektion

In der Messkampagne 2024 wurden zusätzlich klimatische Parameter, insbesondere die **Solarstrahlung** einschließlich der Ausstrahlung, erfasst. Der Energieeintrag durch kurzwellige Strahlung in der extensiven Dachbegrünung beträgt 6,2 kWh. Der abrupte Rückgang der eintreffenden kurzwelligen Strahlung (lila Linie) ist auf eine kurze und leichte Bewölkung zurückzuführen.

Die Lufttemperatur in der Begrünung ist im gemessenen Zeitraum 2,1 °C wärmer als über der Begrünung. Im Tagesverlauf wurden von der kurzwelligen Strahlung im Schnitt 1 % reflektiert, 17 % transmittiert und somit wurden 82 % absorbiert (Abbildung 138). Die geringe Reflexion ist hier vermutlich darauf zurückzuführen, dass der Sensor sehr nahe an der Vegetationsoberfläche positioniert war und die Reflexion möglicherweise nicht vollständig erfassen konnte. Durch den kurzwelligen Strahlungseintrag erhöht sich die langwellige Wärmestrahlung (rot gepunktet) der Dachbegrünung im betrachteten Zeitraum um 30 % im Tagesverlauf im Vergleich zur eingehenden langwelligen Strahlung (rote Linie). Die langwellige Strahlung (rot) ist bereits morgens bei knapp 400 W/m².

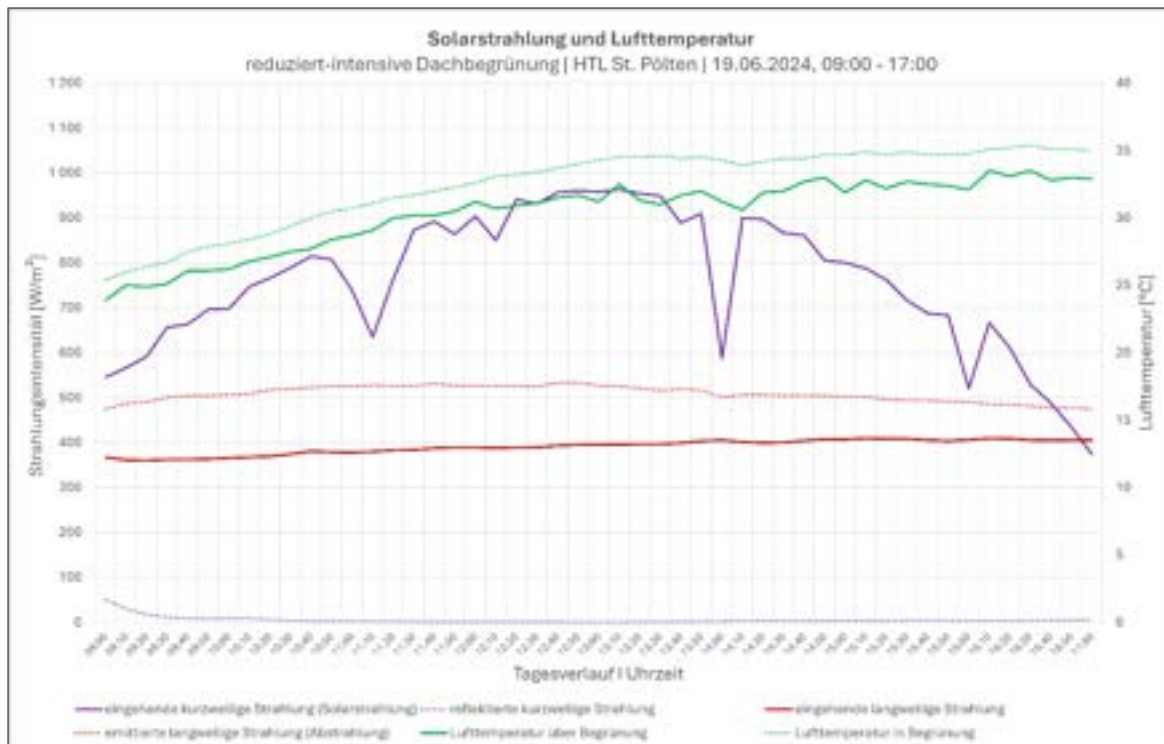


Abbildung 138: Tagesverlauf der Solarstrahlung [W/m^2] und Lufttemperatur [$^{\circ}\text{C}$] vom 19.06.2024 09:00 bis 17:00 Uhr; HTL St. Pölten [DB2-ri] (©IBLB).

4.12.5 Kennwerte HTL St. Pölten [DB2-ri]

In Tabelle 14 sind alle Kennwerte angeführt, die während der Messkampagne 2024 erfasst wurden und als Mittelwerte dargestellt.

Tabelle 14: Übersicht der Mittelwerte der pflanzenphysiologischen und klimatischen Parameter vom 19.06.2024, 09:00 bis 17:00 Uhr; HTL St. Pölten [DB2-ri].

Pflanzenphysiologische und klimatische Parameter (MW)		19.06.24, 09:00 – 17:00 Ø 30,3°C, Tageshöchstwert: 33,5°C
Kub. Pflanzvolumen [m^3/m^2] [n=5]		0,4
Proj. Deckungsgrad [%] (n=5)		100,0
Deckungsgrad der Zielfläche [%]		100,0
LAI (n=15)		4,5
Blatttemperatur [$^{\circ}\text{C}$] (n=25)		n.v.
Stomatäre Leitfähigkeit [$\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$] (n=25)		n.v.
Δ Lufttemperatur vor/hinter Begrünung [$^{\circ}\text{C}$]		2,1
Δ relative Luftfeuchte vor/in Begrünung [%]		-0,7
Δ absolute Luftfeuchte vor/in Begrünung [g/m^3] (Veränderung in %)		1,9 (11,2%)
Bioshading Coefficient (Grünverschattungsfaktor)*		0,2
Tagessumme eintreffende kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]		6,2
Tagessumme refl. kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]		0,0
Δ Tagessumme kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]		6,2
Transmission [%]		17,5

Reflexion [%]	0,8
Absorption [%]	81,7
Transpirationsrate [ml/m ² /h] (n=25) *	n.v.
Verdunstungsenthalpie [W/m ²] (14:00 – 15:00) *	n.v.

*sensorbasiert | **errechnet
n.v. = nicht verfügbar

4.12.6 Infrarotwärmebild mit Oberflächentemperaturdifferenzen

Das Temperaturspektrum am **Infrarotwärmebild** reicht von 27 °C bis 60 °C. Die Lufttemperatur zum Messzeitpunkt von 32,4 °C wird in der Temperaturskala weiß angezeigt (Abbildung 139). Die Vegetation der reduziert- intensive Dachbegrünung ist im Vergleich zu anderen Baumaterialien an der Oberfläche deutlich kühler. M1 zeigt den kühlgsten Messpunkt an der Vegetation und ist mit 30,7 °C kühler als die Luft-T und das Blechdach M2 (58,8° C). Es entsteht eine Differenz der Oberflächentemperatur von über 28 °C.

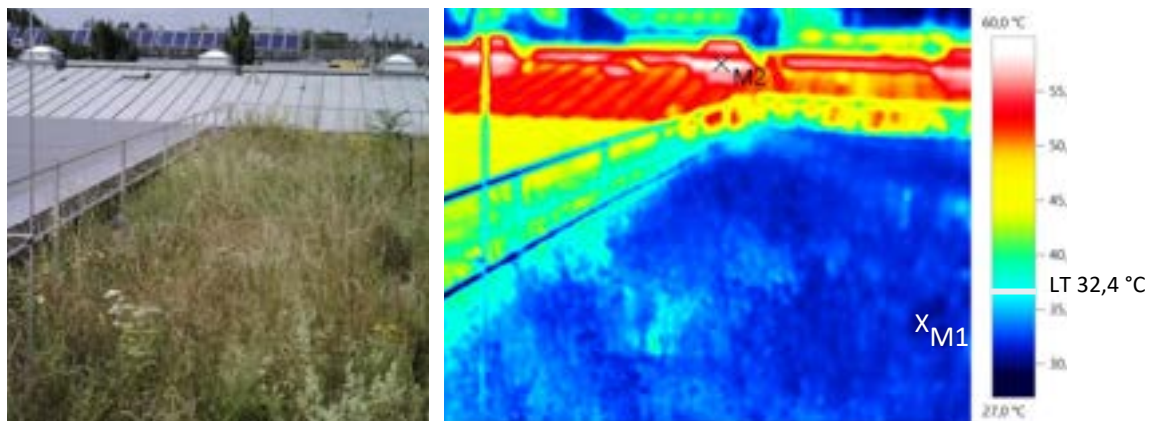


Abbildung 139: Untersuchungsbereich (links) und Infrarot Thermographie (IR_T) (rechts) aufgenommen am 19.06.2024, 16:13 Uhr, Lufttemperatur 32,4 °C; HTL St. Pölten [DB2-ri] (©IBLB).

4.12.7 Innenraumsituation

4.12.7.1 Bewertung der Behaglichkeit mit dem adaptiven Komfortmodell nach ÖNORM EN 16798-1

Ein weiterer Untersuchungsgegenstand am Standort St. Pölten ist ein Raum in einem Schulgebäude mit reduziert-intensiver Dachbegrünung. Der Raum verfügt über einen Gründachaufbau mit 35 cm Substrat ohne zusätzliche Dämmung. Die Auswertung der adaptiven Behaglichkeit ergibt 527 Stunden in Kategorie I und 95 Stunden in Kategorie II, wobei sich die Verteilung im Vergleich zum folgenden Nachbarraum (nächstes Unterkapitel) deutlich zum kühleren Ende des Spektrums verschiebt. Besonders hervorzuheben sind 18 Stunden, die der Kategorie III im kalten Bereich zugeordnet wurden, sowie 10 Stundenmittelwerte, welche die Komfortgrenzen nach unten hin vollständig unterschreiten und somit als „zu kalt“ klassifiziert werden.

Diese Entwicklung ist auf das komplexe Zusammenspiel aus baulichen Gegebenheiten und dem Nutzer*innenverhalten zurückzuführen. Die fehlende thermische Dämmung des Dachaufbaus ermöglicht in Kombination mit dem spezifischen Nutzer*innenverhalten – die Fenster sind hier deutlich öfter und länger gekippt – einen raschen Wärmeverlust. Zudem ist der Sensor zur Erfassung in diesem Raum näher zum Fenster positioniert. Im Gegensatz zum benachbarten Raum ohne Begrünung, der die oberen Grenzwerte tangiert, zeigt dieser Raum eine Tendenz zur Unterkühlung (Abbildung 140).

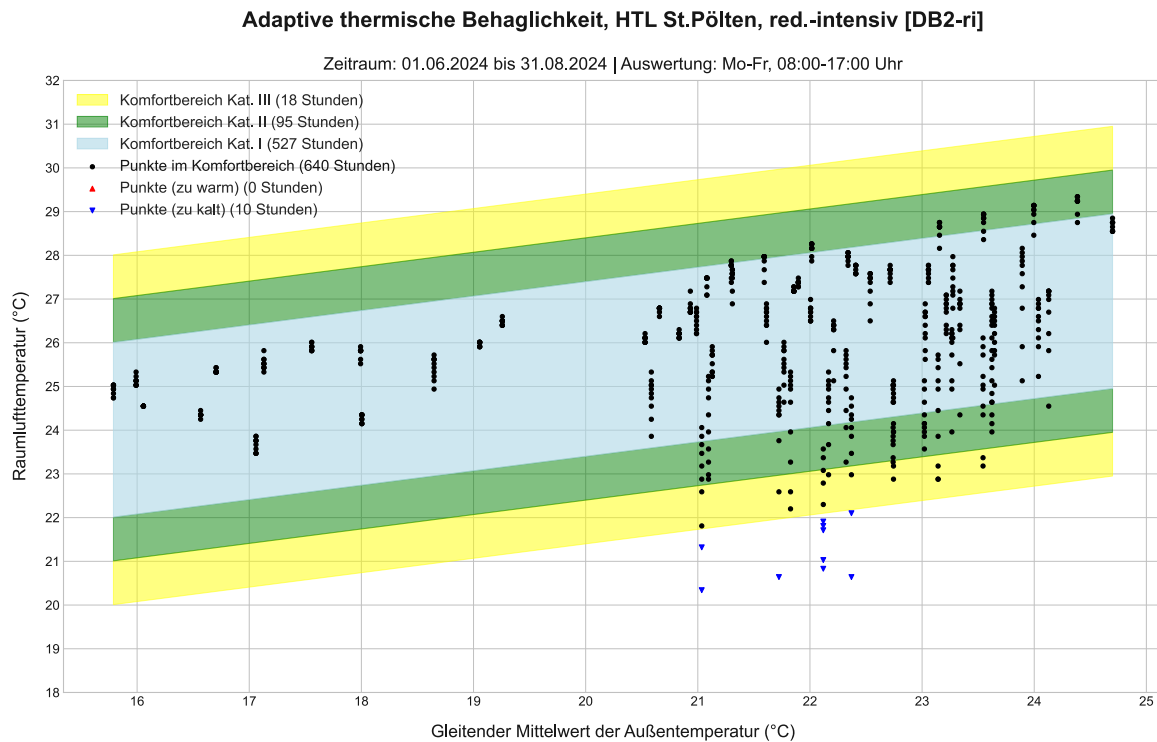


Abbildung 140: Adaptive thermische Behaglichkeit nach ÖNORM EN 16798-1 für Juni bis August 2024; reduziert-intensive Dachbegrünung, HTL St. Pölten [DB2-ri] (©IBO).

4.12.7.2 Behaglichkeitsmodell nach Freymark und Leusden

In der Bewertung nach Freymark und Leusden zeigt sich für diesen Raum eine deutlich kritischere Einstufung: Lediglich 30 Stunden werden als behaglich und 241 Stunden als noch behaglich klassifiziert, während 379 Stunden außerhalb der Behaglichkeitsgrenzen liegen (Abbildung 141).

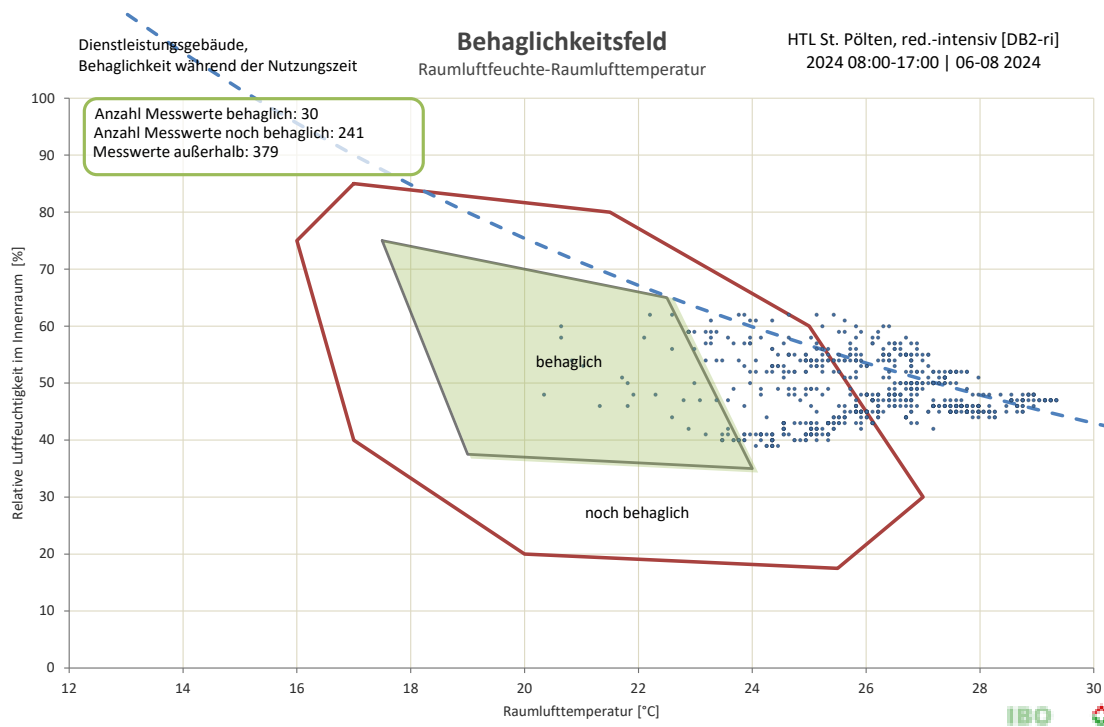


Abbildung 141: Thermische Behaglichkeit nach Freymark und Leusden (1951) für Juni bis August 2024; reduziert-intensive Dachbegrünung, HTL St. Pölten [DB2-ri] (©IBO).

4.12.7.3 Ergebnisse aus dem Innenraummonitoring

Im Zeitraum von Juni bis August 2024 (06–08 2024) betrug die mittlere Raumlufttemperatur 26,4 °C, während die Deckenoberfläche mit durchschnittlich 25,5 °C einen Bias von 0,84 K aufwies. Dieser Wert belegt, dass die Pflanzen und die 35 cm starke Substratschicht trotz fehlender Dämmung eine signifikante Schutzfunktion gegen solare Überhitzung übernehmen. Die Messungen erfolgten an der Unterseite des Flachdaches unterhalb einer abgehängten Decke. Diese bauliche Trennung schränkt den direkten Luftwechsel zwischen dem genutzten Büroraum und dem Deckenhohlraum ein, was zu einer verzögerten thermischen Kopplung führt. Die Korrelation von $r=0,82$ zeigt jedoch eine direktere Reaktion der Deckenoberfläche auf externe Einflüsse im Vergleich zum Raum mit extensiver Begrünung und Dämmung. Die Maximaltemperaturen im Raum erreichten dabei bis zu 29,3 °C.

In den Wintermonaten (Dezember 2023 bis Februar 2024) zeigte sich die Kehrseite der fehlenden Dämmung. Der Bias vergrößert sich massiv auf 3,7 K (Abbildung 142). Während die Raumlucht im Mittel auf 20,8 °C beheizt wurde, sank die Deckenoberflächentemperatur auf durchschnittlich 17,1 °C ab. Die Korrelation von 0,75 verdeutlicht die starke Abhängigkeit der Bauteiloberfläche von den winterlichen Außentemperaturen. Der hohe winterliche Bias unterstreicht, dass die Substratschicht zwar eine beachtliche thermische Masse für den sommerlichen Hitzeschutz bietet, aber ohne zusätzliche Dämmschicht zu einer signifikanten Auskühlung der raumseitigen Oberflächen im Winter führt, was das Risiko von Unbehaglichkeit durch Strahlungskälte erhöht.

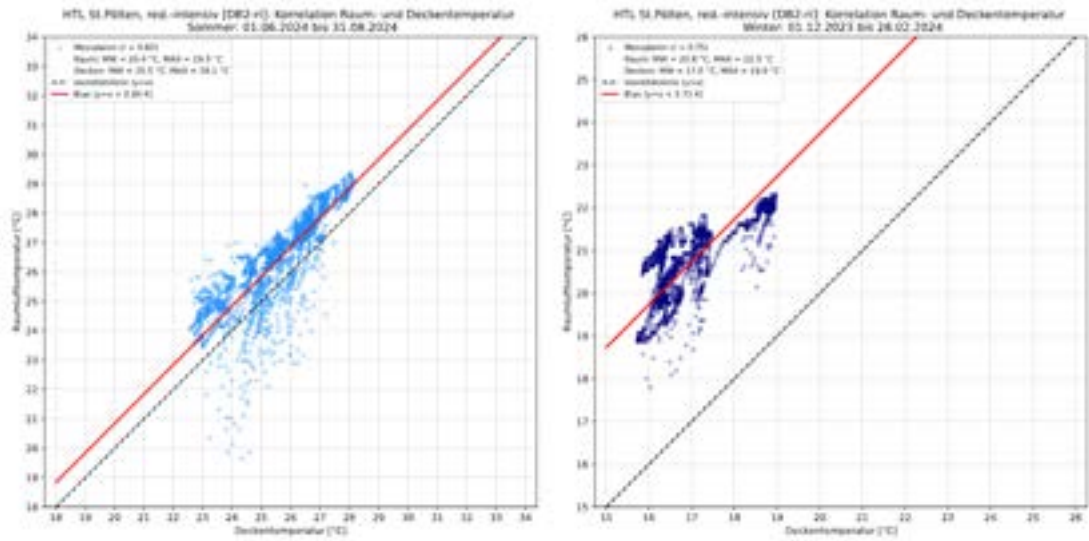


Abbildung 142: Korrelation Raumluft- und Oberflächentemperatur, Sommer/Winter 2024; reduziert-intensive Dachbegrünung, HTL St. Pölten [DB2-ri] (©IBO).

4.13DB | Ilse-Wallentin-Haus – BOKU-Standort [DB3-e]

4.13.1 Factsheet Ilse-Wallentin-Haus BOKU-University [DB3-e]

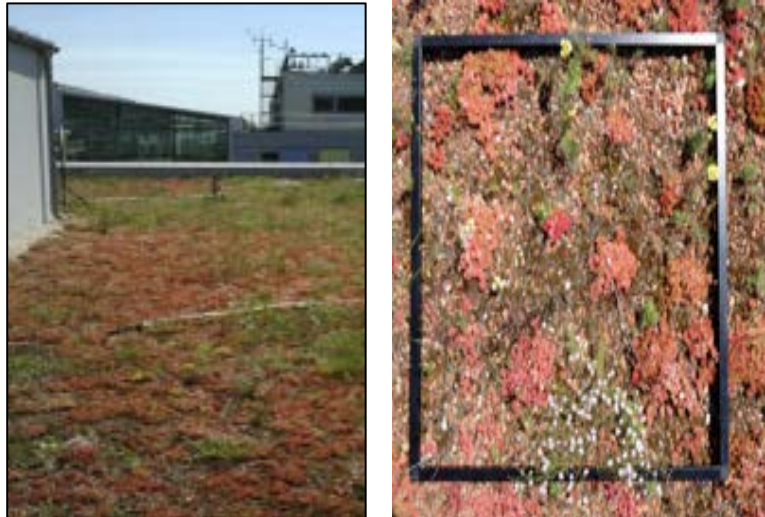


Abbildung 143: Ilse-Wallentin-Haus, links: extensive Dachbegrünung, rechts: Messrahmen mit *Sedum sp.* (©IBLB).

Allgemeine standortbezogene Informationen

- **Bundesland:** Wien
- **Adresse:** Peter-Jordan-Straße 82, 1190 Wien

Gebäudebezogene Informationen

- **Gebäudetyp:** Universität, Büro
- **Gebäudenutzung:** öffentlich + halböffentlich
- **Baujahr/Bauperiode:** 2020-2022

Begrünungsbezogene Informationen

- **Begrünungsart:** extensive Dachbegrünung
- **Errichtung der Begrünung:** 2022
- **Zielfläche, gesamt:** ca. 476 m²
- **Pflanzenarten:** *Sedum sp.* + Kräuter

Ergänzende Informationen

Eine fachgerechte Pflege ist ausgeblieben, daraus resultierte Gehölzaufwuchs durch Diasporeneintrag. Keine Dämmung vorhanden.

Limitierende Faktoren

keine

4.13.2 Blattflächenindex (LAI), Deckungsgrad und Pflanzenvitalität

Der **Leaf Area Index (LAI)** blieb von 2023 auf 2024 auf demselben niedrigen Niveau von 0,3 bzw. 0,4. Der **projektive Deckungsgrad** zeigt starke Inhomogenitäten zwischen den Messpunkten zwischen etwa 15 % und > 80 %. Im Mittel nahm die Deckung von 2023 auf 2024 von 43 % auf 74 % zu (Abbildung 144).

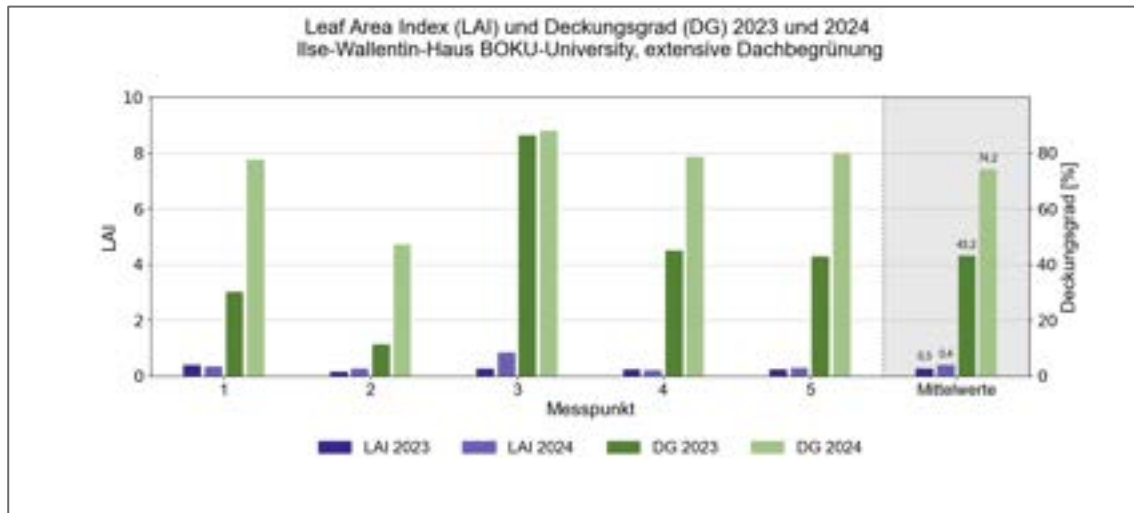


Abbildung 144: Leaf Area Index (LAI) und Deckungsgrad (DG) der Messkampagnen 2023 und 2024; Ilse-Wallentin-Haus BOKU University [DB3-e] (©IBLB).

Bei der Betrachtung der **Pflanzenvitalität** wird ersichtlich, dass die Begrünung 2024 eine gleichwertige Zunahme um etwa 2 Bewertungspunkte in allen Bewertungskategorien erreichte (Abbildung 145).

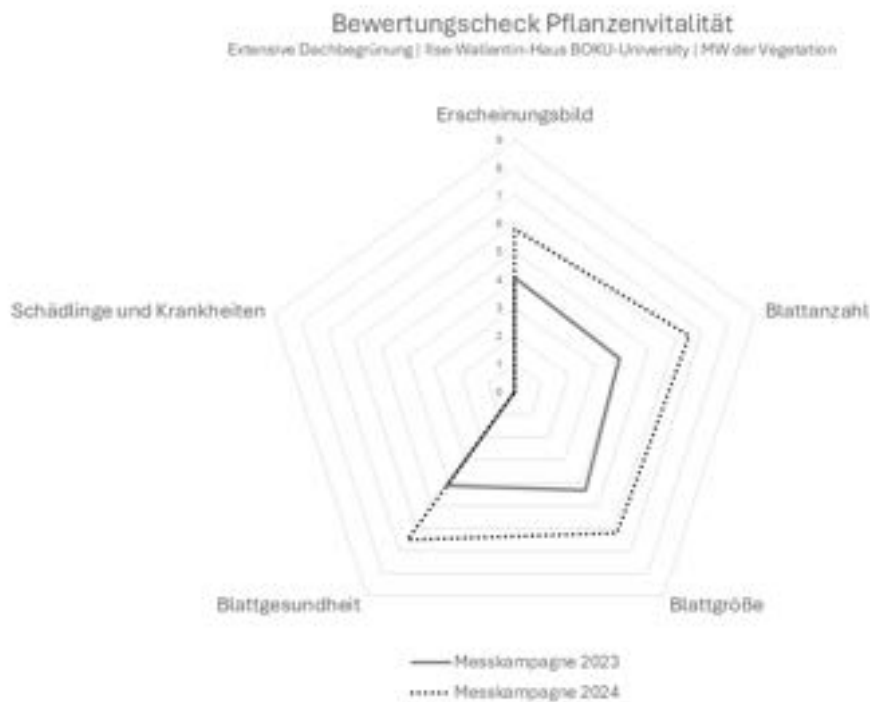


Abbildung 145: Bewertungsscheck der Pflanzenvitalität anhand von 5 Parametern Messkampagne 2023 (durchgezogen) und Messkampagne 2024 (gepunktet); Ilse-Wallentin-Haus BOKU University [DB3-e] (©IBLB).

4.13.3 Kurz- und langwellige solare Einstrahlung und Reflektion

In der Messkampagne 2024 wurden zusätzlich klimatische Parameter, insbesondere die **Solarstrahlung** einschließlich der emittierenden Wärmestrahlung, erfasst. Der Energieeintrag durch kurzwellige Strahlung in der extensiven Dachbegrünung beträgt 6,3 kWh. Der abrupte Rückgang um 13:00 der eintreffenden kurzwelligen Strahlung (lila Linie) ist auf eine kurze und leichte Bewölkung zurückzuführen.

In dem Zeitraum wurden 14,9 % der eingehenden kurzwelligen Strahlung (lila) reflektiert (Abbildung 146). Die Transmission, bzw. Absorption waren aufgrund der zu niedrigen Vegetationsdecke nicht erfassbar. Durch den kurzwelligen Strahlungseintrag erhöht sich die langwellige Ausstrahlung (rot gepunktet) der Dachbegrünung im betrachteten Zeitraum um 45,9 %, und auch die Lufttemperatur in der Begrünung reagiert um 2,3 °C wärmer als über der Begrünung. Die eingehende langwellige Strahlung (rot) ist bereits morgens bei knapp 400 W/m². Die hohe langwellige Ausstrahlung resultiert aus der hohen Oberflächentemperatur des aufgeheizten Substrats. In Tropennächten führt die gleichzeitig hohe atmosphärische Gegenstrahlung (oft bedingt durch Luftfeuchtigkeit oder Bewölkung) dazu, dass die effektive nächtliche Abkühlung gering bleibt, da die Strahlungsbilanz nahezu ausgeglichen ist

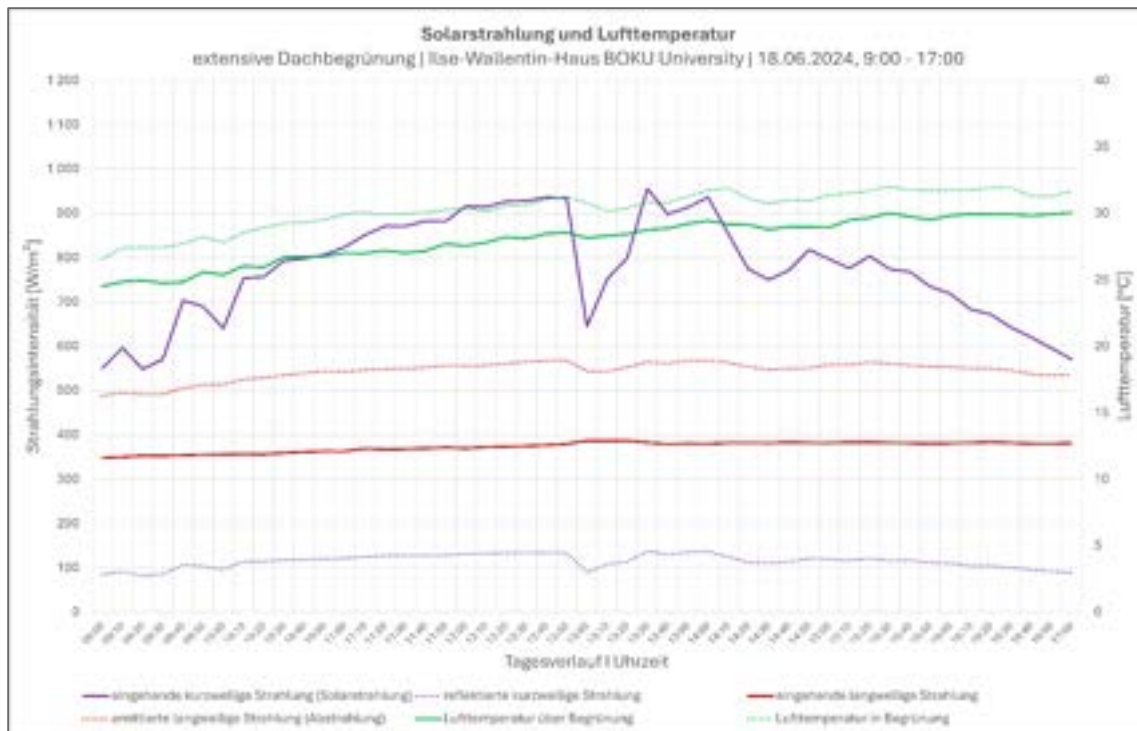


Abbildung 146: Tagesverlauf der Solarstrahlung [W/m^2] und Lufttemperatur [$^{\circ}\text{C}$] vom 19.06.2024 09:00 bis 17:00 Uhr; Ilse-Wallentin-Haus BOKU University [DB3-e] (©IBLB).

4.13.4 Kennwerte Ilse-Wallentin-Haus BOKU University [DB3-e]

In Tabelle 15 sind alle Kennwerte angeführt, die während der Messkampagne 2024 erfasst wurden und als Mittelwerte dargestellt.

Tabelle 15: Übersicht der Mittelwerte der pflanzenphysiologischen und klimatischen Parameter vom 18.06.2024, 09:00 bis 17:00 Uhr; Ilse-Wallentin Haus BOKU University [DB3-e].

Pflanzenphysiologische und klimatische Parameter (MW)		18.06.24, 09:00 – 17:00 Ø 28,0°C, Tageshöchstwert: 30,1°C
Kub. Pflanzvolumen [m^3/m^2] [n=5]		0,1
Proj. Deckungsgrad [%] (n=5)		74,2
Deckungsgrad der Zielfläche [%]		80,0
LAI (n=15)		0,4
Blatttemperatur [$^{\circ}\text{C}$] (n=25)		n.v.
Stomatäre Leitfähigkeit [$\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$] (n=25)		n.v.
Δ Lufttemperatur vor/hinter Begrünung [$^{\circ}\text{C}$]		2,3
Δ relative Luftfeuchte vor/in Begrünung [%]		-1,7
Δ absolute Luftfeuchte vor/in Begrünung [g/m^3] (Veränderung in %)		1,3 (9,4%)
Bioshading Coefficient BSC (Grünverschattungsfaktor)*		1,0
Tagessumme eintreffende kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]		6,3
Tagessumme refl. kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]		0,9
Δ Tagessumme kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]		5,4
Transmission [%]		n.v.
Reflexion [%]		14,9

Absorption [%]	n.v.
Transpirationsrate [ml/m ² /h] (n=25) *	n.v.
Verdunstungsenthalpie [W/m ²] (14:00 – 15:00) *	n.v.

*sensorbasiert | **errechnet
n.v. = nicht verfügbar

4.13.5 Infrarotwärmebild mit Oberflächentemperaturdifferenzen

Das Temperaturspektrum am **Infrarotwärmebild** reicht von 23 °C bis 50 °C. Die Lufttemperatur zum Messzeitpunkt von 27,2 °C wird in der Temperaturskala weiß angezeigt. Die extensive Dachbegrünung ist im Vergleich zu anderen Baumaterialien an der Oberfläche niedriger. M1 zeigt den kältesten Messpunkt an der Vegetation und ist mit 25,6 °C kühler als die Luft-T und die Kies- traufkante M2, welche mit 47 °C eine deutlich höhere Temperatur zeigt (Abbildung 147). Es entsteht eine Differenz der Oberflächentemperatur von über 21 °C. Jedoch zeigt die extensive Begrünung über das Bild verteilt deutlich erhöhte Temperaturen gegenüber der Lufttemperatur und damit einen geringen Wirkungsgrad. Klar erkennbar ist die Beschattung der Mauerkante mit den niedrigsten Werten im Bild.

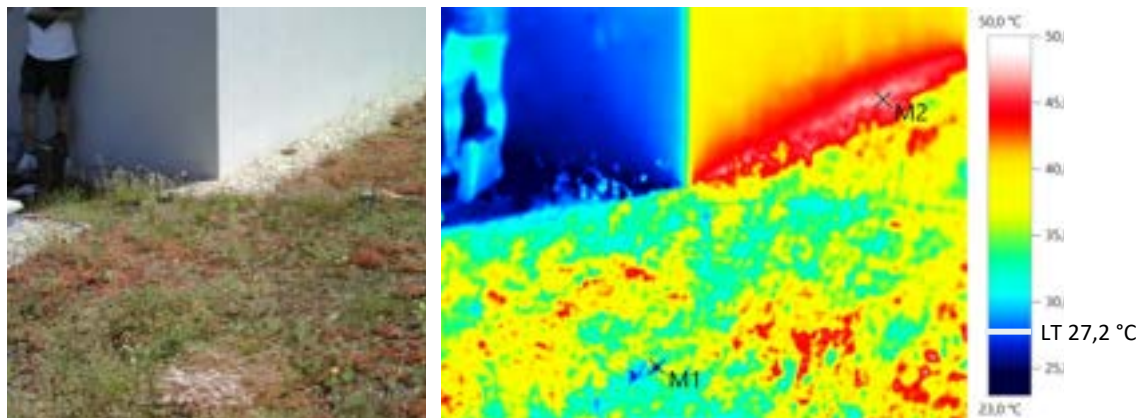


Abbildung 147: Untersuchungsbereich (links) und Infrarot Thermographie (IRT) (rechts) aufgenommen am 18.06.2024, 11:25 Uhr, Lufttemperatur 27,2 °C; Ilse-Wallentin-Haus BOKU University [DB3-e] (©IBLB).

4.14 | Klangforum [DB4-ri]

4.14.1 Factsheet Klangforum [DB4-ri]



Abbildung 148: Klangforum, links: reduziert-intensive Begrünung mit umliegenden Gebäuden, rechts: *Parthenocissus tricuspidata* auf Abstandhalter über Oberlichtern (©IBLB).

Allgemeine standortbezogene Informationen

- **Bundesland:** Wien
- **Adresse:** Diehlgasse 51, 1050 Wien

Gebäudebezogene Informationen

- **Gebäudetyp:** Verwaltung (Probenraum)
- **Gebäudenutzung:** halböffentlich
- **Baujahr/Bauperiode:** 1960

Begrünungsbezogene Informationen

- **Begrünungsart:** reduziert-intensive Dachbegrünung
- **Errichtung der Begrünung:** 2003/2004
- **Zielfläche, gesamt:** ca. 178 m²
- **Pflanzenarten:** Gräser-Kräuter-Bestand

Ergänzende Informationen

Der Zugang erfolgte über Privatterrasse. Keine Dämmung vorhanden.

Limitierende Faktoren

keine

4.14.2 Blattflächenindex (LAI), Deckungsgrad und Pflanzenvitalität

Der **Leaf Area Index (LAI)** der reuziert-intensiven Dachbegrünung äußerte sich in Inhomogenitäten zwischen den Messpunkten mit Unterschieden zwischen < 1 und > 4 . Die Mittelwerte LAI liegen 2023 bei 1,9 und 2024 bei 2,1. Der **projektive Deckungsgrad** zeigt ebenfalls deutliche Inhomogenitäten sowohl zwischen den Messpunkten als auch in den beiden Untersuchungsjahren 2023 und 2024 (Abbildung 149). Die Mittelwerte reduzierten sich von 2023 mit 82,1 % auf 2024 mit 73,4 %. Am Messpunkt 3 wurde die deutlichste Differenz von etwa 40 % erfasst.

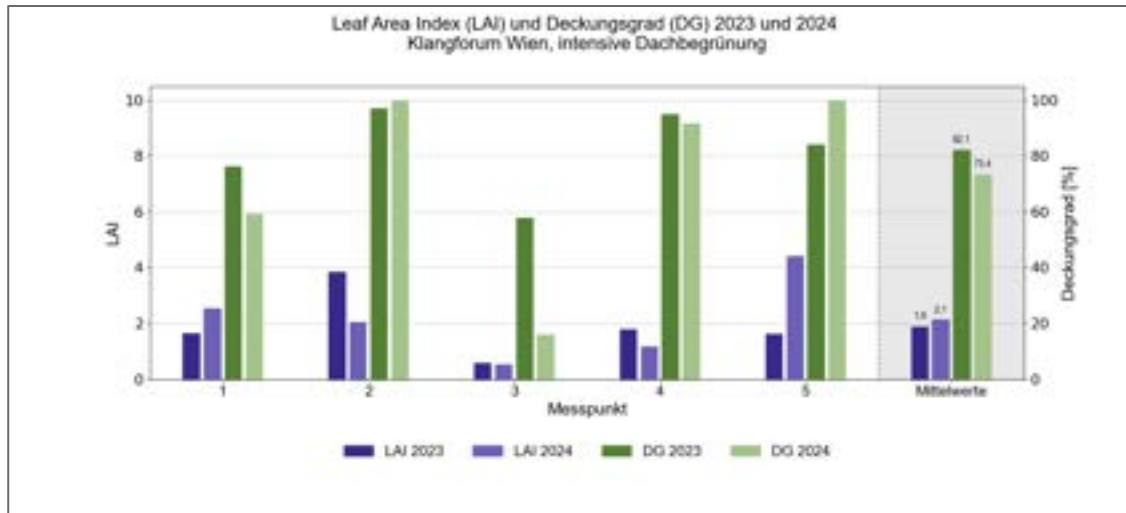


Abbildung 149: Leaf Area Index (LAI) und projektiver Deckungsgrad (DG_{proj}), Messkampagnen 2023 und 2024; Klangforum Wien [DB4-ri] (©IBLB).

Bei Betrachtung der **Pflanzenvitalität** (Abbildung 150) wird ersichtlich, dass die Begrünung eine konstante und gute Vitalität in den beiden Messjahren aufwies. 2023 waren die Werte etwas höher als im Jahr 2024

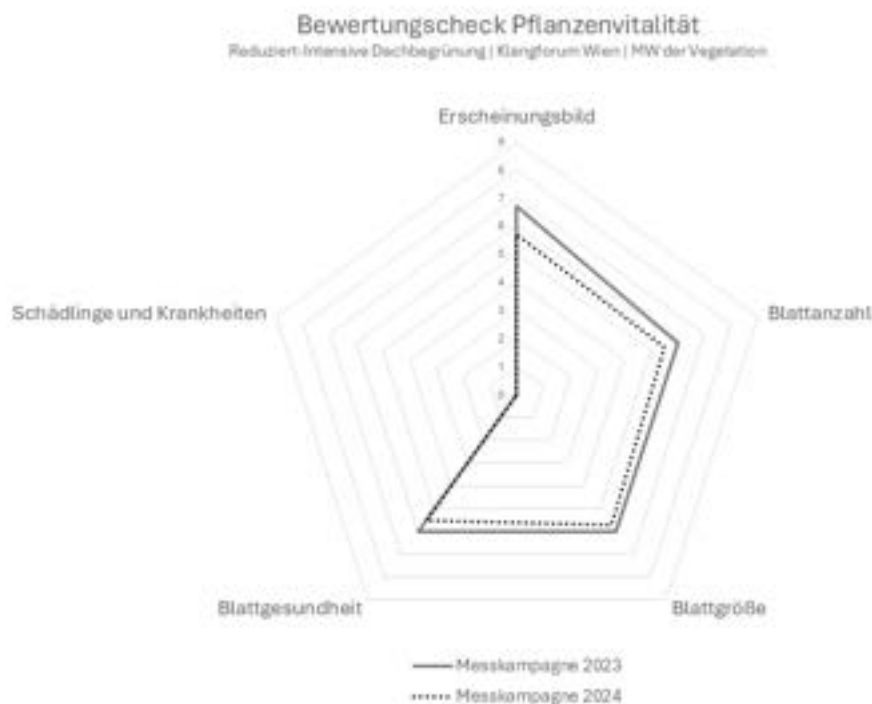


Abbildung 150: Bewertungsscheck der Pflanzenvitalität anhand von 5 Parametern, Messkampagne 2023 (durchgezogen) und Messkampagne 2024 (gepunktet); Klangforum Wien [DB4-ri] (©IBLB).

4.14.3 Kurz- und langwellige solare Einstrahlung und Reflektion

In der Messkampagne 2024 wurden zusätzlich klimatische Parameter, insbesondere die **Solarstrahlung** einschließlich der emittierenden Wärmestrahlung, erfasst. Der Energieeintrag durch kurzwellige Strahlung in der reduziert-intensiven Dachbegrünung beträgt 5,8 kWh. Die niedrige eintreffende kurzwellige Strahlung (lila Linie) von 09:00 bis 10:20 verdeutlicht die Innenhoflage und teilweise leichte Bewölkung.

Die Lufttemperatur in der Begrünung ist im gemessenen Zeitraum 0,8 °C wärmer als über der Begrünung. Im Tagesverlauf wurden von der kurzwelligen Strahlung im Schnitt 2 % reflektiert, 54 % transmittiert und somit wurden 44 % absorbiert (Abbildung 151). Die hier niedrig angezeigte Reflexion resultiert vermutlich aus der Sensorposition nahe der Vegetationsoberfläche, wodurch möglicherweise nicht die gesamte Reflexion erfasst wurde.

Durch den kurzwelligen Strahlungseintrag erhöht sich die langwellige Wärmestrahlung (rot gepunktet) im betrachteten Zeitraum um 27,7 %. Die langwellige Strahlung (rot) ist bereits morgens bei über 400 W/m². In Tropennächten führt die gleichzeitig hohe atmosphärische Gegenstrahlung (oft bedingt durch Luftfeuchtigkeit oder Bewölkung) dazu, dass die effektive nächtliche Abkühlung gering bleibt, da die Strahlungsbilanz nahezu ausgeglichen ist. Durch den eingehenden kurzwelligen Strahlungseintrag gibt es einen deutlichen Zuwachs der langwelligen Strahlung im Tagesverlauf.

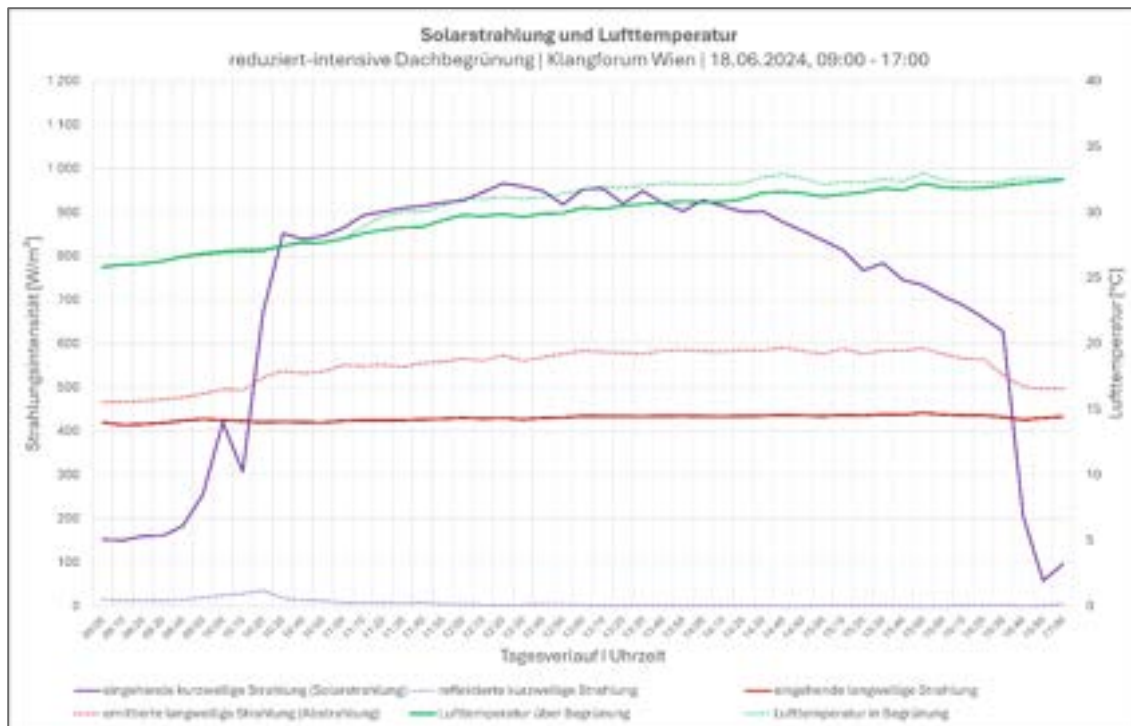


Abbildung 151: Tagesverlauf der Solarstrahlung [W/m^2] und Lufttemperatur [$^{\circ}\text{C}$] vom 18.06.2024 09:00 bis 17:00 Uhr; Klangforum Wien [DB4-ri] (©IBLB).

4.14.4 Kennwerte Klangforum Wien [DB4-ri]

In Tabelle 16 sind alle Kennwerte angeführt, die während der Messkampagne 2024 erfasst wurden und als Mittelwerte dargestellt.

Tabelle 16: Übersicht der Mittelwerte der pflanzenphysiologischen und klimatischen Parameter vom 16.07.2024, 09:00 bis 17:00 Uhr; Klangforum Wien [DB4-ri].

Pflanzenphysiologische und klimatische Parameter (MW)		16.07.24, 09:00 – 17:00 Ø 29,7°C, Tageshöchstwert: 32,5°C
Kub. Pflanzvolumen [m^3/m^2] [n=5]		0,2
Proj. Deckungsgrad [%] (n=5)		73,4
Zieldeckungsgrad [%]		100,0
LAI (n=15)		2,1
Blatttemperatur [$^{\circ}\text{C}$] (n=25)		31,5
Stomatäre Leitfähigkeit [$\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$] (n=25)		166,0
Δ Lufttemperatur vor/hinter Begrünung [$^{\circ}\text{C}$]		0,8
Δ relative Luftfeuchte vor/in Begrünung [%]		-1,2
Δ absolute Luftfeuchte vor/in Begrünung [g/m^3] (Veränderung in %)		0,2 (1,7%)
Bioshading Coefficient (Grünverschattungsfaktor)*		0,5
Tagessumme eintreffende kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]		5,8
Tagessumme refl. kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]		0,1
Δ Tagessumme kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]		5,7
Transmission [%]		53,8
Reflexion [%]		1,9

Absorption [%]	44,3
Transpirationsrate [ml/m ² /h] (n=25) *	208,8
Verdunstungsenthalpie [W/m ²] (14:00 – 15:00) *	142,1

*sensorbasiert | **errechnet
n.v. = nicht verfügbar

4.14.5 Infrarotwärmebild mit Oberflächentemperaturdifferenzen

Das Temperaturspektrum am **Infrarotwärmebild** (Abbildung 152) reicht von 30 °C bis 80 °C. Die Lufttemperatur (Luft-T) zum Messzeitpunkt von 30,8 °C wird in der Temperaturskala weiß angezeigt. Die Temperatur an der vitalen und grünen Vegetation ist im Vergleich zum Dachsubstrat an der Oberfläche niedriger. M1 zeigt den kühlgsten Messpunkt an der Vegetation und ist mit 33,6 °C wärmer als die Luft-T und kühler als das Dachsubstrat M2, welche mit 79,5 °C eine deutlich höhere Temperatur zeigt. Es entsteht eine Differenz der Oberflächentemperatur von über >45 °C.

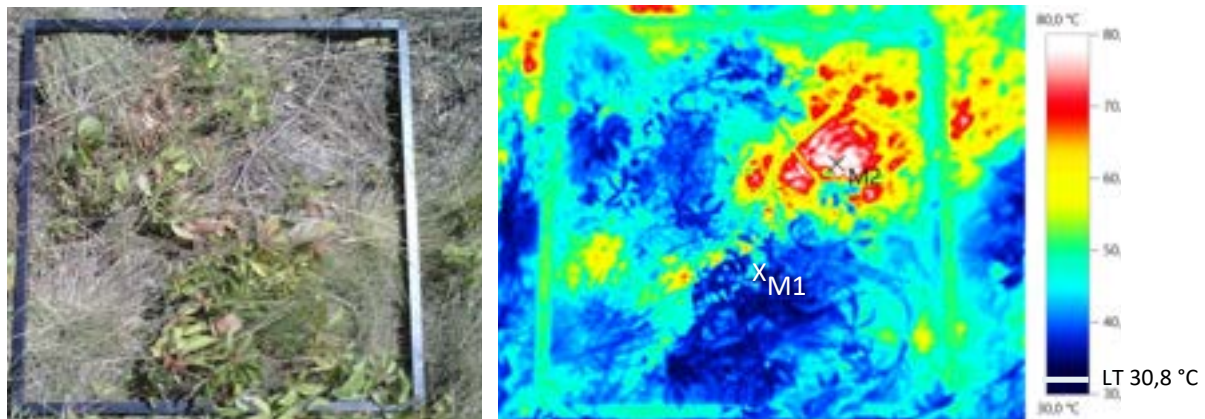


Abbildung 152: Untersuchungsbereich (links) und Infrarot Thermographie (IR_T) (rechts) aufgenommen am 18.06.2024, 14:06 Uhr, Lufttemperatur 30,8 °C; Klangforum Wien [DB4-ri] (©IBLB).

4.14.6 Stomatäre Leitfähigkeit

Die **stomatäre Leitfähigkeit** wurde an diesem Standort an *Parthenocissus quinquefolia* gemessen (Abbildung 153). Sie konnte an den Gräsern nicht gemessen werden, weil die Blattgrößen ungeeignet für die Messkammer des Messgerätes waren. Auf dem Dach wurden 25 vitale und adulte Blätter an 5 Messpunkten gemessen (n=25). Die MP weisen mäßig homogene stomatäre Leitfähigkeiten auf mit Schwankungen zwischen 45 und 189 mmol m⁻² s⁻¹. Der Maximalwert von 365 mmol m⁻² s⁻¹ wurde bei MP 4 erreicht. Der Mittelwert aller Messungen (n=25) beträgt 166 mmol m⁻² s⁻¹.

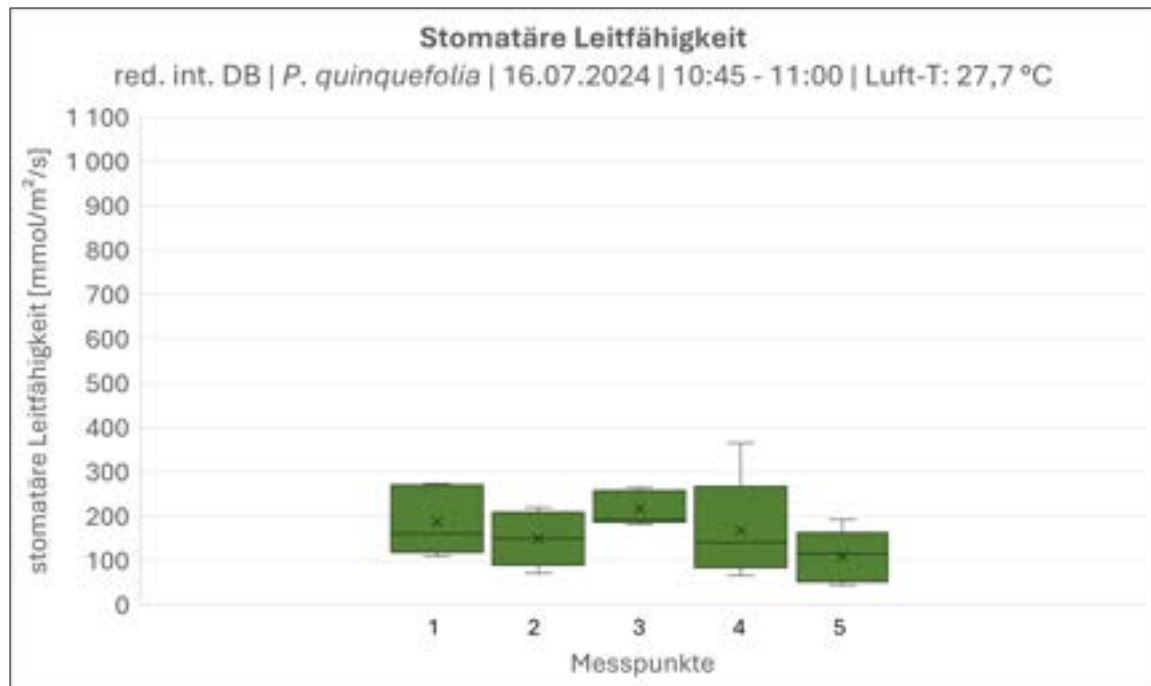


Abbildung 153: Stomatäre Leitfähigkeit [mmol m⁻² s⁻¹], gemessen an *Parthenocissus quinquefolia* am 16.07.2024 von 10:45 bis 11:00 Uhr; Klangforum Wien [DB4-ri] (©IBLB).

4.15^{DB} | Die Garten Tulln [DB5-e]

4.15.1 Factsheet Die Garten Tulln [DB5-e]



Abbildung 154: Die Garten Tulln, links: extensive Begrünung, rechts: Messrahmen mit *Sedum sp.* (©IBLB).

Allgemeine standortbezogene Informationen

- **Bundesland:** Niederösterreich
- **Adresse:** Am Wasserpark 1, 3430 Tulln an der Donau

Gebäudebezogene Informationen

- **Gebäudetyp:** Dienstleistung
- **Gebäudenutzung:** halböffentlich
- **Baujahr/Bauperiode:** 2007

Begrünungsbezogene Informationen

- **Begrünungsart:** extensiv Dachbegrünung
- **Errichtung der Begrünung:** 2007
- **Zielfläche, gesamt:** ca. 630 m²
- **Pflanzenarten:** *Sedum sp.* + Kräuter

Ergänzende Informationen

Keine Dämmung

Limitierende Faktoren

keine

4.15.2 Blattflächenindex (LAI), Deckungsgrad und Pflanzenvitalität

Der **Leaf Area Index (LAI)** der extensiven Dachbegrünung war 2023 im Mittel höher als 2024 (1,2 bzw. 0,5). Die Schwankungsbreite zwischen den Messpunkten war beinahe 2. Auch der **projektive Deckungsgrad** war 2023 höher mit 85 % gegenüber 65 % 2024. Vor allem an den MP 1, 2 und 5

war die Deckung deutlich höher mit einer Differenz von etwa 25 bis 40 % in den beiden Untersuchungsjahren. Dies spiegelt die räumliche und zeitliche Inhomogenität im Extensivgründach (Abbildung 155).

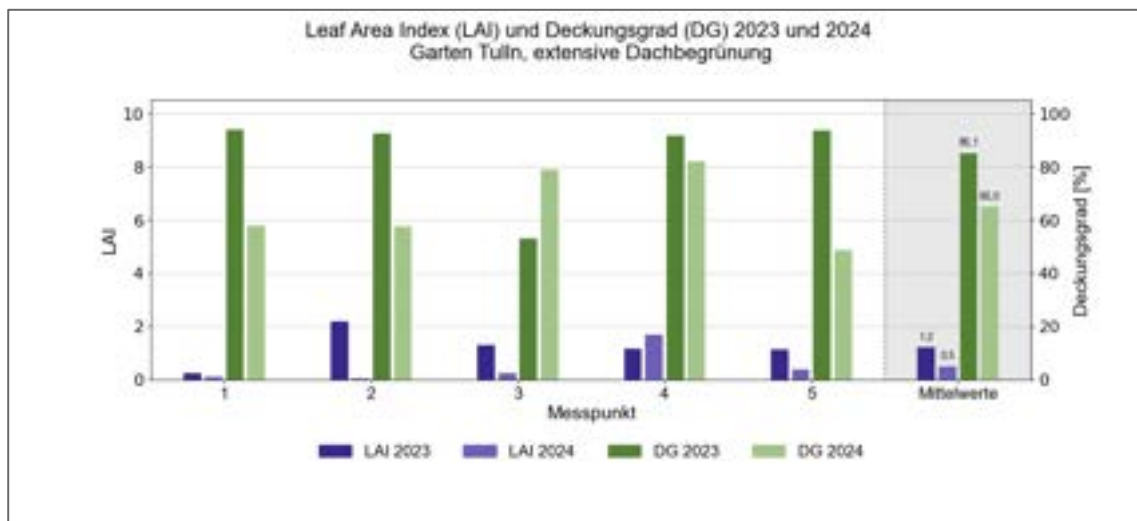


Abbildung 155: Leaf Area Index (LAI) und Deckungsgrad (DG) der Messkampagnen 2023 und 2024; Die Garten Tulln [DB5-e] (©IBLB).

Bei Betrachtung der **Pflanzenvitalität** zeigt sich, dass die Begrünung eine konstante aber nur mittlere bis gute Vitalität in den beiden Messjahren aufwies. 2023 waren die Werte geringfügig höher als im Jahr 2024 (Abbildung 156).



Abbildung 156: Bewertungsscheck der Pflanzenvitalität anhand von 5 Parametern Messkampagne 2023 (durchgezogen) und Messkampagne 2024 (gepunktet); Die Garten Tulln [DB5-e] (©IBLB).

4.15.3 Kurz- und langwellige solare Einstrahlung und Reflektion

In der Messkampagne 2024 wurden zusätzlich klimatische Parameter, insbesondere die **Solarstrahlung** einschließlich der emittierten Strahlung erfasst. Durch einen Sturm musste die Messkampagne am 28.06.2024 unterbrochen werden und alle relevanten und fehlenden Daten wurden in einer zusätzlichen Messkampagne am 29.08.2024 nachgeholt. Die klimatischen Daten beziehen sich auf die Messkampagne vom 29.08.2024.

Der Energieeintrag durch kurzwellige Strahlung in der reduziert-intensiven Dachbegrünung beträgt 4,7 kWh. Die niedrige eintreffende kurzwellige Strahlung (lila Linie) ab 16:00 deutet auf eine leichte Bewölkung hin.

Die Lufttemperatur in der Begrünung ist im gemessenen Zeitraum 2,3 °C wärmer als über der Begrünung (Abbildung 157). Das Ziegelsubstrat erwärmt sich stark, da die Deckung vielerorts fehlt. In dem Zeitraum wurden 16 % reflektiert. Aufgrund der niedrigen Sedumdecke konnte die Transmission nicht erfasst werden. Durch den kurzwelligen Strahlungseintrag bis beinahe 800 W/m² steigt auch die langwellige Ausstrahlung (rot gepunktet) der Dachbegrünung im betrachteten Zeitraum um 38 %. Die langwellige Strahlung (rot) ist bereits morgens bei über 400 W/m². Die hohe langwellige Ausstrahlung resultiert aus der hohen Oberflächentemperatur des aufgeheizten Substrats.

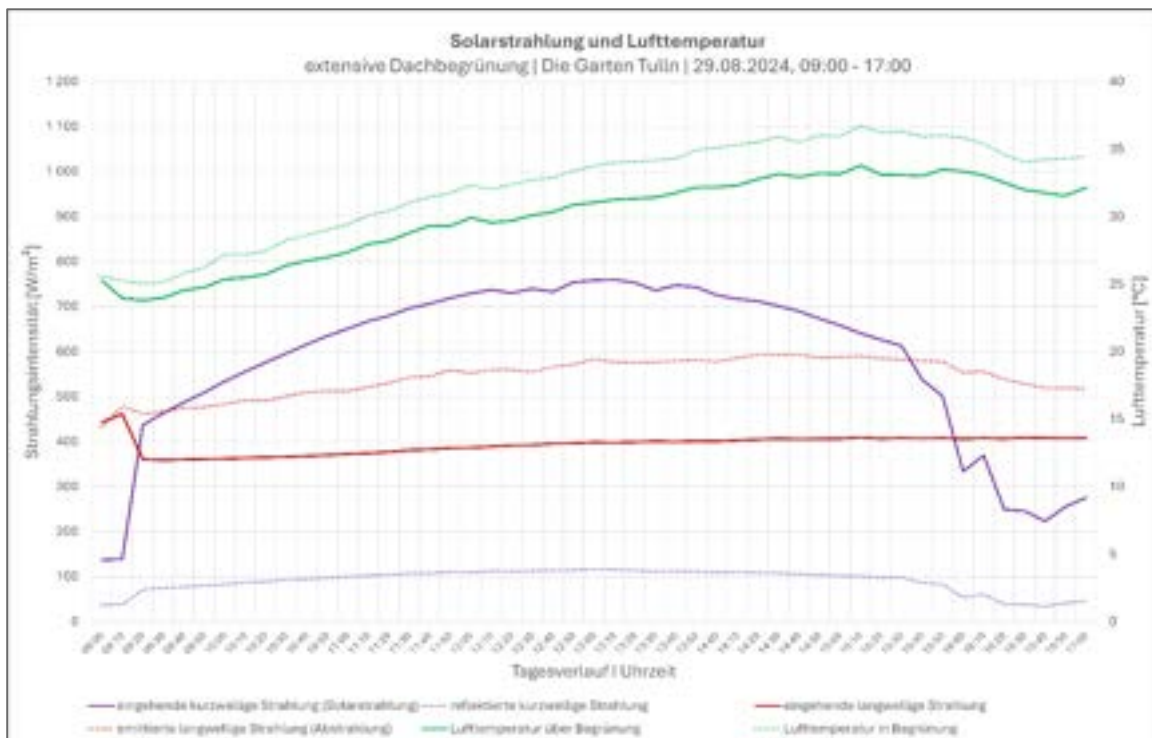


Abbildung 157: Tagesverlauf der Solarstrahlung [W/m²] und Lufttemperatur [°C] vom 29.08.2024 09:00 bis 17:00 Uhr; Die Garten Tulln [DB5-e] (©IBLB).

4.15.4 Kennwerte Die Garten Tulln [DB5-e]

In Tabelle 17 sind alle Kennwerte angeführt, die während der Messkampagne 2024 erfasst wurden und als Mittelwerte dargestellt. Aufgrund eines Sturms musste Messkampagnen abgebrochen und wiederholt werden. Die pflanzenphysiologischen Kennwerte wurden am 28.06.2024 erhoben, die klimatischen Daten am 29.08.2024.

Tabelle 17: Übersicht der Mittelwerte der pflanzenphysiologischen und klimatischen Parameter vom 28.06.2024, 09:00 bis 13:00 Uhr und 29.08.2024, 09:00 bis 17:00 Uhr; Die Garten Tulln [DB5-e].

Pflanzenphysiologische und klimatische Parameter (MW)	28.06.24, 09:00 – 13:00
	29.08.24, 09:00 – 17:00
	Ø 29,9°C, Tageshöchstwert: 33,8°C
Kub. Pflanzvolumen [m ³ /m ²] [n=5]	0,1
Proj. Deckungsgrad [%] (n=5)	65,0
Deckungsgrad der Zielfläche [%]	100,0
LAI (n=15)	0,5
Blatttemperatur [°C] (n=25)	n.v.
Stomatäre Leitfähigkeit [mmol m ⁻² s ⁻¹] (n=25)	n.v.
Δ Lufttemperatur vor/hinter Begrünung [°C]	2,3
Δ relative Luftfeuchte vor/in Begrünung [%]	-3,4
Δ absolute Luftfeuchte vor/in Begrünung [g/m ³] (Veränderung in %)	0,3 (2,2%)
Bioshading Coefficient (Grünverschattungsfaktor)*	1,0
Tagessumme eintreffende kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]	4,7
Tagessumme refl. kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]	0,7
Δ Tagessumme kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]	4,0
Transmission [%]	n.v.
Reflexion [%]	16,0
Absorption [%]	n.v.
Transpirationsrate [ml/m ² /h] (n=25) *	n.v.
Verdunstungsenthalpie [W/m ²] (14:00 – 15:00) *	n.v.
*sensorbasiert **errechnet n.v. = nicht verfügbar	

4.15.5 Infrarotwärmebild mit Oberflächentemperaturdifferenzen

Das Temperaturspektrum am **Infrarotwärmebild** (Abbildung 158) reicht von 25° C bis 75° C. Die Lufttemperatur zum Messzeitpunkt von 29,7° C wird in der Temperaturskala weiß angezeigt. Wenige Pflanzen weisen im Vergleich zum freiliegenden Substrat an der Oberfläche deutlich niedrigere Temperaturen auf. M1 zeigt den kühlssten Messpunkt an der Vegetation, ist aber mit 33,4 °C wärmer als die Luft-T. Das unbedeckte Substrat (M2) zeigt eine massiv erhöhte Temperatur von 72,6° C. Es entsteht eine Differenz der Oberflächentemperatur von über 38° C.

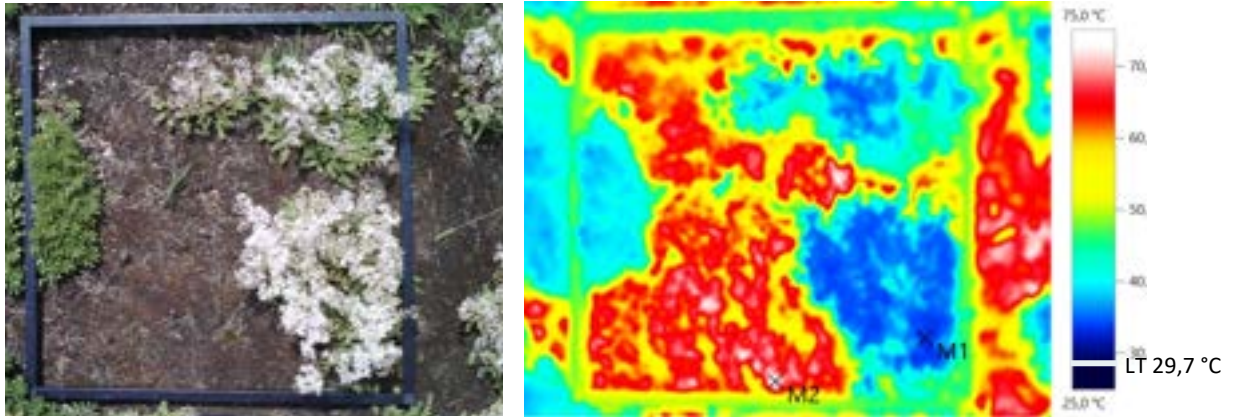


Abbildung 158: Untersuchungsbereich (links) und Infrarot Thermographie (IR_T) (rechts) aufgenommen am 28.06.2024, 12:26 Uhr, Lufttemperatur 29,7 °C; Die Garten Tulln [DB5-e] (©IBLB).

4.16DB | Café Mendl – BOKU-Standort [DB6-e]

4.16.1 Factsheet Café Mendl BOKU-University [DB6-e]



Abbildung 159: Café Mendl, links: extensive Dachbegrünung - 2023, rechts: Messaufnahmen - 2024 (©IBLB).

Allgemeine standortbezogene Informationen

- **Bundesland:** Wien
- **Adresse:** Gregor-Mendel-Straße 33, 1180 Wien

Gebäudebezogene Informationen

- **Gebäudetyp:** Dienstleistung
- **Gebäudenutzung:** halböffentlich
- **Baujahr/Bauperiode:** 2016

Begrünungsbezogene Informationen

- **Begrünungsart:** extensiv Dachbegrünung
- **Errichtung der Begrünung:** 2016
- **Zielfläche, gesamt:** ca. 56 m²
- **Pflanzenarten:** *Sedum sp.* + Kräuter

Ergänzende Informationen

Bestehende Innenhoflage führt zu Teilverschattung durch Süd- und West-seitige Gebäude. Keine Dämmung vorhanden.

Limitierende Faktoren

Während der beiden Messkampagnen wurde die Vegetationsfläche umgestaltet, beziehungsweise erfolgte ein starker Pflegeeingriff. Dabei wurden die vorherrschende Spontanvegetation und die Pioniergehölze wie *Buddleja* entfernt. Dadurch hat sich das Gesamtbild stark verändert. Zusätzlich wurden neue Gräser gepflanzt und eine automatische Tropfbewässerung installiert.

4.16.2 Blattflächenindex (LAI), Deckungsgrad und Pflanzenvitalität

Der **Leaf Area Index (LAI)** war 2023 im Mittel geringfügig höher (1,4 bzw. 1,3). An MP 2 und 3 wurde eine Differenz von etwa 1 bis 2 zwischen den Untersuchungsjahren erfasst (Abbildung 160). MP 5 war im Jahr 2024 höher mit etwa 2 im Vergleich zu etwa 0,5 2023. Der **projektive Deckungsgrad** erreichte in beiden Jahren über 90 %. Die größten Unterschiede sind bei MP 2,3 und 5 mit max. 20 % erkennbar, jedoch unterschiedlich mal hier 2023 und dort 2024 höher. Die Mittelwerte vom Deckungsgrad sind 2023 bei 93,4% und 2024 bei 91,9 %.

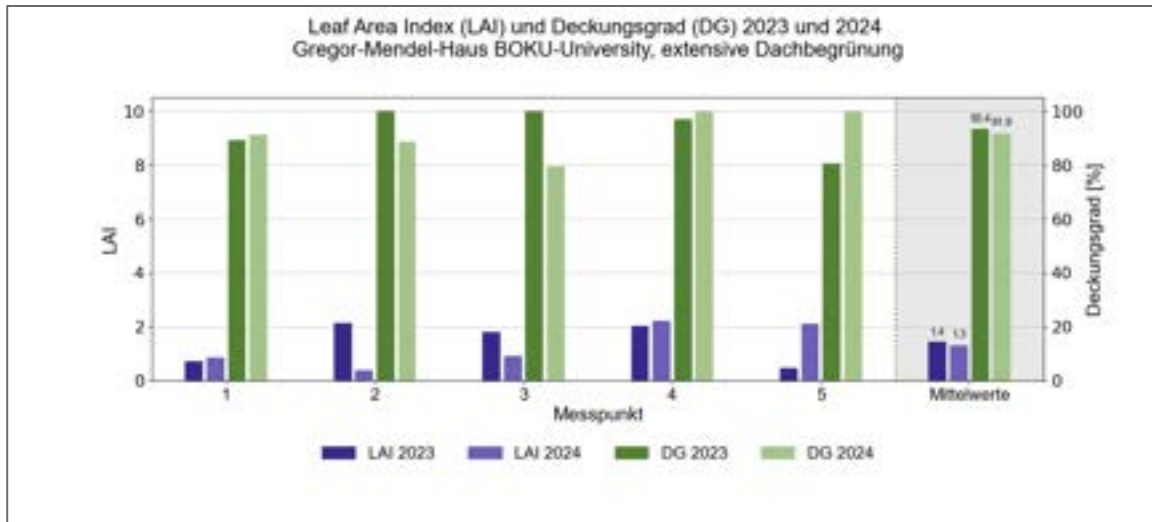


Abbildung 160: Leaf Area Index (LAI) und Deckungsgrad (DG_{proj}), Messkampagnen 2023 und 2024; Gregor-Mendel-Haus BOKU University [DB6-e] (©IBLB).

Bei der Betrachtung der **Pflanzenvitalität** (Abbildung 161) wird ersichtlich, dass die Begrünung eine konstante und mittlere bis gute Vitalität in den beiden Messjahren aufwies. 2023 waren die Werte geringfügig höher als im Jahr 2024.



Abbildung 161: Bewertungsscheck der Pflanzenvitalität anhand von 5 Parametern Messkampagne 2023 (durchgezogen) und Messkampagne 2024 (gepunktet); Gregor-Mendel-Haus BOKU University [DB6-e] (©IBLB).

4.16.3 Kurz- und langwellige solare Einstrahlung und Reflektion

In der Messkampagne 2024 wurden zusätzlich klimatische Parameter, insbesondere die **Solarstrahlung** einschließlich der Ausstrahlung erfasst. Der Energieeintrag durch kurzwellige Strahlung in der extensiven Dachbegrünung beträgt 1,6 kWh. Die niedrige eintreffende kurzwellige Strahlung (lila Linie) deutet auf die eingeeengte Innenhoflage mit Beschattung durch andere Gebäudekörper hin. Erst ab etwa 13:00 wird das Gründach besonnt.

Die Lufttemperatur in der Begrünung ist im gemessenen Zeitraum 1,0 °C kühler als über der Begrünung, was vermutlich durch die Innenhoflage und die Teilverschattung durch andere Gebäudeteile begünstigt wird. Im Tagesverlauf wurden von der kurzwelligen Strahlung im Schnitt 19 % reflektiert, 67 % transmittiert und somit wurden 14 % absorbiert (Abbildung 162). Durch den kurzwelligen Strahlungseintrag erhöht sich die Wärmestrahlung (rot gepunktet) der Dachbegrünung im betrachteten Zeitraum um 3,1 %. Die langwellige Strahlung (rot) ist bereits morgens bei über 400 W/m². In Tropennächten führt die gleichzeitig hohe atmosphärische Gegenstrahlung (oft bedingt durch Luftfeuchtigkeit oder Bewölkung) dazu, dass die effektive nächtliche Abkühlung gering bleibt, da die Strahlungsbilanz nahezu ausgeglichen ist. Die Ausstrahlung erhöht sich durch den kurzwelligen Strahlungseintrag.

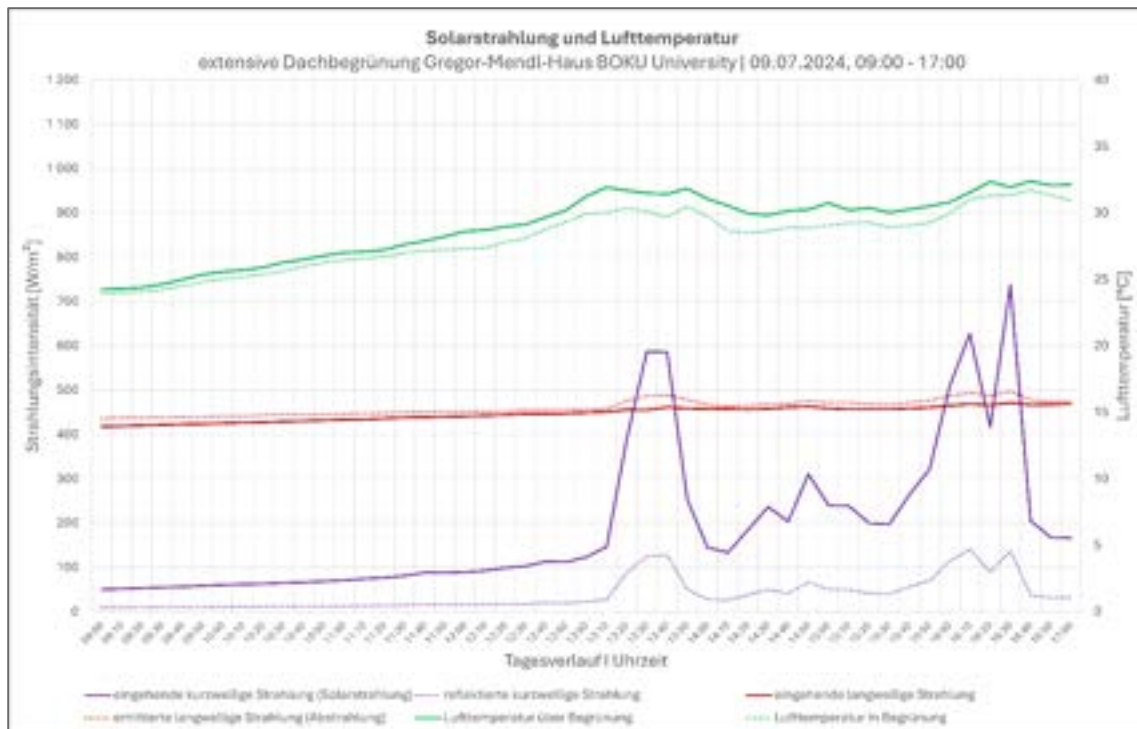


Abbildung 162: Tagesverlauf der Solarstrahlung [W/m^2] und Lufttemperatur [$^{\circ}\text{C}$] vom 09.07.2024 09:00 bis 17:00 Uhr; Gregor-Mendel-Haus BOKU University [DB6-e] (©IBLB).

4.16.4 Kennwerte Gregor-Mendel-Haus BOKU University [DB6-e]

In Tabelle 18 sind alle Kennwerte angeführt, die während der Messkampagne 2024 erfasst wurden und als Mittelwerte dargestellt.

Tabelle 18: Übersicht der Mittelwerte der pflanzenphysiologischen und klimatischen Parameter vom 09.07.2024, 09:00 bis 17:00 Uhr; Gregor-Mendel-Haus BOKU University [DB6-e].

Pflanzenphysiologische und klimatische Parameter (MW)		09.07.24, 09:00 – 17:00 Ø 29,0°C, Tageshöchstwert: 32,4°C
Kub. Pflanzvolumen [m^3/m^2] [n=5]		0,2
Proj. Deckungsgrad [%] (n=5)		91,9
Zieldeckungsgrad [%]		100,0
LAI (n=15)		1,3
Blatttemperatur [$^{\circ}\text{C}$] (n=25)		n.v.
Stomatäre Leitfähigkeit [$\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$] (n=25)		n.v.
Δ Lufttemperatur vor/hinter Begrünung [$^{\circ}\text{C}$]		-1,0
Δ relative Luftfeuchte vor/in Begrünung [%]		3,7
Δ absolute Luftfeuchte vor/in Begrünung [g/m^3] (Veränderung in %)		0,3 (1,6%)
Bioshading Coefficient (Grünverschattungsfaktor)*		0,7
Tagessumme eintreffende kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]		1,6
Tagessumme refl. kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]		0,3
Δ Tagessumme kurzwellige Strahlung (8h) [kWh]		1,3
Transmission [%]		67,0
Reflexion [%]		19,3

Absorption [%]	13,7
Transpirationsrate [ml/m ² /h] (n=25) *	n.v.
Verdunstungsenthalpie [W/m ²] (14:00 – 15:00) *	n.v.

*sensorbasiert | **errechnet
n.v. = nicht verfügbar

4.16.5 Infrarotwärmebild mit Oberflächentemperaturdifferenzen

Das Temperaturspektrum am **Infrarotwärmebild** (Abbildung 163) reicht von 22° C bis 40° C. Die Lufttemperatur zum Messzeitpunkt von 30,2 °C wird in der Temperaturskala weiß angezeigt. Die extensive Dachbegrünung ist im Vergleich zur Attika aus Blech an der Oberfläche sichtbar niedriger. M1 zeigt den kühlfsten Messpunkt in der Vegetation und ist mit 23,8 °C um 7° C kühler als die Luft-T und die Attika M2 mit 37 °C. Es entsteht eine Differenz der Oberflächentemperatur von über 12 °C.

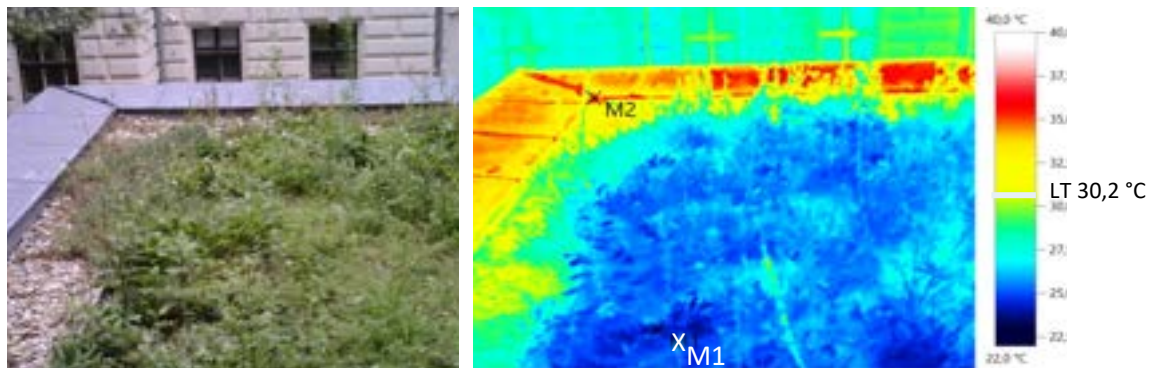


Abbildung 163: Untersuchungsbereich (links) und Infrarot Thermographie (IRT) (rechts) aufgenommen am 09.07.2024, 14:48 Uhr, Lufttemperatur 30,2 °C; Gregor Mendl Haus [BOKU University] (©IBLB).

5 Verzeichnisse

5.1 Literaturverzeichnis

Austrian Standards International (2024): ÖNORM EN 16798-1 - Energetische Bewertung von Gebäuden - Lüftung von Gebäuden - Teil 1: Eingangsparameter für das Innenraumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden bezüglich Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik - Module M1-6 (i.d.F. 2024 03 01).

Bretschneider, Betül; Scharf, Bernhard (2018): Greening Aspang - Entwicklung eines Verfahrens zur gesamtenergetischen Optimierung von Stadtgebieten am Beispiel der Aspangstraße; Blue Globe Report Smart Cities 8, Klima and Energy Fonds Austria.

Ellen MacArthur Foundation (2024): Building Prosperity, Unlocking the potential of a nature-positive, circular economy for Europe, online:
<https://content.ellenmacarthurfoundation.org/m/62e7613596a2d12f/original/Building-Prosperity-July-2024.pdf> [abgerufen am 08.01.2026, 07:55].

Estreguil, C.; Dige, G.; Kleeschulte, S.; Carrao, H.; Raynal, J.; Teller, A. (2019): JOINT SCIENCE FOR POLICY REPORT, Strategic Green Infrastructure and Ecosystem Restoration, Geospatial methods, data and tools, European Union, Doi: 10.2760/06072.

Europäische Union (2014): Eine Grüne Infrastruktur für Europa. ISBN 978-92-79-39999-2. DOI:10.2779/26307. Online: <https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/GI-Brochure-210x210-DE-web.pdf> [abgerufen am 11.10.2025; 16:41].

European Commission (2021): Evaluating the Impact of Nature-based Solutions: A Handbook for Practitioners. Publications Office of the European Union: Luxembourg. ISBN 978-92-76 -22821-9. Online: <https://data.europa.eu/doi/10.2777/244577> [abgerufen am 11.10.2025, 16:39].

Jalits, Nicole; Stangl, Rosemarie (2026): Studie im Rahmen des Projekts HEDWIG zur Abbildung des aktuellen Wissenstands im Bereich Dach- und Fassadenbegrünung. HEDWIG-Berichtsserie: Teilbericht Studie. Berichte aus Energie und Umweltforschung 59c/2026. Wien.

John, Henriette; Marrs, Christopher; Neubert, Marco (2019): Handbuch Grüne Infrastruktur Konzeptioneller und theoretischer Hintergrund, Begriffe und Definitionen, österreichische Kurzfassung. Interreg Central Europe Projekt MaGICLandscapes. Output O.T1.1, Dresden. Mit Beiträgen von: Danzinger, Florian; John, Henriette; Marrs, Christopher; Neubert, Marco; Uhlemann, Kathrin. Online: <https://www.interreg-central.eu/Content.Node/MaGICLandscapes-Handbuch-Grüne-Infrastruktur-AUT.pdf> [abgerufen am: 18.01.2022, 11:03].

Kresser, Carmen; Schriegl, Ernst; Schöberl, Helmut; Mühlbauer, Isabell; Formanek, Susanne; Scharf, Bernhard; Frühwirth, Günther (2021): Integration von Begrünung in den österreichischen Energieausweis. (GREENergieausweis) Projektbericht Stadt der Zukunft. Schriftenreihe 43/2021.

Kuttler, Wilhelm (2013): Klimatologie. 2., aktualisierte und erg. Auflage, Paderborn: Schöningh.

Leitner, Elisabeth; Formanek, Susanne; Jalits, Nicole; Mezger, Lars; Bintinger, Rudolf; Stangl, Rosemarie (2026). Projekt HEDWIG Erhebung von Mess-Daten zur Wirkungsabschätzung von

- begrünzten Gebäuden. HEDWIG-Berichtsserie: Teilbericht Ergebnisse aus dem Stakeholder*innenworkshop. Berichte aus Energie und Umweltforschung 59d/2026. Wien.
- Leusden, F.; Freymark, H. (1951): Darstellung der Behaglichkeit für den Menschen. In: Gesundheits-Ingenieur 72 (1951), Heft 16, S. 271–273.
- Magistrat der Stadt Wien (2009): Klimaschutzprogramm der Stadt Wien, Fortschreibung 2010–2020. Online: <https://www.wien.gv.at/umwelt/klimaschutz/programm/index.html> [abgerufen am 18.01.2022, 10:06]
- Nakamura, Futoshi (2022): Green Infrastructure and Climate Change Adaptation. Function, Implementation and Governance, Japan, Springer Verlag.
- Navarrete-Hernandez, P.; Laffan, K (2019): A greener urban environment: Designing green infrastructure interventions to promote citizens' subjective wellbeing, Landscape and Urban Planning, vol. 191, article 103618, Doi: 10.1016/j.landurbplan.2019.103618.
- Österreichisches Institut für Bautechnik (OIB) (2023): Richtlinie 6: Energieeinsparung und Wärmeschutz (Ausgabe April 2023). Wien.
- Pfoser, Nicole; Jenner, Nathalie; Henrich, Johanna; Heusinger, Jannik; Weber, Stephan; Schreiner, Johannes; Unten Kanashiro, Carlos (2013): Gebäude Begrünung Energie–Potenziale und Wechselwirkungen. Interdisziplinärer Leitfaden als Planungshilfe zur Nutzung energetischer, klimatischer und gestalterischer Potentiale sowie zu den Wechselwirkungen von Gebäude, Bauwerksbegrünung und Gebäudeumfeld. Abschlussbericht August.
- Scharf, Bernhard (2020): Plants in Cities Effects of Green Infrastructure on Urban Energy and Water Balance. Dissertation - Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau (IBLB), BOKU-Universität für Bodenkultur, pp 1220.
- Scharf, Bernhard; Stangl, Rosemarie (2021): GRÜNER SCHUTZSCHIRM FÜR GEBÄUDE, Beitrag von Dach- und Fassadenbegrünung zum Energiehaushalt von Gebäuden. Österreichische Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift, OIAZ 166, 1-11. Online: https://www.oia.at/wp-content/uploads/2021/09/15_schutzschirm.pdf [abgerufen am: 26.01.2022, 19:28].
- Schmauck, Sebastian (2019): Dach- und Fassadenbegrünung - neue Lebensräume im Siedlungsbereich: Fakten, Argumente und Empfehlungen. BfN Skripten, Bundesamt für Naturschutz, Bonn.
- Schmidt, Marco (2010): Ecological design for climate mitigation in contemporary urban living. International Journal Water, Volume 5, Doi: 10.1504/IJW.2010.038727.
- Stangl, Rosemarie; Medl, Alexandra; Scharf, Bernhard; Pitha, Ulrike (2019): Wirkungen der grünen Stadt. Studie zur Abbildung des aktuellen Wissensstands im Bereich städtischer Begrünungsmaßnahmen. In: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (Hrsg.), Berichte aus Energie- und Umweltforschung 12/2019, 65; Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien.
- Stangl Rosemarie; Jalits Nicole; Bintinger Rudolf; Mezger Lars; Spörl Philipp; Scharf Bernhard; Poiss, Maximilian; Pitha, Ulrike; Leitner, Elisabeth; Formanek, Susanne (2026): Projekt HEDWIG Erhebung von Mess-Daten zur Wirkungsabschätzung von begrünten Gebäuden. HEDWIG-Berichtsserie: Ergebnisbericht. Berichte aus Energie und Umweltforschung 59a/2026. Wien.

Tudiwer, David (2019): Einflüsse vertikaler Gebäudebegrünung auf Wärmeschutz, Sommerliche Überwärmung und hygrothermische Behaglichkeit. Dissertation, Technische Universität Wien.

Ville de Paris (2025): PARIS CLIMATE ACTION PLAN 2024-2030, Faster, more local, fairer, online: <https://cdn.paris.fr/paris/2025/06/25/plan-climat-en-9E8O.pdf> [abgerufen am 08.01.2026, 08:15].

Voss, Karsten; Herkel, Sebastian; Kalz, Doreen; Lützkendorf, Thomas; Maas, Anton, Wagner, Andreas (2016): Performance von Gebäuden, Kriterien, Konzepte, Erfahrungen. Wagner: FIZ Karlsruhe, BINE Informationsdienst, Fraunhofer IRB Verlag, Bonn.

5.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Verortung der Messobjekte für Dauermessung (grün) sowie Messkampagnen (blau) (© IBLB).	19
Abbildung 2: Amtshaus Margareten, links: Frontansicht der Fassadenbegrünung (Süd-seitig), rechts: Messkampagne mit Messrahmen (©IBLB).	22
Abbildung 3: Monatssumme Energieeintrag 2024 vor und hinter dem Pflanzenkörper; Amtshaus Margareten, Wien [FB1-tW] (©IBLB).	23
Abbildung 4: Monatssumme Energieeintrag 2025, vor und hinter dem Pflanzenkörper; Amtshaus Margareten, Wien [FB1-tW] (©IBLB).	23
Abbildung 5: Tagessummen solare Einstrahlung 2024 bis 2025 [kWh/m ² ·d], inkl. Grünverschattungsfaktor; Amtshaus Margareten, Wien [FB1-tW] (©IBLB).	24
Abbildung 6: 5-tägige Hitzewelle 1.-5. September 2024, Solarstrahlung und Lufttemperatur jeweils vor und hinter dem Pflanzenkörper (Amtshaus Margareten, Wien [FB1-tW]) (©IBLB).	25
Abbildung 7: 5-tägige Hitzewelle 2025, Messwerte jeweils vor und hinter dem Pflanzenkörper (Amtshaus Margareten, Wien [FB1-tW]) (©IBLB).	26
Abbildung 8: Wall-Leaf Area Index (WLAI) und projektiver Deckungsgrad (DG _{proj}), Messkampagnen 2023 und 2024; Amtshaus Margareten [FB1-tW] (©IBLB).	27
Abbildung 9: Bewertungsscheck der Pflanzenvitalität anhand von 5 Parametern; Messkampagne 2023 (durchgezogen) und Messkampagne 2024 (gepunktet); Amtshaus Margareten [FB1-tW] (©IBLB).	28
Abbildung 10: Tagesverlauf kurz- und langwellige und reflektierte Solarstrahlung [W/m ²] und Lufttemperatur [°C] vom 10.07.2024 09:00 bis 17:00 Uhr; Amtshaus Margareten [FB1-tW] (©IBLB).	29
Abbildung 11: Untersuchungsbereich (links) und Infrarot Thermographie (IR _T) (rechts) aufgenommen am 10.07.2024, 14:09 Uhr, Lufttemperatur 35,5 °C; Amtshaus Margareten [FB1-tW] (©IBLB).	30
Abbildung 12: Stomatäre Leitfähigkeit [mmol m ⁻² s ⁻¹]; Messkampagne 10.07.2024 von 14:00 bis 15:00 Uhr; Amtshaus Margareten [FB1-tW] (©IBLB).	30
Abbildung 13: Adaptive thermische Behaglichkeit nach ÖNORM EN 16798-1 für Juni bis August 2024; Fassadenbegrünung troggebonden, <i>W. sinensis</i> , Amtshaus Margareten [FB1-tW] (©IBO).	31

Abbildung 14: Thermische Behaglichkeit nach Freymark und Leusden (1951) für Juni bis August 2024; Fassadenbegrünung troggebonden, <i>W. sinensis</i> , Amtshaus Margareten [FB1-tW] (©IBO)).	32
Abbildung 15: Korrelation Raumluft- und Oberflächentemperatur, Sommer/Winter 2024; Fassadenbegrünung troggebonden, <i>W. sinensis</i> , Amtshaus Margareten [FB1-tW] (©IBO).	33
Abbildung 16: Bürogemeinschaft Kräftner, links: Frontansicht der Fassadenbegrünung (West), rechts: Anbringung des Solarpanels sowie der Wetterstation (©IBLB).	34
Abbildung 17: Monatssumme Energieeintrag 2024, vor und hinter dem Pflanzenkörper (Bürogemeinschaft Kräftner, Wien) [FB2-bP] (©IBLB).	35
Abbildung 18: Monatssumme Energieeintrag 2025, vor und hinter dem Pflanzenkörper (Bürogemeinschaft Kräftner, Wien) (©IBLB).	35
Abbildung 19: Jahresstrahlungsgrafik 2024 bis 2025 aus Tagessummen des solaren Strahlungseintrags [kWh/m ² ·d], inkl. Grünverschattungsfaktor, Bürogemeinschaft Kräftner, Wien (©IBLB).	36
Abbildung 20: 5-tägige Hitzewelle 1.-5. September 2024, Solarstrahlung und Lufttemperatur jeweils vor und hinter dem Pflanzenkörper (Bürogemeinschaft Kräftner, Wien [FB2-bP]) (©IBLB).	37
Abbildung 21: 5-tägige Hitzewelle 29.Juni bis 03.Juli 2024, Solarstrahlung und Lufttemperatur jeweils vor und hinter dem Pflanzenkörper (Bürogemeinschaft Kräftner, Wien [FB2-bP]) (©IBLB).	37
Abbildung 22: Leaf Area Index (LAI) und projektiver Deckungsgrad (DG _{proj}), Messkampagnen 2023 und 2024; Bürogemeinschaft Kräftner [FB2-bP] (©IBLB).	38
Abbildung 23: Bewertungsscheck der Pflanzenvitalität anhand von 5 Parametern Messkampagne 2024 (durchgezogen); Bürogemeinschaft Kräftner [FB2-bP] (©IBLB).	39
Abbildung 24: Tagesverlauf der Solarstrahlung [W/m ²] und Lufttemperatur [°C] vom 04.09.2024 09:00 bis 17:00 Uhr; Bürogemeinschaft Kräftner [FB2-bP] (©IBLB).	40
Abbildung 25: Untersuchungsbereich (links) und Infrarot Thermographie (IRT) (rechts) aufgenommen am 04.09.2024, 13:21 Uhr, Lufttemperatur 31,3 °C; Bürogemeinschaft Kräftner [FB2-bP] (©IBLB).	41
Abbildung 26: Stomatäre Leitfähigkeit [mmol m ⁻² s ⁻¹] aufgenommen am 10.07.2024 von 14:00 bis 15:00 Uhr; Bürogemeinschaft Kräftner [FB2-bP] (©IBLB).	42
Abbildung 27: Adaptive thermische Behaglichkeit nach ÖNORM EN 16798-1 für Juni bis August 2024; bodengebundene Grünfassade, <i>Parthenocissus tricuspidata</i> , Bürogemeinschaft Kräftner [FB2-bP] (©IBO).	43
Abbildung 28: Thermische Behaglichkeit nach Freymark und Leusden (1951) für Juni bis August 2024; bodengebundene Grünfassade, <i>Parthenocissus tricuspidata</i> , Bürogemeinschaft Kräftner [FB2-bP] (©IBO).	44
Abbildung 29: Korrelation Raumluft- und Oberflächentemperatur, Sommer/Winter 2024; bodengebundene Grünfassade, <i>Parthenocissus tricuspidata</i> , Bürogemeinschaft Kräftner [FB2-bP] (©IBO).	45

Abbildung 30: Wien Energie, links: Frontansicht der modularen Grünfassade (Süd-Ost), rechts: Installation der Dauermesssensorik (©IBLB).	46
Abbildung 31: Monatssumme Energieeintrag 2024, vor und hinter dem Pflanzenkörper (Wien Energie Kraftwerk Simmering, Wien) (©IBLB).	47
Abbildung 32: Monatssumme Energieeintrag 2025, vor und hinter dem Pflanzenkörper (Wien Energie Kraftwerk Simmering, Wien) (©IBLB).	48
Abbildung 33: Jahresstrahlungsgrafik 2024 bis 2025 aus Tagessummen des solaren Strahlungseintrags [kWh/m ² ·d], inkl. Grünverschattungsfaktor, Wien Energie Kraftwerk Simmering, Wien [FB4-m] (©IBLB).	49
Abbildung 34: 5-tägige Hitzewelle 1.-5. September 2024, Solarstrahlung und Lufttemperatur jeweils vor und hinter dem Pflanzenkörper (Wien Energie, Wien [FB3-m]) (©IBLB).	49
Abbildung 35: 5-tägige Hitzewelle 29.Juni bis 03.Juli 2025, Solarstrahlung und Lufttemperatur jeweils vor und hinter dem Pflanzenkörper (Wien Energie, Wien [FB3-m]) (©IBLB).	50
Abbildung 36: 5-tägige Hitzewelle 1.-5. September 2024, Wärmedurchfluss und Substrattemperatur (Wien Energie [FB3-m]) (©IBLB).	51
Abbildung 37: 5-tägige Hitzewelle 29.Juni bis 03. Juli 2025, Wärmedurchfluss und Substrattemperatur (Wien Energie [FB3-m]) (©IBLB).	51
Abbildung 38: 5-tägige Hitzewelle 1.-5. September 2024, Wärmedurchfluss und Substrattemperatur (Wien Energie [FB3-m]) (©IBLB).	52
Abbildung 39: 5-tägige Hitzewelle 29.Juni bis 03. Juli 2025, Wärmedurchfluss und Substratfeuchte (Wien Energie [FB3-m]) (©IBLB).	52
Abbildung 40: 5-tägige Hitzewelle 1.-5. September 2024, Wärmedurchfluss und Solarstrahlung (Wien Energie [FB3-m]) (©IBLB).	53
Abbildung 41: 5-tägige Hitzewelle 29.Juni bis 03. Juli 2025, Wärmedurchfluss und Solarstrahlung (Wien Energie [FB3-m]) (©IBLB).	53
Abbildung 42: Leaf Area Index (LAI) und projektiver Deckungsgrad (DG _{proj}), Messkampagnen 2023 und 2024; Wien Energie Kraftwerk Simmering [FB3-m] (©IBLB).	54
Abbildung 43: Bewertungsscheck der Pflanzenvitalität anhand von 5 Parametern Messkampagne 2024 (durchgezogen); Wien Energie Kraftwerk Simmering [FB3-m] (©IBLB).	55
Abbildung 44: Tagesverlauf der Solarstrahlung [W/m ²] und Lufttemperatur [°C] vom 31.07.2024 09:00 bis 17:00 Uhr; Wien Energie Kraftwerk Simmering [FB3-m] (©IBLB).	56
Abbildung 45: Untersuchungsbereich (links) und Infrarot Thermographie (IR _T) (rechts) aufgenommen am 31.07.2024 um 13:58; Wien Energie Kraftwerk Simmering [FB3-m] (©IBLB)....	57
Abbildung 46: Stomatäre Leitfähigkeit [mmol m ⁻² s ⁻¹] aufgenommen am 31.07.2024 von 13:00 bis 14:00 Uhr; Wien Energie Kraftwerk Simmering [FB3-m] (©IBLB).....	58
Abbildung 47: Adaptive thermische Behaglichkeit nach ÖNORM EN 16798-1 für Juni bis August 2024; modulare Begrünung], Gräser-Kräuter-Stauden-Mischung, Kraftwerk Simmering [FB3-m] (©IBO).	59

Abbildung 48: Thermische Behaglichkeit nach Freymark und Leusden (1951) für Juni bis August 2024; modulare Begrünung], Gräser-Kräuter-Stauden-Mischung, Kraftwerk Simmering [FB3-m] (©IBO).	60
Abbildung 49: Korrelation Raumluft- und Oberflächentemperatur, Sommer/Winter 2024; modulare Begrünung], Gräser-Kräuter-Stauden-Mischung, Kraftwerk Simmering [FB3-m] (©IBO).	61
Abbildung 50: MA48 Gürtel, links: Frontansicht wandgebundene Fassadenbegrünung (Süd-seitig), rechts: Wannensystem (©IBLB).	62
Abbildung 51: Monatssumme Energieeintrag 2024, vor und hinter dem Pflanzenkörper (MA48 Gürtel, Wien) (©IBLB).	63
Abbildung 52: Monatssumme Energieeintrag 2025, vor und hinter dem Pflanzenkörper (MA48 Gürtel, Wien) (©IBLB).	64
Abbildung 53: Jahresstrahlungsgrafik 2024 bis 2025 aus Tagessummen des solaren Strahlungseintrags [kWh/m ² ·d], inkl. Grünverschattungsfaktor, MA48 Gürtel, Wien (©IBLB).	65
Abbildung 54: 5-tägige Hitzewelle 1.-5. September 2024, Solarstrahlung und Lufttemperatur jeweils vor und hinter dem Pflanzenkörper (MA48 Gürtel, Wien [FB4-w]) (©IBLB).	66
Abbildung 55: 5-tägige Hitzewelle 29.Juni bis 03.Juli 2025, Solarstrahlung und Lufttemperatur jeweils vor und hinter dem Pflanzenkörper (MA48 Gürtel, Wien [FB4-w]) (©IBLB).	66
Abbildung 56: 5-tägige Hitzewelle 1.-5. September 2024, Wärmedurchfluss und Substrattemperatur (MA48 Gürtel, Wien [FB4-w]) (©IBLB).	67
Abbildung 57: 5-tägige Hitzewelle 29.Juni bis 03. Juli 2025, Wärmedurchfluss und Substrattemperatur (MA48 Gürtel, Wien [FB4-w]) (©IBLB).	68
Abbildung 58: 5-tägige Hitzewelle 1.-5. September 2024, Wärmedurchfluss und Substrattemperatur (MA48 Gürtel, Wien [FB4-w]) (©IBLB).	69
Abbildung 59: 5-tägige Hitzewelle 29.Juni bis 03. Juli 2025, Wärmedurchfluss und Substratfeuchte (MA48 Gürtel, Wien [FB4-w]) (©IBLB).	69
Abbildung 60: 5-tägige Hitzewelle 1.-5. September 2024, Wärmedurchfluss und Solarstrahlung (MA48 Gürtel, Wien [FB4-w]) (©IBLB).	70
Abbildung 61: 5-tägige Hitzewelle 29.Juni bis 03. Juli 2025, Wärmedurchfluss und Solarstrahlung (MA48 Gürtel, Wien [FB4-w]) (©IBLB).	70
Abbildung 62: Leaf Area Index (LAI) und projektiver Deckungsgrad (DG _{proj}), Messkampagnen 2023 und 2024; MA 48 Gürtel [FB4-w] (©IBLB).	71
Abbildung 63: Bewertungsscheck der Pflanzenvitalität anhand von 5 Parametern Messkampagne 2024 (durchgezogen); MA 48 Gürtel [FB4-w] (©IBLB).	71
Abbildung 64: Tagesverlauf der Solarstrahlung [W/m ²] und Lufttemperatur [°C] vom 20.08.2024 09:00 bis 17:00 Uhr; MA 48 Gürtel [FB4-w] (©IBLB).	72

Abbildung 65: Untersuchungsbereich (links) und Infrarot Thermographie (IR _T) (rechts) aufgenommen am 20.08.2024, 16:32 Uhr, Lufttemperatur 28,9 °C; MA 48 Gürtel [FB4-w] (©IBLB).	74
Abbildung 66: Stomatäre Leitfähigkeit [$\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$] aufgenommen am 20.08.2024, 16:32 Uhr, Lufttemperatur 25,9 °C; MA 48 Gürtel [FB4-w] (©IBLB).	74
Abbildung 67: Adaptive thermische Behaglichkeit nach ÖNORM EN 16798-1 für Juni bis August 2024; wandgebundene Fassadenbegrünung [Wannensystem], Gräser-Kräuter-Stauden-Mischung, MA48 Gürtel [FB4-w] (©IBO).	75
Abbildung 68: Thermische Behaglichkeit nach Freymark und Leusden (1951) für Juni bis August 2024; wandgebundene Fassadenbegrünung [Wannensystem], Gräser-Kräuter-Stauden-Mischung, MA48 Gürtel [FB4-w] (©IBO).	76
Abbildung 69: Korrelation Raumluft- und Oberflächentemperatur, Sommer/Winter 2024; wandgebundene Fassadenbegrünung [Wannensystem], Gräser-Kräuter-Stauden-Mischung, MA48 Gürtel [FB4-w] (©IBO).	77
Abbildung 70: Lichtblau-Wager, links: manuelle Aufnahme bei Messkampagne, rechts: Nahaufnahme Messrahmen (©IBLB).	78
Abbildung 71: Leaf Area Index (LAI) und projektiver Deckungsgrad (DG_{proj}), Messkampagnen 2023 und 2024; Lichtblau-Wagner [FB5-bP] (©IBLB).	79
Abbildung 72: Bewertungsscheck der Pflanzenvitalität anhand von 5 Parametern Messkampagne 2023 (durchgezogen) und Messkampagne 2024 (gepunktet); Lichtblau-Wagner [FB5-bP] (©IBLB).	80
Abbildung 73: Tagesverlauf der Solarstrahlung [W/m^2] und Lufttemperatur [°C] vom 25.07.2024 09:00 bis 17:00 Uhr; Lichtblau-Wagner [FB5-bP] (©IBLB).	81
Abbildung 74: Untersuchungsbereich (links) und Infrarot Thermographie (IRT) (rechts) aufgenommen am 25.07.2024, 10:09 Uhr, Lufttemperatur 24,8 °C; Lichtblau-Wagner [FB5-bP] (©IBLB).	82
Abbildung 75: Stomatäre Leitfähigkeit [$\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$] aufgenommen am 25.07.2024 von 14:00 bis 15:00 Uhr; Lichtblau-Wagner [FB5-bP] (©IBLB).	83
Abbildung 76: Privathaus Ternitz, links: Frontansicht Fassadenbegrünung (West-seitig), rechts: <i>Parthenocissus tricuspidata</i> Herbstfärbung (©IBLB).	84
Abbildung 77: Leaf Area Index (LAI) und projektiver Deckungsgrad (DG_{proj}), Messkampagnen 2023 und 2024; Privathaus Ternitz [FB6-bP] (©IBLB).	85
Abbildung 78: Bewertungsscheck der Pflanzenvitalität anhand von 5 Parametern Messkampagne 2023 (durchgezogen) und Messkampagne 2024 (gepunktet); Privathaus Ternitz [FB6-bP] (©IBLB).	86
Abbildung 79: Tagesverlauf der Solarstrahlung [W/m^2] und Lufttemperatur [°C] vom 19.07.2024 11:00 bis 17:00 Uhr; Privathaus Ternitz [FB6-bP] (©IBLB).	87

Abbildung 80: Untersuchungsbereich (links) und Infrarot Thermographie (IRT) (rechts) aufgenommen am 19.07.2024, 13:10 Uhr, Lufttemperatur 29,7 °C; Privathaus Ternitz [FB6-bP] (©IBLB).	88
Abbildung 81: Stomatäre Leitfähigkeit [$\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$] aufgenommen am 19.07.2024 von 16:00 bis 17:00 Uhr; Privathaus Ternitz [FB6-bP] (©IBLB).	89
Abbildung 82: BH Korneuburg, links: Glasfassade mit bodengebundener Begrünung, rechts: Messrahmen bei Messkampagne (©IBLB).	90
Abbildung 83: Leaf Area Index (LAI) und projektiver Deckungsgrad (DG_{proj}), Messkampagnen 2023 und 2024; BH Korneuburg [FB7-bW] (©IBLB).	91
Abbildung 84: Bewertungsscheck der Pflanzenvitalität anhand von 5 Parametern Messkampagne 2023 (durchgezogen) und Messkampagne 2024 (gepunktet); BH Korneuburg [FB7-bW] (©IBLB).	92
Abbildung 85: Tagesverlauf der Solarstrahlung [W/m^2] und Lufttemperatur [°C] vom 30.07.2024 09:00 bis 17:00 Uhr, BH Korneuburg [FB7-bW] (©IBLB).	93
Abbildung 86: Untersuchungsbereich (links) und Infrarot Thermographie (IRT) (rechts) aufgenommen am 30.07.2024, 14:09 Uhr, Lufttemperatur 27,8 °C; BH Korneuburg [FB7-bW] (©IBLB).	94
Abbildung 87: Stomatäre Leitfähigkeit [$\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$] aufgenommen am 30.07.2024 von 14:00 bis 15:00 Uhr; BH Korneuburg [FB7-bW] (©IBLB).	95
Abbildung 88: Hotel Gilbert, links: Frontansicht der modularen Fassadenbegrünung (Ostseite), rechts: Nahaufnahme biodiverser Begrünung (©Hotel Gilbert).	96
Abbildung 89: Leaf Area Index (LAI) der Messkampagnen 2023 und 2024; Hotel Gilbert [FB8-m] (©IBLB).	97
Abbildung 90: Bewertungsscheck der Pflanzenvitalität anhand von 5 Parametern 2024 (gepunktet); Hotel Gilbert [FB8-m] (©IBLB).	98
Abbildung 91: Untersuchungsbereich (links) und Infrarot Thermographie (IRT) (rechts) aufgenommen am 12.08.2024, 09:58 Uhr, Lufttemperatur 27,5 °C; Hotel Gilbert [FB8-m] (©IBLB).	99
Abbildung 92: Stomatäre Leitfähigkeit [$\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$] aufgenommen am 12.08.2024 von 12:00 bis 13:30 Uhr; Hotel Gilbert [FB8-m] (©IBLB).	100
Abbildung 93: Steinbauer Development extensiv, links: extensive Dachbegrünung sowie Umgebung, rechts: Lufttemperatursensor und <i>Sedum</i> -Bedeckung (©IBLB).	101
Abbildung 94: Wärmedurchfluss im Substrat Juni - September 2024, extensive Dachbegrünung [DB1-e] [Steinbauer Development GmbH, Wien] (©IBLB).	102
Abbildung 95: Wärmedurchfluss im Substrat November 2024 - Februar 2025, extensive Dachbegrünung [Steinbauer Development GmbH, Wien] (©IBLB).	102
Abbildung 96: Wärmedurchfluss bei Regenereignis, September sowie Oktober 2024, extensive Dachbegrünung [Steinbauer Development GmbH, Wien] (©IBLB).	103

Abbildung 97: Substratfeuchte bei Regenereignis, September sowie Oktober 2024, extensive und intensive Dachbegrünung [Steinbauer Development GmbH, Wien] (©IBLB).	104
Abbildung 98: Substrattemperatur bei Regenereignis, September sowie Oktober 2024, extensive Dachbegrünung [Steinbauer Development GmbH, Wien] (©IBLB).	104
Abbildung 99: Leaf Area Index (LAI) und projektiver Deckungsgrad (DG_{proj}), Messkampagnen 2023 und 2024; Steinbauer Development [DB-1e] (©IBLB).	105
Abbildung 100: Bewertungsscheck der Pflanzenvitalität anhand von 5 Parametern Messkampagne 2023 (durchgezogen) und Messkampagne 2024 (gepunktet); Steinbauer Development [DB1-e] (©IBLB).	106
Abbildung 101: Tagesverlauf der Solarstrahlung [W/m^2] und Lufttemperatur [$^{\circ}C$] vom 05.07.2024 09:00 bis 17:00 Uhr; Steinbauer Development [DB1-e] (©IBLB).	107
Abbildung 102: Untersuchungsbereich (links) und Infrarot Thermographie (IR_T) (rechts) aufgenommen am 05.07.2024, 13:42 Uhr, Lufttemperatur 28,6 $^{\circ}C$; Steinbauer Development [DB1-e] (©IBLB).	108
Abbildung 103: Adaptive thermische Behaglichkeit nach ÖNORM EN 16798-1 für Juni bis August 2024; extensive Dachbegrünung, Steinbauer Development GmbH [DB1-e] (©IBLB).	109
Abbildung 104: Thermische Behaglichkeit nach Freymark und Leusden (1951) für Juni bis August 2024; extensive Dachbegrünung, Steinbauer Development GmbH [DB1-e] (©IBO).	110
Abbildung 105: Korrelation Raumluft- und Oberflächentemperatur, Sommer/Winter 2024; extensive Dachbegrünung, Steinbauer Development GmbH [DB1-e] (©IBO).	111
Abbildung 106: Steinbauer Development intensiv, links: intensive Dachbegrünung mit Strauchbestand, rechts: Strauchbestand (©IBLB).	112
Abbildung 107: Wärmedurchfluss im Substrat Juni - September 2024, intensive Dachbegrünung [Steinbauer Development GmbH, Wien] (©IBLB).	113
Abbildung 108: Wärmedurchfluss im Substrat November 2024 - Februar 2025, intensive Dachbegrünung [Steinbauer Development GmbH, Wien] (©IBLB).	113
Abbildung 109: Wärmedurchfluss im Substrat bei Regenereignis, September sowie Oktober 2024, intensive Dachbegrünung [Steinbauer Development GmbH, Wien] (©IBLB).	114
Abbildung 110: Substratfeuchte bei Regenereignis, September sowie Oktober 2024, intensive Dachbegrünung [Steinbauer Development GmbH, Wien] (©IBLB).	114
Abbildung 111: Substrattemperatur bei Regenereignis, September sowie Oktober 2024, intensive Dachbegrünung [Steinbauer Development GmbH, Wien] (©IBLB).	115
Abbildung 112: Leaf Area Index (LAI) und projektiver Deckungsgrad (DG_{proj}), Messkampagnen 2023 und 2024; Steinbauer Development [DB1-i] (©IBLB).	116
Abbildung 113: Bewertungsscheck der Pflanzenvitalität anhand von 5 Parametern Messkampagne 2023 (durchgezogen) und Messkampagne 2024 (gepunktet); Steinbauer Development [DB1-i] (©IBLB).	116

Abbildung 114: Tagesverlauf der Solarstrahlung [W/m^2] und Lufttemperatur [$^{\circ}\text{C}$] vom 05.07.2024 09:00 bis 17:00 Uhr; Steinbauer Development [DB1-i] (©IBLB).	117
Abbildung 115: Untersuchungsbereich MP1 (links) und Infrarot Thermographie (IR_T) (rechts) aufgenommen am 05.07.2024, 10:37 Uhr, Lufttemperatur $24,7^{\circ}\text{C}$; Steinbauer Development [DB1-i] (©IBLB).	118
Abbildung 116: Stomatäre Leitfähigkeit [$\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$] gemessen an Gehölzen (Apfelbaum, Flieder, Hasel u.a.) am 05.07.2024 von 10:30 bis 11:00 Uhr; Steinbauer Development [DB1-i] (©IBLB).	119
Abbildung 117: HTL St. Pölten extensiv, links: extensive sowie angrenzendes reduziert-intensive Dachbegrünung, rechts: Strahlungssensor in Sedum-Bestand (©IBLB).	120
Abbildung 118: Wärmedurchfluss im Substrat Juni - September 2024, extensive Dachbegrünung [HTL St. Pölten, Niederösterreich] (©IBLB).	121
Abbildung 119: Wärmedurchfluss im Substrat November 2024 - Februar 2025, extensive Dachbegrünung [HTL St. Pölten, Niederösterreich].	121
Abbildung 120: Wärmedurchfluss bei Regenereignis, September sowie Oktober 2024, extensive Dachbegrünung [HTL St. Pölten, Niederösterreich] (©IBLB).	122
Abbildung 121: Substratfeuchte bei Regenereignis, September sowie Oktober 2024, extensive Dachbegrünung [HTL St. Pölten, Niederösterreich] (©IBLB).	123
Abbildung 122: Substrattemperatur bei Regenereignis, September sowie Oktober 2024, extensive Dachbegrünung [HTL St. Pölten, Niederösterreich] (©IBLB).	123
Abbildung 123: Leaf Area Index (LAI) und projektiver Deckungsgrad (DG_{proj}), Messkampagnen 2023 und 2024; HTL St. Pölten [DB2-e] (©IBLB).	124
Abbildung 124: Bewertungsscheck der Pflanzenvitalität anhand von 5 Parametern Messkampagne 2023 (durchgezogen) und Messkampagne 2024 (gepunktet); HTL St. Pölten [DB2-e] (©IBLB).	124
Abbildung 125: Tagesverlauf der Solarstrahlung [W/m^2] und Lufttemperatur [$^{\circ}\text{C}$] vom 05.07.2024 09:00 bis 17:00 Uhr; Steinbauer Development [DB-1i] (©IBLB).	125
Abbildung 126: Untersuchungsbereich (links) und Infrarot Thermographie (IR_T) (rechts) aufgenommen am 19.06.2024, 16:13 Uhr, Lufttemperatur $32,4^{\circ}\text{C}$; HTL St. Pölten [DB-2e] (©IBLB).	126
Abbildung 127: Adaptive thermische Behaglichkeit nach ÖNORM EN 16798-1 für Juni bis August 2024; extensive Dachbegrünung, HTL St. Pölten [DB2-e] (©IBO).	127
Abbildung 128: Thermische Behaglichkeit nach Freymark und Leusden (1951) für Juni bis August 2024; extensive Dachbegrünung, HTL St. Pölten [DB2-e] (©IBO).	128
Abbildung 129: Korrelation Raumluft- und Oberflächentemperatur, Sommer/Winter 2024; extensive Dachbegrünung, HTL St. Pölten [DB2-e] (©IBO).	129
Abbildung 130: HTL St. Pölten reduziert-intensiv, links: Gräser und Kräuter Bestand, rechts: Klimastation mit Solarpanel (IBLB).	130
Abbildung 131: Wärmedurchfluss Juni - September 2024, reduziert-intensive Dachbegrünung [HTL St. Pölten, Niederösterreich] (©IBLB).	131

Abbildung 132: Wärmedurchfluss November 2024 - Februar 2025, reduziert-intensive Dachbegrünung [HTL St. Pölten, Niederösterreich] (©IBLB).	132
Abbildung 133: Wärmedurchfluss bei Regenereignis, September sowie Oktober 2024, reduziert-intensive Dachbegrünung [HTL St. Pölten, Niederösterreich] (©IBLB).	132
Abbildung 134: Substratfeuchte bei Regenereignis, September sowie Oktober 2024, reduziert-intensive Dachbegrünung [HTL St. Pölten, Niederösterreich] (©IBLB).	133
Abbildung 135: Substrattemperatur bei Regenereignis, September sowie Oktober 2024, reduziert-intensive Dachbegrünung [HTL St. Pölten, Niederösterreich] (©IBLB).	134
Abbildung 136: Leaf Area Index (LAI) und projektiver Deckungsgrad (DG_{proj}), Messkampagnen 2023 und 2024; HTL St. Pölten [DB2-ri] (©IBLB).	134
Abbildung 137: Bewertungsscheck der Pflanzenvitalität anhand von 5 Parametern Messkampagne 2023 (durchgezogen) und Messkampagne 2024 (gepunktet); HTL St. Pölten [DB2-ri] (©IBLB).	135
Abbildung 138: Tagesverlauf der Solarstrahlung [W/m^2] und Lufttemperatur [$^{\circ}C$] vom 19.06.2024 09:00 bis 17:00 Uhr; HTL St. Pölten [DB2-ri] (©IBLB).	136
Abbildung 139: Untersuchungsbereich (links) und Infrarot Thermographie (IR_T) (rechts) aufgenommen am 19.06.2024, 16:13 Uhr, Lufttemperatur 32,4 $^{\circ}C$; HTL St. Pölten [DB2-ri] (©IBLB).	137
Abbildung 140: Adaptive thermische Behaglichkeit nach ÖNORM EN 16798-1 für Juni bis August 2024; reduziert-intensive Dachbegrünung, HTL St. Pölten [DB2-ri] (©IBO).	138
Abbildung 141: Thermische Behaglichkeit nach Freymark und Leusden (1951) für Juni bis August 2024; reduziert-intensive Dachbegrünung, HTL St. Pölten [DB2-ri] (©IBO).	139
Abbildung 142: Korrelation Raumluft- und Oberflächentemperatur, Sommer/Winter 2024; reduziert-intensive Dachbegrünung, HTL St. Pölten [DB2-ri] (©IBO).	140
Abbildung 143: Ilse-Wallentin-Haus, links: extensive Dachbegrünung, rechts: Messrahmen mit <i>Sedum sp.</i> (©IBLB).	141
Abbildung 144: Leaf Area Index (LAI) und Deckungsgrad (DG) der Messkampagnen 2023 und 2024; Ilse-Wallentin-Haus BOKU University [DB3-e] (©IBLB).	142
Abbildung 145: Bewertungsscheck der Pflanzenvitalität anhand von 5 Parametern Messkampagne 2023 (durchgezogen) und Messkampagne 2024 (gepunktet); Ilse-Wallentin-Haus BOKU University [DB3-e] (©IBLB).	143
Abbildung 146: Tagesverlauf der Solarstrahlung [W/m^2] und Lufttemperatur [$^{\circ}C$] vom 19.06.2024 09:00 bis 17:00 Uhr; Ilse-Wallentin-Haus BOKU University [DB3-e] (©IBLB).	144
Abbildung 147: Untersuchungsbereich (links) und Infrarot Thermographie (IR_T) (rechts) aufgenommen am 18.06.2024, 11:25 Uhr, Lufttemperatur 27,2 $^{\circ}C$; Ilse-Wallentin-Haus BOKU University [DB3-e] (©IBLB).	145
Abbildung 148: Klangforum, links: reduziert-intensive Begrünung mit umliegenden Gebäuden, rechts: <i>Parthenocissus tricuspidata</i> auf Abstandhalter über Oberlichtern (©IBLB).	146

Abbildung 149: Leaf Area Index (LAI) und projektiver Deckungsgrad (DG_{proj}), Messkampagnen 2023 und 2024; Klangforum Wien [DB4-ri] (©IBLB).	147
Abbildung 150: Bewertungsscheck der Pflanzenvitalität anhand von 5 Parametern, Messkampagne 2023 (durchgezogen) und Messkampagne 2024 (gepunktet); Klangforum Wien [DB4-ri] (©IBLB).	148
Abbildung 151: Tagesverlauf der Solarstrahlung [W/m^2] und Lufttemperatur [$^{\circ}C$] vom 18.06.2024 09:00 bis 17:00 Uhr; Klangforum Wien [DB4-ri] (©IBLB).	149
Abbildung 152: Untersuchungsbereich (links) und Infrarot Thermographie (IR_T) (rechts) aufgenommen am 18.06.2024, 14:06 Uhr, Lufttemperatur 30,8 $^{\circ}C$; Klangforum Wien [DB4-ri] (©IBLB).	150
Abbildung 153: Stomatäre Leitfähigkeit [$mmol\ m^{-2}\ s^{-1}$], gemessen an <i>Parthenocissus quinquefolia</i> am 16.07.2024 von 10:45 bis 11:00 Uhr; Klangforum Wien [DB4-ri] (©IBLB).	151
Abbildung 154: Die Garten Tulln, links: extensive Begrünung, rechts: Messrahmen mit <i>Sedum sp.</i> (©IBLB).	152
Abbildung 155: Leaf Area Index (LAI) und Deckungsgrad (DG) der Messkampagnen 2023 und 2024; Die Garten Tulln [DB5-e] (©IBLB).	153
Abbildung 156: Bewertungsscheck der Pflanzenvitalität anhand von 5 Parametern Messkampagne 2023 (durchgezogen) und Messkampagne 2024 (gepunktet); Die Garten Tulln [DB5-e] (©IBLB).	154
Abbildung 157: Tagesverlauf der Solarstrahlung [W/m^2] und Lufttemperatur [$^{\circ}C$] vom 29.08.2024 09:00 bis 17:00 Uhr; Die Garten Tulln [DB5-e] (©IBLB).	155
Abbildung 158: Untersuchungsbereich (links) und Infrarot Thermographie (IR_T) (rechts) aufgenommen am 28.06.2024, 12:26 Uhr, Lufttemperatur 29,7 $^{\circ}C$; Die Garten Tulln [DB5-e] (©IBLB).	156
Abbildung 159: Café Mendl, links: extensive Dachbegrünung - 2023, rechts: Messaufnahmen - 2024 (©IBLB).	157
Abbildung 160: Leaf Area Index (LAI) und Deckungsgrad (DG_{proj}), Messkampagnen 2023 und 2024; Gregor-Mendel-Haus BOKU University [DB6-e] (©IBLB).	158
Abbildung 161: Bewertungsscheck der Pflanzenvitalität anhand von 5 Parametern Messkampagne 2023 (durchgezogen) und Messkampagne 2024 (gepunktet); Gregor-Mendel-Haus BOKU University [DB6-e] (©IBLB).	159
Abbildung 162: Tagesverlauf der Solarstrahlung [W/m^2] und Lufttemperatur [$^{\circ}C$] vom 09.07.2024 09:00 bis 17:00 Uhr; Gregor-Mendel-Haus BOKU University [DB6-e] (©IBLB).	160
Abbildung 163: Untersuchungsbereich (links) und Infrarot Thermographie (IR_T) (rechts) aufgenommen am 09.07.2024, 14:48 Uhr, Lufttemperatur 30,2 $^{\circ}C$; Gregor Mendl Haus [BOKU University] (©IBLB).	161

5.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Codierungsschlüssel und Kerninformationen aller Dauermessobjekte (Fassade sowie Dach).	19
Tabelle 2: Codierungsschlüssel und Kerninformationen aller Objekte für Messkampagnen (Fassade sowie Dach).	20
Tabelle 3: Übersicht der Mittelwerte der pflanzenphysiologischen und klimatischen Parameter vom 10.07.2024, 09:00 bis 17:00 Uhr, Amtshaus Margareten [FB1-tW].....	29
Tabelle 4: Übersicht der Mittelwerte der pflanzenphysiologischen und klimatischen Parameter vom 04.09.2024, 09:00 bis 17:00 Uhr, Bürogemeinschaft Kräftner [FB2-bP].....	40
Tabelle 5: Übersicht der Mittelwerte der pflanzenphysiologischen und klimatischen Parameter vom 31.07.2024, 09:00 bis 17:00 Uhr, Wien Energie Kraftwerk Simmering [FB3-m].....	56
Tabelle 6: Übersicht der Mittelwerte der pflanzenphysiologischen und klimatischen Parameter vom 20.08.2024, 09:00 bis 17:00 Uhr, MA 48 Gürtel [FB4-w].	73
Tabelle 7: Übersicht der Mittelwerte der pflanzenphysiologischen und klimatischen Parameter vom 25.07.2024, 09:00 bis 17:00 Uhr, Lichtblau-Wagner [FB5-bP].....	81
Tabelle 8: Übersicht der Mittelwerte der pflanzenphysiologischen und klimatischen Parameter vom 19.07.2024 11:00 bis 17:00 Uhr; Privathaus Ternitz [FB6-bP].	87
Tabelle 9: Übersicht der Mittelwerte der pflanzenphysiologischen und klimatischen Parameter vom 30.07.2024, 09:00 bis 17:00 Uhr; BH Korneuburg [FB7-bW].	93
Tabelle 10: Übersicht der Mittelwerte der pflanzenphysiologischen und klimatischen Parameter vom 12.08.2024; Hotel Gilbert [FB8-m].	98
Tabelle 11: Übersicht der Mittelwerte der pflanzenphysiologischen und klimatischen Parameter vom 05.07.2024, 09:00 bis 17:00 Uhr; Steinbauer Development [DB1-e].....	107
Tabelle 12: Übersicht der Mittelwerte der pflanzenphysiologischen und klimatischen Parameter vom 05.07.2024, 09:00 bis 17:00 Uhr; Steinbauer Development [DB1-i].....	117
Tabelle 13: Übersicht der Mittelwerte der pflanzenphysiologischen und klimatischen Parameter vom 19.06.2024, 09:00 bis 17:00 Uhr; HTL St. Pölten [DB2-e].	125
Tabelle 14: Übersicht der Mittelwerte der pflanzenphysiologischen und klimatischen Parameter vom 19.06.2024, 09:00 bis 17:00 Uhr; HTL St. Pölten [DB2-ri].	136
Tabelle 15: Übersicht der Mittelwerte der pflanzenphysiologischen und klimatischen Parameter vom 18.06.2024, 09:00 bis 17:00 Uhr; Ilse-Wallentin Haus BOKU University [DB3-e].	144
Tabelle 16: Übersicht der Mittelwerte der pflanzenphysiologischen und klimatischen Parameter vom 16.07.2024, 09:00 bis 17:00 Uhr; Klangforum Wien [DB4-ri].	149
Tabelle 17: Übersicht der Mittelwerte der pflanzenphysiologischen und klimatischen Parameter vom 28.06.2024, 09:00 bis 13:00 Uhr und 29.08.2024, 09:00 bis 17:00 Uhr; Die Garten Tulln [DB5-e].....	155

Tabelle 18: Übersicht der Mittelwerte der pflanzenphysiologischen und klimatischen Parameter vom 09.07.2024, 09:00 bis 17:00 Uhr; Gregor-Mendel-Haus BOKU University [DB6-e].	160
--	-----

6 Anhang

6.1 Data Management Plan (DMP)

6.1.1 Datenerstellung und Dokumentation

Für sämtliche erhobene Daten im Außenraum ist das BOKU IBLB verantwortlich. Die Rohdaten sind unter der DOI: 10.5281/zenodo.21980849 (Jalits et al. 2026) sowie 10.5281/zenodo.20525116 (Mezger et al. 2026) öffentlich verfügbar. Die Hauptverantwortliche für die Daten ist unter der E-Mail-Adresse: rosemarie.stangl@boku.ac.at erreichbar. Mitwirkende bei der Datenerhebung im Außenraum waren Philipp Spörl; Lars Mezger sowie Anna Briefer.

Für sämtliche erhobene Daten im Innenraum ist das IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie verantwortlich. Die Rohdaten sind unter der DOI: 10.5281/zenodo.21981452 (Bintinger et al. 2026) öffentlich verfügbar. Die Hauptverantwortliche für die Daten ist unter der E-Mail-Adresse: rudolf.bintinger@ibo.at erreichbar.

6.1.2 Ethische, rechtliche und Sicherheitsaspekte

Alle erhobenen Daten im Außenraum sind Eigentum des Instituts für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau (IBLB) des Departments für Landschaft, Wasser und Infrastruktur (LAWI) der Universität für Bodenkultur Wien (BOKU). Alle erhobenen Daten im Innenraum sind Eigentum der IBO GmbH (Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie).

6.1.3 Datenspeicherung und -erhalt

Monitoringrohdaten zu dieser Studie sind openaccess über das EU Open Research Repository Zenodo verfügbar:

Außenraum-Dauermonitoring: Jalits, Nicole; Spörl, Philipp; Mezger, Lars; Poiss, Maximilian; Scharf, Bernhard; Stangl, Rosemarie (2026). HEDWIG - Collection of measurement data to assess the impact of green buildings | Continuous measurements [Dataset]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.21980849>.

DOI: 10.5281/zenodo.21980849 (Jalits et al. 2026).

Außenraum-Messkampagnen: Mezger, Lars; Spörl, Philipp; Poiss, Maximilian; Buttinger, Udo; Reynaerts, Laura; Jalits, Nicole; Scharf, Bernhard; Stangl, Rosemarie (2026). HEDWIG - Collection of measurement data to assess the impact of green buildings | Measurement Campaigns [Dataset]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.20525116>.

DOI: 10.5281/zenodo.20525116 (Mezger et al. 2026).

Innenraum-Dauermonitoring: Bintinger, Rudolf; Stangl, Rosemarie; Scharf, Bernhard (2026): HEDWIG - Collection of measurement data to assess the impact of green buildings | Continuous indoor monitoring [Dataset]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.21981452>.

DOI: 10.5281/zenodo.21981452 (Bintinger et al. 2026).

6.1.4 Wiederverwendbarkeit der Daten

Die Open-Access-Veröffentlichung der Messdaten gewährleisten die Wiederverwendbarkeit der Daten.

