

Studie im Rahmen des Projekts HEDWIG: Abbildung des aktuellen Wissenstands im Bereich Dach- und Fassadenbegrünung

Teilbericht Studie

Berichte aus Energie- und Umweltforschung 59c/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, Univ.Prof. DI Dr. Rosemarie Stangl (Institut für Ingenieurbiologie und
Landschaftsbau (IBLB), Universität für Bodenkultur (BOKU))

Zitierweise:

Jalits N., Stangl R. (2026). Studie im Rahmen des Projekts HEDWIG zur Abbildung des
aktuellen Wissensstands im Bereich Dach- und Fassadenbegrünung. HEDWIG-Berichtsserie:
Teilbericht Studie. Berichte aus Energie und Umweltforschung 59c/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

Vorbemerkung	4
1 Kurzfassung	7
Studieninhalte und Ziele	7
Methodik	7
Ergebnisse	7
Fazit und Ausblick.....	8
2 Abstract	9
Study Aim and Objectives	9
Methods	9
Results	9
Conclusion and Outlook	10
3 Einleitung	11
3.1 Gründächer und -fassaden als Strategien zur Gegensteuerung urbaner Hitze	11
3.2 Hintergrund der Studie	12
3.3 Ziel der Studie und Forschungsfragen.....	12
3.4 Überblick zu Begrünungstypen	13
3.5 Relevante Begriffe.....	14
4 Methoden	16
5 Ergebnisse der vertiefenden Analyse.....	20
5.1 Thematische Verteilung nach Fokusthemen.....	20
5.2 Abgebildete Parameter zur Bewertung der Effekte von Dach- und Fassadenbegrünungen.....	21
5.3 Kennwerte Temperaturdifferenzen und Energieeinsparung.....	23
5.4 Identifizierte Untersuchungsansätze und Erhebungsmethoden	26
5.5 Untersuchte Begrünungstypen	27
5.6 Verteilung der Erhebungsmethode nach Begrünungstyp.....	28
5.7 Globale Verteilung der internationalen Studien.....	30
6 Diskussion	34
6.1 Räumlicher Fokus bzw. Studienschwerpunkte	34
6.2 Erhebungsmethode in Feldmessungen.....	34
6.3 Erhebungsmethoden bei Simulationsstudien	35
6.4 Vergleichbarkeit der Messdaten	35
6.5 Messergebnisse und berücksichtigte Pflanzenarten	38
6.6 Relevante Publikationen aus dem deutschen Sprachraum	38
6.6.1 Ergebnisse und Erfahrungen aus dem Projekt U-green	41
6.6.2 Erfahrungen aus der Evaluierung BH Korneuburg	42
6.6.3 Ergebnisse aus dem Projekt GrünStadtKlima.....	43
6.6.4 Ergebnisse aus dem Projekt Tröge Wien.....	44
6.6.5 Erfahrungen aus dem Projekt Grünfassade FW 19	45

6.6.6	Ergebnisse aus dem Projekt GLASGrün.....	46
6.6.1	Projekt MARGRET.....	47
7	Conclusio und Beantwortung der Forschungsfragen	49
7.1	Conclusio	49
7.1.1	Identifizierte Themenschwerpunkte.....	49
7.1.2	Erhebungsparameter und Kennwerte.....	49
7.1.3	Untersuchungsmethoden	50
7.1.4	Vergleichbarkeit	50
7.1.5	Ergänzendes Screening deutschsprachiger Publikationen.....	51
7.2	Beantwortung der Forschungsfragen	51
	Literaturverzeichnis.....	53
	Abbildungsverzeichnis	62
	Tabellenverzeichnis	63
	Data Management Plan (DMP)	64

1 Kurzfassung

Studieninhalte und Ziele

Das Projekt 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. Die hier vorliegende Literaturstudie diene als Grundlage für die Erhebungen und Messungen an Realstandorten und wurde 2023 durchgeführt. Sie hatte die Ermittlung bzw. ein Update zum Stand des Wissens zum Ziel. Weiters sollte ein Überblick über aktuelle und international verfügbare Messdaten, -parameter, -kennwerte und -methoden geschaffen werden, die eine Einschätzung über potenzielle Wirkungsbereiche ermöglichen.

Der **HEDWIG-Ergebnisbericht** liegt als gesonderte Publikation in derselben Schriftenreihe „*Berichte aus Energie- und Umweltforschung*“ Nr. 59 vor [Stangl et al. 2026]. Der Bericht beinhaltet die umfangreiche **Dokumentation der Methodik** zum Dauermonitoring und den HEDWIG-Messkampagnen, die **HEDWIG-Kennwertetabellen** sowie eine breite Synthese zu den aggregierten Daten, zur numerischen Simulation und **Empfehlungen für ein praxistaugliches Monitoring**. Weiters sind der **HEDWIG-Datenkatalog** mit sämtlichen Standort- und Messdaten an den HEDWIG-Messobjekten sowie die **Dokumentation zur Stakeholder*inneneinbindung** als eigenständige Publikationen verfügbar [Jalits et al. 2026, Leitner et al. 2026].

Methodik

Um den aktuellen Stand an internationalen, wissenschaftlichen Veröffentlichungen zu Dach- und Fassadenbegrünungen der Jahre 2019 bis 2022 abzubilden, wurde eine systematische Literaturrecherche durchgeführt. Die vorliegende Arbeit baut auf der Studie „*Wirkungen der grünen Stadt*“ [Stangl et al. 2019] auf, wobei nunmehr der Fokus auf den Themen Kühlleistung und Energieeinsparung durch Fassaden- sowie Dachbegrünungen eingegrenzt wurde. Methodisch liegt der Studie eine systematische Literaturrecherche auf Basis eines mehrstufigen Prozesses angelehnt an Carrera-Rivera et al. [2022] und Moher [2009] zugrunde.

Ergebnisse

Für Dachbegrünungen wurden insgesamt 78 und zum Thema Fassadenbegrünungen 49 relevante Publikationen aus dem Zeitraum 2019 und 2022 identifiziert. Die am häufigsten untersuchten Begrünungstypen stellten hierbei extensive Dachbegrünungen sowie bodengebundene Fassadenbegrünungen dar. Anhand der Veröffentlichungen wurde eine Übersicht zu den in internationalen

Studien abgebildeten Parametern erstellt. Es zeigte sich, dass sowohl bei Dach- als auch bei Fassadenbegrünungen die am häufigsten verwendeten Parameter die Lufttemperatur sowie die Luftfeuchtigkeit darstellen. Diese dienen mitunter einem Vergleich der Innenraumluft- und Außenraumlufttemperaturen, einer Quantifizierung des thermischen Komforts, der durch Begrünungsmethoden erreicht wird, sowie einer Darstellung von potenziellen Energieeinsparungen. Weiters fanden die Parameter Innenraumtemperatur, Sonneneinstrahlung, Windgeschwindigkeit, Oberflächentemperatur, LAI/LAD, Beschattung und Horizontüberhöhung Erwähnung. Bei Dachbegrünungsstudien sind zusätzlich die Kennwerte Bodentemperatur bzw. Bodenfeuchtigkeit und Niederschlag von Bedeutung. Es ist auffällig, dass gegenüber früheren Publikationen eine Verschiebung hinsichtlich der Bedeutung an Erhebungskennwerten wie Albedo oder Beschattung stattgefunden hat. Diese Parameter fanden in Publikationen des Zeitraums 2019 bis 2022 kaum mehr Beachtung, obgleich diese gemeinsam mit der Verdunstung maßgeblich zu einer Verbesserung der Kühlwirkung führen können.

Mittels einer weiterführenden inhaltsbasierten Analyse der Veröffentlichungen konnte aufgezeigt werden, dass Felderhebungen die am häufigsten eingesetzte Erhebungsmethode darstellen, obgleich Simulationen immer mehr an Bedeutung gewinnen. In der Studie Stangl et al. [2019] war dies ebenso der Fall, allerdings wurden im damaligen Zeitraum noch eine größere Anzahl an Publikationsergebnissen durch Felderhebungen gestützt. Weiters konnte festgestellt werden, dass das Schwerpunktthema sowohl bei Dach- als auch Fassadenbegrünungen klar zum thermischen Komfort gerückt ist.

Fazit und Ausblick

Insgesamt gilt nach wie vor, dass im internationalen Publikationsspiegel im Zeitraum 2019 bis 2021 keine Vergleichbarkeit der Analyseergebnisse besteht. Dies lässt sich darin begründen, dass neben einer unterschiedlichen Auswahl an erhobenen Parametern auch kein ähnliches Messsetting erkennbar ist. Zwischen den Veröffentlichungen unterscheidet sich dieses in den Messhöhen, der genauen Positionierung der Sensoren, den Messzeitpunkten sowie den Messintervallen. Weiters erschwert die unterschiedliche oder nicht präzisierete Benennung von meteorologischen Variablen wie der Luftfeuchtigkeit als *Relative Humidity* oder *Air Humidity* eine Gegenüberstellung von Messparametern. Eine Konkretisierung der Begrifflichkeiten, wie beispielsweise der derzeit häufig gewählten vagen Bezeichnung Oberflächentemperatur ist anzustreben, um unmittelbar Aufschluss über den Messkennwert zu geben.

Ergänzend zum internationalen Forschungsstand auf Basis von SCI-Publikationen wurde auch der Forschungsstand im deutschen Sprachraum zwischen 2019 und 2025 gescreent. Hierfür wurde ein Institutions- und Projektscreening durchgeführt, wodurch 7 relevante Projekte und Publikationen identifiziert werden konnten. Relevante Datenergebnisse lagen im Zeitraum der Studie aus 4 Projekten vor, die ein uneinheitliches und breiteres Spektrum an Parametererhebungen dokumentierten. Jedenfalls zeichnete sich hier ab, dass der (W)LAI zunehmend an Bedeutung gewinnt.

2 Abstract

Study Aim and Objectives

The HEDWIG project aimed to record the effects of building greenery on the indoor and outdoor environment and to calculate well-founded and reliable performance parameters. The findings are intended to promote further mainstreaming of building greening and to be the basis for argumentation and review processes. The here presented study served as the basis for the surveys and measurements at real locations and was carried out in 2023. It was aimed at identifying the international state of knowledge. Furthermore, the objective was to create an overview of most recent and internationally available measurement data, parameters, physical and meteorological properties, and measurement methods allowing for the assessment of potential impacts.

The **here presented Study on the International State of the Art** is part of the **HEDWIG report series**. 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 **HEDWIG-Data Catalogue** [Jalits et al. 2026], presenting all object and measurement data of all HEDWIG-sites, and the **Documentation about the Stakeholder Engagement** [Leitner et al. 2026].

Methods

In order to reflect the status of international, scientific publications on green roofs and facades from 2019 to 2022, a systematic literature search was carried out. The present work builds on the study "*Effects of the Green City*" [Stangl et al. 2019], whereby the focus has now been narrowed down to the topics of cooling capacity and energy savings through façade and roof greening. Methodologically, the study is based on a systematic literature review and based on a multi-stage process according to Carrera-Rivera et al. [2022] and Moher [2009].

Results

A total of 78 relevant publications from 2019 and 2022 were identified for green roofs and 49 on the topic of façade greening. The most frequently examined types of greening are extensive green roofs and ground-based façade greening.

Based on the publications, an overview of the parameters depicted in international studies was created. It was found that the most frequently used parameters for both roof and façade greening

are air temperature and humidity. These are used to compare indoor and outdoor air temperatures, to quantify the thermal comfort achieved by greening methods, and to illustrate potential energy savings. Additionally, parameters like indoor and surface temperature, solar radiation, wind speed, LAI/LAD, shading, and sky view factor were frequently mentioned. Soil temperature and moisture together with precipitation were of significance in studies on roof greening. It is striking that compared to earlier publications, there has been a shift in the significance of survey parameters such as albedo or shadowing. These parameters were hardly taken into account in publications from 2019 to 2022, although these, together with evaporation, can significantly lead to an improvement in the cooling effect.

By means of an in-depth content-based analysis of the publications, field surveys turned out to be the most frequently used survey method, although simulations have been becoming increasingly important. This was also the case in the Stangl et al. study [2019], although a larger number of publication results were still supported by field surveys during the earlier period. Furthermore, it was found that the focus of both roof and façade greening has clearly moved towards thermal comfort.

Conclusion and Outlook

Overall, it is still true that there is no comparability of the analysis results within publications of the period 2019 to 2021. This can be explained by the fact that, in addition to a different selection of parameters collected, no similar measurement setting is recognisable. This differs between the publications in e.g. the measurement heights, the exact positioning of the sensors, the measurement times and the measurement intervals. Furthermore, the different or unspecified naming of meteorological variables such as humidity as relative humidity or air humidity makes it difficult to compare measurement parameters. A concretisation of the terminology, such as the currently frequently used vague term surface temperature, should be sought to provide immediate information about the measured value.

In addition to reviewing the international state of knowledge, based on SCI publications, the state of research in the German-speaking nations between 2019 and 2025 was also examined. To this end, a screening of institutions and projects was conducted, which identified 7 relevant projects and publications. Relevant data results were available from 4 projects, which documented a broader but inconsistent spectrum of parameter. Throughout this screening, it became apparent that the (W)LAI is gaining increasing recognition to be an important indicator for performance of façade greenery.

3 Einleitung

3.1 Gründächer und -fassaden als Strategien zur Gegensteuerung urbaner Hitze

Durch den verstärkten Baudruck auf Grünflächen in städtischen Bereichen sowie des einhergehenden Verlusts dieser Flächen [Colding et al. 2020], nimmt der *Urban Heat Island Effekt* (UHI) [Deilami et al. 2018] weiterhin zu. Dieser kennzeichnet sich durch höhere Luft- und Oberflächentemperaturen in urbanen Zentren aber auch zunehmend in umliegenden ländlicheren Gebieten und Gemeindesiedlungen [Brandenburg et al. 2015]. Da dieses Phänomen auch mit einer verminderten nächtlichen Abkühlung sowie einer höheren Luftverschmutzung einhergeht, stuft die US-Umweltschutzbehörde EPA [EPA 2022] den UHI als Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit und der Lebensqualität ein.

Laut Colding et al. [2020] oder Wang et al. [2022] stellen sowohl Fassadenbegrünungen als auch Dachbegrünungen empfohlene Maßnahmen zum Entgegenwirken des UHI-Effekts dar. Auch der UHI-Strategieplan der Stadt Wien [Brandenburg et al. 2015] sprach sich für die Installation von Fassaden- und Dachbegrünungen zur Erreichung definierter Ziele wie der Verbesserung des Mikroklimas, der Erhöhung der Verdunstung, der Kühlung und Verbesserung der Luftqualität oder der Unterstützung umweltfreundlicher passiver Kühlmethoden aus. Gründächer und -fassaden stellen Elemente grüner Infrastrukturen dar [Koc et al. 2016, Kromoser et al. 2021] und kommen vorwiegend in Bereichen hoher Gebäudedichte zum Einsatz, wo horizontale Grünflächen bereits abhandengekommen sind und aus Platzmangel nicht mehr wiederhergestellt werden können. Daher werden Grüne Infrastrukturen häufig als langfristige Strategiemethode zur Eindämmung des UHI eingesetzt [European Commission 2013, Herath et al. 2018]. Sie sind wichtige Kompensationsmaßnahmen in Umgebungen mit erhöhtem Versiegelungsgrad und verlorenen Grünflächen durch Baumaßnahmen. Dies ist darin zu begründen, dass diese Strukturen unter anderem eine Reduktion der Dach- oder Fassadentemperaturen ermöglichen, die reflektierte Strahlung und einhergehende Wärmeabgabe von Baukörpern vermindern und sich dadurch auch positiv auf die Innenraumlufttemperatur auswirken können [Zhang et al. 2019, Xing et al. 2019].

Ein großer Teil des weltweiten Energieverbrauchs wird durch den laufenden Betrieb von Gebäuden verursacht [Herath et al., 2018; Ouldboukhite et al. 2014]. Dies ist primär auf das Heizen in den Wintermonaten sowie das Kühlen in den Sommermonaten zurückzuführen. Dachbegrünungen [Cascone et al. 2019; Liu et al. 2021] sowie Fassadenbegrünungen [Cojocariu et al. 2021; Thomsit-Ireland et al. 2020] bergen ein großes Potenzial hinsichtlich der Reduktion des Energieverbrauchs. Dies liegt daran, dass die Grünstrukturen die thermische Leistung - unter anderem durch die Erhöhung der Dämmwirkung - von Gebäuden steigern und die Auswirkungen städtischer Wärmeinseln abmildern. Darüber hinaus kann eine Verbesserung der Luftqualität erzielt werden [La Roche et Beradi 2014].

3.2 Hintergrund der Studie

Die vorliegende Studie ist Teil des Projekts HEDWIG (finanziert im ffg-Programm Stadt-der-Zukunft durch das BMK), das darauf abzielte, die Wirkungen von adulten, normgerecht ausgeführten Bauwerksbegrünungen im Zuge von Messkampagnen und eines Dauermonitorings zu ermitteln. HEDWIG entwickelte und verifizierte ein Mess-Setup, das zur Sammlung von validen Messdaten, deren Vergleichbarkeit und zur Evaluierung von Demonstrationsprojekten mit Begrünungen geeignet ist. Daraus sollten fundierte und belastbare Vegetationsparameter und Leistungskennwerte für die Wirkung von Bauwerksbegrünung auf den Innenraum (Raumklima) und den Außenraum (Mikroklima) ermittelt werden.

Im Projekt HEDWIG wurden an 16 repräsentativen bauwerksbegrünten Objekten mit heterogenen Altersstrukturen und unterschiedlichen Nutzungstypen mikroklimatische und bauphysikalische Daten erhoben. Parameter wie Strahlungsdurchlässigkeit von Vertikalbegrünungen, Wärmestrom durch Dachbegrünungs- bzw. Substrataufbauten oder thermischer Komfort im Innenraum wurden strukturiert und standardisiert erfasst und in Bezug zu Vegetationsparametern gestellt. Dadurch wurde die Entwicklung von Standardkennwerten für Grüne Infrastruktur-Typologien ermöglicht, die auf Planungen und Umsetzungen übertragen werden können. Dies wurde durch thermische Gebäudesimulationen ergänzt und unterstützt. Neue Erkenntnisse wurden insbesondere darüber erwartet, welchen mikroklimatischen Einfluss Grünkörper durch Bauwerksbegrünungen an der Gebäudehülle und damit auch im Innenraum ausüben.

Um standortübergreifende Vergleiche zu ermöglichen, wurde für die Datenauswertung die Entwicklung eines standardisierbaren Verfahrens angestrebt. Damit sollen periodisch auftretende Effekte sowie begünstigende und störende Einflussfaktoren identifiziert und berechenbar gemacht werden. Die Erkenntnisse der Wirkungen und davon ableitbare Kennwerte sollen die Weitentwicklung von Berechnungsmodellen ermöglichen, ein weiteres Mainstreaming von Bauwerksbegrünungen befördern und Grundlage für Argumentarien bzw. Prüfprozesse darstellen. Die HEDWIG-Mess- und Analysemethodik wurde nachvollziehbar dokumentiert und als *Open Content* für künftige Forschungs- und Demonstrationsprojekte zur Verfügung gestellt. Der HEDWIG-Ergebnisbericht wurde in der Schriftenreihe des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie „*Berichte aus Energie- und Umweltforschung*“ Nr. 59/2026 [Stangl et al. 2026].

Arbeitspaket 2 von HEDWIG befasste sich mit der Erhebung des wissenschaftlichen Status Quo als Grundlage für das Monitoring an Realstandorten. Die Ergebnisse dieser HEDWIG-Teilstudie werden nunmehr hier berichtet.

3.3 Ziel der Studie und Forschungsfragen

Ziel der hier präsentierten Literaturstudie war es, aktuelle Veröffentlichungen in wissenschaftlichen Journalen seit 2019 im Rahmen einer systematischen Literaturrecherche zu den

Themen Dachbegrünung und Fassadenbegrünung zu erheben und Bewertungsansätze im Zeitraum 2019 bis 2022 zu identifizieren und aufzuzeigen. Dieser Zeitraum wurde gewählt, um lückenlos auf den Erkenntnissen aus der Studie „*Wirkungen der grünen Stadt*“ [Stangl et. al 2019] aufbauen zu können, aus der hervorging, dass gesicherte Datenlagen zu Wirkungen von Bauwerksbegrünungen zu diesem Zeitpunkt nicht verfügbar waren, obwohl sich international viele Forscher*innen-gruppen mit den Effekten auf verschiedenen Ebenen und aus verschiedenen Perspektiven in den Jahren davor bereits auseinandersetzten. Untersuchungen zu Kühleffekten und Energieeinsparungen standen dabei meist im Vordergrund, aber insgesamt war der Wissensstand 2019 stark fragmentiert und widersprüchlich und damit die Aussagekraft von Einzelstudien eingeschränkt. Das Spektrum an erhobenen Parametern zeigte sich breit, jedoch erwiesen sich ungenaue Darstellungen und Angaben zu zugrunde liegenden Daten oder Mess-Setups, die Nicht-Vergleichbarkeit der publizierten Parameter und fehlende Kausalzusammenhänge als problematisch. Der Schwerpunkt der nun aktuellen Studie wurde auf wissenschaftliche Publikationen im Zeitraum 2019 - 2022 über Kühlung und Energieeinsparung durch Dach- und Fassadenbegrünungen eingegrenzt. Diese Literaturstudie wurde zu Beginn des HEDWIG-Projekts durchgeführt und diente als Grundlage für die weiteren Erhebungen an Realstandorten.

Folgende **Forschungsfragen** wurden der Studie zugrunde gelegt:

- (1) Was sind die definierten thematischen Schwerpunkte der Publikationen?
- (2) Welche Parameter scheinen in den Studien zwischen 2019 und 2022 auf und sind dafür geeignet, die thermischen Effekte von Gründächern und Fassadenbegrünungen adäquat zu beschreiben?
- (3) Welche Methoden zur Quantifizierung der Effekte kamen zum Einsatz?

3.4 Überblick zu Begrünungstypen

Mittlerweile stehen eine Vielzahl an Fassadenbegrünungstechniken und Systemtechnologien sowie unterschiedlichen Ausführungsmöglichkeiten von Dachbegrünungen zur Verfügung. Der in dieser Studie verwendete Begriff Dachbegrünung umfasst sämtliche Ausführungsmöglichkeiten von Intensiv-, Semi-intensiv- und Extensivbegrünungen [Pitha et al.2021]. Extensive Dachbegrünungen stellen eine weitgehend pflegeextensive, selbsterhaltende Begrünungsform dar, da die verwendeten Pflanzen eine hohe Anpassungsfähigkeit an extreme Standortbedingungen aufweisen. Intensiv-begrünte Dächer hingegen erfordern einen höheren Aufwand bei der Herstellung und Pflege. Das Anwendungsspektrum dieser Begrünungsmethode ist als sehr vielfältig zu bezeichnen und reicht vom Rasen bis hin zu mehrschichtigen Vegetationsstrukturen mit Stauden, Sträuchern und Bäumen und Biodiversitätsgründächern mit speziellen Elementen (Steine, Holz, Wasserflächen) [Mann 2020; Knapp et al. 2019; Ndayambaje et al. 2024]. Diverse aktuelle Leitfäden und Normen bieten hierzu die nötigen Vorgaben und Übersichten [FLL 2021; Pitha et al. 2021; GRÜNSTATTGRAU Forschungs- und Innovations- GmbH 2026; The Green Roof Organisation 2026; Mann 2020; Zinco GmbH 2023; Austrian Standards International 2010].

Ein ebenso großes Spektrum ist beim Thema Fassadenbegrünung gegeben. Hier wird zwischen bodengebundenen Fassadenbegrünungen (mit Selbstkletterern oder Kletterpflanzen mit einer entsprechenden Kletterhilfe), troggebundenen sowie wandgebundenen Fassadenbegrünungen unterschieden. Bodengebundene Fassadenbegrünungen nutzen Kletterpflanzen, welche in offenem Erdreich gepflanzt werden. Sofern kein angrenzendes Erdreich verfügbar ist, können die genannten Pflanzen auch in Trogssystemen Einsatz finden (troggebundene Fassadenbegrünung). Wandbasierte Systeme umfassen eine Vielzahl von unterschiedlichen Varianten, die die Verwendung vorkultivierter, adulter Pflanzen ermöglichen [Kromoser et al. 2020]. Sie zeichnen sich durch Trägersysteme aus, die je nach Konstruktionstyp teilflächig und linear (z.B. als Tröge, Wannen etc.) oder vollflächig und modular in Baukastensystemen umgesetzt werden. Das Materialspektrum der Pflanzgefäße und Vegetationsträger ist dabei vielfältig und reicht von Metall, Kunststoffen, Textilvliesen mit Substraten bis zu Leichtbau-Ersatzsubstraten wie Vliese oder Steinwolle. Verschiedene anerkannte aktuelle Richtlinien wie die deutsche FLL [2018] oder der österreichische Leitfaden für Fassadenbegrünung [Kraus et al. 2019] geben hierzu genaue Spezifikationen an. Der jeweilige Stand der Technik ist mit der ÖNORMEN L 1131: 2010 06 01 und der ÖNORM L 1136: 2021 04 01 festgelegt [Austrian Standards International 2010, 2021].

3.5 Relevante Begriffe

In Tabelle 1 wird eine Übersicht inklusive Begriffserläuterungen zu den für diese Studie relevanten Termini geboten. Grundlage für die Festlegung der Fokusthemen stellt die Vorstudie von Stangl et al. [2019] dar, wobei versucht wurde die dort aufgeführten Schwerpunkte mit jenen aus dem Projekt HEDWIG abzugleichen. Die Themenüberschneidungen stellen hierbei die in dieser Arbeit näher betrachteten Fokusthemen dar.

Tabelle 1: Begriffsdefinition zu den für diese Studie relevanten Termini.

Begriff	Begriffserläuterung
Fokusthemen	
Energieeinsparung	Energieeinsparung zielt darauf ab, den gegenwärtigen Energieverbrauch künftig zu senken [Cascone et al. 2019; Liu et al. 2021]. Im Kontext dieser Studie wird die Reduktion des Endenergieverbrauchs durch Gründächer bzw. -fassaden näher thematisiert.
Thermischer Komfort	Dieser Begriff beschreibt zum einen einen Geisteszustand, welcher durch eine subjektive Beurteilung entsteht und die Zufriedenheit mit der thermischen Umgebung widerspiegelt [Balbis-Morejón et al., 2020]. In vielen Untersuchungen wird die physiologische Äquivalenttemperatur (PET, Physiological Equivalent Temperature) als thermischer Komfort bezeichnet. PET ist ein Index zur Bewertung des thermischen Komforts. Sie beruht auf den meteorologischen Verhältnissen sowie dem metabolischen Zustand bzw. Energiebilanzmodell des Menschen. Es wird die Lufttemperatur im Freien mit Standardbedingungen in Innenräumen verglichen (VDI 2008).

Parameter	
Beschattung	Gibt die Solarstrahlung an, welche unter bzw. hinter grünen Infrastrukturen, auf urbane Materialien trifft [Lee et al. 2016]. Dies bezieht sich auf die Transmissivität der solaren Strahlung durch das Blatt bzw. den Laubkörper [Shahidan et al 2010; Poiss et al. 2025; Acero et al. 2025]
Horizontüberhöhung	Die Horizontüberhöhung oder auch <i>Sky-View-Factor</i> stellt den Anteil des sichtbaren Himmels dar, welcher der Bestimmung der Oberflächenstrahlungsbilanz dient [Dirksen et al. 2019].
LAI (Leaf Area Index)	Der LAI (Blattflächenindex) zeigt das Verhältnis der gesamten Blattoberfläche eines Bestandes oder einer Einzelpflanze zur gesamten Bestandsgrundfläche oder Flächeneinheit [Kuttler 2013]. Der LAI ist > 1 , wenn die Blattfläche die Grundfläche/Flächeneinheit übersteigt.
LAD (Leaf Area Density)	Die (Blattflächendichte) stellt die Summe der einseitigen Blattfläche pro Volumeneinheit dar (Li et al. 2017; Oshio et al. 2015).
Globalstrahlung	Die Globalstrahlung stellt die gesamte Sonnenstrahlung dar, welche auf eine horizontale Fläche auf der Erde trifft.
Absolute bzw. relative Luftfeuchte	Die absolute Luftfeuchte beschreibt die Menge an Wasser, welche in einem Raumvolumen enthalten ist. Die relative Luftfeuchte hingegen gibt den Prozentsatz an, wie stark die Luft mit Wasser gesättigt ist.
Windgeschwindigkeit	Der Parameter der Windgeschwindigkeit ist als wesentlich für den Energieaustausch im urbanen Raum, den Transport von kühler Luft sowie nächtlicher Abkühlung zu erachten [Bretschneider et al. 2018]

4 Methoden

Die vorliegende Studie basiert auf einer systematischen Literaturrecherche nach Carrera-Rivera et al. [2022] und Moher [2009], welche auf einem 4-Phasen-Prozess aufbaut (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Tabelle 2: Überblick mit Flussdiagramm der 4 angewandten Phasen der systematischen Literaturrecherche für Fassadenbegrünung sowie Dachbegrünung [Identifikation (I), Vorselektion (II), Eignung (III) sowie Inklusion (IV)].

Systematische Literaturrecherche Fassadenbegrünung				Systematische Literaturrecherche Dachbegrünung			
Phase	Kriterien	Einbe- zogen	Ausge- schlossen	Phase	Kriterien	Ein- bezogen	Ausge- schlossen
Phase I Identifikation		1708				1371	
	Dokument- typen [reviews, book chapters, conference papers, editorials, non-peer- reviewed papers)	1678	30		Dokument- typen [reviews, book chapters, conference papers, editorials, non-peer- reviewed papers)	1336	120
	Jahr der Veröffentlic- hung [2019- 2022], Sprache [Deutsch oder Englisch]	1401	277		Jahr der Veröffentlic- hung [2019- 2022], Sprache [Deutsch oder Englisch]	1007	648
	Bereinigung der Duplikate	827	574		Bereinigung der Duplikate	604	147
Phase II Vorselektion	Titel und Keywords	578	249		Titel und Keywords	449	224
	Abstracts	329	229		Abstracts	225	79
Phase III Eignung	Thematische Relevanz	100	51		Thematische Relevanz	146	66
Inklusion		49				78	

Innerhalb der Phasen beruht die Entscheidung zum Einbezug oder Ausschluss der Treffer auf vordefinierten Kriterien, die **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zu entnehmen sind. Die in der systematischen Literaturrecherche angewandten vier Phasen umfassen:

1. Identifikation (*Identification* -Phase I),
2. Vorselektion (*Screening* - Phase II),
3. Eignung (*Eligibility* - Phase III) und
4. Inklusion (*Inclusion* - Phase IV).

Die Datenbank *Web of Science* wurde verwendet, um die relevanten Veröffentlichungen anhand einer vordefinierten Suchzeichenfolge zu identifizieren [„*façade greening OR vertical greening OR green walls, thermal comfort OR thermal behavior OR thermal performance OR thermal measuring, cooling properties OR cooling effects*“]. Hierfür wurde das Suchwort *green façade* um häufig verwendete Synonyme wie *vertical greening* oder *green walls* erweitert und danach mit “AND” und “OR” sowie den Schlüsselwörtern *thermal comfort* und *cooling effects* verknüpft. In gleicher Weise wurde für Dachbegrünungen (synonym: *roof greening*) vorgegangen. Die verwendete Suchzeichenfolge lautete hierbei: “*green roof AND thermal comfort OR thermal behavior OR thermal performance OR thermal effects, cooling properties OR cooling effects*”.

Die erste Suche hinsichtlich Fassadenbegrünung ergab eine Trefferanzahl von 1.715 Publikationen (Stichtag: 27.12.2022). Nachdem die Publikationstypen bereinigt (keine Rezensionen), die Suche auf englisch- oder deutschsprachigen Artikeln eingegrenzt und die Entfernung der Duplikate durchgeführt wurde, ergab sich in der Phase I ein Gesamtergebnis von 585 Originalpublikationen.

Die anschließende Screening-Phase (II) erfolgte in zwei Schritten. Zunächst wurden die Titel und Schlagworte der Artikel auf deren thematische Relevanz (Fokusthemen) überprüft. Sofern keine Ausschlusskriterien (vollständige Auflistung in Tabelle 2) erfüllt waren, wurden die Publikationen miteinbezogen. Im zweiten Schritt wurden alle Abstracts nach denselben Ausschlusskriterien gescannt. Hieraus resultierte eine Trefferzahl von 100 Papers. In der Eignungsphase (III) wurden ausschließlich Publikationen in die anschließende Inhaltsanalyse einbezogen, die online aufgerufen werden konnten sowie keine fehlenden Informationen (wie z.B. Journalname) beinhaltet haben. Das Endergebnis stellten insgesamt 49 Publikationen zur Fassadenbegrünung dar. Diese wurden anschließend für die erweiterte Kontextanalyse (hinsichtlich deren Schwerpunktthemen, Erhebungsmethoden sowie Verteilung der verwendeten Parameter) herangezogen (Phase IV).

Für die Dachbegrünung wurde analog vorgegangen. Die erste Suche ergab 1.371 Publikationen (Phase I; Stichtag: 27.12.2022). Das Ergebnis nach der Screening-Phase II betrug 146 Publikationen, wobei nach Durchsicht der Abstracts 78 Publikationen (Phase III und IV) schlussendlich für die spätere erweiterte Kontextanalyse herangezogen wurden.

Die Inklusions- und Exklusionskriterien wurden vordefiniert (Tabelle 3) und zur Anwendung gebracht, um ein transparentes Vorgehen zu gewährleisten.

Tabelle 3: Definierte Inklusions- und Exklusionskriterien für die Phasen I – III der systematischen Literaturrecherche sowie der Anzahl der ausgeschiedenen Untersuchungspaper getrennt nach Dach- und Fassadenbegrünung.

Fassadenbegrünung			
Phase	Inklusionskriterium	Exklusionskriterium	Anzahl ausgeschiedener Papers
I) Identifikation [Identification]	Keywords: green facades (Synonyme:	Dokumenttyp [reviews;	881

	vertical greening, green walls), thermal comfort, cooling benefits	book chapters; conference papers; editorial; non-peer-reviewed papers], Erscheinungsjahr [anders als 2019 – 2022], Sprache (nicht Deutsch oder Englisch), Duplikat	
II) Vorselektion [Screening]	Thematische Relevanz [<i>green walls</i> und Synonyme, thermal benefits, cooling benefits]	Kein Titel; Kein Abstract; Nicht verwandtes Thema	478
III) Eignung [Eligibility]	Thematische Relevanz [<i>green walls</i> und Synonyme, thermal benefits, cooling benefits]	Nicht gefunden, Fehlende Informationen, Inhalte außerhalb des Anwendungsbereichs	50
Dachbegrünungen			
Phase	Inklusionskriterium	Exklusionskriterium	Anzahl ausgeschiedene Papers
I) Identifikation [Identification]	Keywords: green roofs (oder Synonyme), thermal comfort, cooling benefits	Dokumenttyp [<i>reviews</i> ; book chapters; conference papers; editorial; non-peer-reviewed papers], Erscheinungsjahr [anders als 2019 – 2022], Sprache (nicht Deutsch oder Englisch), Duplikat	915
II) Vorselektion [Screening]	Thematische Relevanz [green roof und Synonyme, thermal benefits, cooling benefits]	Kein Titel; Kein Abstract; Nicht verwandtes Thema	303
III) Eignung [Eligibility]	Thematische Relevanz [green roof und Synonyme, thermal benefits, cooling benefits]	Nicht gefunden, Fehlende Informationen, Inhalte außerhalb des Anwendungsbereichs	66

5 Ergebnisse der vertiefenden Analyse

5.1 Thematische Verteilung nach Fokusthemen

Die thematische Verteilung der Fokus-Themen bei Publikationen zur Dachbegrünung zeigte sich in drei Kategorien: Thermischer Komfort, Energieeinsparung, Thermischer Komfort in Kombination mit Energieeinsparung (Abbildung 1). Innerhalb der 78 untersuchten Publikationen zu Gründächern lag zu 65 % (51 Studien) der Fokus auf dem Thermischen Komfort. Weitere 25 % der Publikationen beleuchteten die Kombination aus Thermischem Komfort und Energieeinsparungen, wohingegen nur 10 % (8 Studien) den alleinigen Schwerpunkt auf die Thematik Energieeinsparungen legten.

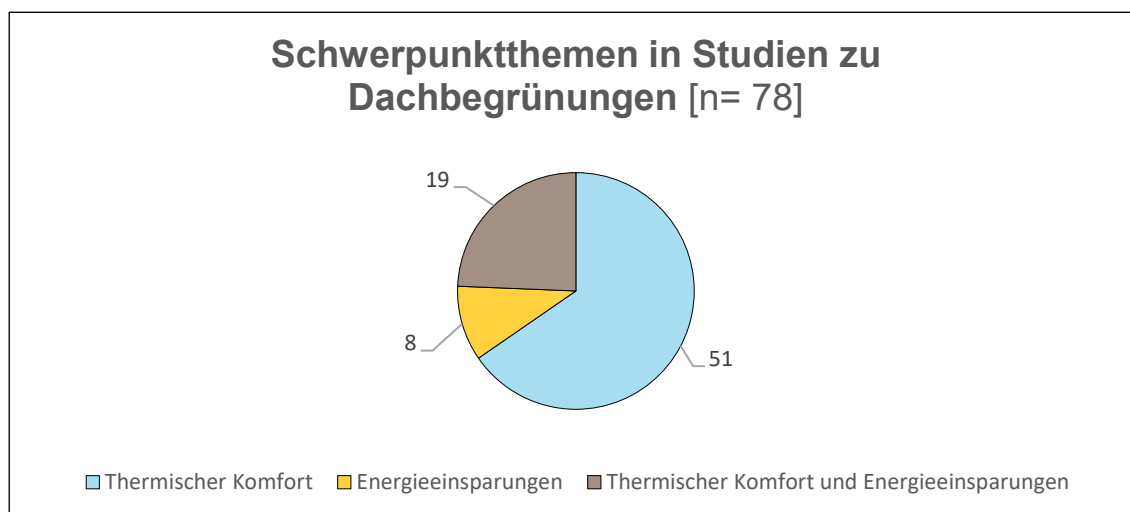


Abbildung 1: Studienschwerpunkte zu Dachbegrünung [n= 78] (© IBLB).

Innerhalb der 49 Veröffentlichungen zu Fassadenbegrünungen konzentrierten sich 71,4 % (35 Studien) auf den Thermischen Komfort, 4,2 % (2 Studien) auf dem Kombinationsaspekt Thermischen Komfort und Energieeinsparungen und 24,5 % (12 Studien) auf Energieeinsparungen (Abbildung 2). Dies zeigt somit ein deutlich anderes Bild, als die Studien zu Dachbegrünungen, in denen der Themenkombination Thermischer Komfort und Energieeinsparungen hinsichtlich deren Messhäufigkeit mehr Beachtung geschenkt wurde.

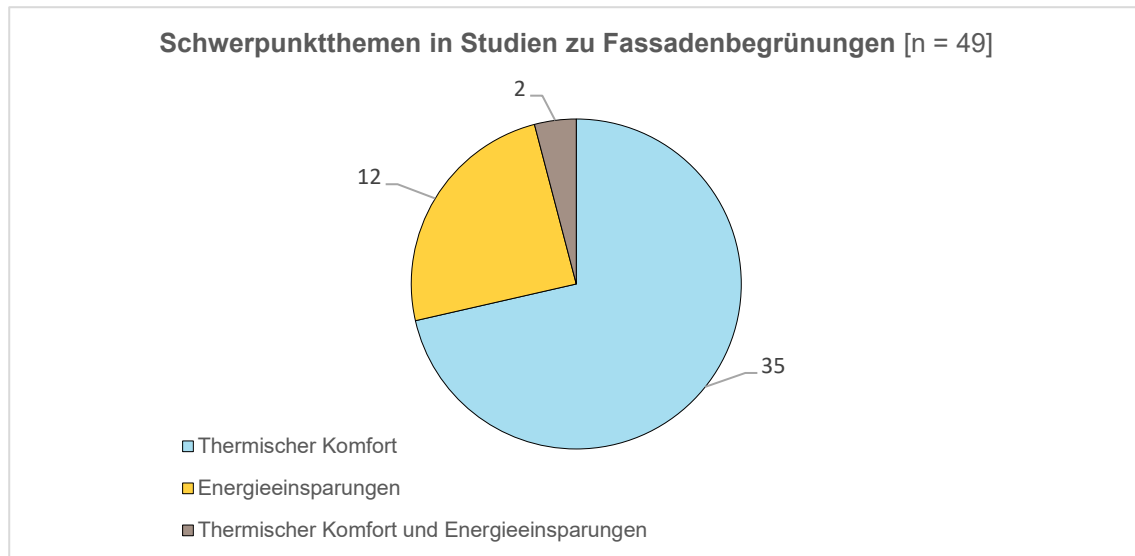


Abbildung 2: Studienschwerpunkte zu Fassadenbegrünungen [n= 49] (© IBLB).

5.2 Abgebildete Parameter zur Bewertung der Effekte von Dach- und Fassadenbegrünungen

Für die, in internationalen Journals, veröffentlichten Parametern erfolgte eine Klassifizierung anhand der am häufigsten veröffentlichten Kennwerte (Tabelle 4).

Tabelle 4: In den analysierten Publikationen zu Dach- und Fassadenbegrünungen (Veröffentlichungen 2019-2022) gemessene Parameter sowie Anzahl und prozentualer Anteil der Berücksichtigungen in den Studien und Analysen.

In Studien gemessene Parameter	Berücksichtigt in Studien zu Dachbegrünung [n=78]		Berücksichtigt in Studien zu Fassadenbegrünung [n=49]	
	Anzahl	Prozentualer Anteil	Anzahl	Prozentualer Anteil
Lufttemperatur	76	97,4 %	48	98,0 %
Luftfeuchtigkeit	62	79,5 %	37	75,5 %
Innenraumlufttemperatur	36	46,2 %	27	55,1 %
Globalstrahlung	50	64,1 %	37	75,5 %
Windgeschwindigkeit	43	55,2 %	29	59,1 %
Bodenoberflächentemperatur	55	70,5 %	0	0,0 %
Niederschlag	15	19,2 %	0	0,0 %
Wandoberflächentemperatur	0	0,0%	19	3,9 %
LAI/LAD	22	28,2 %	17	34,7 %
Beschattung	2	2,6 %	6	12,2 %

Horizontüberhöhung (<i>Sky View Factor</i>)	6	7,7 %	3	6,1 %
---	---	-------	---	-------

Innerhalb der 78 analysierten Publikationen zu Dachbegrünungen wurde der Parameter Lufttemperatur am häufigsten erhoben und lediglich in 2 Studien nicht berücksichtigt (Abbildung 3). Die Luftfeuchtigkeit wurde in 62 Studien am zweithäufigsten ermittelt, wobei präzise Angaben über absolute oder relative Luftfeuchtigkeit oftmals gefehlt haben. Die Parameter Bodenoberflächentemperatur (in 55 Studien), Globalstrahlung (in 50 Studien), Windgeschwindigkeit (in 43 Studien), Oberflächentemperatur und Innenraumtemperatur (in je 36 Studien) wiesen mittlere Häufigkeiten auf. LAI/LAD, und Niederschlag wurden immerhin 22-mal bzw. 15-mal erhoben. Die am seltensten erhobenen Parameter stellten die Horizontüberhöhung (6-mal) (Park et al. 2022, Yin et al. 2019, Porcaro et al. 2019, Zuo et al. 2022, Asadi et al. 2020, Mutani et Todeschi 2020] sowie die Beschattung (2-mal) dar immer gemeinsam mit anderen Parametern und nie alleine erwähnt).

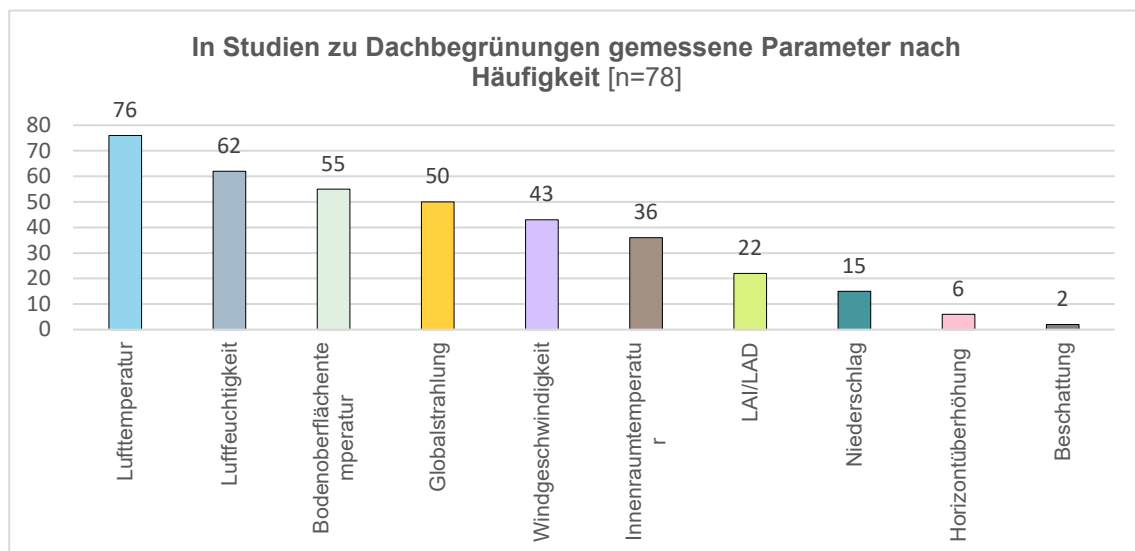


Abbildung 3: Verteilung der in internationalen Studien zwischen 2019 – 2021 abgebildeten Parameter für Dachbegrünungen [n=78] (© IBLB)..

Auch in allen 49 untersuchten Fassadenbegrünungsstudien wurde der Parameter Lufttemperatur ermittelt (Abbildung 4). Die Kennwerte Luftfeuchtigkeit sowie Globalstrahlung waren Gegenstand in je 37 Studien (75,5%). Der Kennwert Bodenoberflächentemperatur wird bei den Studien zu Fassadenbegrünungen im Gegensatz zu Dachbegrünungen nicht berücksichtigt und stattdessen stärker auf die Globalstrahlung fokussiert. Die Parameter Windgeschwindigkeit (29 Studien) – ebenfalls in mehr als der Hälfte der Studien berücksichtigt, Wandoberflächentemperatur (27 Studien), Innenraumtemperatur (19 Studien), LAI/LAD (17 Studien) wiesen mittlere bis geringe Häufigkeiten auf. Am wenigsten fanden die Parameter Beschattung (immer gemeinsam mit anderen Parametern und nie per se alleine untersucht) sowie Horizontüberhöhung (Lin et al. 2022, Asadi et al. 2020, Convertino et al. 2020) Beachtung.

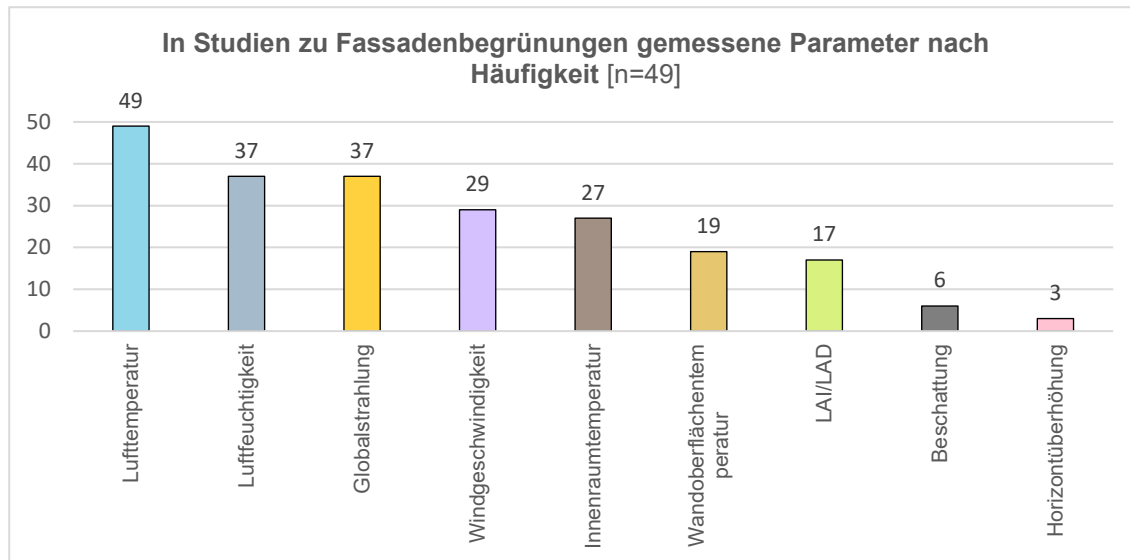


Abbildung 4: Verteilung der in internationalen Studien zwischen 2019 – 2021 abgebildeten Parameter für Fassadenbegrünung [n=49] (© IBLB)..

5.3 Kennwerte Temperaturdifferenzen und Energieeinsparung

Nachfolgend werden exemplarisch publizierte Kennwerte und Ergebnisse zu Innenraum- oder Oberflächentemperatur (Differenzen vor und hinter dem Grünkörper) und/oder Temperaturreduktion durch Fassadenbegrünung wiedergegeben. Die höchste Differenz von 9,1° C gegenüber einem Referenzraum wurde in England im Innenraum hinter einer Grünwand mit *Pileostegia viburnoides* (Kletterschneeball) gemessen [Thomsit-Ireland et al. 2020], einer Pflanzenart aus dem indisch-asiatischen Raum, die in Mitteleuropa wenig bekannt ist. Sie ist bedingt winterhart und üblicherweise nicht vertreten im Kletterpflanzenspektrum Österreichs.

Vom hierzulande häufig vertretenen Blauregen (*Wisteria floribunda*) gibt es einen Bericht aus Brasilien über die Reduktion von 9° C gemessen an der Fassadenwand verglichen mit einer nicht begrünten Wand. Weiters wurde ein reduzierter Wärmedurchfluss im Sommer um 22,3 W/m² dargestellt [Fensterseifer et al. 2022].

Efeu (*Hedera helix*) und die dreilappige Mauerkatze (*Parthenocissus tricuspidata*), beides ausreichend robuste Selbstkletterer im Mitteleuropäischen Raum, wurden auch in der Studie von Thomsit-Ireland et al. [2020] untersucht. Sie führten zu etwas geringeren Innenraumtemperaturdifferenzen als der Kletterschneeball von etwas über 7° C.

Die höchsten Temperaturdifferenzen an Oberflächen von 10,1 bzw. 11,6° C wurden hinter modularen Systemen mit Staudenbepflanzung in Sri Lanka und Österreich gemessen [Rupasinghe et al. 2020; Salonen et al. 2022].

Von extensiven Dachbegrünungen mit Sedum- bzw. Sedum-Stauden-Mischungen wurden Studien publiziert, die sich mit Temperaturdifferenzen und Energieeinsparung auseinandersetzten. Die

Temperaturreduktion bewegte sich zw. 7 und 24° C [Schindler et al. 2019; Baryła et al. 2019]. Die Studien stammen aus Israel, Polen, China, Taiwan, Italien, Spanien und Australien [Baryła et al. 2019; Schindler et al. 2019; Cao et al. 2019; Huang et al. 2019; Bevilacqua et al. 2020; Porcaro et al. 2019; Anwar et al. 2019]. Die Energieeinsparung (Stromverbrauch) wurde sehr unterschiedlich erhoben und bewertet, teilweise als Maximalwert oder als Jahresdurchschnitt angegeben (Tabelle 5).

Tabelle 5: Exemplarische Messergebnisse abgebildet in den analysierten internationalen Publikationen ((Oberflächen-)Temperaturdifferenzen, -reduktion, Energieeinsparung) zu Fassaden- und Dachbegrünungen nach Pflanzenart und Land (inkl. Köppen-Geiger-Klimazonen).

Begrünungs- maßnahme		Pflanzengattung bzw. -art	Messergebnisse aus internationalen Publikationen	Land (Köppen- Geiger-Klima- klassifikation)	Referenz
Fassadenbegrünung	Bodengebunden	<i>Hedera helix</i>	Max. Innenraum- temperatur-differenz von 7,2 °C (vgl. mit außen nicht begrüntem Innenraum)	UK (Cfb)	Thomsit- Ireland et al. [2020]
		<i>Parthenocissus tricuspidata</i>	Max. Innenraum- temperatur-differenz von 7,6 °C (vgl. mit außen nicht begrüntem Innenraum)	UK (Cfb)D	Thomsit- Ireland et al. [2020]
		<i>Pileostegia viburnoides</i>	Max. Innenraum- temperatur-differenz von 9,1 °C (vgl. mit außen nicht begrüntem Innenraum)	UK (Cfb)	Thomsit- Ireland et al. [2020]
		<i>Wisteria floribunda</i>	Max. Oberflächen- temperaturdifferenz von 9,0 °C (vgl. mit nicht begrünter Wand) + Reduktion des Wärmedurchflusses um 22,3 W/m2 (Sommer) und 8 W/m2 (Winter)	Brasilien (Cfa)	Fensterseifer et al. [2022]
	Trogge- bunden	<i>Pyrostegia venusta</i>	Max. Innenraum- temperatur-differenz von 3.6 °C (vgl. mit außen nicht begrüntem Innenraum)	China (Cfa)	Zhang et al. [2019]
	Modular	<i>Axonopus compressus</i> , <i>Rhoeo spathacea</i>	Max. Temperaturdifferenz (Außenwandoberfläche) von 10,1 °C (vgl. mit nicht begrünter Wand)	Sri Lanka (Af)	Rupasinghe et Halwatura [2020]

		<i>Sedum sp.</i> , <i>Bergenia cordifolia</i> , <i>Heuchera species</i> , <i>Geranium sp.</i>	Max. Oberflächen-temperaturdifferenz von 11,6 °C (vgl. mit nicht begrünter Wand)	Österreich (Cfb)	Salonen et al. [2022]
Dachbegrünung	extensiv	<i>Sedum kamtschaticum</i> , <i>Sedum spurium</i> , <i>Sedum reflexum</i> , <i>Sedum sexangulare</i> , <i>Dianthus deltoides</i>	Max. Oberflächen-temperaturdifferenz von 24,0 °C (vgl. mit nicht begrüntem Dach)	Polen (Cfb)	Baryła et al. [2019]
		<i>Sedum sediforme</i>	Max. Oberflächen-temperaturdifferenz von 7,0 °C (vgl. mit nicht begrüntem Dach) und 1,5 °C (Dach mit einjährigen Pflanzen + Sedum)	Israel (BWh)	Schindler et al. [2019]
		<i>Cynodon dactylon</i> , <i>Eremochloa ophiuroides</i> , <i>Poa pratensis</i> , <i>Festuca arundinacea</i> , <i>Sedum lineare</i> , <i>Callisia repens</i>	Max. Oberflächen-temperaturdifferenz von 11,9 °C (vgl. mit nicht begrüntem Dach)	China (Csa)	Cao et al. [2019]
		<i>Ipomoea batata</i>	Max. Oberflächen-temperaturdifferenz von 10,2 °C (vgl. mit nicht begrüntem Dach)	Taiwan (Cfa)	Huang et Ma [2019]
		<i>Dianthus grantianopolitanus</i> , <i>Carpobrotus edulis</i> , <i>Cerastium tomentosum</i>	Max. Energiereduktion von 34,9 % (im Dauerbetrieb) und 34,7 % (in intermittierendem Betrieb)	Italien (Cfa)	Bevilacqua et al. [2020]
		<i>Acinos alpinus</i> , <i>Bellis perennis</i> , <i>Brachypodium retusum</i> , <i>Cerastium tomentosum</i> , <i>Dianthus arenarius</i> , <i>Lobularia maritima</i> , <i>Lotus corniculatus</i> , <i>Paronychia argentea</i> , <i>Phagnalon saxatile</i> , <i>Sanguisorba minor</i> , <i>Sedum sediforme</i> and <i>Trifolium repens</i>	Durchschnittliche jährliche Energiereduktionen von 66% (vgl. mit einem konventionellen Dach)	Spanien (Cfa)	Porcaro et al. [2019]
		<i>Rhoeo sp.</i> , <i>Helichrysum italicum</i> , <i>Callistenon sp.</i> , <i>Dianella sp.</i> , <i>Eremophila maculata</i> , <i>Grevillea obtusifolia</i>	Max. Energieeinsparungen von 13,7% (simuliert) und 11,7% (gemessen) (vgl. mit einem nicht begrünten Dach)	Australien (Bsh)	Anwar et al. [2019]

5.4 Identifizierte Untersuchungsansätze und Erhebungsmethoden

Alle betrachteten Papers wurden auf deren Untersuchungsmethoden geprüft. Es konnten 3 Kategorien unterschieden werden:

- Felderhebungen;
- Simulationen;
- Felderhebungen in Kombination mit Simulationen.

Hinsichtlich der Dachbegrünungsstudien konnte eine nahezu gleichmäßige Verteilung zwischen Feldmessungen (41 Studien) und Simulationen (35 Studien) aufgezeigt werden (Abbildung 5). Darüber hinaus bedienten sich lediglich zwei Studien beider Untersuchungsmethoden.

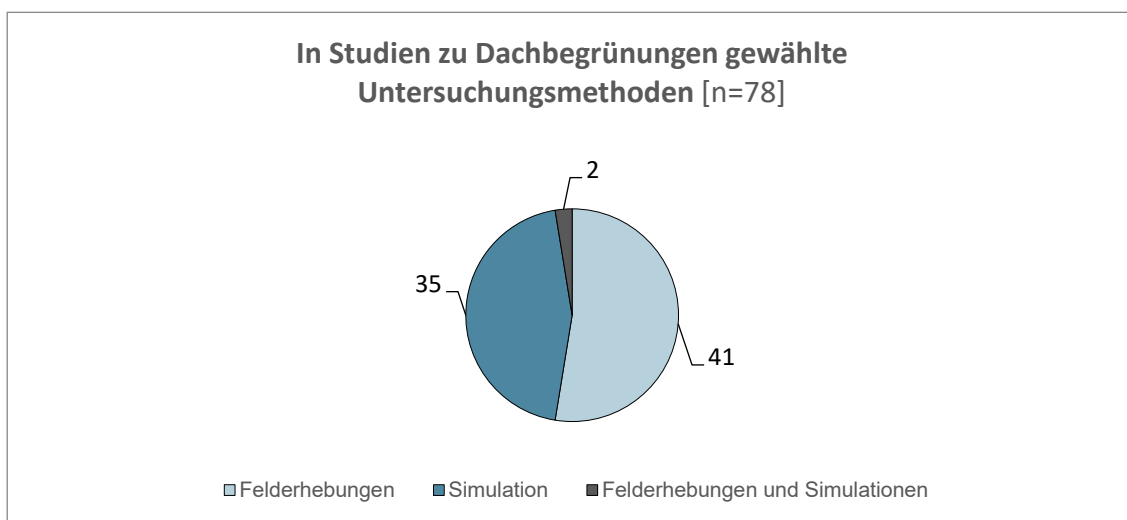


Abbildung 5: Untersuchungsansätze zu Dachbegrünungsstudien [n= 78] (© IBLB).

Die Verteilung der verwendeten Datenerhebungsmethoden für Fassadenbegrünungen zeigt, dass sich aus einer Gesamtanzahl von 49 Publikationen lediglich 5 einer Kombination aus Feldmessungen mit Simulationen bedienten (Abbildung 6). In mehr als der Hälfte der Arbeiten (26 Studien) wurden Felderhebungen durchgeführt, während weitere 18 Studien Simulationen zur Beantwortung der Forschungsfragen einsetzten.

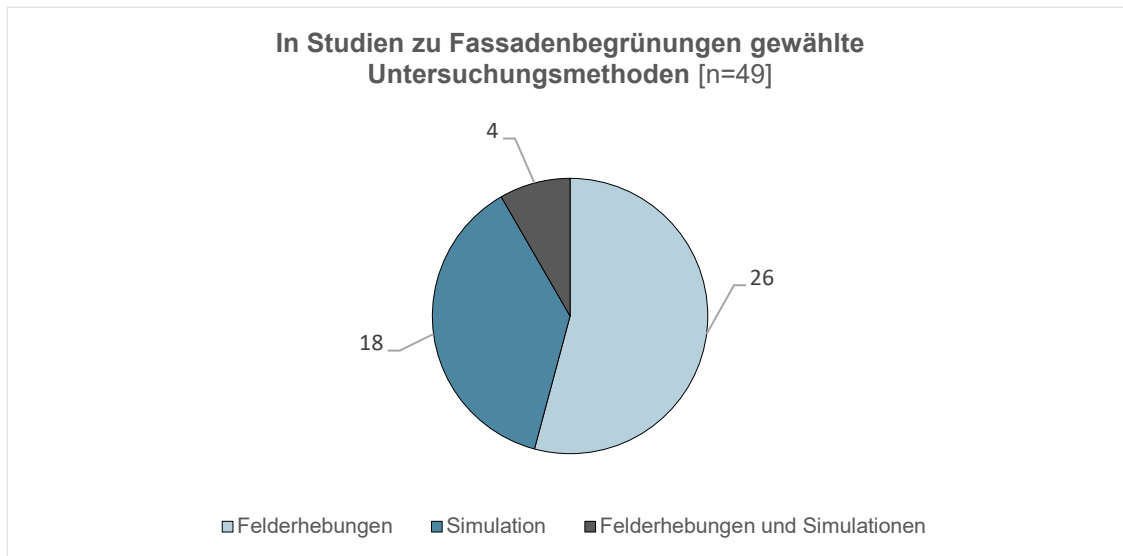


Abbildung 6: Untersuchungsansätze zu Fassadenbegrünungsstudien [n=49] (© IBLB).

5.5 Untersuchte Begrünungstypen

Wie Abbildung 7 ersichtlich beschäftigten sich 70 der 84 Publikationen der Dachbegrünungsstudien näher mit extensiven Dachbegrünungen. Dies entspricht 83,3 % aller berücksichtigten Publikationen und stellt somit eine klare Priorität in den Publikationen dar. Weit hinten an zweiter Stelle liegen intensiven Dachbegrünungen (in 9 Studien näher betrachtet), gefolgt von den reduziert-intensiven Dachbegrünungen (6-mal Studiengegenstand). Es wird darauf hingewiesen, dass die betrachtete Grundgesamt mit 84 höher liegt als in den nachfolgend dargestellten Analysen [n=78], da sich einige Studien mit mehreren Begrünungstypen auseinandergesetzt haben.

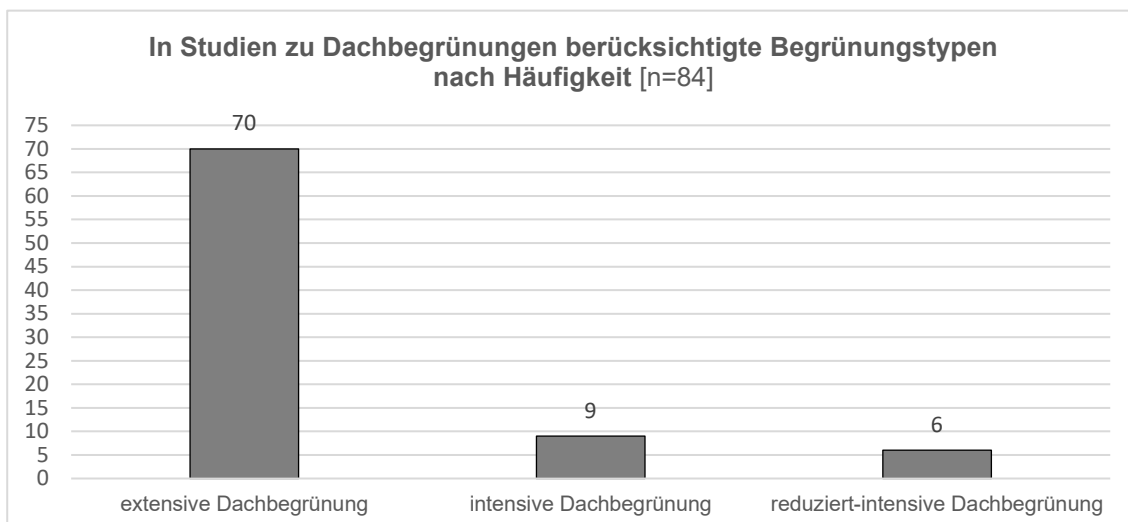


Abbildung 7: Studiengegenstand Dachbegrünung nach Gründachtyp [n=84] (© IBLB).

49,1 % aller untersuchten Veröffentlichungen zum Thema Fassadenbegrünung (höhere Grundgesamtheit, da 4 Veröffentlichungen den Fokus auf mehreren Begrünungstypen legten) beschäftigten sich mit bodengebundenen Fassadenbegrünungen (Abbildung 8) und stellen somit das Hauptaugenmerk der Publikationen dar. Des Weiteren wurde 18-mal auf modulare und 9-mal auf trogebundene Fassadenbegrünungen fokussiert.

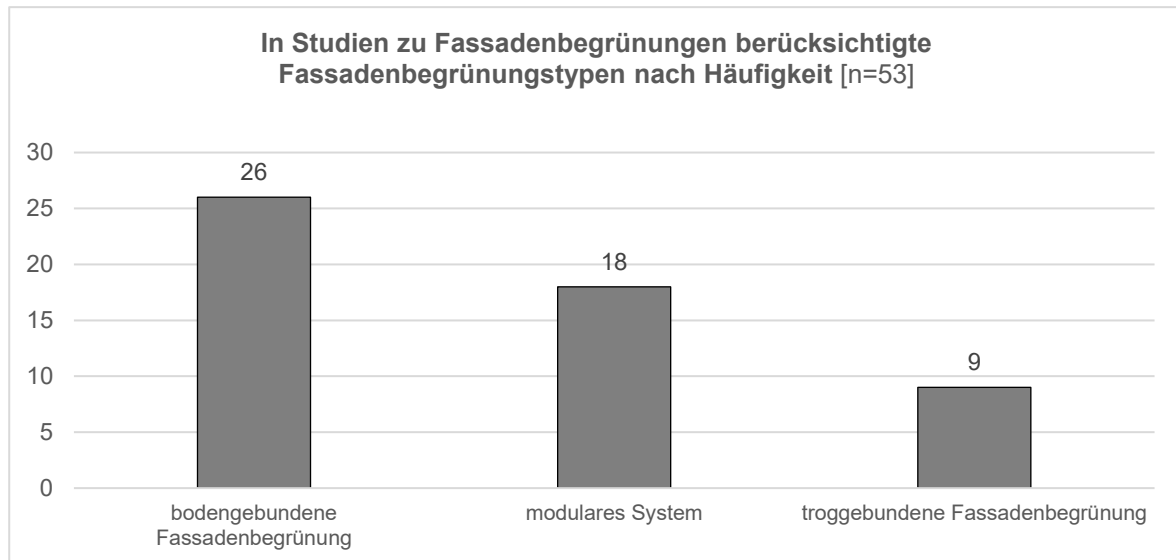


Abbildung 8: Studiengegenstand Fassadenbegrünung nach Fassadenbegrünungstyp [n=53] (© IBLB).

5.6 Verteilung der Erhebungsmethode nach Begrünungstyp

Wie der Verteilungskurve in Abbildung 9 zu entnehmen wurden in Studien zu Dachbegrünungen 43-mal (55,1 %) Messwerte mithilfe von Messungen an extensiven Dachbegrünungen ermittelt. Hingegen wurden für reduziert-intensive Dachbegrünungen nur 2-mal und für intensive Dachbegrünungen überhaupt keine Messdaten vor Ort erhoben. Auch konnte gezeigt werden, dass sich Simulationen hauptsächlich auf extensive Dachbegrünungen stützen (21 Studien bzw. 26,9 %). 2 der berücksichtigten Veröffentlichungen haben die Simulationen für einen Vergleich zwischen extensiven und reduziert-intensiven bzw. extensiven, reduziert-intensiven und intensiven Dachbegrünungen genutzt.

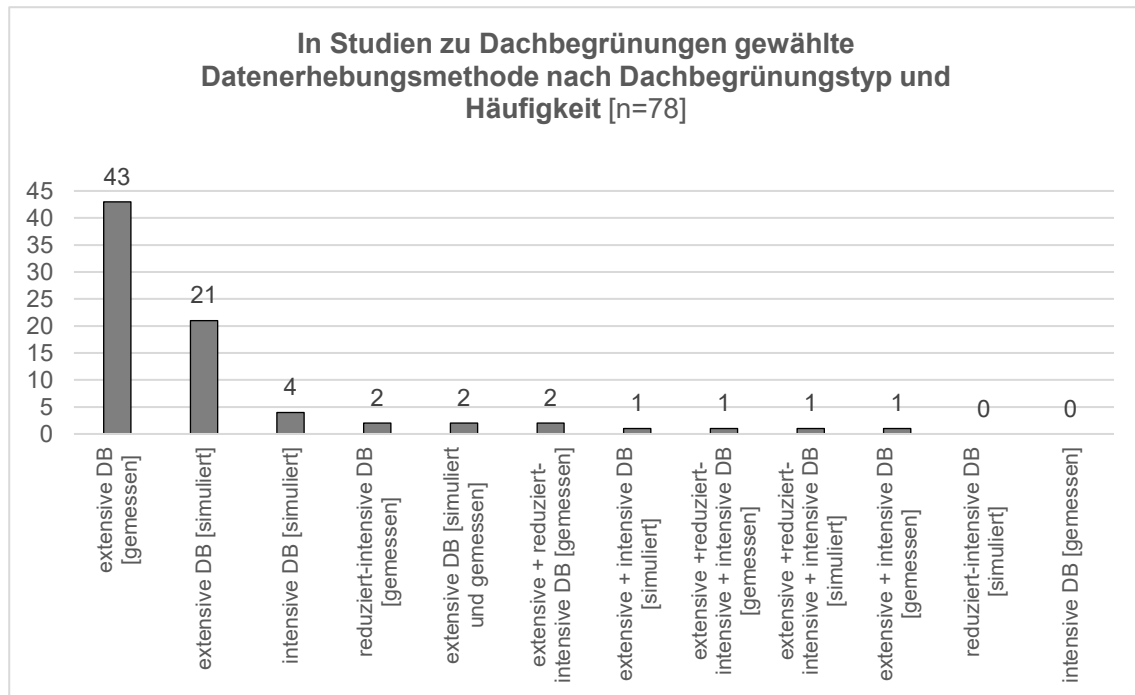


Abbildung 9: Verteilung der in Studien zu Dachbegrünungen gewählte Datenerhebungsmethode (Feldmessungen vs. Simulationen) nach Dachbegrünungstyp und Häufigkeit [n=78] (© IBLB).

Die Kennwerteerhebung für Fassadenbegrünungen erfolgte in 18,3 % aller berücksichtigten Veröffentlichung über Messungen von bodengebundenen Fassadenbegrünungen (Abbildung 10). 6-mal wurden modulare Fassadenbegrünungen simuliert und in weiteren 4 Studien (8,2 %) wurden die Messdaten von troggebundenen Fassadenbegrünungen durch Erhebung vor Ort ermittelt. 2 Publikationen verglichen gemessene Kennwertdaten von bodengebunden, troggebundenen sowie modularen Fassadenbegrünungen.

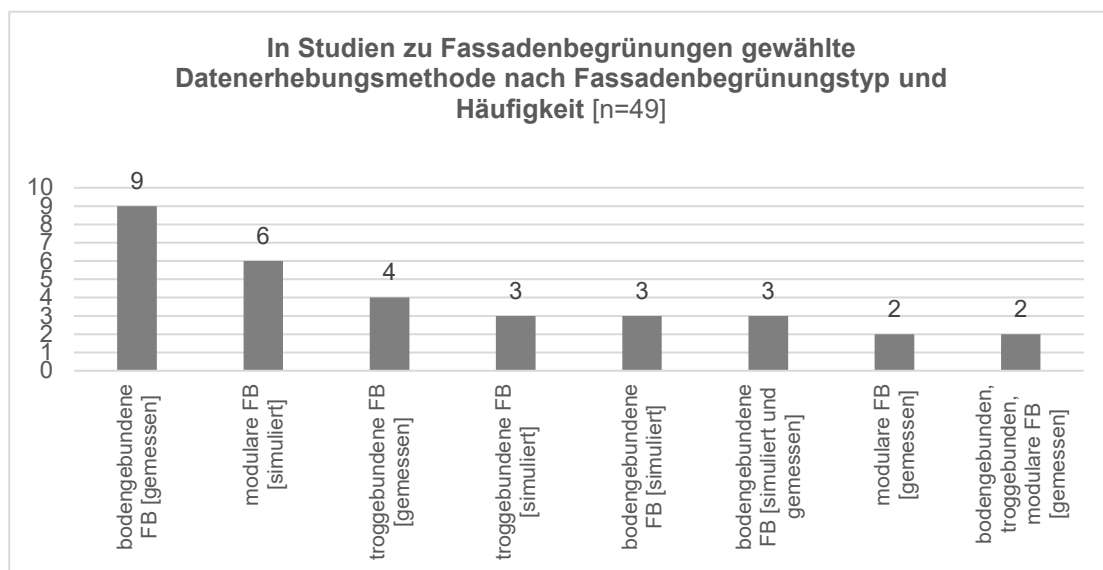


Abbildung 10: Verteilung der in Studien zu Fassadenbegrünungen gewählten Datenerhebungsmethode nach Fassadenbegrünungstyp und Häufigkeit [n=49] (© IBLB).

5.7 Globale Verteilung der internationalen Studien

Es konnte aufgezeigt werden, dass im Zeitraum 2019 und 2021 in insgesamt 23 Nationen Untersuchungen zum Thema Dachbegrünung im Kontext Energieeinsparungen bzw. Thermischer Komfort durchgeführt wurden (Abbildung 11). Die meisten Arbeiten wurden von Forschenden der Volksrepublik China publiziert (27 Papers). Mit deutlichem Abstand an zweiter Stelle wurden Forschungsergebnisse aus Italien veröffentlicht (12 Papers), gefolgt von Spanien (8 Papers) sowie den Vereinigten Staaten Amerikas (4 Papers). Von Österreich wurde keine Studie veröffentlicht, von Deutschland gab es 2 Publikationen [Köhler et Kaiser 2019, Knaus et Haase 2020]. Es wird darauf hingewiesen, dass die betrachtete Grundgesamt mit 82 höher liegt als in den nachfolgend dargestellten Analysen [n=78], da eine Studie [Marvuglia et al. 2020] Ergebnisse aus 4 Untersuchungsländern berichtet.

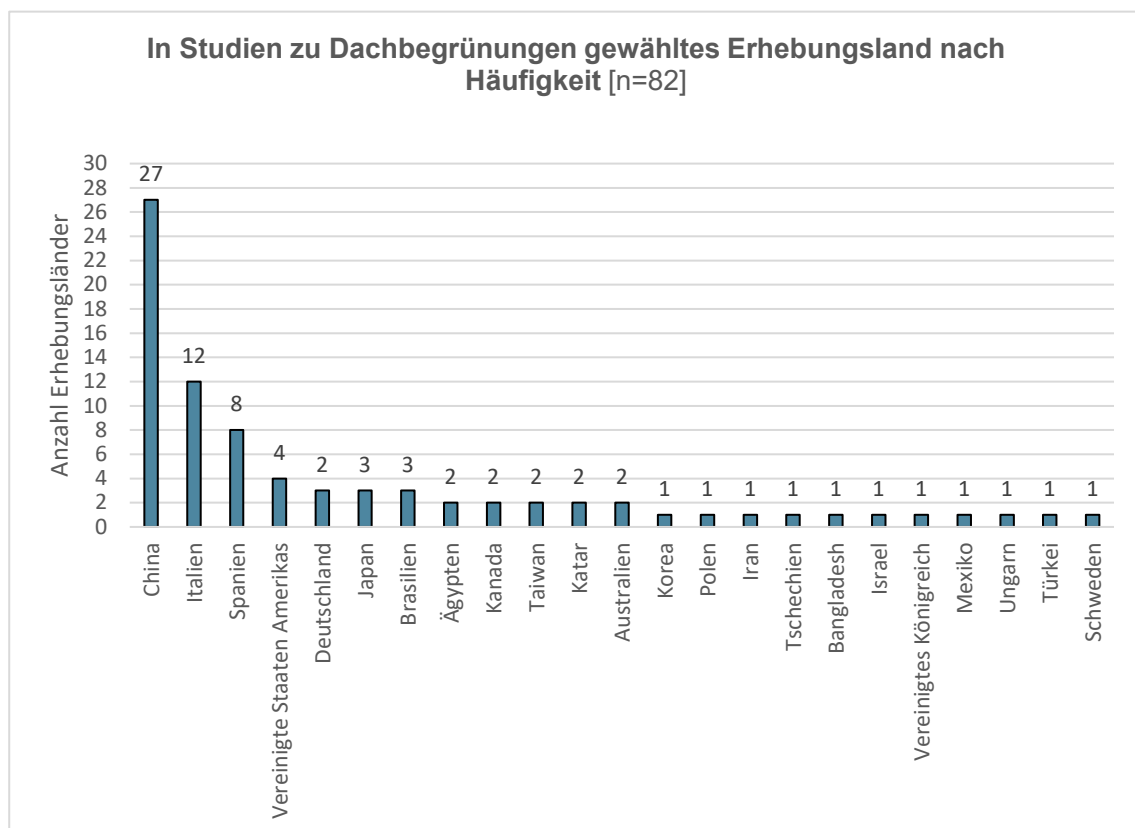


Abbildung 11: Geografische Verteilung der internationalen Studien zwischen 2019 und 2021 zu Dachbegrünungen nach Nationen [n=82] (© IBLB).

Betrachtet man die globale Verteilung internationaler Studien zu Dachbegrünungen, zeigt sich, dass in knapp der Hälfte aller Fälle (47,6 %, 39 Papers) Asien den Untersuchungskontinenten darstellt (Abbildung 12). Danach folgt Europa (29 Papers), Nord- und Südamerika (jeweils 6 Papers) sowie Australien (2 Papers). Weder in Afrika noch der Antarktis wurden Studien zum Thema publiziert.

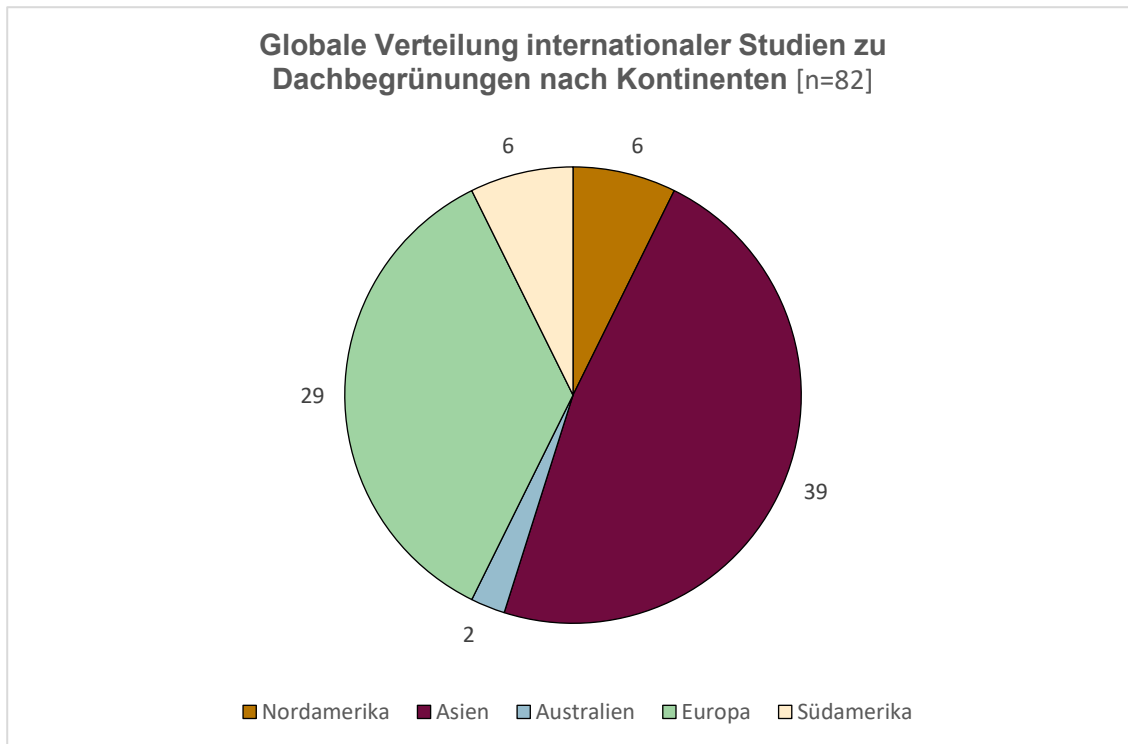


Abbildung 12: Geografische Verteilung der internationalen Studien zu Dachbegrünungen nach Kontinenten [n=82] (© IBLB).

Innerhalb der 28 europäischen Studien zu Dachbegrünungen wurden 76,7 % in Südeuropa durchgeführt (21 Papers) (Abbildung 13). Danach folgen Mitteleuropa (6 Papers) sowie Nordeuropa (2 Papers).

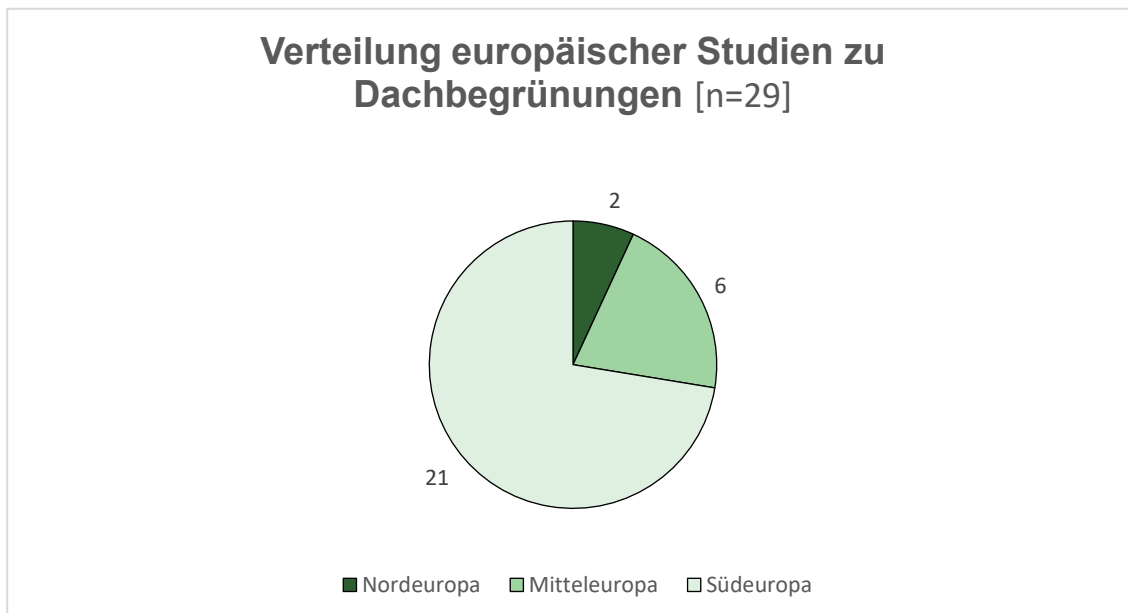


Abbildung 13: Geografische Verteilung der internationalen Studien zu Dachbegrünungen nach Zonierung innerhalb Europas [n=82] (© IBLB).

Wie in Abbildung 14 ersichtlich konnten unter den Fassadenbegrünungsstudien 20 Nationen identifiziert werden. Auch hier stammen die häufigsten Publikationen von chinesischen Arbeiten. In absteigender Häufigkeit folgen ebenfalls Italien (6 Papers) sowie Spanien (3 Papers) sowie Indonesien (3 Papers). Die Studie aus Wien [Salonen et al. 2022] setzte sich näher mit den thermischen Effekten von Fassadenbegrünung im Sommer mit Fokus auf Evotranspiration sowie Verschattung auseinander (Keywords: *outdoor thermal comfort; façade greening; evapotranspiration; shading; vertical green; urban green infrastructure*).

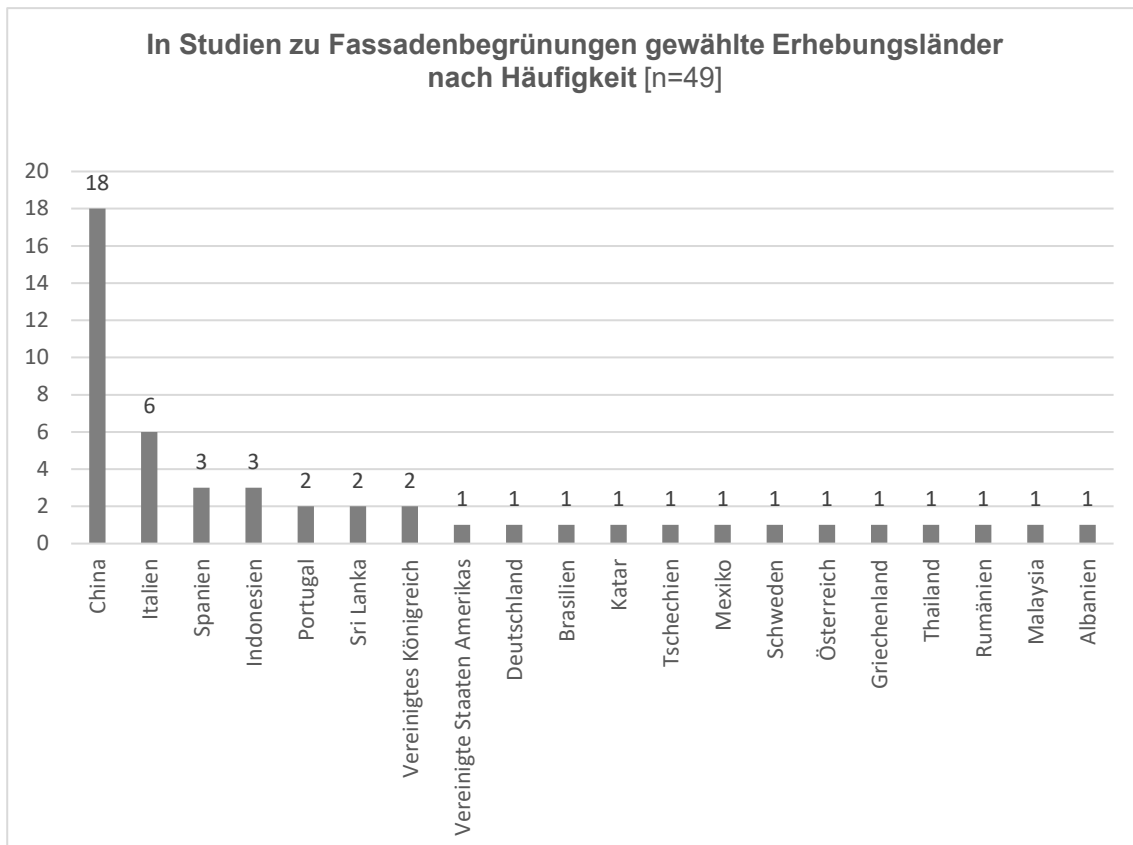


Abbildung 14: Geografische Verteilung der internationalen Studien zwischen 2019 und 2021 zu Fassadenbegrünungen nach Nationen [n=49] (© IBLB).

Die globale Verteilung internationaler Studien zu Fassadenbegrünung zeigt, dass in rund 49 % aller gescreenten Publikationen (24 Studien) Asien den Untersuchungskontinenten darstellt (Abbildung 15). Knapp dahinter reiht sich Europa ein (20 Studien) ein, wohingegen Nord- und Südamerika (jeweils 6 Studien) deutlich niedrigere Häufigkeiten aufweisen. In allen übrigen Kontinenten wurden keine Studien zum Thema durchgeführt.

Globale Verteilung internationaler Studien zu Fassadenbegrünung nach Kontinenten [n=82]

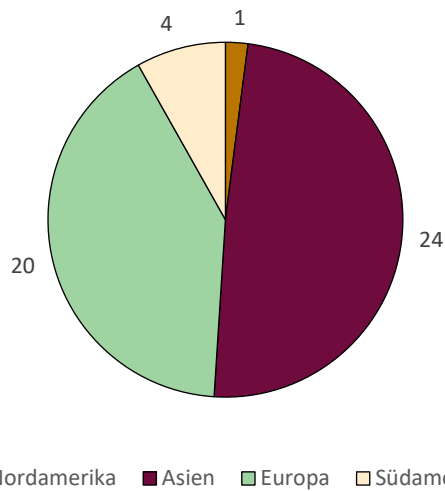


Abbildung 15: Geografische Verteilung der internationalen Studien zwischen zu Fassadenbegrünung nach Kontinenten [n=82] (© IBLB).

Innerhalb der 20 Studien zu Fassadenbegrünungen in Europa wurden 13 in Südeuropa durchgeführt (65 %) (Abbildung 16). Das Verhältnis zwischen Mitteleuropa (4 Papers) sowie Nordeuropa (3 Papers) ist hingegen ausgeglichener, jedoch als sehr niedrig zu bezeichnen.

Verteilung europäischer Studien zu Fassadenbegrünung [n=20]

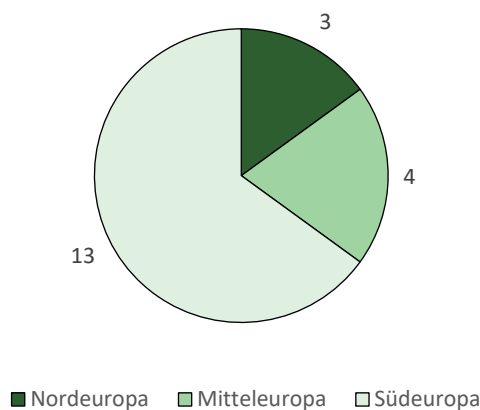


Abbildung 16: Geografische Verteilung der europäischen Studien zu Fassadenbegrünungen nach Regionen [n=20] (© IBLB).

6 Diskussion

Die hier präsentierte Studie widmete sich der strukturierten Identifikation und Analyse von internationalen, im Zeitraum 2019 bis 2021 veröffentlichten, wissenschaftlichen Arbeiten über Dach- und Fassadenbegrünungen und ihrer Wirkungen. Diese Erhebung zur Abbildung des aktuellen Wissensstandes baut auf die frühere Studie „Wirkungen der grünen Stadt“ [Stangl et al. 2019] auf. Nachstehend werden die Ergebnisse aus den analysierten Publikationen zu Dach- und Fassadenbegrünungen zusammenfassend diskutiert. Für eine bessere Übersicht wurde eine Gliederung in thematische Unterkapitel vorgenommen.

6.1 Räumlicher Fokus bzw. Studienschwerpunkte

70 von 78 Publikationen zu **Dachbegrünungen** befassten sich sowohl mit dem Innen- als auch dem Außenraum und decken somit beide räumlichen Aspekte ab. Die übrigen 8 identifizierten Veröffentlichungen, haben sich ausschließlich auf das Thema Energieeinsparungen fokussiert. Bei den Veröffentlichungen zu **Fassadenbegrünungen** haben 37 den Studienschwerpunkten Thermischer Komfort kombiniert mit Energieeinsparungen gewählt. Jene übrigen 12 Publikationen haben lediglich auf Energieeinsparungen fokussiert.

6.2 Erhebungsmethode in Feldmessungen

Zur Beantwortung der Forschungsfragen bedienten sich die untersuchten Publikationen unterschiedlicher Messparameter, was eine Vergleichbarkeit der Studien untereinander erschwert. Es wurde an adulten Begrünungskörpern [Fensterseifer et al. 2022; Convertino et al. 2021; Li et al. 2019] sowie an experimentellen, juvenilen Strukturen [Campos-Osorio et al. 2020; Perera et al. 2021] geforscht. Dies stellt zwei konträre Begrünungssituationen dar, die sich in deren mikroklimatischen Wirkungen erheblich unterscheiden und somit nicht für eine direkte Gegenüberstellung eignen.

Für Messkampagnen wurden sehr unterschiedliche Messzeitpunkte im Tages- als auch im Jahresverlauf gewählt. Auch wurden hier bei einigen Studien explizit Sommerperioden für die Messungen herangezogen [Liao et al. 2021, Zhang et al. 2019], wohingegen für andere Veröffentlichungen augenscheinlich wahllos oder ohne konkrete Begründung einzelne Messtage ausgewählt wurden. Durch diese unterschiedlichen Zugänge ist ein direkter Vergleich aus unterschiedlichen Studien nicht zielführend, jedoch sind daraus Erfahrungswerte zu unterschiedlichen Begrünungs- und Pflanzentypen verfügbar. Allgemein gilt anzumerken, dass die in Studien erhobenen Pflanzendaten oftmals im Fließtext deren zwar beschrieben bzw. erwähnt, in den Veröffentlichungen allerdings nicht als Messkennwerte abgebildet sind.

6.3 Erhebungsmethoden bei Simulationsstudien

Die untersuchten Studien, die sich an Simulationsmodellen zum Thermischen Komfort oder Energieeinsparungen bedienten (18 zu Fassaden- und 35 zu Dachbegrünung), arbeiteten mit den in Tabelle 6, abgebildeten Programmen. Daraus geht hervor, dass ENVI-met nach wie vor das meist genutzte Tool ist, um den Thermischen Komfort abzubilden [Aboelata 2020; Iaria et. Susca 2022; Park et al. 2022]. Simulationen zu Energieeinsparungen hingegen wurden entweder mit EnergyPlus oder WUFI durchgeführt [Borràs et al. 2022; Kazemi et. Courard 2021; Gholami et al. 2020].

Tabelle 6: Übersicht gewählter Simulationsprogramme zum Thema thermischer Komfort bzw. Energieeinsparungen.

Simulation zum thermischen Komfort	Simulationen zu Energieeinsparungen
ABAQUS (Kazemi et Courard 2021)	EnergyPlus (Ávila-Hernández et al. 2020)
CM-BEM (Hirano et al. 2019)	
ENVI-met (Iaria et Susca 2022)	
TRNSYS17 (Peñalvo-López et al. 2020)	
WUFI (Kazemi et Courard 2021)	

Eine direkte Vergleichbarkeit zwischen den Simulationsstudien ist jedoch aus mehreren Gründen nicht gegeben. Zum einen zeigte sich, dass die Publikationen oftmals keine Detailangaben hinsichtlich der Daten bieten, welche in die Simulationen eingespielt wurden. Zum anderen sind die unterschiedlichen, gewählten Simulationsmodelle nicht gleichwertig und liefern verschiedene Aussagen. Envi-met stellt beispielsweise ein 3D-Modell dar und bietet somit eine höhere Auflösung sowie höhere Genauigkeit in den Simulationsergebnissen [ENVI-met GmbH 2024].

6.4 Vergleichbarkeit der Messdaten

Die gewählten Messhöhen – also jene vertikale Abmessung, in welcher Messungen an Wiederholungspunkten vollzogen werden – einzelner Parameter wie etwa der Lufttemperatur oder Luftfeuchtigkeit unterscheiden sich innerhalb der untersuchten Publikationen durchaus. Standardmesshöhen und -entfernungen werden nicht eingehalten. Andere Forscher*innen wiederum haben sich dazu entschlossen, diese Kennwerte direkt vor bzw. hinter der Begrünung zu ermitteln, wobei die Messhöhen 1,50 m sowie 1,70 m betrug [Convertino et al. 2021].

Die Messzeitpunkte für Messkampagnen sind als sehr divers zu bezeichnen. Dies gilt auch für die unterschiedlichen Messintervalle von vor Ort angebrachter Sensorik. Manche Studien geben stündlich ermittelte Messdaten an [Zhang et al. 2019], wohingegen sich andere Publikationen auf 10-Minuten-Werte, die anschließend zu stündlich gemittelten Werten zusammengefasst wurden

beziehen [Rupasinghe et. Halwatura 2020]. In den meisten Fällen werden die Messintervalle jedoch gar nicht thematisiert bzw. beschrieben.

Auch die unterschiedliche Benennung von meteorologischen Variablen wie der Luftfeuchtigkeit als *Relative Humidity* oder *Air Humidity* erschwert die Einordnung und die Gegenüberstellung von Messparametern. Teilweise fehlt weiters eine Konkretisierung der Begrifflichkeiten, da beispielsweise die Bezeichnung Temperaturreduktion nicht unmittelbar einen Aufschluss darüber gibt, welche Temperatur (z.B. Luft-, Boden-, Oberflächentemperatur) untersucht wurde [Rupasinghe et Halwatura 2020].

Ein Überblick zur Ermittlung der Energieeinsparung angeführten Messparameter aus den gescreenten Studien ist Tabelle 7 zu entnehmen.

Tabelle 7: Übersicht der häufigsten verwendeten Parameter für die Ermittlung der Energieeinsparung.

Charakteristika	Parameter
Vegetationscharakteristika	Pflanzenart
	Pflanzendicke
	Pflanzenhöhe
	LAI
	Reflexionsvermögen der Blätter
	Emissionsvermögen der Blätter
	Minimaler Stomatawiderstand
Bodencharakteristika	Leitfähigkeit, trockene Erde
	Dichte, trockene Erde
	Spezifische Wärme, trockene Erde
	Wärmeabsorption
Klimatologische Faktoren	Lufttemperatur
	Luftfeuchtigkeit
Fassaden- bzw. wandspezifische Eigenschaften	Ausrichtung der Fassade
	Wandmaterial
	Wanddicke
	Luftlückentiefe zwischen Begrünung und Wand
	Absorption
	Transmissivität
	Reflektion

	Wärmedurchfluss
	Oberflächentemperatur
Weitere Faktoren	Heizenergieverbrauch

Die Dokumentation des methodischen Zugangs und der Vorgehensweisen wurde bei einigen Studien sehr überschaubar gehalten, wesentliche Information zu den Messungen, Geräten und Sensoren, Messabständen und Messhöhen fehlen häufig, worunter die Nachvollziehbarkeit der Messmethode leidet. Damit wird die Reproduzierbarkeit der Messergebnisse verhindert.

Ein Überblick zu in der Literatur verwendeten Messgeräten sowie deren ermittelten Kennwerte ist Tabelle 8 zu entnehmen.

Tabelle 8: Übersicht der in den analysierten Studien verwendeten Messgeräte und Sensorik.

Art der Messung	Bezeichnung Messgerät	Ermittelter Kennwert
Handmessungen	Hygrometer [Aboelata 2021]	Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit
	Infrarot-Thermometer [Widiastuti et al. 2020]	Lufttemperatur, Oberflächentemperatur
	Wärmebildkamera [Baryla et al. 2019, Baryla et al. 2019]	Oberflächentemperatur
	Windmaster [Aboelata 2021]	Windgeschwindigkeit, Windrichtung
	Pyranometer [Bevilacqua et al. 2020]	Solarstrahlung
Automatisch aufgenommene Messungen	Temperatursensor [Zhang et al. 2019, Xing et al. 2019]	Lufttemperatur, Oberflächentemperatur
	Thermocouple [Shao et al. 2021, Zheng et al. 2022, Stella et Personne 2021]	Gründachoberflächen-, Innenraumwandoberflächen-, Außenraumwandoberflächentemperatur
	Infrarot Radiometer [Lee et Jim 2019]	Bodenoberflächentemperatur
	Feuchtigkeitssensor [Shao et al. 2021]	Bodenfeuchtigkeit
	Heat flow meter [Shao et al. 2021]	Wärmedurchfluss
	Anemometer [Convertino et al. 2021]	Windgeschwindigkeit
	Wetterstation [Kokogiannakis et al. 2019]	Ergänzende Klimadaten

6.5 Messergebnisse und berücksichtigte Pflanzenarten

In der Studie Stangl et al [2019] wurde nicht näher auf Messergebnisse für einzelne Pflanzenarten eingegangen. Ein Vergleich ist jedoch u.a. für publizierte Daten zur Oberflächenkühlung, welche an Fassaden gemessen wurden, gegeben. Die höchste in der Literatur gefundene Oberflächen-temperaturreduktion von Fassadenbegrünungen zwischen 2008 und 2019 betrug 20 °C und wurde in Italien ermittelt. Eine ähnlich hohe Differenz wurde in den Studien der Jahre 2019 und 2021 nicht verzeichnet. Die höchste Temperaturreduktion, welcher innerhalb der berücksichtigten Studien ermittelt wurde, betrug 11,6 °C und wurde in Österreich an einer modularen Fassaden-begrünung mit Stauden gemessen [Salonen et al. 2022]. Für Kletterpflanzen (*Wisteria floribunda*) wurde von 9° C Oberflächentemperaturdifferenz berichtet [Fensterseifer et al. 2022], für die Selbstkletterer *Hedera helix* und *Parthenocissus tricuspidata* ist eine Innenraumtemperatur-differenz zwischen 7,2 – 7,6° C ermittelt worden [Thomsit-Ireland et al. 2020].

Unter Dachbegrünungen wurde in Polen etwa eine Oberflächentemperaturreduktion von 24,0 °C ermittelt [Baryła et al. 2019]. Dies stellt einen deutlichen höheren Wert dar, als die in der Publikation von Stangl et al. [2019] genannten 5,6 °C aus dem Jahr 2012.

Die Untersuchungsstandorte sind im globalen Raum weit verteilt. Aus dem mitteleuropäischen Raum sind beschränkt Veröffentlichungen verfügbar [Salonen et al. 2022, Baryla et al 2019, Thomsit-Ireland et al. 2020]. Das Pflanzenspektrum, welches abgebildet ist, reicht von *Hedera helix* [Thomsit-Ireland et al. 2020], über *Parthenocissus tricuspidata* [Thomsit-Ireland et al. 2020] *Heuchera* sp. und *Bergenia* sp. [Salonen et al. 2022]. Die Effekte der untersuchten Pflanzenarten wurden hier ausreichend beschreiben, obgleich Daten zu den Pflanzenstrukturen an sich (Vitalitätsbeurteilung, LAI, etc.) nicht verfügbar sind.

6.6 Relevante Publikationen aus dem deutschen Sprachraum

Ergänzend zur Analyse internationaler Publikationen wurde auch der Forschungsstand im deutschen Sprachraum zwischen 2019 und 2025 gescreent (Tabelle 9). Hierfür wurden sämtliche Hochschulen in Österreich, Deutschland sowie der Schweiz mit Schwerpunkten in Vegetations-technik, Ingenieurbiologie oder ähnlich durchsucht. Die gescreenten Hochschulen sind Tabelle 9 zu entnehmen.

Tabelle 9: Übersicht gescreente deutschsprachige Hochschulen sowie Angabe des jeweiligen Instituts bzw. Forschungsdepartment.

Land	Name der Institution
Österreich	BOKU University Wien (BOKU), Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau
	Technische Universität Wien, Institut für Werkstofftechnologie, Bauphysik und Bauökologie

Deutschland	Technische Universität Berlin, Institut für Landschaftsarchitektur und Umweltplanung
	Leibniz Universität Hannover, Institut für Umweltplanung
	Technische Universität München, Forschungsdepartment Life Science Systems
	Hochschule Anhalt, Forschungsabteilung Nachhaltige Landnutzung & Biodiversität
	Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Forschungseinrichtung Umweltingenieurwesen
	<i>Center for Applied Energy Research</i> (ggemeinnütziges Forschungsinstitut)
Schweiz	Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Fachstelle Ingenieurbiologie und Gewässermanagement
	Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW), Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen

Weiters wurde ein Projektscreening der Projekte aus dem Stadt der Zukunft Programm der ffg durchgeführt. Das Ergebnis ist als übersichtlich zu bezeichnen. In Deutschland scheint mit Ausnahme des *Center for Applied Energy Research* in Würzburg [CAE 2025] an keiner deutschen Hochschule im Untersuchungszeitraum ein Projekt oder eine Veröffentlichung zu Dach- oder Fassadenbegrünung im Kontext thermischer Komfort oder Energieeinsparungen im genannten Zeitraum auf. In der Schweiz beschäftigte sich ein universitätsintern-gefördertes Projekt der ZHAW in Winterthur mit Fassadenbegrünung. Im Analysezeitraum waren hierzu keine Berichte oder Messergebnisse verfügbar.

In Wien beschäftigen sich hauptsächlich die Technische Universität Wien (TU) sowie die BOKU University (IBLB) mit der Thematik. Fördergebend waren bei den durchgeführten Projekten etwa die Stadt Wien, die FFG sowie der Klima- und Energiefonds. Die nachfolgende Tabelle 10 gibt einen Überblick über relevante Projekte im deutschen Sprachraum. Nicht zu allen Projekten sind Publikationen verfügbar.

Tabelle 10: Identifizierte Projektinformationen zu Dach- oder Fassadenbegrünung im deutschen Sprachraum zwischen 2019 und 2021 mit dem Schwerpunkt Energieeinsparungen und/oder thermischem Komfort.

Projekt-start bzw. -dauer	Projekt-leitung/ Antragssteller *in	Fördergeber	Projektname	Kurzbeschreibung
2019-2022	Technische Universität Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen	Klima- und Energiefonds	Green: Cool & Care	Grüne Wohn- und Pflegeheime für alte Menschen. Technische Lösungen und soziale Innovationen (TU)
2017-2020	Technische Universität Wien, Fakultät	FFG Smart Cities	GÜNEzukunftS CHULEN ²	Grüne Schuloasen im Neubau. Einfluss von Begrünungssystemen auf das unmittelbare Mikroklima [Korjenic et al. 2020]

	für Bauingenieurwesen			
2021-2025	Center for Applied Energy Research Würzburg	BMWi	U-green	Bauphysikalische Bewertung von Fassaden- und Dachbegrünungen. Entwicklung standardisierter Messverfahren und Kenngrößenerfassung zur Berücksichtigung von Bauwerksbegrünungen in der energetischen Auslegung von Gebäuden [CAE 2025]
2021-2024	Center for Applied Energy Research Würzburg	DBU	Green4indoor	Energieeffiziente Raumklimatisierung mit Pflanzen: Ressourcenschonende Konditionierung der Innenraumluft durch dezentrale Vertikalbegrünungen
2020-2021	IBLB, BOKU University	Amt NÖ Landesregierung	Evaluierung BH Korneuburg	Evaluierungsstudie Bauwerksbegrünung zur Steigerung der Klimaresilienz an den Objekten BH Korneuburg und BH Mödling [Wultsch et al. 2021]
2021	IBLB, BOKU University	Österreichische Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift	Grüner Schuttschirm für Gebäude	Publikation über den Beitrag von Dach- und Fassadenbegrünung zum Energiehaushalt von Gebäuden auf Basis von Ergebnissen aus dem Projekt GrünStadtKlima [Scharf et Stangl 2021]
2021-2022	IBLB, BOKU University	Stadt Wien	Wien-Tröge	Zustand und Leistungen von Fassadenbegrünungen aus Trögen am Standort AH Schönbrunnerstrasse 54 [Blecha et al. 2022]
2021-2022	IBLB, BOKU University	Feuerwache Wien Referat 3	Grünfassade FW 19	Evaluierungsstudie Bauwerksbegrünung zur Minderung der sommerlichen Hitzebelastung am Gebäude der Feuerwache Wien Döbling [Wultsch et Stangl 2022]
2021-	IBLB, BOKU University	FFG	GLASGrün	Regulierung von Klima, Energiebedarf und Wohlbefinden in Glasverbauten durch bautechnisch integriertes, vertikales Grün [Stangl et al. 2025; Briefer et al. 2025, Poiss et al. 2025a; Poiss et al. 2025b]
Abgeschlossen – nicht näher definiert	ZHAW, Winterthur	Interne Förderung	Fassadenbegrünung im urbanen Raum	Methodenentwicklung zur Selektion von Klimakletterpflanzen und Wirkungsmessungen von verschiedenen Typen von Fassadenbegrünungen.

Messungen im Projekt Grünfassade FW 19 wurden vereitelt durch eingeschränktes Wachstum der jungen Grünfassadenanlage im Projektzeitraum, in dem sich kein repräsentativer

Vegetationskörper und daher auch keine Verschattung erreicht wurden. Der Bewuchs reichte nicht in die definierten und mit Sensorik ausgestatteten Messbereiche.

6.6.1 Ergebnisse und Erfahrungen aus dem Projekt U-green

Inhalte und Ziele

Das Projekt U-green führte thermische Charakterisierungen an Fassaden- und Dachbegrünungssysteme unter Labor- und Realbedingungen an der Klimaforschungsstation CAE Würzburg (Center for Applied Energy Research) durch und lieferte wichtige neue Daten für HEDWIG sowohl aus Messungen als auch aus Simulationen [CAE 2025]. Zugleich wurde die Verdunstungsleistung der Systeme ermittelt. Ziel war der Vergleich Heizwärme- und Kältebedarf mit und ohne Begrünung zur Ermittlung des Energieeinsparungspotenzials und die Validierung von Simulationsmodellen.

Verdunstungsraten aus Klimakammer-Settings

Die Verdunstungsraten verschiedener Stauden, erhoben in der Klimakammer über Gewichtsverlust, präsentierten sich sehr divers von 0,1 – 1 l pro Stunde und m². Von den untersuchten Kletterpflanzen zeigten sich *Humulus lupulus* und *Lonicera henryi* (> 0,6 l/h/m²) verdunstungsstärker als *Wisteria floribunda* (< 0,2 l/h/m²) [CAE 2025]. Der Wärmedurchfluss der getesteten Systeme (Living Walls mit Gabionen, Rinnen, Vliesen) in einer Hot-Box-Apparatur ergab U-Werte zw. 0,58 und 0,83 W/m²K, wobei alle Systeme U-Wert-Verbesserungen gegenüber unbegrünter Referenzen aufwiesen (10- 30 %).

Energetische Auswirkungen unter Realbedingungen

Die energetischen Auswirkungen auf Fassaden wurden unter Realbedingungen gemessen. Messmethoden und Sensorik wurden nicht transparent, Rahmenbedingungen wurden teilweise beschrieben, etwa der Wandaufbau mit einer 18 cm Dämmschicht aus Mineralwolle (U-Wert der Wand 0,21 W/(m²K) und die Temperierung des Innenraums auf 24° C (Sommer) bzw. 21° C (Winter) [CAE 2025]. Die Messergebnisse wurden als nicht direkt vergleichbar angemerkt wegen unterschiedlicher Verschattung durch Bäume sowie abweichender Anströmungen der Innenraumklimageräte.

Die Referenzwände zeigten lt. CAE [2025] positive Wärmebilanzen (Wärmeeinträge ins Rauminnere bis knapp 0,4 kWh/m²) für die Sommer 2023 und 2024, während die Living Wall-Systeme mit negativen Bilanzen und Kühleffekten im Raum bis 1,2 kWh/m² abschnitten. Die bodengebundene Hopfen- und Geißblattbegrünung ergab eine Reduktion der Wärmeeinträge von etwa 0,4 kWh/m² gegenüber der Referenzwand.

Im Winter wurde durch die Living Wall Systeme keine Reduktion der Wärmeverluste (effektive U-Werte) berichtet [CAE 2025], abhängig von Exposition und Grünwandaufbau tw. auch Mehrverbrauch. Dieser wurde mit der Vollverschattung durch die wandgebundenen Living Walls erklärt, die keine passive Nutzung der solaren Wärmegewinne an der Fassade zulässt. Dies verschlechtert insgesamt die Wärmebilanz [CAE 2025].

Dachbegrünungen (extensiv 6 und 8 cm Aufbau, intensiv 20 und 25 cm Aufbau mit und ohne Retention) zeigten eine Reduktion der Wärmeverluste von 7 – 28 %, was einem Einsparpotenzial von 9 – 51 mm äquivalenter Dämmstoffstärke (Standard WLG 040) entspricht. Die höchsten Werte wurden dabei vom Retentionsdach erreicht. Der 6 cm Extensiv-Aufbau sowie das Kiesdach führten auch zu keiner Reduktion der Wärmeeinträge bzw. Einsparung. Die Wärmeeinträge reduzierten sich bei höheren Aufbauten erheblich, jedoch fiel die Wärmebilanz teilweise schlechter aus als beim Referenzkiesdach aus, da die nächtliche Auskühlung behindert ist. Die Autor*innen bestätigen höhere Verdunstungsleistung bei höherer Substratstärke und Retentionsdächern [CAE 2025]. Das erhöht die Kühlwirkung.

Energetische Auswirkungen aus simulations-basierter Parameter-Studie

Eine Szenarien-Parameter-Studie wurde durchgeführt zur Veranschaulichung energetischer Auswirkungen (kaum Effekte im Winter beim 6 cm-Extensivdach, 1-2 % Einsparung beim 25 cm-Intensivgründach). Die Einsparungen gegenüber den Referenzdächern sind höher für beide Varianten beim Dämmstandard-Alt (bis 16 %). Das Einsparungspotenzial im Sommer für Kühlung zeigte sich höher bis 19 % bei zeitgemäßen Dämmstandards. Bei schlechterer Dämmung (Standard Alt) war das Einsparungspotenzial signifikant höher (bis 60 % im Vergleich zum Blechdach durch 25 cm-Intensivdachaufbau und bis 49 % durch 6 cm-Extensivdachaufbau)

Bei Ein- und Mehrfamilienhäusern ergaben die Simulationen Reduktionen des Kältebedarfs (bis 49 bzw. 62 %). Abhängig vom Gebäudetyp, Wärmedämmstandard und Nutzung halten die Autor*innen Einzelfallbetrachtungen für angebracht.

6.6.2 Erfahrungen aus der Evaluierung BH Korneuburg

Die Wisterien-Bepflanzung des Glaszubaus an der BH Korneuburg wurde vom IBLB der BOKU-University hinsichtlich pflanzenphysiologischer sowie bautechnischer Parameter untersucht. Kurz vor Arbeitsbeginn im Mai 2020 wurde die Grünfassade einer radikalen Einkürzung der Pflanzen unterzogen. Dies vereitelte die sommerliche Beschattungswirkung sowie die geplanten Sensormessungen, da der Zieldeckungsgrad nur etwa 10% betrug [Wultsch et al. 2021]. Eine Bewertung des Mikroklimas und des thermischen Wohlbefindens in den Innenräumen konnte aufgrund des fehlenden Pflanzenbestands nicht durchgeführt werden.

Jedoch konnten im Monitoringzeitraum wesentliche Erkenntnisse zum Pflanzenbestand und dessen Zustand gewonnen werden. Exponierte Lagen in Kombination mit anhaltendem Wassermangel führten zu Stressreaktionen an der *Wisteria floribunda* (Blattchlorosen, reduzierter Neuaustrieb). Die ermittelten WLAI-Wertebereiche der untersuchten Klettergehölze reichten von 0,9 – 3,1, wobei die gesunden Individuen die höheren WLAIs erzielten [Wultsch et al. 2021]. Sie entsprechen Durchschnittswerten von schmal- bis breitkronigen mehrjährigen Bäumen wie etwa *Juglans regia* (Walnuss 2,7 – 3,4), *Tilia cordata* (Winterlinde 2 – 5,2; Daten aus eigenen Erhebungen mit derselben Erhebungsmethode). Erwartungsgemäß fiel der WLAI von den beeinträchtigten und stark trockengestressten Exemplaren aufgrund der geringen Deckung und eingeschränkten Blattmasseentwicklung deutlich geringer aus.

Trotz des allgemein geschwächten Zustandes wurden bei den vorhandenen Neuaustrieben dennoch gute arttypische Zuwachsraten verzeichnet. Durch einfache, aber gezielte Pflegemaßnahmen konnte dem stark geschwächten Pflanzenbestand wieder zu mehr Vitalität und Wachstum verholfen werden. Mit pflanzengerechten Erziehungs- und Erhaltungsschnitten kann ein stabiles, reich verzweigtes und tragfähiges Pflanzengerüst erneut aufgebaut werden und zur gewünschten Beschattung der Glasfläche im oberen Geschoß optimal beitragen. Eine ausreichende Bewässerung muss jedoch gewährleistet sein, um die Mikroklimaleistungen sicherzustellen.

Die Untersuchung der bautechnischen Elemente hat ergeben, dass die als Kletterhilfe verbauten Stahlseile zu schwach dimensioniert waren und der Traglast einer voll ausgewachsenen Wisterien-Begrünung langfristig nicht gesichert standhalten können [Wultsch et al. 2021]. Die Stahlseile sollten durch eine langfristig stabile Kletterhilfe ersetzt oder unterstützt werden, vorzugsweise durch Metallrohrrahmenkonstruktionen. Diese Variante fördert zudem eine flächige Ausbreitung von *Wisteria floribunda* und sichert damit eine flächige Beschattungswirkung in den Büroräumlichkeiten auch im oberen Geschoß.

Die Beobachtungen der Studie [Wultsch et al. 2021] sind eine hilfreiche Grundlage für HEDWIG. Die BH Korneuburg gehört zu den HEDWIG-Objekten, an denen Messkampagnen durchgeführt wurden.

6.6.3 Ergebnisse aus dem Projekt GrünStadtKlima

Die Publikation von Scharf et Stangl [2021] thematisierte den Beitrag von Dach- und Fassadenbegrünung zum Energiehaushalt von Gebäuden auf Basis von Messergebnissen aus dem Projekt GrünStadtKlima (vom IBLB der BOKU University zwischen 2010 – 2013 durchgeführt).

Vergleichsmessungen an Putzfassaden-Setups mit und ohne *Living Wall* konnten erhebliche Temperaturschwankungen an der Referenzfassade im Tagesrhythmus aufzeigen. Diese betrugen im Tagesmaximum knapp 60 °C sowie 10 °C in der Nacht. Der Wärmedurchfluss bewegte sich bei der nicht-begrünten Putzfassade in einem Bereich von +10 bis -25 W/m². Modulare bzw. lineare Living Wall Systems konnten den Wärmefluss auf +2 bis -7 W/m² sowie die Temperaturpeaks auf

das Niveau der Lufttemperatur senken [Scharf et Stangl 2021]. Weiters liegen vom Projekt Belege vor, dass die Installation einer modularen Living Wall zu einer Erhöhung der relativen Luftfeuchtigkeit führt, wohingegen eine Putzfassade eine Reduktion der relativen Luftfeuchte bewirkt, wenn die Lufttemperatur steigt.

Auch Gründächer mindern die Temperaturschwankungen gegenüber Referenzdächern (Bitumen und Blech) erheblich ab, wie die Autor*innen von Messungen des Projekts GrünStadtKlima ableiten konnten. Tagespeaks von 70° C unter extensivem Dachaufbau mit 12 cm Substrathöhe lassen sich in etwa auf das Niveau der Lufttemperatur senken. Unter Aufbauten mit 30 cm Substrathöhe (reduziert-intensives Gründach) wurde der Schwankungskorridor von 60° C auf < 10° C verringert, die höchsten Oberflächentemperaturen auf der Abdichtungsebene bewegten sich unter 30° C. Die Korridore der Wärmeflusskurven wurden unter Substrathöhen von 20 cm ebenfalls stark gesenkt auf +/- 5 W/m² verglichen zu Bitumen- und Blechdach (Referenzen). Diese wiesen Peaks von +/- 70 W/m² auf [Scharf et Stangl 2021].

Zur Albedo liegt aus dem Projekt GrünStadtKlima vor, dass die untersuchten Living Walls einen geringen Anteil der eintreffenden Strahlung reflektieren (Albedo 7-16%). Die untersuchten Gründächer reflektierten zw. 13 und 21 %, vergleichbar mit einem hellgrauen Blechdach. Die Erwärmung der Blattoberflächen und der Pflanzenkörper geht dennoch nicht über die Lufttemperatur hinaus aufgrund der Evapotranspiration und dem daraus resultierenden latenten Wärmestrom [Scharf et Stangl 2021].

6.6.4 Ergebnisse aus dem Projekt Tröge Wien

Das Projekt Tröge Wien, durchgeführt vom IBLB der BOKU University, untersuchte eine troggebundene Fassadenbegrünung am Amtshaus Margareten im 5. Wiener Gemeindebezirk unter Einsatz von Dauersensorik. Dabei wurde eine Strahlungsreduktion von bis zu 92,5 % (Tabelle 11) und höhere relative Luftfeuchtigkeit als vor der Begrünung bei *Wisteria sinensis* dokumentiert [Blecha et Stangl 2022]. Des Weiteren wurde eingeschränkte Winddurchlässigkeit aufgrund höherer Rauigkeit durch den Pflanzenkörper beobachtet. Es wurde das Phänomen beschrieben, bei dem die Wärmerückstrahlung des Baukörpers hinter dem Laubkörper zu einer leichten Erhöhung der Lufttemperatur hinter der Begrünung im Vergleich zum Bereich vor dem Pflanzenkörper führt.

Die Zielfläche ist nicht vollständig vom Grünkörper bedeckt, was sich teilweise durch fehlende Kletterhilfsvorrichtungen und teilweise durch radikale Pflegeeingriffe bzw. Rückschnitte der Pflanzen äußert. Damit ist die Beschattung auf Teilflächen beschränkt, und die erhitzten Fassadenteile und ihre Oberflächen strahlen einen beträchtlichen Teil der Wärmeenergie wieder ab. Ist der Luftaustausch hinter dem Laubkörper eingeschränkt, bleibt auch die nächtliche Abstrahlung der Wärme gering. Tabelle 11 zeigt eine Übersicht ausgewählter Messergebnisse aus der Studie Blecha et Stangl [2022].

Tabelle 11: Auszug Messergebnisse aus der Studie Tröge Wien [Blecha et Stangl 2022].

Kennwert	Messergebnisse aus Studie
Bedeckung der Zielfläche DG_{Ziel}	2021: 50 % 2022: 78 % 88 %
Projektiver Deckungsgrad DG_p <i>Wisteria sinensis</i> Höchster gemessener DG_p Mischbestand	95 %
WLAI, in 1 m Höhe	4,6
Mittlere Lufttemperatur, vor der Begrünung	13,5 °C
Mittlere Lufttemperatur, hinter der Begrünung	13,9 °C
Max. Lufttemperatur, vor der Begrünung	37,2 °C
Max. Lufttemperatur, hinter der Begrünung	36,9 °C
Strahlungsreduktion, hinter der Begrünung	92,5 %

Ähnlich wie während der Evaluierung BH Korneuburg wurde festgestellt, dass die gewählten Kletterhilfen – mit Seilspannern gespannte Drahtseile – zu schwach dimensioniert sind, um dem zunehmenden Druck durch das Dickenwachstum von *Wisterien* Stand zu halten. Es zeigte sich, dass durch die Windungen der Hauptstämme der Zug auf die Seile stark ansteigt, eine Regulierung durch die Seilspanner jedoch mit zunehmender Verholzung nicht möglich ist, und ein Reißen der Seile oder auch Anhebung von Trögen mögliche Konsequenzen sind.

Das Amtshaus Margareten ist eines der Dauermessobjekte im Projekt HEDWIG, dessen Sensorik außerhalb des HEDWIG-Förderbudgets nach dem Projekt Tröge Wien von der Stadt Wien weiterhin zur Verfügung gestellt wurde. Die Studie Blecha et Stangl [2022] und die Beobachtungen daraus sind daher eine wichtige Grundlage im Projekt HEDWIG, da damit ein Messobjekt zur Verfügung stand mit mehrjährigem Beobachtungszeitraum und Daten aus einer Vorerhebung.

6.6.5 Erfahrungen aus dem Projekt Grünfassade FW 19

Das Projekt Grünfassade FW 19 untersuchte 2021 durchgeführte Begrünungsmaßnahme an der Feuerwache Döbling zur passiven Verschattung der Gebäudefassade und zur Reduktion des Solarenergieeintrag an der Fassade und der Überhitzung der Innenräume. Untersucht werden sollten relevante mikroklimatischer Parameter (Solarstrahlungseintrag, Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit und Oberflächentemperatur) an der Fassade und in zwei ausgewählten Räumen sowie pflanzenphysiologische Kennwerte [Wultsch et Stangl 2022].

Nach Fertigstellung der Begrünung durch den Auftraggeber (Juli 2021) kam es im Evaluierungszeitraum zu keinen signifikanten Zuwächsen respektive zu keiner effektiver Verschattung am Gebäude durch den Vegetationskörper. Auch nach Nachpflanzungen im Folgejahr hat sich kein geschlossenes Vegetationsbild entwickelt. Die Generierung von validen und aussagekräftigen

Daten wurde damit vereitelt, für die Erhebung vegetationstechnisch relevanter Parameter (kubischem Volumen des Pflanzenkörpers, LAI, stomatärer Leitfähigkeit und Transmissivität,) war zu wenig Bio- bzw. Blattmasse vorhanden.

Ein Nachweis über die Wirkung und potenziell kühlenden Effekte durch die Begrünung konnte somit im Auftragszeitraum nicht erbracht werden. Die Projektergebnisse zeigten jedoch, dass sowohl Solarstrahlung als auch die Umgebungstemperatur starken Einfluss auf die Oberflächentemperatur der Fassade und somit auch auf die Innenraumtemperatur hatten. Die Dokumentationen stellen wichtige Grundlagen als Nullmessung (Ausgangssituation vor der Begrünung) für weitere Messreihen dar. Um einen messbaren Effekt der Kühlwirkung nachzuweisen, ist zuerst der Aufbau eines vitalen und wüchsigen Pflanzenkörpers essentiell. Dafür wurden Empfehlungen zum Pflanz- und Pflegekonzept, insbesondere zur Anwuchs- und Entwicklungspflege, weitergegeben, die eine Etablierung einer gesunden Vegetation mit ausreichend Laubkörper sicherstellt, um die potenziellen Wirkungen zu entfalten [Wultsch et Stangl 2022].

6.6.6 Ergebnisse aus dem Projekt GLASGrün

Das Projekt GLASGrün setzte sich mit der Regulierung von Klima, Energiebedarf sowie Wohlbefinden in Glasverbauten durch das Integrieren von vertikalem Grün auseinander. Es wurden grüne Vorverschattungen mit Kletterpflanzen designt und an 2 Demonstrationsobjekten in Söll (Tirol) und Wien umgesetzt. Die Ergebnisse wurden mittlerweile umfangreich berichtet (Stangl et al. 2025; Briefer et al. 2025; Poiss et al. 2025a; Poiss et al. 2025b). Auf Basis zielgerichteten Kletterhilfendesigns und Anwuchspflege mit konkreter Trieblenkung ist es möglich, den Deckungsgrad (Tabelle 12) bereits innerhalb von 3 Standjahren auf > 90% (*Wisteria sinensis*, *Aristolochia macrophylla*, *Humulus lupulus*) zu heben und die hohen Solareinträge und thermische Belastung zu mindern. Damit konnte eine beeindruckende Beschattungsleistung bereits juveniler Strukturen demonstriert werden (Reduktion solarer Transmission bis 86 – 93 %, Erhebung durch Sensordauermessungen).

Erstmalig wurden Grünverschattungsfaktoren zu in unseren Breiten häufig eingesetzten Kletterpflanzenarten (*Aristolochia macrophylla*, *Humulus lupulus*, *Vitis coignetiaea* sowie *Wisteria sinensis*) im Jahresverlauf generiert und veröffentlicht. Es wurde beobachtet, dass die solare Transmission an der N-W-Fassade geringer ausgefallen ist als an der S-O-Seite. Abweichungen in den Tagessummen ergaben sich auch durch Teilverschattungen anderer Gebäude(teile). Das saisonale Muster des Grünverschattungsfaktors F_{bs} ließ bei allen Messpunkten erkennen, dass dieser in den Wintermonaten diffus, mit großer Streuung bleibt und die Pflanzen geringe bis keine Beschattung zeigen. In diesen Monaten ist nur die Verschattungsleistung der Kletterhilfen zu sehen, dessen F_{bs} unbelaubt ca. 0,8 beträgt. Ab dem Laubaustrieb verengt sich der F_{bs} -Wertbereich und fällt pflanzenspezifisch ab mit Werten unter 0,2 bei allen untersuchten Pflanzenarten.

Der Wand-Blattflächenindex (WLAI), der neben der Deckung ausschlaggebend ist für die Beschattungswirkung, ergab für *Humulus lupulus* den höchsten Wert mit 5,9. *Aristolochia*

macrophylla erreichte 5,5 als maximalen LAI, *Wisteria sinensis* 4,8 und *Vitis coignetiae* 4,5 (Tabelle 12). Dies zeigt, dass gezielte und korrekte Anwuchs- und Entwicklungspflege einen gesunden Wuchs, rasche Deckung, hohe Wuchshöhen, gute Laubkörper sowie eine beinahe Verdopplung des WLAI bereits im juvenilen Stadium der Begrünung befördern können gegenüber eingeschränkter Vitalität und falscher Pflegeeingriffe im adulten Stadium (vgl. Evaluierung BH Korneuburg [Wultsch et al. 2021]).

Tabelle 12: Auszug Zunahme Deckung und WLAI aus dem Projekt GLASGrün, Demo-Objekt Söll (Tirol), 2. und 3. Standjahr [Stangl et al. 2025; Poiss et al. 2025b].

Spezies	DG [%] Juni 23	DG [%] Sept 23	DG [%] Sept 24	WLAI Juni 23	WLAI Sept 23	WLAI Sept 24
<i>Aristolochia macrophylla</i>	20	67	94	1,0	2,3	5,5
<i>Humulus Lupulus</i>	32	71	95	1,3	1,9	5,9
<i>Vitis coignetiaea</i>	11	58	79	0,9	1,7	4,5
<i>Wisteria sinensis</i>	25	80	98	1,0	2,9	4,8

Auf Basis der Sensormessungen im Außenraum wurden IDA ICE Simulationen durchgeführt. Die solaren Tageseinträge reduzierten sich im Vergleich zum Modell ohne Begrünung um > 50 bzw. 67 % (Reduktion Spitzenwerte um 78 %) [Stangl et al. 2025]. Die Behaglichkeitsstudie nach Leusden et Freymark ergab vom 1. bis zum 3. Standjahr eine Verschiebung in Richtung „behaglicher Bereich“ (Erhöhung von < 50% auf 70 %). Eine Auswertung der Behaglichkeitsfeld-Klassen zeigte ein vergleichbares Muster mit einer deutlichen Zunahme der „behaglichen“ und „noch behaglichen“ Werte sowie ein gleichzeitiger Rückgang der unbehaglichen Werte an allen Messpunkten. Die thermische Gebäudesimulation (Anwendung IDA Indoor Climate and Energy (IDA ICE) 5.1) ergab für die PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*) nach ÖNORM EN ISO 7730:2023, dass die Anzahl der Stunden, in denen maximal 10 % unzufriedene Personen zu erwarten sind, deutlich ansteigt. Die Anzahl der Stunden mit > 15 % unzufriedenen Personen, sank gegen Null [Stangl et al. 2025].

6.6.1 Projekt MARGRET

MARGRET ist eine Studie gefördert von der FFG im Rahmen des Programms Stadt der Zukunft (Ausschreibung 2022). Sie beschäftigt sich mit der „*Messtechnische Erfassung begrünter/nicht begrünter Objekte zur Adaptierungen von Berechnungsmodellen*“.

MARGRET zielt darauf ab, ein Verfahren zur Messung der Effekte und Wirkungen von Bauwerksbegrünungen (Fokus auf Fassadenbegrünungen) zu definieren und Adaptierung in Berechnungsmodellen und Normen vorzuschlagen. Im Gegensatz zu HEDWIG besteht in MARGRET die Aufgabe, an Prüfboxen mit zeitgemäßem Gebäudebestand unter einheitlichen Rahmenbedingungen bzw. unter Gegenüberstellung von gleichwertigen nicht begrünten Referenzobjekten Messwerte zu erheben und Kennwerte zu prüfen. Es sollen Empfehlungen für standardisierte Mess- und

Prüfverfahren erarbeitet werden zur Weiterentwicklung von Berechnungs- und Simulationsmodellen. Damit soll die Implementierung von Gebäudebegrünung in die relevanten Normen bzw. Berechnungsmodellen (z.B. Energieausweis) vorangetrieben werden.

Derzeit liegen noch keine Ergebnisse von MARGRET vor, da das Projekt gleichzeitig mit dem Projekt HEDWIG endet. Die Ergebnisse stehen erst nach Veröffentlichung zur Verfügung. Aus der Kooperation der Konsortien von HEDWIG und MARGRET geht hervor, dass beide Projektansätze Limitationen unterliegen: Während HEDWIG an Realstandorten und adulten Strukturen misst, hier aber nicht vergleichbare Gebäudesituationen in Kauf nehmen muss, keine Referenzräume zur Verfügung hat bzw. aufgrund der zahlreichen Standortbetreuungen keine Messpunktwiederholung einrichten kann, unterliegt MARGRET der Schwierigkeit, dass im kurzen Untersuchungszeitraum keine stabilen Vegetationsstrukturen etabliert sind. Es zeichnet sich bereits während der Projektlaufzeiten ab, dass die unterschiedlichen Mess- und Analyseansätze wichtige Ergänzungen darstellen im Verständnis der Effekte und Wirkungen insbesondere auf den Innenraum und den thermischen Komfort.

7 Conclusio und Beantwortung der Forschungsfragen

7.1 Conclusio

In vorliegenden Literaturstudie wurde der wissenschaftliche Status Quo für die Erhebung und Parameter zur Mikroklimaleistung von Fassaden- und Dachbegrünungen im Zeitraum 2019 und 2022 beurteilt und schließt somit nahtlos an die Studie von Stangl et. al [2019] an. Dazu wurde eine systematische Literaturstudie internationaler SCI-Papers durchgeführt.

7.1.1 Identifizierte Themenschwerpunkte

Sowohl bei Fassadenbegrünungen als auch bei Dachbegrünungen lag der Themenschwerpunkt auf dem Thermischen Komfort (65 % der Publikationen zu Dach- und 71,4 % zu Fassadenbegrünungen), wohingegen die Themenkombination Thermischer Komfort und Energieeinsparungen ein weniger ausgewogenes Bild zeigt: immerhin 25,0 % der Veröffentlichungen über Dachbegrünung (19 Publikationen) aber lediglich 4,2 % (2 Publikationen) zu Fassadenbegrünung beleuchteten dieses Thema näher.

7.1.2 Erhebungsparameter und Kennwerte

Eine Betrachtung der Veröffentlichungen in diesem Zeitraum legt nahe, dass für Dachbegrünung sowohl der Parameter Lufttemperatur als auch die Luftfeuchte die am häufigsten berücksichtigten Kennwerte darstellen. Das Gleiche gilt für die Fassadenbegrünung, allerdings wurde hier zusätzlich auf die Globalstrahlung fokussiert. Dies könnte darauf hindeuten, dass die Vorteile hinsichtlich der Reduktion der solaren Einstrahlung und Beschattungsleistung durch Fassadenbegrünungen als eminenter als bei Dachbegrünungen angesehen werden und gleichzeitig aufgrund des Klimawandels bzw. des UHI-Effekts dieser Umstand stärker an Bedeutung gewinnt. Trotz der hohen Erhebungshäufigkeit (64,1 % aller Publikationen zu Dachbegrünungen und 75,5 % zu Fassadenbegrünungen), ist dieses Kennwert nicht für einen direkten Vergleich der Messergebnisse geeignet. Dies lässt sich darin begründen, dass die genaue Positionierung der Sensoren fast immer unerwähnt bleibt und oftmals generell nur auf die Aufzeichnung der in Klimastationen eingebauten Sensoren zurückgegriffen wird. Lediglich eine untersuchte Publikation zu Fassadenbegrünungen definiert die genaue Lage des Messstandort mittels schematischer Darstellung. Zhang et al. [2022] haben hier mittels Pyranometer die einfallende Globalstrahlung 20 cm vor sowie hinter der Fassadenbegrünung ermittelt.

Ein allgemeiner Vergleich mit der Studie Stangl et al. [2019] zu den international erhobenen Parametern verdeutlicht, dass Erhebungskennwerte wie Albedo oder Beschattung in Publikationen des aktuelleren Zeitraums 2019 bis 2022 kaum Beachtung fanden. Dieser Umstand ist insbesondere beim Thema Beschattungsleistung überraschend, da dieser Parameter bei Fassadenbegrünungen maßgeblich gemeinsam mit der Verdunstung zu einer Verbesserung der Kühlwirkung führt [Hoelscher et al., 2016]. Die wissenschaftlichen Erkenntnisse dazu sind derzeit noch unbefriedigend, insbesondere für die Pflanzengruppen, die bei Fassadenbegrünungen als auch auf Gründächern häufig zum Einsatz kommen.

7.1.3 Untersuchungsmethoden

Die vorliegende Studie konnte aufzeigen, dass zwischen 2019 und 2022 eine Kombination von Felderhebungen mit Simulationen kaum angewandt wurde. Dies könnte auf den resultierenden Kosten- und Personalaufwand zurückzuführen sein. Sowohl die Fassaden- als auch die Dachbegrünungsstudien wurden von Felderhebungen dominiert, obgleich der Vorsprung zu Simulationen seit der Studie Stangl et al. [2019] abnimmt. Weiters könnte dieser Umstand dafürsprechen, dass Studien auch künftig stärker zu Simulationen tendieren, da oder wenn die Kosten für Feldstudien bzw. Feldmessungen die Kosten für Simulationsprogramme übersteigen. Simulationen und der Einsatz von Modellansätzen haben den Nachteil, dass diese maßgeblich vom Umfang und der Qualität der Daten abhängen, die das Modell speisen. Letztlich liefern Simulationen Schätzwerte und beruhen auf Annahmen und mehr oder weniger vordefinierten Umständen. Die Verifizierung dieser Simulationsergebnisse wäre wichtig, bleibt aber im Regelfall aus. Zur Validierung von Simulationsmodellen trugen die Studien [CAE 2025] und [Stangl et al. 2025] bei.

7.1.4 Vergleichbarkeit

Nach wie vor gilt, dass die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zwischen den internationalen Veröffentlichungen gering ist. Das ist unterschiedlichen Faktoren geschuldet wie abweichende Pflanzenarten, individuelle geografische Zonen und Standortsituationen und damit unterschiedliche klimatische Voraussetzungen, abweichende Versuchs-Setups, Aufbauten oder Messsettings u.a. In den meisten Fällen lassen sich die Werte abseits ihrer exemplarischen Bedeutung aber nicht als allgemeingültige Kennwerte einstufen, da die Generierung oder die Pflanzenstrukturen oft nicht eindeutig oder transparent genug charakterisiert sind und individuellen Situationen unterworfen sind.

Insgesamt ist auffällig, dass das Thema Gebäudebegrünung und ihre Leistungen ungebrochene Aufmerksamkeit und Forschungsinteresse genießen und laufend neue Publikationen im SCI-Sektor auftauchen. Das Spektrum der untersuchten Parameter und Datenwerte nimmt mit Zunahme an Veröffentlichungen zu.

7.1.5 Ergänzendes Screening deutschsprachiger Publikationen

Ergänzend zur systematischen Literaturstudie über internationale SCI-Papers wurden Projekte und Publikationen im deutschen Sprachraum im selben Zeitraum 2019 – 2022 gescreent. Mittlerweile sind einige dieser Projekte abgeschlossen und wertvolle Ergebnisse publiziert. Insbesondere die aus Vorprojekten resultierende Publikationsreihe aus österreichischen Arbeiten stellen wesentliche Grundlagen dar, auf die HEDWIG aufbaut. Die Vorerfahrungen, die in diesen Projekten gesammelt wurden, flossen in die Konzeptionierung von HEDWIG und die Mess- und Analysestandards ein. Die bereits publizierten Daten und Kennwerte sind wichtige Basisdaten, um auch die HEDWIG-Messergebnisse aus adulten Systemen bezüglich ihrer Plausibilität einzustufen. Der Ergebnisbericht zu HEDWIG und die generierten Kennwerte stehen als eigenständige Publikation derselben Schriftenreihe zur Verfügung (Stangl et al. 2026, Jalits et al. 2026).

7.2 Beantwortung der Forschungsfragen

- (1) Was sind - auf Basis der Voranalyse nach Stangl et al. [2019] und dem Themenabgleich von HEDWIG – die definierten thematischen Schwerpunkte der Publikationen?

Die thematischen Schwerpunkte bzw. Fokusthemen der Veröffentlichungen zwischen 2019 und 2022 lassen sich grob in 3 Kategorien gliedern:

- Thermische Vorteile
- Energieeinsparungen
- und thermische Vorteile kombiniert mit Energieeinsparungen

Sowohl bei Studien zu Dachbegrünungen als auch Fassadenbegrünungen stellen die thermischen Vorteile als Schwerpunktthema den größten Anteil dar (65% bei den Dach- und 71,4% bei den Fassadenbegrünungen).

- (2) Welche Parameter, scheinen in den Studien zwischen 2019 und 2022 auf und sind dafür geeignet die thermischen Effekte von Gründächern und Fassadenbegrünungen adäquat zu beschreiben?
- Bei den Themen Dachbegrünung und Fassadenbegrünung wurden Übereinstimmungen hinsichtlich der ermittelten Parameter gefunden. Diese umfassen:
 - Lufttemperatur,
 - Luftfeuchtigkeit,
 - Innenraumtemperatur,
 - Sonneneinstrahlung,
 - Windgeschwindigkeit,
 - Oberflächentemperatur,
 - LAI/LAD,
 - Beschattung sowie

- Horizontüberhöhung.
- Bei den Dachbegrünungsstudien wurden zusätzlich die Kennwerte Bodentemperatur bzw. Bodenfeuchtigkeit und Niederschlag ermittelt, wohingegen auf den Parameter Wandoberflächentemperatur bei den Fassadenbegrünungsstudien fokussiert wurde.

(3) Welche Methoden zur Quantifizierung der Effekte kamen zum Einsatz?

- Innerhalb der analysierten Publikationen wurden 3 Kategorien identifiziert:
 - Felderhebungen;
 - Simulationen;
 - die Kombination beider Methodenansätze (Felderhebungen und Simulationen).

52,6 % aller berücksichtigten Studien zu Dach- und 53,1% zu Fassadenbegrünung wurden durch Felderhebungen belegt. Lediglich 2,6 % bzw. 8,2 % der Studien zu Dach- sowie Fassadenbegrünungen nutzen eine Kombination aus Felderhebungen und Simulationen zur Beantwortung der Forschungsfragen.

Ergänzend zum internationalen Forschungsstand wurde der Forschungsstand im deutschen Sprachraum zwischen 2019 und 2025 gescreent. 7 relevante Projekte und Publikationen konnten identifiziert werden konnten. Relevante Datenergebnisse lagen zum Zeitpunkt des HEDWIG-Projektabschlusses aus 4 Projekten vor, die ein uneinheitliches und breiteres Spektrum an Parametererhebungen dokumentierten. Der Wandblattflächenindex WLAI wird hier zunehmend adressiert, ebenso scheint ein erweitertes Interesse an Transpirationsraten zu liegen.

Literaturverzeichnis

Aboelata, Amir (2020): Assessment of green roof benefits on buildings' energy-saving by cooling outdoor spaces in different urban densities in arid cities. *Energy* 219 (2), Doi: 10.1016/j.energy.2020.119514.

Acero, Juan; Kestel, Philip; Norford, Leslie (2025): Transmissivity of solar radiation and the influence of diffuse radiation in different trees inside a tropical urban park, *Urban Climate*, vol. 62, 102506, Doi: 10.1016/j.uclim.2025.102506.

Anwar, Mohammad; Rasul, Mohammad; Khan, Muthasif (2019): Performance Analysis of rooftop greenery systems in Australian subtropical climate, *Energy Reports*, Volume 6, pp. 50-56, Doi: 10.1016/j.egyr.2019.08.017.

Asadi, Anahita; Arefi, Hossein; Fathipoor, Hafez (): Simulation of green roofs and their potential mitigating effects on the urban heat island using an artificial neural network: A case study in Austin, Texas, *Advances in Space Research*, Volume 66, pp. 1846–1862, Doi: 10.1016/j.asr.2020.06.039.

Austrian Standards International (2010): ÖNORM L 1131 - Gartengestaltung und Landschaftsbau - Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken - Anforderungen an Planung, Ausführung und Erhaltung (idF. 2010 06 01).

Austrian Standards International (2021): ÖNORM L 1136 - Gartengestaltung und Landschaftsbau - Vertikalbegrünung im Außenraum - Anforderungen an Planung, Ausführung, Pflege und Kontrolle (idF. 2021 04 01).

Ávila-Hernández, Araceli; Simá, Efrain; Xamán, Jesus; Hernández-Pérez, Ivan; Téllez-Velázquez, E.; Chagolla-Aranda, Miguel (2020): Test box experiment and simulations of a green-roof: Thermal and energy performance of a residential building standard for Mexico, *Energy & Buildings*, Volume 209, Doi: 10.1016/j.enbuild.2019.109709.

Balbis-Morejón, Milen; Rey-Hernández, Javier M.; Amaris-Castilla, Carlos; Velasco-Gómez, Eloy; José-Alonso, San Julio; Rey-Martínez, Francisco Javier (2020): Experimental Study and Analysis of Thermal Comfort in a University Campus Building in Tropical Climate. *Sustainability* 2020, 12, Doi: 10.3390/su12218886. Bao, Shenglin; Zou, Simin; Zhao, Mingqiao; Chen, Qiuyu; Li, Baofeng (2022): Experimental Study on the Modular Vertical Greening Shading in Summer. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19. Doi: 10.3390/ijerph191811648.

Baryla, Anna; Gnatowski, Tomasz; Karczmarczyk, Agnieszka; Szatyłowicz, Jan (2019): Changes in Temperature and Moisture Content of an Extensive-Type Green Roof. *Sustainability*, vol. 11, Doi: 10.3390/su11092498.

Bevilacqua, Piero; Bruno, Roberto; Arcuri, Natale (2020): Green roofs in a Mediterranean climate: energy performances based on in-situ experimental data. *Renewable Energy*, Volume 152, pp. 1414 - 1430, Doi: 10.1016/j.renene.2020.01.085.

Blecha, Mirjam; Scharf, Bernhard; Stangl, Rosemarie (2022): Zustand und Leistungen von Fassadenbegrünungen aus Trögen am Standort AH Schönbrunnerstrasse 54 [Projektbericht], Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau, BOKU University. Wien. Unveröffentlicht.

Borràs, Júlia; Lerma, Carlos; Mas, Ángeles; Vercher, Jose; Gil, Enrique (2022): Energy Efficiency Evaluation of Green Roofs as an Intervention Strategy in Residential Buildings in the Field of Spanish Climate Buildings, Vol. 12; Doi: 10.3390/buildings12070959.

Brandenburg, Christiane; Damyanovic, Doris; Reinwald, Florian; Alex, Brigitte; Gantner, Birgit; Czachs, Christina; Morawetz, Ulrich; Kömle, Dieter; Kniepert, Martin (2015): Urban Heat Island Strategieplan Wien. Magistrat der Stadt Wien, Wiener Umweltschutzabteilung – Magistratsabteilung 22 (Hrsg.). Wien.

Bretschneider, Betül; Korjenic, Azra; Pitha, Ulrike; Lutz, Melanie; Bruse, Michael (2018): Greening Aspang - Entwicklung eines Verfahrens zur gesamtenergetischen Optimierung von Stadtgebieten am Beispiel der Aspangstraße. *Klima- und Energiefonds (Hrg.)*. Online: <http://www.klimafonds.gv.at/> [20.01.2024].

Briefer, Anna; Poiss, Maximilian; Wultsch, Thomas; Scharf, Bernhard; Pitha, Ulrike; Smetschka, Barbara; Haas, Willibald; Bintinger, Rudolf; Lipp, Bernhard; Wagner, Susanna; Huber, Gerhard; Mauss, Katharina; Formanek, Susanne; Stangl, Rosemarie (2025): GLASGrün-Leitfaden und Variantenkatalog zum wirksamen Einsatz von Vertikalbegrünungen bei Gebäuden mit Glasflächen *Berichte aus Energie- und Umweltforschung 60b/2025*, Online: https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/sdz_pdf/schriftenreihe-2025-60b-glasgruen-leitfaden-varianten.pdf [abgerufen am 17.01.2026, 12:14].

CAE (2024): U-green – Bauphysikalische Bewertung von Fassaden- und Dachbegrünungen. Center for Applied Energy Research e.V. (CAE). Fördergeber: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) FkZ: 03EN1045A-C. Online: https://cae-zeroarbon.de/assets/files/2025-U-green_Info_Website.pdf [2026-01-05].

Campos-Osorio, Angeles; Santillán-Soto, Néstor; García-Cueto, Rafael; Lambert-Arista, Alejandro; Bojórquez-Morales, Gonzalo (2020): Energy and Environmental Comparison between a Concrete Wall with and without a Living Green Wall: A Case Study in Mexicali, Mexico. *Sustainability*, 12, Doi: 10.3390/su12135265.

Cao, JunJun; Hu, Shuai; Dong, Qin; Liu, LiJiao (2019): Green Roof Cooling Contributed by Plant Species with Different Photosynthetic Strategies, *Energy and Buildings*, Volume 195, Doi: 10.1016/j.enbuild.2019.04.046.

- Carrera-Rivera, Angela; Ochoa, William; Larrinaga, Felix; Lasa, Ganix (2022): How-to conduct a systematic literature review: A quick guide for computer science research. *MethodsX* 9, Doi: 10.1016/j.mex.2022.101895.
- Cascone, Stefano; Coma, Julia; Gagliano, Antonio; Pérez, Gabriel (2019): The evapotranspiration process in green roofs: A review. *Building Environment* 2019, 147, p. 337–355. Doi: 10.1016/j.buildenv.2018.10.024.
- Cojocariu, Mirela; Chelariu, Elena; Chirută, Ciprian (2022): Study on Behavior of Some Perennial Flowering Species Used in Vertical Systems for Green Facades in Eastern European Climate. *Applied Science* 12, 474. Doi: doi.org/10.3390/app12010474.
- Colding, Johan; Gren, Åsa; Barthel, Stephan (2020): The Incremental Demise of Urban Green Spaces. *Land* 9, Doi: 10.3390/land9050162.
- Convertino, Fabiana; Vox, Giuliano; Schettini, Evelia (2020): Thermal barrier effect of green façades: Long-wave infrared radiative energy transfer modelling. *Building and Environment*, vol. 177, Doi: 10.1016/j.buildenv.2020.106875.
- Convertino, Fabiana; Vox, Giuliano Vox; Schettini, Evelia (2021): Evaluation of the cooling effect provided by a green façade as nature-based system for buildings. *Buildings and Energy*, vol. 203, Doi: 10.1016/j.buildenv.2021.108099.
- Deilami, Kaveh; Kamruzzaman, Md.; Liu, Yan (2018): Urban heat island effect: A systematic review of spatio-temporal factors, data, methods, and mitigation measures. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 67, p. 30-42. Doi: 10.1016/j.jag.2017.12.009.
- Dirksen, Marieke; Ronda, Reinder; Theeuwes, Natalie; Pagini, Giuliano Andrea (2019): Sky view factor calculations and its application in urban heat island studies, *Urban Climate*, Volume 30, Doi: 10.1016/j.uclim.2019.100498.
- ENVI-met GmbH (2024): Häufig gestellte Fragen zur ENVI-met Software. Online: <https://www.envi-met.com/de/software/#gettoknow> (abgerufen am 14.01.2024, 10:21).
- 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 18.01.2022, 12:39]
- European Commission (2013): Communication from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions Green Infrastructure (GI) — Enhancing Europe's Natural Capital.
- Fensterseifer, Paula; Gabriel, Elaise; Tassi, Rutineia; Gustavo, Daniel; Piccilli, Allasia (2022): A year-assessment of the suitability of a green façade to improve thermal performance of an affordable housing, *Ecological Engineering*, Volume 185. Doi: 10.1016/j.ecoleng.2022.106810.

FLL (Forschungsentwicklung Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.) (2018): Fassadenbegrünungsrichtlinien. Richtlinien für die Planung, Ausführung und Pflege von Wand- und Fassadenbegrünungen. Bonn.

Gholami, Mansoureh; Barbaresi, Alberto; Tassinari, Patrizia; Bovo, Marco; Torreggiani, Daniele (2020): A Comparison of Energy and Thermal Performance of Rooftop Greenhouses and Green Roofs in Mediterranean Climate: A Hygrothermal Assessment in WUFI, *Energies*, Volume 13, Doi:10.3390/en13082030.

GRÜNSTATTTGRAU Forschungs- und Innovations- GmbH (2026): Publikationen von GRÜNSTATTTGRAU, online: <https://gruenstattgrau.at/pdf-shop/> (abgerufen am: 16.01.2026, 10:22).

Herath, Prabhasri; Halwatura, Rangika Umesh; Jayasinghe, Guttilla Yugantha (2018): Evaluation of green infrastructure effects on tropical Sri Lankan urban context as an urban heat island adaptation strategy. *Urban For. Urban Green*. 2018, 29, p. 212–222. Doi: 10.1016/j.ufug.2017.11.013.

Hirano, Yujiro; Ihara, Tomohiko, Gomi, Kei; Fujita, Tsuyoshi (2019): Simulation-Based Evaluation of the Effect of Green Roofs in Office Building Districts on Mitigating the Urban Heat Island Effect and Reducing CO₂ Emissions, *Sustainability*, Volume 11, 2055; Doi:10.3390/su11072055.

Hoelscher, Marie-Therese; Nehls, Thomas; Jänicke, Britta; Wessolek, Gerd (2016): Quantifying cooling effects of facade greening: Shading, transpiration and insulation *Energy and Buildings* 114, p. 283-290, Doi: 10.1016/j.enbuild.2015.06.047.

Iaria, Jacopo; Susca, Tiziana (2022): Analytic Hierarchy Processes (AHP) evaluation of green roof- and green wall- based UHI mitigation strategies via ENVI-met simulations. *Urban Climate*, vol. 46, Doi: 10.1016/j.uclim.2022.101293.

Jalits, Nicole; Mezger, Lars; Spörl, Philipp; Scharf, Bernhard; Poiss, Maximilian; Pitha, Ulrike; Binting, Rudolf; Stangl, Rosemarie (2026): Projekt HEDWIG Erhebung von Mess-Daten zur Wirkungsabschätzung von begrünten Gebäuden. HEDWIG-Berichtsserie: Teilbericht Datenkatalog. *Berichte aus Energie und Umweltforschung* 59b/2026. Wien.

Kazemi, Mostafa; Courard, Luc (2021): Simulation of humidity and temperature distribution in green roof with pozzolana as drainage layer: Influence of outdoor seasonal weather conditions and internal ceiling temperature, *Science and Technology for the Built Environment*, 27:4, pp. 509-523, Doi: 10.1080/23744731.2021.1873658.

Knapp, Sonja; Schmauck, Sebastian; Zehnsdorf, Andreas (2019): Biodiversity Impact of Green Roofs and Constructed Wetlands as Progressive Eco-Technologies in Urban Areas, *Sustainability* 2019, 11(20), 5846; Doi: 10.3390/su11205846.

Knaus, Maria; Haase, Dagmar (2020): Green roof effects on daytime heat in a prefabricated residential neighbourhood in Berlin, Germany, *Urban Forestry & Urban Greening*, Volume 53, Doi: 10.1016/j.ufug.2020.126738.

Koc, Carlos Bartesaghi; Osmond, Paul; Peters, Alan (2017): Towards a Comprehensive Green Infrastructure Typology: A Systematic Re-view of Classification Approaches, Methods and Typologies. *Urban Ecosystem*, 20, 15–35. Doi: 10.1016/j.proeng.2016.10.022.

Köhler, Manfred; Kaiser, Daniel (2019): Evidence of the Climate Mitigation Effect of Green Roofs—A 20-Year Weather Study on an Extensive Green Roof (EGR) in Northeast Germany, *Buildings*, Volume 9, Doi: 10.3390/buildings9070157.

Kokogiannakis, Georgios; Darkwa, Jo; Badeka; Li, Yilin (2019): Experimental comparison of green facades with outdoor test cells during a hot humid season. *Energy and Buildings*, vol. 185, p. 196 – 209, Doi: 10.1016/j.enbuild.2018.12.038.

Korjenic, Azra; Tudiwer, David; Hollands, Jutta; Fischer, Henriette; Mitterböck, Michael; Gonaus, Tamara; Salonen, Tarja; Blaha, Alexandra; Pitha, Ulrike; Weiss, Oliver; Frühwirt, Günther; Knoll, Bente; Hofleitner, Birgit; Renkin, Agnes; Dopheide, Ralf; Fischer, Tatiana; Kainz, Barbara (2020). GRÜNE ARCHITEKTUR IM SCHULBAU - Leitfaden. online: <http://hdl.handle.net/20.500.12708/40123> (abgerufen am 11.01.2026, 10:43).

Kromoser, Benjamin; Ritt, Martin; Spritzer, Alexandra; Stangl, Rosemarie; Idam, Friedrich (2020): Design Concept for a Greened Timber Truss Bridge in City Area. *Sustainability*, 12(8), Doi: 10.3390/su12083218.

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

La Roche, Pablo; Berardi, Umberto (2014). Comfort and energy savings with active green roofs, *Energy and Buildings*, Volume 82, pp. 492–504, Doi: 10.1016/j.enbuild.2014.07.055.

Lee, Hyunjung; Chen, Liang; Mayer, Helmut (2016): Contribution of trees and grasslands to the mitigation of human heat stress in a residential district of Freiburg, Southwest Germany. *Landscape and Planning*, vol. 148, p. 37-50, Doi: 10.1016/j.landurbplan.2015.12.004.

Leitner, Elisabeth; Formanek, Susanne; Jalits, Nicole; Mezger, Lars; Bintinger, Rudolf; Stangl, Rosemarie (2026): Projekt HEDWIG Erhebung von Mess-Daten zur Wirkungsabschätzung von begrünten Gebäuden. HEDWIG-Berichtsserie: Teilbericht Ergebnisse aus dem Stakeholder*innenworkshop. *Berichte aus Energie und Umweltforschung* 59d/2026. Wien.

Li, Shihua; Dai, Leiyu; Wang, Hongshu; Wang, Yong; He, Ze; Lin, Sen (2017): Estimating leaf area density of individual trees using the point cloud segmentation of terrestrial LiDAR data and a voxel-based model. *Remote Sensing*, Volume 9, Doi: 10.3390/rs9111202.

- Li, Cuimin; Wei, Jingshu, Li, Chunying (2019): Influence of foliage thickness on thermal performance of green façades in hot and humid climate. *Energy and Buildings* 199, p. 72-87, Doi: 10.1016/j.enbuild.2019.06.045.
- Liao, Jianjun; Tan, Xing; Li, Jiayu (2021): Evaluating the vertical cooling performances of urban vegetation scenarios in a residential environment, *Journal of Building Engineering*, Volume 39, Doi: 10.1016/j.jobbe.2021.102313.
- Lin, Hankun; Ni, Hong; Xiao, Yiqiang, Zhu, Xuemei (2022): Couple simulations with CFD and ladybug + honeybee tools for green façade optimizing the thermal comfort in a transitional space in hot humid climate, *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, Doi: 10.1080/13467581.2022.2081574.
- Liu, Hongqing; Kong, Fanhua; Yin, Haiwei; Middel, Ariane; Zheng, Xiandi; Huang, Jing; Xu, Hairong; Wang, Ding; Wen, Zhihao (2021): Impacts of Green Roofs on Water, Temperature, and Air Quality: A Bibliometric Review. *Building and Environment* 196. Doi: 10.1016/j.buildenv.2021.107794.
- MA 22 (2018): Leitfaden Fassadenbegrünung. Online: <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/fassadenbegruenung-leitfaden.pdf> (abgerufen am 04.09.2023, 11:23).
- Mann, Gunter (2020): BuGG-Fachinformation „Biodiversitätsgründach“, Grundlagen, Planungshilfen, Praxisbeispiele, Bundesverband GebäudeGrün e.V. (Hrsg.), online: https://www.gebaeudegruen.info/wp-content/uploads/2025/01/BuGG-Fachinformation_Biodiversitaetsgruendach_03-2020_1.pdf (abgerufen am 17.01.2026, 12:01).
- Marvuglia, Antonino; Koppelaar, Rembrandt; Rugani, Benedetto (2020): The effect of green roofs on the reduction of mortality due to heatwaves: Results from the application of a spatial microsimulation model to four European cities, *Ecological Modelling*, Volume 438, Doi: 10.1016/j.ecolmodel.2020.109351.
- Moher, David; Liberati, Alessandro; Tetzlaff, Jennifer; Altman, Douglas G. (2009): Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *Journal of Clinical Epidemiology* 62, p. 1006-1012, Doi: 10.1016/j.jclinepi.2009.06.005.
- Mutani, Guglielmina; Todeschi, Valeria (2020): The Effects of Green Roofs on Outdoor Thermal Comfort, Urban Heat Island Mitigation and Energy Savings, *Atmosphere*, Volume 11, Doi: 10.3390/atmos11020123.
- Ndayambaje, Patrick; MacIvor, Scott; Cadotte, Marc (2024): Plant diversity on green roofs: A review of the ecological benefits, challenges, and best management practices, *Nature-Based Solutions*, volume 6, 100162, <https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2024.100162>.

Oshio, Haruki; Asawa, Takashi; Hoyano, Akira; Miyasaka, Satoshi (2015): Estimation of the leaf area density distribution of individual trees using high-resolution and multi-return airborne LiDAR data, *Remote Sensing Environment*, Volume 166, pp. 116–125, Doi: 10.1016/j.rse.2015.05.001.

Ouldboukhitine, Salah-Eddine; Belarbi, Rafik; Sailor, David (2014): Experimental and numerical investigation of urban street canyons to evaluate the impact of green roof inside and outside buildings. *Applied Energy* 2014, 114, 273–282. Doi: 10.1016/j.apenergy.2013.09.073.

Park, Jinsil; Shin, Yeeun; Kim, Suyeon; Lee, Sang-Woo; An, Kyungjin (2022): Efficient Plant Types and Coverage Rates for Optimal Green Roof to Reduce Urban Heat Island Effect. *Sustainability*, Volume 14, Doi: 10.3390/su14042146.

Peñalvo-López, Elisa; Cárcel-Carrasco, Javier; Alfonso-Solar, David; Valencia-Salazar, Iván; Hurtado-Pérez, Elias (2020): Study of the Improvement on Energy Efficiency for a Building in the Mediterranean Area by the Installation of a Green Roof System, *Energies*, Volume 13, 1246, Doi:10.3390/en13051246.

Perera, Nilusha; Jayasinghe, Guttika; Halwatura, Rangita; Rupasinghe, Himalshi Tharanga (2021): Modelling of vertical greenery system with selected tropical plants in urban context to appraise plant thermal performance. *Ecological Indicators*, vol. 128, Doi: 10.1016/j.ecolind.2021.107816.

Pitha, Ulrike; Zluwa, Irene; Scharf, Bernhard; Lapin, Katharina; Besener, Inga- Maria; Virgolini, Julia; Kapus, Sabrina; Preiss, Jürgen; Enzi, Vera; Jesner, Lisa; Oberbichler, Christian; Fricke, Jörg; Fritthum, Roman; Dyk, Gundula (2021): Leitfaden Dachbegrünung. Stadt Wien - MA22 Umweltschutz (Hrsg.). Wien.

Poiss, Maximilian; Briefer, Anna; Wultsch, Thomas; Scharf, Bernhard; Pitha, Ulrike; Stangl, Rosemarie (2025a): GLASGrün-Pflegeleitfaden zum wirksamen Einsatz von Vertikalbegrünungen bei Gebäuden mit Glasflächen Berichte aus Energie- und Umweltforschung 60c/2025, Online: https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/sdz_pdf/schriftenreihe-2025-60c-glasgruen-pflegeleitfaden.pdf [abgerufen am 17.01.2026, 12:23].

Poiss, Max; Briefer, Anna; Scharf, Bernhard; Spörl, Philipp; Stangl, Rosemarie (2025): Vertical greenery as natural shading of glass facades: Bioshading coefficients for 4 climbing plant species for assessment of shading performance. *Building and Environment* 283: 113399. Doi: 10.1016/j.buildenv.2025.113399.

Porcaro, Manuela; Ruiz de Adana, Manuel; Comino, Francisco; Peña, Adolfo; Martín-Consuegra, Enriqueta; Vanwalleghem, Tom (2019): Long term experimental analysis of thermal performance of extensive green roofs with different substrates in Mediterranean climate, *Energy and Buildings*, Volume 197, pp. 18-33, Doi: 10.1016/j.enbuild.2019.05.041.

Salonen, Tarja; Hollands, Jutta; Sesto, Eldira; Korjenic, Azra (2022): Thermal Effects of Vertical Greening in Summer: An Investigation on Evapotranspiration and Shading of Façade Greening in Vienna. *Buildings*, Volume 12, Doi: 10.3390/buildings12101705.

Scharf, Bernhard; Stangl, Rosemarie (2021): GRÜNER SCHUTZSCHIRM FÜR GEBÄUDE Beitrag von Dach- und Fassadenbegrünung zum Energiehaushalt von Gebäuden. OIAZ, Wissenschaft & Praxis. The Journal of OIAV, vol. 166. Online: https://www.oia.at/wp-content/uploads/2021/09/15_schutzschirm.pdf.

Schindler, Bracha; Blaustein, Leon; Vasl, Amiel; Kadas, Gyongyver; Seifan, Merav (2019): Cooling effect of Sedum sediforme and annual plants on green roofs in a Mediterranean climate, Urban Forestry & Urban Greening, Volume 38, pp. 392 – 396, Doi: 10.1016/j.ufug.2019.01.020.

Shahidan, Mohd.; Shariff, Mustafa; Jones, Philipp; Salleh, Elias, Abdullah, Ahmad (2010): A comparison of *Mesua ferrea* and *Hura crepitans* for shade creation and radiation modification in improving thermal comfort, Landscape and Urban Planning, vol. 97, issue 3, pp. 168-181, Doi: 10.1016/j.landurbplan.2010.05.008.

Shao, Bohan; Valeo, Caterina; Mukhopadhyaya, Phalguni; He, Jianxun (2021): Influence of Temperature and Moisture Content on Thermal Performance of Green Roof Media. Energies, vol. 14, Doi: 10.3390/en14092421.

Stangl, Rosemarie; Medl, Alexandra; Pitha, Ulrike; Scharf, Bernhard (2019): Wirkungen der grünen Stadt Studie zur Abbildung des aktuellen Wissenstands im Bereich städtischer Begrünungsmaßnahmen. Online: https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/sdz_pdf/schriftenreihe-2019-12-wirkungen-gruene-stadt.pdf, [07.10.2023].

Stangl, Rosemarie; Briefer, Anna; Poiss, Maximilian; Wultsch, Thomas, Scharf, Bernhard, Pitha, Ulrike; Smetschka, Barbara; Wang, Juliane; Haas, Willi; Baumgart André, Sebastian; Bintinger, Rudolf; Lipp, Bernhard; Huber, Gerhard; Wagner, Susanna, Mauss, Katharina; Formanek, Susanne; Auer, Martin; Obkircher, Leo; Posch, Jerome (2025): GLASGrün: Regulierung von Klima, Energiebedarf und Wohlbefinden in Glasverbauten durch bautechnisch integriertes, vertikales Grün Berichte aus Energie- und Umweltforschung 60a/2025, Online: https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/sdz_pdf/schriftenreihe-2025-60a-glasgruen.pdf, [abgerufen am 17.01.2026, 12:09].

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.

Stella, Patrick; Personne, Erwan (2021): Effects of conventional, extensive and semi-intensive green roofs on building conductive heat fluxes and surface temperatures in winter in Paris. Building and Environment, vol. 205, Doi: 10.1016/j.buildenv.2021.108202.

The Green Roof Organisation (2026): Documents and membership information, online: <https://www.greenrooforganisation.org/downloads/> (abgerufen am 16.01.2026, 10:03).

Thomsit-Ireland, Faye.; Essah, Emmanuel; Hadley, Paul; Blanusa, Tijana (2020): The impact of green facades and vegetative cover on the temperature and relative humidity within model buildings. *Building and Environment* 181, Doi: 10.1016/j.buildenv.2020.107009

United States Environmental Protection Agency [EPA] (2022): Heat Island Impacts. Online: <https://www.epa.gov/heatislands/heat-island-impacts>, last downloaded: 12.02.2023.

VDI (2008): Methoden zur human-biometeorologischen Bewertung von Klima und Lufthygiene für die Stadt- und Regionalplanung - Teil I: Klima. - (= VDI-Richtlinie 3787, 2). Beuth, Berlin.

Wang, Xun; Li, Huidong; Sodoudi, Sahar (2022): The effectiveness of cool and green roofs in mitigating urban heat island and improving human thermal comfort. *Building and Environment* 217, Doi: 10.1016/j.buildenv.2022.109082.

Widiastuti, Ratih; Zaini, Juliana; Caesarendra, Wahyu (2020): Field measurement on the model of green facade systems and its effect to building indoor thermal comfort. *Measurement*, vol. 166, Doi: 10.1016/j.measurement.2020.108212.

Wultsch, Thomas; Scharf, Bernhard; Stangl, Rosemarie (2021): Evaluierungsstudie Bauwerksbegrünung zur Steigerung der Klimaresilienz Teilbericht über Schwerpunkt A am Objekt BH Korneuburg [Projektbericht]. 2021 S. 55. Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau, BOKU University. Wien. Uneröffentlicht.

Wultsch Thomas; Stangl, Rosemarie (2022): Bauwerksbegrünung Feuerwache Döbling. Evaluierungsstudie der Bauwerksbegrünung zur Minderung der sommerlichen Hitzebelastung am Gebäude der Feuerwache Wien Döbling. Projektbericht im Auftrag der Feuerwache Wien, Referat 3. Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau, BOKU University. Wien. Unveröffentlicht.

Xing, Qingwei; Hao, Xiaoli; Lin, Yaolin, Tan, Hang, Yang, Ke (2019): Experimental investigation on the thermal performance of a vertical greening system with green roof in wet and cold climates during winter. *Energy & Buildings* 183, p. 105–117. Doi: 10.1016/j.enbuild.2018.10.038.

Yin, Haiwei; Kong, Fanhua; Dronovac, Iryna; Middeld, Ariane James, Philip (2019): Investigation of extensive green roof outdoor spatio-temporal thermal performance during summer in a subtropical monsoon climate, *Science of The Total Environment*, Volume 696, Doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.133976.

Zhang, Gaochuan; He, Bao-Jie; Zhu, Zongzhou; Dewancker, Bart Julien (2019): Impact of Morphological Characteristics of Green Roofs on Pedestrian Cooling in Subtropical Climates, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Volume 16, Doi: 10.3390/ijerph16020179.

Zhang, Lei, Deng, Zhicha, Liang, Lisha; Zhang, Yu; Meng, Qinglin; Wang, Junsong; Santamouris, Mattheus (2019): Thermal behavior of a vertical green facade and its impact on the indoor and outdoor thermal environment *Energy & Buildings* 204, Doi: 10.1016/j.enbuild.2019.109502.

ZinCo GmbH (2023): Planning Guide, Solar Energy and Green Roofs, online: https://zinco-greenroof.com/sites/default/files/2023-05/ZinCo_Solar_Energy_Green_Roofs.pdf (abgerufen am: 16.01.2026, 10:59).

Zuo, Jin; Ma, Jiahe; Lin, Tao; Dong, Jing; Lin, Meixia; Luo, Jiancheng (2022): Quantitative valuation of green roofs' cooling effects under different urban spatial forms in high-density urban areas, Building and Environment, Volume 222, Doi: 10.1016/j.buildenv.2022.109367.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Studienschwerpunkte zu Dachbegrünung [n= 78] (© IBLB).....	20
Abbildung 2: Studienschwerpunkte zu Fassadenbegrünungen [n= 49] (© IBLB).....	21
Abbildung 3: Verteilung der in internationalen Studien zwischen 2019 – 2021 abgebildeten Parameter für Dachbegrünungen [n=78] (© IBLB)..	22
Abbildung 4: Verteilung der in internationalen Studien zwischen 2019 – 2021 abgebildeten Parameter für Fassadenbegrünung [n=49] (© IBLB).....	23
Abbildung 5: Untersuchungsansätze zu Dachbegrünungsstudien [n= 78] (© IBLB).....	26
Abbildung 6: Untersuchungsansätze zu Fassadenbegrünungsstudien [n=49] (© IBLB).....	27
Abbildung 7: Studiengegenstand Dachbegrünung nach Gründachtyp [n=84] (© IBLB).....	27
Abbildung 8: Studiengegenstand Fassadenbegrünung nach Fassadenbegrünungstyp [n=53] (© IBLB).....	28
Abbildung 9: Verteilung der in Studien zu Dachbegrünungen gewählte Datenerhebungsmethode (Feldmessungen vs. Simulationen) nach Dachbegrünungstyp und Häufigkeit [n=78] (© IBLB).....	29
Abbildung 10: Verteilung der in Studien zu Fassadenbegrünungen gewählten Datenerhebungsmethode nach Fassadenbegrünungstyp und Häufigkeit [n=49] (© IBLB).....	29
Abbildung 11: Geografische Verteilung der internationalen Studien zwischen 2019 und 2021 zu Dachbegrünungen nach Nationen [n=82] (© IBLB).....	30
Abbildung 12: Geografische Verteilung der internationalen Studien zu Dachbegrünungen nach Kontinenten [n=82] (© IBLB).....	31
Abbildung 13: Geografische Verteilung der internationalen Studien zu Dachbegrünungen nach Zonierung innerhalb Europas [n=82] (© IBLB).....	31
Abbildung 14: Geografische Verteilung der internationalen Studien zwischen 2019 und 2021 zu Fassadenbegrünungen nach Nationen [n=49] (© IBLB).....	32
Abbildung 15: Geografische Verteilung der internationalen Studien zwischen zu Fassadenbegrünung nach Kontinenten [n=82] (© IBLB).....	33
Abbildung 16: Geografische Verteilung der europäischen Studien zu Fassadenbegrünungen nach Regionen [n=20] (© IBLB).....	33

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Begriffsdefinition zu den für diese Studie relevanten Termini.....	14
Tabelle 2: Überblick mit Flussdiagramm der 4 angewandten Phasen der systematischen Literaturrecherche für Fassadenbegrünung sowie Dachbegrünung [Identifikation (I), Vorselektion (II), Eignung (III) sowie Inklusion (IV)].....	17
Tabelle 3: Definierte Inklusions- und Exklusionskriterien für die Phasen I – III der systematischen Literatur-recherche sowie der Anzahl der ausgeschiedenen Untersuchungspaper getrennt nach Dach- und Fassadenbegrünung.....	18
Tabelle 4: In den analysierten Publikationen zu Dach- und Fassadenbegrünungen (Veröffentlichungen 2019-2022) gemessene Parameter sowie Anzahl und prozentualer Anteil der Berücksichtigungen in den Studien und Analysen.	21
Tabelle 5: Exemplarische Messergebnisse abgebildet in den analysierten internationalen Publikationen ((Oberflächen-)Temperaturdifferenzen, -reduktion, Energieeinsparung) zu Fassaden- und Dachbegrünungen nach Pflanzenart und Land (inkl. Köppen-Geiger-Klimazonen).	24
Tabelle 6: Übersicht gewählter Simulationsprogramme zum Thema thermischer Komfort bzw. Energieeinsparungen.....	35
Tabelle 7: Übersicht der häufigsten verwendeten Parameter für die Ermittlung der Energieeinsparung.....	36
Tabelle 8: Übersicht der in den analysierten Studien verwendeten Messgeräte und Sensorik.	37
Tabelle 9: Übersicht gescreente deutschsprachige Hochschulen sowie Angabe des jeweiligen Instituts bzw. Forschungsdepartment.....	38
Tabelle 10: Identifizierte Projektinformationen zu Dach- oder Fassadenbegrünung im deutschen Sprachraum zwischen 2019 und 2021 mit dem Schwerpunkt Energieeinsparungen und/oder thermischem Komfort.	39
Tabelle 11: Auszug Messergebnisse aus der Studie Tröge Wien [Blecha et Stangl 2022].	45
Tabelle 12: Auszug Zunahme Deckung und WLAI aus dem Projekt GLASGrün, Demo-Objekt Söll (Tirol), 2. und 3. Standjahr [Stangl et al. 2025; Poiss et al. 2025b].	47

Data Management Plan (DMP)

1: Datenerstellung und Dokumentation

Das vorliegende Dokument ist eine Reviewarbeit. Im Rahmen der systematischen Literaturstudie der SCI-Veröffentlichungen der Jahre 2019-2022 wurden keine neuen Daten generiert noch Daten aus den recherchierten Publikationen weiterverarbeitet.

2: Ethische, rechtliche und Sicherheitsaspekte

Im Rahmen der vorliegenden Publikation wurden keine Daten generiert.

3: Datenspeicherung und -erhalt

Im Rahmen der vorliegenden Publikation wurden keine Daten generiert.

4: Wiederverwendbarkeit der Daten

Im Rahmen der vorliegenden Publikation wurden keine Daten generiert.

