OIAZ
166 WISSENSCHAFT & PRAXIS
September 2021

ÖSTERREICHISCHE
INGENIEUR-UND
ARCHITEKTEN-ZEITSCHRIFT

The JOURNAL of OIAV

GRÜNER SCHUTZSCHIRM FÜR GEBÄUDE

Beitrag von Dach- und Fassadenbegrünung zum Energiehaushalt von Gebäuden

Bernhard Scharf & **Rosemarie Stangl** (BOKU Wien)

KEYWORDS:
Bauwerksbegrünung, Klimawandelanpassung, Energiehaushalt, Urbane Hitze, Albedo

ZUSAMMENFASSUNG

Städte wachsen kontinuierlich. Gleichzeitig bringt der Klimawandel höhere Temperaturen innerhalb und außerhalb des urbanen Raumes mit sich. Auf Grund des hohen Versiegelungsgrads, der Wärmespeicherung in Straßen und Gebäuden sowie eingeschränkter Durchlüftung werden für Städte heißere Szenarien prognostiziert. Lokale Hitzeinseln und ein Anstieg von Hitzetagen und Tropennächten sind die Folgen in vielen urbanen Zonen.

Die Wissenschaft beschäftigt sich mit der Thematik der urbanen Energiebilanz und Möglichkeiten, diese im Sinne einer verbesserten Klimawandelresilienz zu beeinflussen (z.B. durch Erhöhung der Albedo). Verschiedene Richtlinien zur Anpassung von Städten an den Klimawandel heben Grüne Infrastrukturen als wirksame Möglichkeit zur Verbesserung des Mikro- und Stadtklimas hervor. Dies ist den einzigartigen Eigenschaften von Pflanzen geschuldet, die sich nicht erhitzen, wenn sie Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind. Im Gegenteil, sie kühlen sich und ihre Umgebung mit Hilfe der Verdunstungskälte, die bei der Evapotranspiration entsteht. Dieser Beitrag zeigt Wirkungen und Leistungen von Bauwerksbegrünungen (Gründächer, Living Walls) in Hinblick auf energetisch relevante Prozesse auf.

Die Kühlleistung einer Living Wall in Wien mit 850 m2 Größe entspricht mit über 2.000 kWh beispielsweise jener von 66 Kühlgeräten in 12 Stunden. Dabei bleibt die Temperatur der Pflanzen stets unter der Lufttemperatur, der Wärmestrom ins Gebäude wird reduziert. So erwärmt sich eine Dachabdichtung unter Blech auf bis zu 70° C, während unter Gründächern maximal Lufttemperatur anliegt. Der gleiche Effekt konnte auch für Living Walls beobachtet werden. Dies schont die Gebäudehülle und verlängert ihre Lebensdauer. Pflanzenbewuchs und Bauwerksbegrünungen können gezielt als Schutzschirm für Gebäude und Städte und damit für die Regulierung von Mikroklima und Energiehaushalt eingesetzt werden.

1. EINLEITUNG: EIN GRÜNER TROPFEN AUF DEM HEISSEN STEIN

Weltweit- sowie auch in Österreich- wachsen unsere Städte und Siedlungsstrukturen (UN 2018a). Bereits 2050 werden aktuellen Prognosen zu Folge etwa 80 % der österreichischen Bevölkerung in Städten leben (Statistik Austria, 2020). Der stete Zuzug bedingt die kontinuierliche flächenhafte Ausdehnung und Verdichtung der urbanen Räume und aller notwendigen grauen Infrastrukturen. Grünflächen und Naturräume gehen verloren. Die Versorgung der inneren Stadtteile mit frischer Luft aus dem Umland wird reduziert, und durch Beton und Asphalt wird die Hitzespeicherung in der Stadt erhöht.

Auch ohne globale Klimaerwärmung hätte diese Entwicklung bereits zu einer Überwärmung vor allem der Stadtzentren geführt. Dieses Phänomen ist unter dem Begriff „Urban Heat Island-Effekt" bekannt (Brandenburg et al. 2018), welcher den Unterschied der Lufttemperatur zwischen dem Umland und den innerstädtischen Lagen beschreibt. Mit dem Klimawandel werden diese für die Lebensqualität und Gesundheit der Stadtbewohner_innen negativen Folgen noch weiter verstärkt (IPCC 2018).

Urbanisierung und Klimawandel finden unbestritten statt und werden sich auch langfristig fortsetzen (UN 2018a, IPCC 2018). Mit der Frage, wie dies ohne Schäden an der Gesundheit und Lebensqualität der Menschen erfolgen kann, beschäftigen sich Expert_innen weltweit seit vielen Jahren. Auf Basis zahlreicher Forschungen (z.B. EKLIPSE 2021, Nature4Cities 2017) entstanden Ratgeber, Richtlinien und Strategien auf und für unterschiedliche politische Ebenen (Stadt-regional bis international: UN 2018b, European Commission 2013, Weißbuch Stadtgrün des BMUB, 2007).

So unterschiedlich diese und ähnliche aktuelle Publikationen, Strategien und ihre Detailierungsgrade oder auch deren Rechtsstatus sind, sie alle nennen eine wesentliche Maßnahme als aussichtsreiche und unverzichtbare Komponente erfolgreicher Klimawandelanpassung von Städten: Erhöhung des Grünflächenanteils!

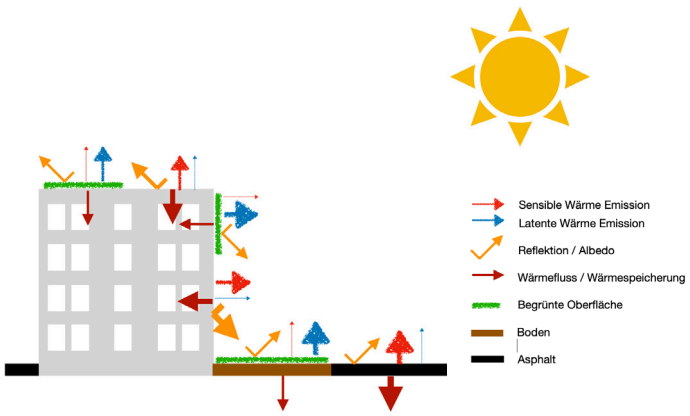

Abbildung 1: Verhalten urbaner Materialien bei Sonneneinstrahlung: durch Grünflächen erhöht sich der latente Wärmeanteil (durch Verdunstung) gegenüber dem sensiblen Wärmeanteil (fühl- bzw. messbare Wärme

Im Gegensatz zu mineralischen Baumaterialien der Stadt heizen sich Pflanzen nicht auf, sondern wandeln die eintreffende Energie in Biomasse und Sauerstoff um (Pfoser et al. 2013). Dabei verdunsten sie Wasser, das sie selbst und ihre Umgebung adiabat (Kühlung durch Verdunstung) oder durch latenten Wärmefluss kühlt (Scharf et al. 2013). Mineralische Baustoffe im Gegensatz dazu speichern und emittieren Wärme (sensible Wärme).

Folgt man dem Weg der Sonneneinstrahlung, so können die Leistungen von Pflanzen in Bezug auf (Mikro-)Klimaregulation und Schutz von Baukörpern dargestellt, quantifiziert und nachvollziehbar gemacht werden (Abbildung 1).

Abbildung 1 zeigt, dass urbane Oberflächen mit physikalischen Prozessen auf Sonneneinstrahlung unterschiedlich stark reagieren. Zunächst wird diese reflektiert, das umschreibt der Albedo Effekt (Lambert et Anding 1892). Die nicht reflektierte Energie wird aufgenommen und als latente oder sensible Wärme teils emittiert, teils gespeichert und teils abgeleitet. In Summe geht keine Energie verloren. Wie ausgeprägt die genannten Prozesse ablaufen, hängt unmittelbar von den physikalischen Eigenschaften wie Farbe, Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit der Oberflächenmaterialien ab (Coakley 2003).

Der vorliegende Text basiert auf der Dissertationsarbeit von Scharf (2020) und rund 10 Jahren Forschungsarbeit am Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau der BOKU Wien zu den Wirkungen und Effekten grüner Infrastrukturen auf den urbanen Energie- und Wasserhaushalt. Dabei lag der besondere Fokus auf Bauwerksbegrünungen. Hier unterteilen wir im folgenden Kapitel in Dach- und Fassadenbegrünungen.

2. TYPEN VON BAUWERKSBEGRÜNUNGEN

2.1 Dachbegrünung (Gründächer)

Zu Gründächern werden alle horizontalen Begrünungen auf Baukörpern (Dach, Terrasse, Überbauungen etc.) gezählt (ÖNORM L1131 des Austrian Standards Institute 2010). Die Bandbreite an Gestaltungsmöglichkeiten und Anwendungsszenarien ist vielfältig und reicht von Parks auf Tiefgaragen bis hin zu Sedum- bzw. Moosmatten auf Industriehallen. Die in Österreich häufigste Form der Dachbegrünung stellt die extensive Form (mit 8-15 cm Substrataufbau) dar, die bei geringen Flächenlasten einfache, pflegeextensive und trockenresistente Pflanzenbestände zulässt. In den nachfolgenden Kapiteln werden Forschungsergebnisse zu extensiven Gründächern mit unterschiedlichen Aufbauten (einschichtig Typ A, mehrschichtig Typ B, mit mineralischer Drainage Typ C und Drainageelement Typ D) mit jeweils insgesamt 12 cm Aufbauhöhe sowie reduziert intensiven Dachbegrünungen mit insgesamt 20 bzw. 30 cm Aufbauhöhe (Typ E bzw. Typ

F) bei gleichem Aufbau präsentiert. In Österreich bildet die ÖNORM L1131 (Austrian Standards Institute 2010) den normativen Rahmen für Dachbegrünungen.

2.2 Fassadenbegrünung

In den Bereich der Fassadenbegrünung fallen alle Begrünungen von vertikalen Bauteilen, also auch freistehende Wände oder Mauern. Grundsätzlich kann zwischen bodengebundenen, troggebundenen und wandgebundenen Begrünungen unterschieden werden (Medl et al. 2017, Kromoser et al. 2020). Wie der Name bereits verrät, wachsen Kletterpflanzen bei der bodengebundenen Fassadenbegrünung vom Bodenniveau aus gewachsenen Böden oder technischen Pflanzsubstraten mit Hilfe von Haft-, Rank- oder Schlingorganen empor. Bei der troggebundenen Fassadenbegrünung wurzeln die Kletterpflanzen in großvolumigen Pflanzgefäßen, die auf auskragenden Decken stehen oder an Wände montiert werden. Je nach Kletterstrategie der gewählten Pflanzen sind passende Kletterhilfen vorzusehen.

Bei wandgebundenen Fassadenbegrünungen handelt es sich in der Regel um vorgehängte hinterlüftete Fassadenbauweisen, welche die gesamte Fassadenfläche bedecken. Im Unterschied zu traditionellen Fassadenbegrünungen kommen in erster Linie mehrjährige Stauden und Gräser zum Einsatz. In diesem Beitrag werden Ergebnisse aus Untersuchungen zu modularen (aus einzelnen Modulen bestehend), flächigen (durchgehende Ebene) und linearen (kleinvolumige Pflanzwannen) wandgebundenen Systemen (Living Walls) präsentiert. Die relevanten Richtlinien in diesem Bereich stellen der Wiener Fassadenleitfaden (Kraus et al., 2020) sowie die FLL-Richtlinie zur Thematik aus dem Jahr (FLL 2018) dar.

3. RELEVANTE PROZESSE UND TECHNOLOGIEN

3.1 Blattgrün, ein wirksamer Schutz: von Albedo bis zur Wärmeleitfähigkeit

Baukörper können mit bewährten Technologien sowohl am Dach, als auch an den Fassaden begrünt werden. Technologisch sind diese Systeme bereits sehr ausgereift, und der Vielfalt der Anwendbarkeit und Gestaltung sind kaum Grenzen gesetzt. Unter Einhaltung fachgerechter Standards (z.B. standortgerechter Pflanzen, gesicherte Wasser- und Nährstoffversorgung, Anwuchs- und Entwicklungspflege), und ohne grobe Umsetzungs- und Pflegemängel ist der Begrünungserfolg gesichert. Die nachfolgenden Beispiele zeigen, wie sich der Bewuchs eines Gebäudes auf dieses selbst, aber auch auf das Mikroklima auswirkt. Dazu folgen wir chronologisch den energetisch relevanten Prozessen, beginnend mit der Albedo. Diese wird überwiegend von der Farbe eines Materials geprägt und beträgt für den perfekten schwarzen Körper 0 (Lambert 1892). Das bedeutet, dass keine Strahlung reflektiert wird.

Wie in Abbildung 2 dargestellt, reflektieren die untersuchten Dachoberflächen zwischen 5 und 40 % der eintreffenden Sonnenstrahlung. Dachbegrünungen variieren hier, je nach Materialien und Vegetationsbedeckung, zwischen 13 bis 21 % an reflektierter Sonneneinstrahlung. Die geringste gemessene Albedo entfällt auf die bituminöse Dachabdeckung, während ein hellgraues Blechdach ähnliche Ergebnisse liefert wie Gründächer. Die höchste Albedo weist ein neues Kiesdach aus hellgrauem Kalkstein auf. Hohe Werte bedeuten, dass kurzwellige Sonnenstrahlung zurück in die

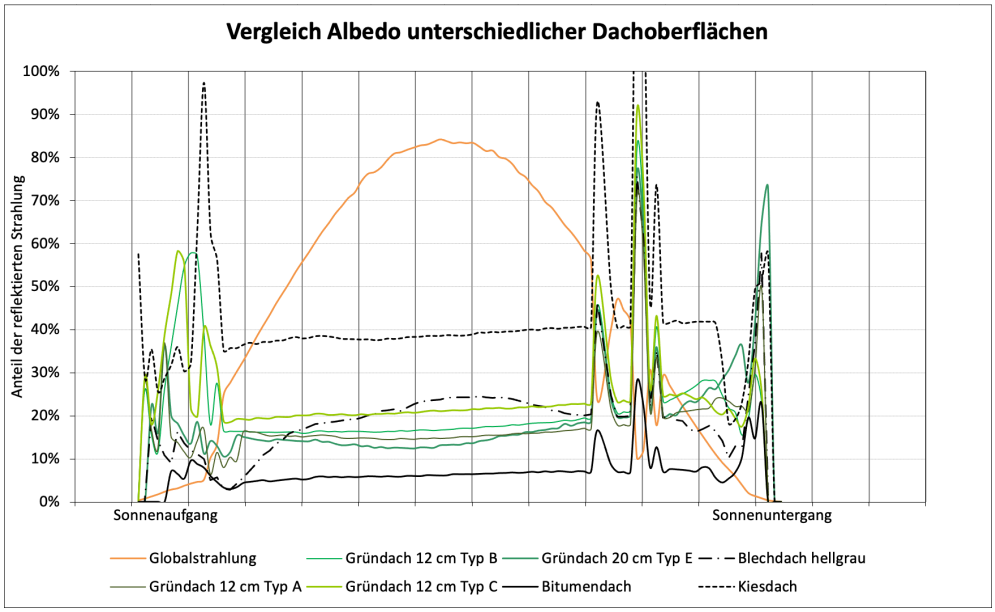

Abbildung 2: Vergleich Albedo unterschiedlicher Dachoberflächen im Tagesgang (Globalstrahlung: direkte und diffuse kurzwellige Strahlung, Kiesdach 12 cm Aufbau aus hellgrauem Kalkkies 16/32 (nach Trimmel in Scharf et al. 2012, bearbeitet)

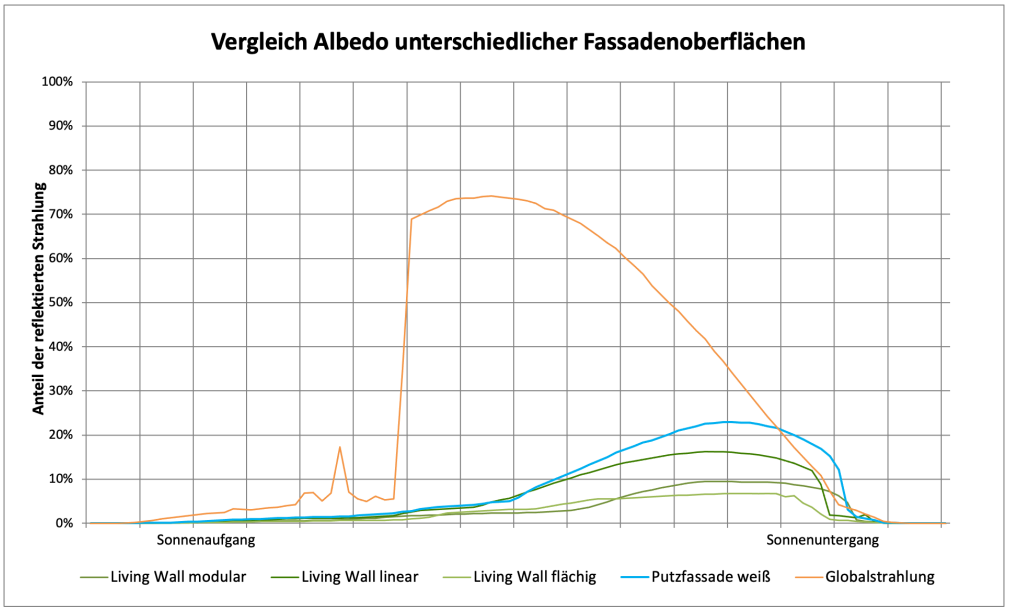

Abbildung 3: Vergleich der Albedo unterschiedlicher Living Wall-Systeme im Tagesgang (wandgebundene Grünfassaden) mit einer Putzfassade gegenüber der eintreffenden Globalstrahlung (gemessen in Wien Essling 2011; modular: aus einzelnen Modulen bestehend; linear: kleinvolumige Pflanzwannen; flächig: durchgehende Ebene; Datengrundlage Scharf 2020)

höheren Atmosphärenschichten reflektiert wird und weniger Energie durch die urbanen Materialien absorbiert wird und diese erwärmt. Niedrige Werte führen dagegen zu hoher Energieaufnahme und Erwärmung des Körpers. In diesem Zusammenhang gibt es eine negative Korrelation zwischen Albedo-Effekt und Oberflächentemperatur: je höher die Albedo, desto niedriger die Temperatur der Dachoberfläche (Li et Yeung 2014).

Die Ausnahme von dieser Regel stellen Begrünungen dar, die zwar eine geringe Albedo aufweisen, sich aber auf Grund der Evapotranspiration (Verdunstung von Wasser durch Pflanzen und aus Oberflächen) und dem daraus resultierenden latenten Wärmestrom nicht erwärmen. Die Wirksamkeit des grünen Schutzes (Abkühlung durch Pflanzen) hängt dabei stark von den Pflanzenarten und ihrer spezifischen Blattfläche (Blattflächenindex bzw. leaf area index, LAI) ab. Ein hoher LAI beeinflusst die Beschattungsleistung und die Evaporationsrate ebenso positiv wie die Gesamt-Albedo (Reflexionsstrahlung) der Dachoberfläche (Squier et Davidson 2016, Eksi et al. 2017).

Die Untersuchung der Albedo unterschiedlicher wandgebundener Grünfassaden (Living Walls) ergab Anteile der reflektierten Strahlung zwischen 7 bis 23 % (Abbildung 3). Die höchste Reflektion (23 %) wies eine weiße Putzfassade auf, während die verschiedenen Living Wall Systeme in einem Bereich von 7 bis 16 % liegen. Die nicht reflektierte kurzwellige Sonnenstrahlung wird in Folge von den unterschiedlichen Materialien aufgenommen und in langwellige Strahlung bzw. Erwärmung umgewandelt. Dies zeigt sich in der Oberflächentemperatur und thermografischen Abbildungen (Abbildung 4).

Der dunkelgraue Sockel des Gebäudes erreicht über 45 °C im Wärmebild, während die hellgraue Putzfassade etwa um 10 °C kühler bleibt. Eine nochmals um rund 10 °C kühlere Oberflächentemperatur konnte für die Pflanzen des Living Walls Systems an der Fassade erfasst werden. Die Oberflächentemperatur ist gemäß den physikalischen Gesetzen der Thermodynamik maßgebend für die Emission sensibler Wärme (Boltzmann 1884). Putzfassaden tragen zur Bildung urbaner Hitzeinseln bei.

Die nicht reflektierte (kurzwellige Strahlung) oder emittierte (langwellige Strahlung) Energie verbleibt im Material und trägt zu dessen Erwärmung bei. Wie stark sich Materialien erwärmen, hängt dabei von der eintreffenden Strahlung und der spezifischen Wärmekapazität der Materialien ab. Von allen natürlichen Materialien benötigt Wasser mit Abstand

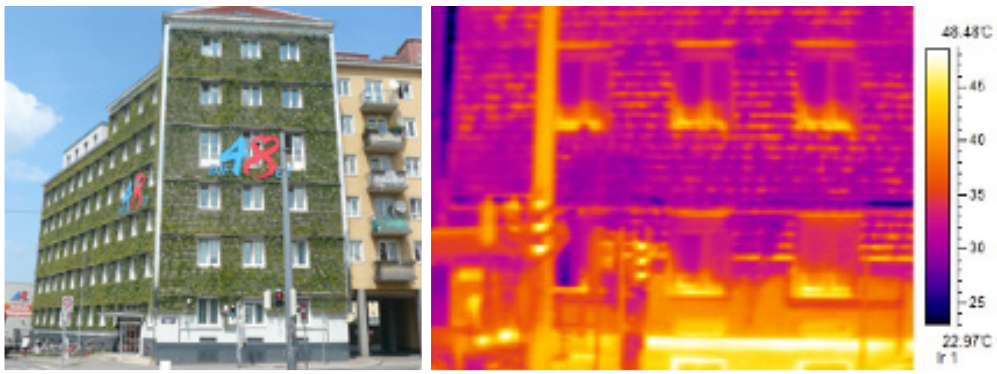

Abbildung 4: Thermographie eines Gebäudes mit Living Wall und unbegrüntem Sockel (aufgenommen in Wien Margareten 2011)

Physikalische Eigenschaften ausgewählter urbaner Materialien bei bestimmter Umgebungstemperatur				
Material	Wärmekapazität		Wärmeleitfähigkeit	
	J/g.K	Temp [°C]	W/m^2.K	Temp [°C]
Asphalt	0,92	20	0,75	25
Ziegel	0,84	20	0,69-1,31	20-25
Beton	0,88	20	0,8-1,28	25
Putz	0,9	20	0,71	25
Glas	0,67	20	0,8-0,93	25
Luft	1,003	20	0,0262	25
WASSER	4,182	20	0,606	25
Boden trocken	0,8	20	0,15-1,15	25
Boden feucht	1,48	20	0,6-4	25
Blatt frisch			0,268-0,573	n.a.

Tabelle 1: Wärmekapazität (Fähigkeit zur Speicherung thermischer Energie) und Wärmeleitfähigkeit (Fähigkeit zur Weiterleitung von Wärme) ausgewählter urbaner Materialien bei definierter Umgebungstemperatur (Werte aus Engineering ToolBox, 2003a,b and Hays, 1974)

am meisten Energie zur Erwärmung um ein Grad Kelvin (siehe Tabelle 1). Der resultierende Prozess des Wärmeflusses ist durch die Wärmeleitfähigkeit von Materialien definiert. Metalle weisen eine hohe Leitfähigkeit auf, Dämmstoffe wie z.B. EPS (expandiertes Polystyrol) oder Schafwolle hingegen weisen eine sehr geringe Wärmeleitfähigkeit auf.

Die nachfolgenden Abbildungen 5 und 6 verdeutlichen, welche Wärmeströme und Temperaturen die Gebäudehüllen (Dach und Fassaden) mit und ohne Begrünungen erreichen können.

Abbildung 5 vergleicht die Temperaturen der Dachabdichtungsebenen unter Blech- und Gründächern. Es wird ersichtlich, dass die Gebäudeabdichtung unter dem hellgrauen Blechdach bis zu 70 °C erreicht und in der Nacht teils auf unter 10 °C abkühlt. Der Temperaturkorridor der Abdichtungsebene unter einem extensiven Gründach mit 12 cm Aufbauhöhe (Typ C) reduziert sich im Vergleich auf 15 bis 40 °C. Eine reduziert intensive Dachbegrünung mit 30 cm Aufbauhöhe (Typ F) puffert die Amplitude auf eine Schwankungsbreite von 10°C im Tagesverlauf ab. Die Abdichtungsebene ist somit wesentlich geringeren Dehnungs- und Schrumpfungsprozessen unterworfen.

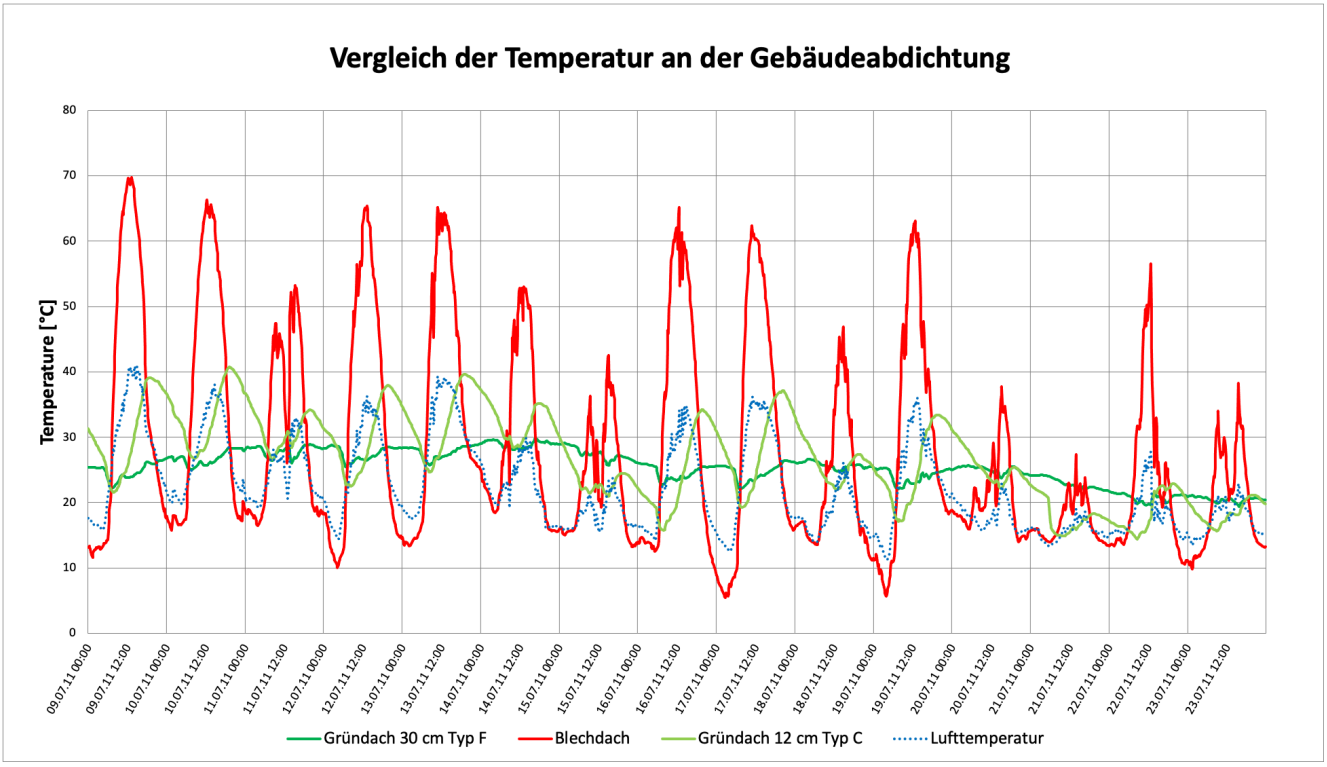

Abbildung 5: Vergleich der Temperatur an der Dachabdichtungsebene unter einem Blechdach sowie Gründächern mit 12 cm Aufbau (Typ C) und 30 cm Aufbauhöhe (Typ F) (gemessen in Wien Hetzendorf 2011, Datengrundlage Scharf 2020)

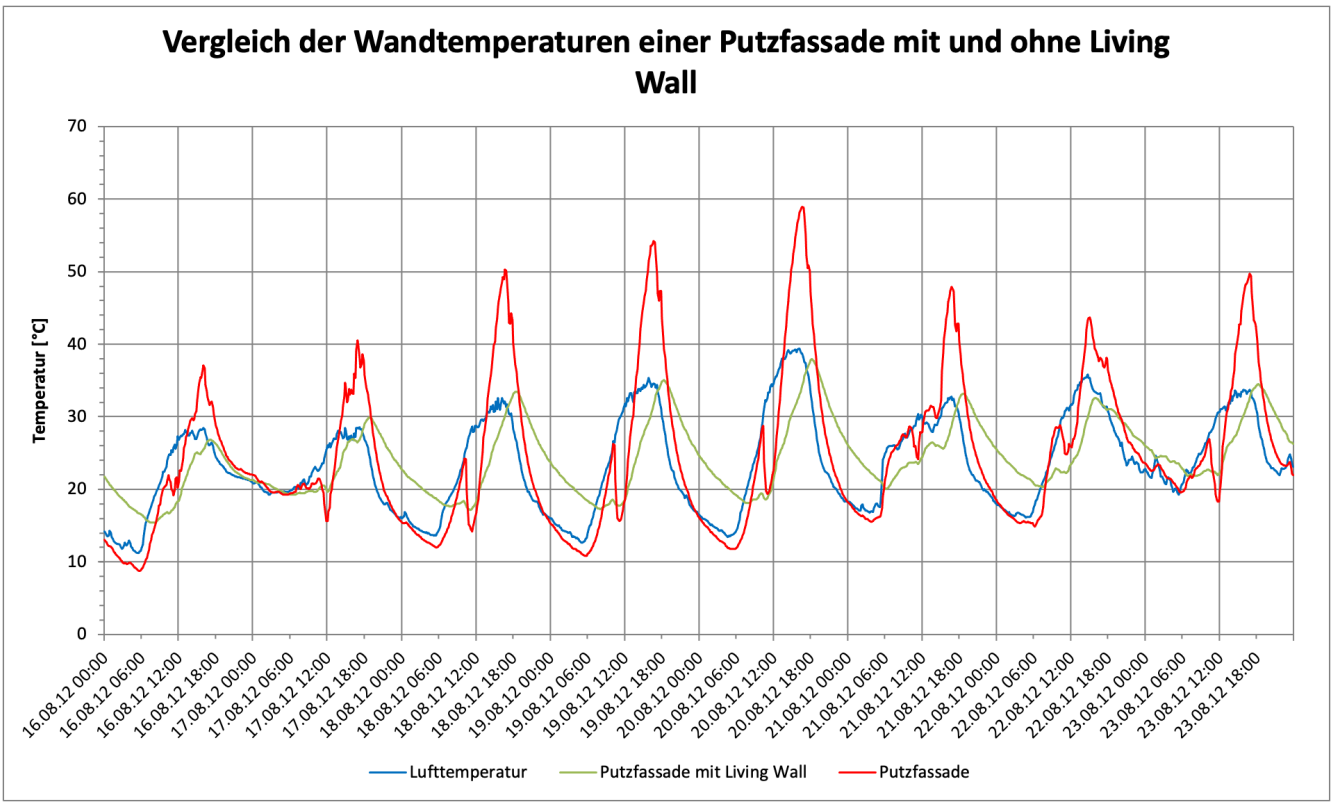

Abbildung 6: Vergleich der Temperatur einer Putzfassade mit und ohne Living Wall bei gleicher Einstrahlung (gemessen in Wien Essling 2012, Datengrundlage Scharf 2020)

Die Messung der Temperaturen an einer Putzfassade mit und ohne Living Wall zeigt erhebliche Temperaturschwankungen von rund 60 °C im Tagesmaximum und 10 °C in den Nachtstunden. Durch die Installation einer Living Wall beschränkt sich der Tagesgang der Temperatur in etwa auf die Schwankungen der Lufttemperatur. Das gewährleistet einen nachweislichen Schutz der Gebäudehülle und Fassadenmaterialien hinsichtlich den witterungsbedingten Alterungsprozessen und damit verbundenem Materialverschleiß (Pfoser 2014).

3.2 Reduktion des Wärmeflusses durch Gründächer

Aus der Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenraum entsteht ein Wärmefluss, welcher exemplarisch in Abbildung 7 für unterschiedliche Dachabdeckungen in einer heißen Juliwoche 2011 gezeigt wird. Ein Bitumendach weist hier einen Wärmefluss von +70 bis -70 W/m² im Tagesgang auf. Das Blechdach erreicht mit rund -100 W/m² den insgesamt höchsten gemessenen Wert. Die unterschiedlichen untersuchten Dachbegrünungen reduzierten den Wärmefluss in Abhängigkeit ihrer spezifischen Materialien und Aufbauhöhe auf einen Korridor von +10 bis -20 W/m².

Innerhalb der Vegetationsperiode ist auf Grund der vitalen Vegetationsdecke mit einer im Vergleich höheren Schutzleistung der Dachbegrünungen zu rechnen. Aus der Literatur sind Reduktionen auf Grund des latenten Wärmeflusses in Abhängigkeit des LAI bis 550 W/m² belegt (Hodo-Abalo et al. 2012). Durch höhere LAI-Werte können auch die Kühlleistungen im Gebäudeinneren entsprechend reduziert werden. Einsparungen von ca. 20% der Kühlleistung bei LAI von 5 wurden wissenschaftlich belegt (Santamouris, 2014).

Ein ähnliches Ergebnis zeigen die in Abbildung 8 dargestellten Messungen des Wärmeflusses einer Putzfassade mit und ohne Living Wall. Dieser bewegt sich bei der unbegrünten Putzfassade im Bereich von +10 bis -25 W/m2. Durch die Installation eines modularen bzw. linearen Living Wall Systems kann dieser Wärmefluss auf Werte zwischen +2 und -7 W/m2 eingeschränkt werden.

Vertikales Grün an Gebäuden kann den Energiebedarf, der für Klimaanlagen aufgebracht werden muss, um 12 bis 42% reduzieren (Pan et al. 2018). Coma et al. (2017) haben sogar knapp 60% Einsparungspotenzial im Sommer nachgewiesen. Durch die Living Walls am Gebäude der MA 48 in Wien wird eine Kühlleistung von > 2.000kW/h erzielt, das entspricht der Kühlleistung von 66 Klimaanlagen über einen Zeitraum von 12 Stunden ohne Entstehung von klimarelevanter warmer Abluft.

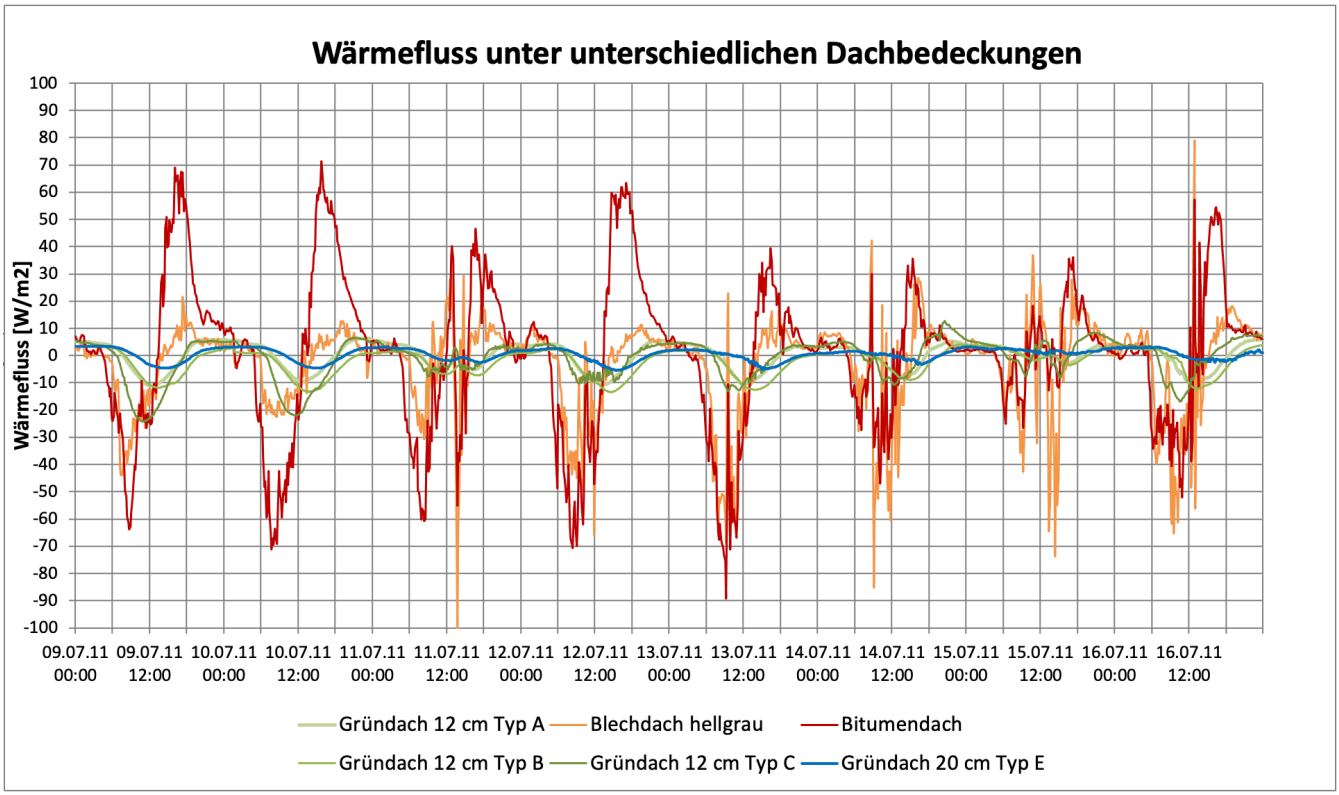

Abbildung 7: Wärmeflusskurven unter unterschiedlichen Dachbedeckungen: extensive Dachbegrünungen mit 12 cm Aufbauhöhe (Typ A, B, C) sowie reduziertes Gründach mit 20 cm Aufbauhöhe (Typ E) im Vergleich zu Blechdach und Bitumendach (gemessen in Wien Hetzendorf 2011, Datengrundlage Scharf 2020)

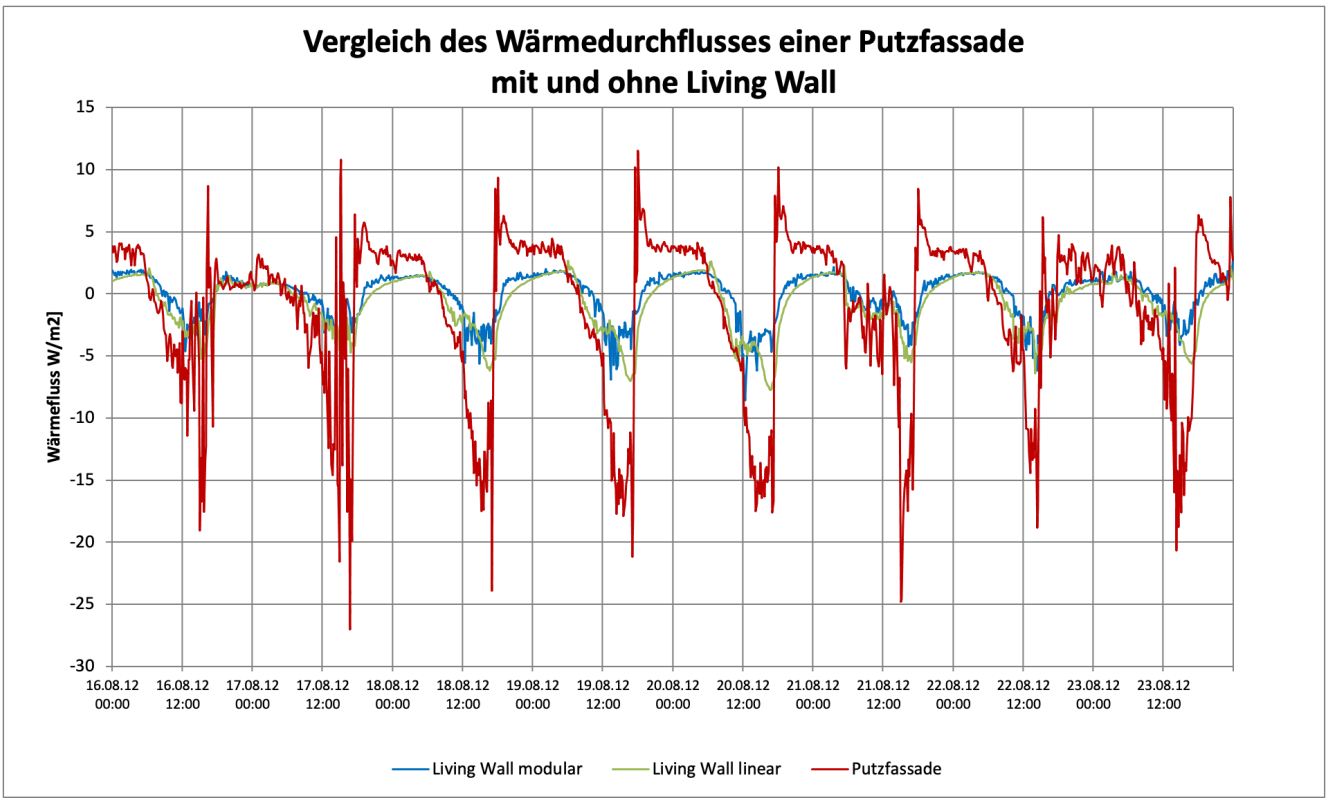

Abbildung 8: Vergleich des Wärmeflusses einer Putzfassade mit und ohne Living Wall Systemen (gemessen in Wien Essling 2012, Datengrundlage Scharf 2020)

3.3. Resümee: Blatt als Schutz

Die Ergebnisse aus Messungen an Gründächern und Grünfassaden (Scharf 2020) zeigen auf, dass Pflanzen den Energiehaushalt an der jeweiligen Gebäudehülle maßgeblich beeinflussen können. Im Vergleich zu konventionellen, meist mineralischen urbanen Materialien heizen sich Pflanzen weniger stark auf, speichern keine Wärme und leiten weniger Wärme in und aus Gebäuden. Diese positiven Effekte sind auf die besonderen physikalischen Eigenschaften von Pflanzen zurückzuführen. Die Blätter bestehen überwiegend aus Wasser und Luft. Während Wasser fast die 4-fache Energiemenge zur Erwärmung um 1° C benötigt, ist Luft im Gegensatz dazu ein schlechter thermischer Leiter (Tabelle 1).

Dazu kommt die Verdunstung von Wasser durch Blätter, also die Überführung von Wasser von der flüssigen in die gasförmige Phase. Dieser Prozess benötigt Energie, die sogenannte Verdunstungsenthalpie, welche der Umgebung entzogen wird. Bei 20 °C wird für die Verdunstung von 1 kg Wasser eine Energiemenge von 0,68 kWh benötigt (Paschotta 2021). Man spricht in diesem Zusammenhang auch von Verdunstungskälte oder adiabater Kühlung. Aus Abbildung 9 wird ersichtlich, dass das untersuchte modulare Living Wall System die relative Luftfeuchte mit steigender Lufttemperatur zunehmend erhöht, während die relative Luftfeuchte vor einer Putzfassade im Vergleich zur Referenzmessung absinkt.

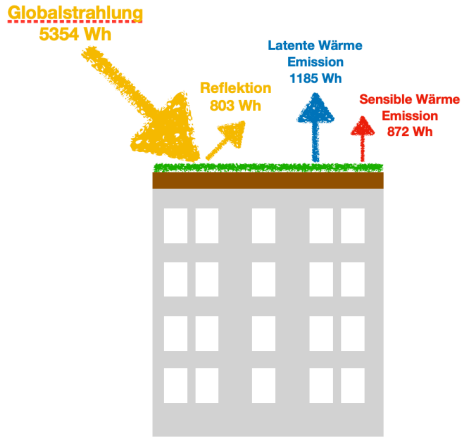

Abbildung 10: Energiebilanz eines extensiven Gründachs: Umwandlung der globalen Solarstrahlung durch Evapotranspiration in den Sommermonaten (Verhältnis latente Wärme : Sensible Wärme = 58 % : 42 % (nach Schmidt, 2010, bearbeitet)

Schmidt (2010) veröffentlichte die Energiebilanz eines extensiven Gründachs (Abbildung 10). Diese Arbeit belegte, dass bereits extensive Gründächer mit einer Umwandlung von 58 % der Globalstrahlung in Evapotranspiration die Energiebilanz eines Gebäudes signifikant verbessern können und darüber hinaus positive Effekte auf das Mikroklima bewirken. Dennoch wird diese einfache, mittlerweile technisch ausgereifte, wirkungsvolle und kostengünstige Methode zur Klimaanpassung sowie zum Hitzeschutz der Gebäude und vor allem ihrer Bewohner_innen nicht standardmäßig zur Anwendung gebracht.

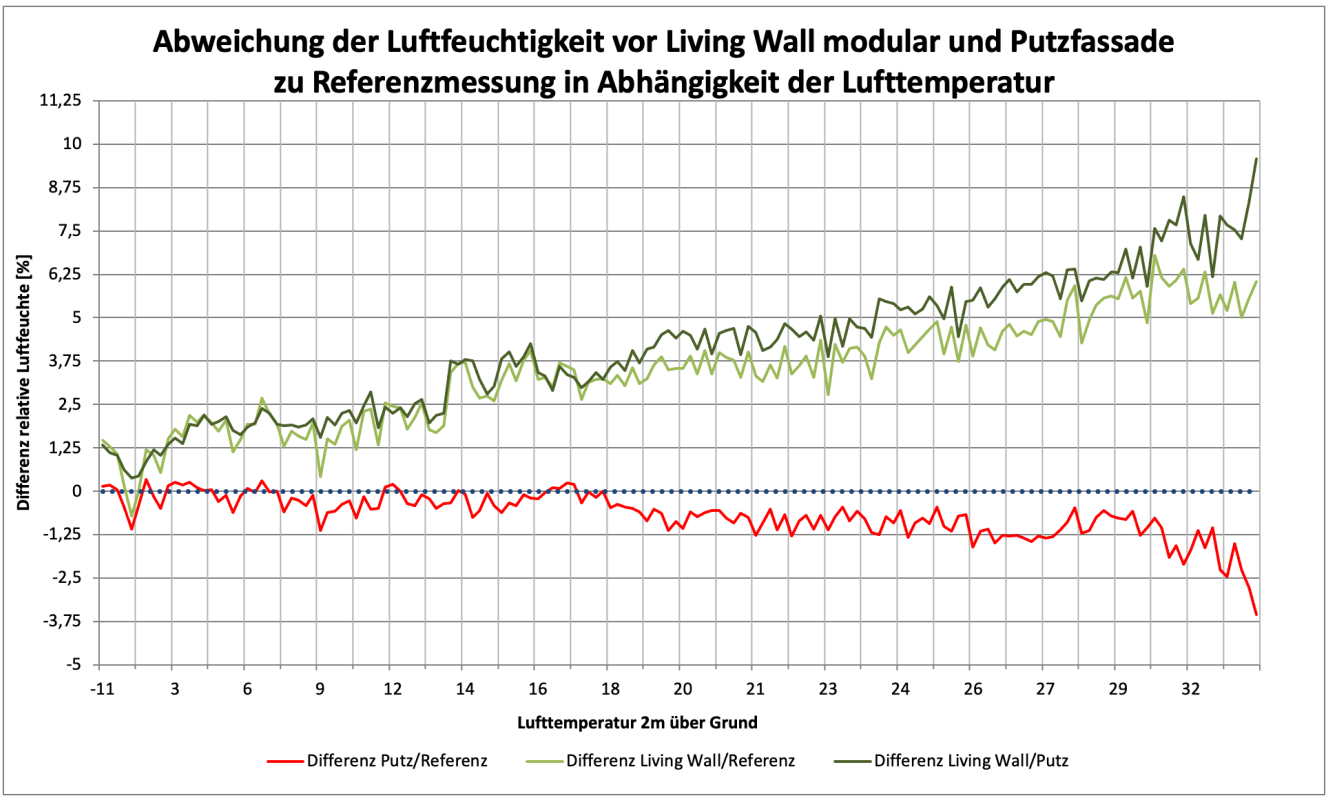

Abbildung 9: Abweichungen der Luftfeuchte an einer Living Wall und Putzfassade zur Referenzmessung an einer Klimastation mit zunehmender Lufttemperatur: die relative Luftfeuchte erhöht sich mit steigender Temperatur bei der Grünwand und verringert sich bei der Putzfassade (gemessen in Wien Essling 2012, Datengrundlage Scharf 2020)

4. AUSBLICK: GRÜN ALS SCHIRM UND SCHUTZ

Gezielter Einsatz von Pflanzen und Grünflächen in Städten sind als große Chance zur Anpassung urbaner Räume an steigende Temperaturen und klimatische Herausforderungen zu betrachten. Alternative Ansätze als Substitut für grüne Infrastrukturen werden wiederholt diskutiert, wie etwa die sogenannten „cool“ bzw. „white roofs“. Dabei wird der Albedo-Effekt genutzt, um möglichst viel Solarstrahlung zurück in die Atmosphäre zu reflektieren. Studien, wie jene von Ismail et al. (2012) oder Mahmoodzadeh et al. (2019) haben Gründächer und weiße bzw. konventionelle Dächer erforscht. Sie kommen zu dem Schluss, dass Gründächer eine höhere Kühlleistung erbringen als weiße Dächer, welche mit fortlaufender Verschmutzung an Leistung verlieren (Gaffin et al. 2005). Die Wirkungen von Gründächern und Grünfassaden auf den Energiehaushalt von Gebäuden können mittlerweile standardmäßig auf Basis von ENVI-met simuliert und bewertet werden (Scharf et Kraus, 2019). Diese Modelle unterstützen Planungsbüros aber auch Verantwortliche aus Politik und öffentlicher Verwaltung bei der Umsetzung von grünen Infrastrukturen.

Ein grundlegendes Umdenken zur Planung von Städten und Gebäudearchitekturen unter stärkerem Einbezug von Pflanzen und Nutzung ihrer Funktionen und Leistungen ist herbeizuführen. Dazu sind jedoch noch klare Handlungsempfehlungen auf unterschiedlichen Ebenen zu formulieren. Stadt und Natur, genauso wie Gebäude und Pflanzen, sind nicht unvereinbar. Es gilt das Dogma der Unvereinbarkeit zu durchbrechen, wie Fassbinder (2019) in ihrem Manifest einer Biotope City ausführt. Pflanzen bieten Chancen und großartige Potenziale, den Energie- und Mikroklimahaushalt am und im Gebäude zu optimieren. Ihre Leistungen (Beschattung und Abschirmung der eintreffenden Strahlung, adiabate Kühlung, Transpiration) am Gebäude einzusetzen ist angesichts der Klimaänderungen und den daraus resultierenden Belastungen für Städte und ihre Bewohner_innen eine Notwendigkeit, genauso wie Technologiesprünge in der Materialentwicklung und der Materialeinsatz. Der grüne Schutzschirm ist hier nicht nur Hoffnung, sondern realisier- und messbar.

LITERATUR

[1] Austrian Standards Institute. 2010. ÖNORM L 1131 Gartengestaltung und Landschaftsbau- Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken- Anforderungen an Planung, Ausführung und Erhaltung. Austrian Standards Institute/ Österreichisches Normungsinstitut (ON), Wien. ICS 03.120.10, 65.020.20, 91.040.01

[2] BMUB. 2007. Weißbuch Stadtgrün, Grün in der Stadt - Für eine lebenswerte Zukunft. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Referat Öffentlichkeitsarbeit. Brandenburgische Universitätsdruckerei und Verlagsgesellschaft Potsdam mbH. Online: https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/themen/bauen/wohnen/weissbuch-stadtgruen.pdf?__blob=publicationFile&v=3 [2021-02-17].

[3] Boltzmann, L. 1884. XV. Ableitung des Mefadschen Gesetzes I), betreffend die Abhängigkeit der Wärmestrahlung von der Temperatur aus der elektromagnetischen Lichttheorie. Annalen der Physik 258(6): 291-294. doi.org/10.1002/andp.18842580616.

[4] Brandenburg, C., Damyanovic, D., Reinwald, F., Allex, B., Gantner, B., Czachs, CH. 2018. Urban Heat Islands Strategy, City of Vienna. Magistrat der Stadt Wien, Wiener Umweltschutzabteilung – Magistratsabteilung 22. Online: https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/uhi-strategieplan-englisch.pdf [2021-02-17]

[5] Coakley, J.A. 2003. Reflectance and Albedo, Surface. Encyclopedia of Atmospheric Sciences: 1914-1923. DOI: 10.1016/B0-12-227090-8/00069-5.

[6] Coma, J., Perez, G., de Gracia, A., Bures, S., Urrestarazu, M., Cabeza, L.F. 2017. Vertical greenery systems for energy savings in buildings: a comparative study between green walls and green façades, Build. Environ. 111, 228 - 237, htt://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.11.014.

[7] EKLIPSE. 2021. Bridging the gap between policy and knowledge on biodiversity in Europe. Helmholtz Centre for Environmental Research – UFZ. Online: https://eklipse.eu/; [2021-02-12].

[8] Engineering ToolBox, (2003a). Specific Heat of some common Substances. Online: https://www.engineeringtoolbox.com/specific-heat-capacity-d_391.html [21-02-21].

[9] Engineering ToolBox, (2003b). Thermal Conductivity of some selected Materials and Gases. Online: https://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d_429.html [21-02-21].

[10] Eksi, M., Rowe, D.B., Wichman, I.S., Andresen, J.A. 2017. Effect of substrate depth, vegetation type, and season on green roof thermal properties. Energy and Buildings 145, 174-187.

[11] 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 {SWD(2013) 155 final}

[12] Fassbinder, H. 2019. The city as nature. BIOTOPE CITY JOURNAL; ISSN 1872-4558. Online: https://biotope-city.com/de/2020/03/09/biotope-city-die-dichte-stadt-als-natur-eine-einleitung/ [21-02-26].

[13] FLL. 2018. Fassadenbegrünungsrichtlinien- Richtlinien für die Planung, Ausführung und Pflege von Wand- und Fassadenbegrünungen. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V.- FLL; 2. Ausgabe. Bonn.

[14] Gaffin, S., Rosenzweig, C., Parshall, L., D., Beattie,

Berghage, R, O'Keeffe, G., Braman, D.,. 2005: Energy Balance Modeling Applied to A Comparison of White and Green Roof Cooling Efficiency, 7-14. Proceedings of the 3rd Annual Greening Rooftops for Sustainable Cities Conference, Washington, D.C., May 4–6, 2005. Online: http://www.buildinggreen.net/assets/cms/File/GaffineltalPaperDC-0009.pdf [2021-02-17].

[15] Hays, R.L. 1975. The thermal conductivity of leaves. Planta, Volume 125, Issue 3: 281-287. doi-1org-1000dbevh03d7.pisces.boku.ac.at/10.1007/BF00385604.

[16] Hodo-Abalo, S., Banna, M., Zeghmati, B. 2012. Performance analysis of a planted roof as a passive cooling technique in hot-humid tropics. Renewable Energy 39, 140 – 148. doi.org/10.1016/j.renene.2011.07.029.

[17] IPCC. 2018. Global warming of 1.5°C, an IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Intergovernmental Panel on Climate Change, Printed October 2018 by the IPCC, Switzerland. ISBN 978-92-9169-151-7.

[18] Ismail, A., Hanim, M., Samad, A., Malek, A., Rahman, A. 2011: The Investigation of Green Roof and White Roof Cooling Potential on Single Storey Residential Building in the Malaysian Climate; World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Architectural and Environmental Engineering 5(4).1 doi.org/10.5281/zenodo.1330601.

[19] Kraus, F., Fritthum R., Robausch, E. et al. 2019: Leitfaden Fassadenbegrünung. Hsg. MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung und ÖkoKauf Wien. Online: https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/fassadenbegruenung-leitfaden.pdf [2021-02-17].

[20] Kromoser, B., Ritt, M., Spitzer, A.; Stangl, R., Idam, F. 2020. Design Concept for a Greened Timber Truss Bridge in City Area. Sustainability, 12, 3218, doi:10.3390/su12083218.

[21] Lambert, J.H. 1892. Lamberts Photometrie: (Photometria, sive De mensura et gradibus luminis, colorum et umbrae) (1760). Hsg. Anding E.: Erstes Heft: Theil I und II Verlag Wilhelm Engelmann, Leipzig. Online: https://books.google.de/books?id=jPk4AAAAMAAJ&pg=PA177#v=onepage&q&f=false [2021-02-26].

[22] Li, W.C., Yeung, K.K.A. 2014. A comprehensive study of green roof performance from environmental perspective. International Journal of Sustainable Built Environment 3, 127–134.

[23] Mahmoodzadeh, M., Mukhopadhyaya, P., Valeo, C. 2019. Effects of Extensive Green Roofs on Energy Performance of School Buildings in Four North American Climates. Water 2020, 12(1), 6. doi.org/10.3390/w12010006.

[24] Medl, A, Stangl, R, Florineth, F. 2017. Vertical greening systems – A review on recent technologies and research advancement. Building and Environment, 125, 227–239, doi:10.1016/j.buildenv.2017.08.054.

[25] Nature4Cities.2017. Nature4Cities. A Nature Based Solutions knowledge diffusion and assessment platform for re-naturing cities. Online: www.nature4cities.eu [2021-02-12].

[26] Pan, L., Wei, S., Chu, L.M. 2018. Orientation effect on thermal and energy performance of vertical greenery systems. Energy and Buildings 175, 102-112. doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.07.024.

[27] Paschotta, R. 2021. Verdampfungswärme und Kondensationswärme im RP-Energie-Lexikon, Online: https://www.energie-lexikon.info/verdampfungswaerme_und_kondensationswaerme.html [21-02-16].

[28] Pfoser, N. (2014). Gebäude Begrünung Energie. Hsg. Landschaftsbau, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. Bonn.

[29] Pfoser, N., Jenner, N., Johanna Henrich, J., Heusinger, J., Weber, St. (2013): Gebäude, Begrünung und Energie: Potenziale und Wechselwirkungen Interdisziplinärer Leitfaden als Planungshilfe zur Nutzung energetischer, klimatischer und gestalterischer Potenziale sowie zu den Wechselwirkungen von Gebäude, Bauwerksbegrünung und Gebäudeumfeld. Abschlussbericht August 2013; Technische Universität Darmstadt, Fachbereich Architektur.

[30] Santamouris, M. 2014. Cooling the cities – A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. Solar Energy 103, 682–703. doi.org/10.1016/j.solener.2012.07.003.

[31] Scharf, B. 2020: Plants in Cities. Effects of Green Infrastructure on Urban Energy and Water Balance. Dissertation, Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau (IBLB), BOKU-Universität für Bodenkultur Wien.

[32] Scharf, B., Kraus, F. 2019. Green Roofs and GREENPASS. Buildings Special Issue: Quantification of Green Roof Benefits and the Implementation into Urban Politics; MDPI AG; St. Alban-Anlage 66, 4052 Basel, Switzerland. ISSN 2075-5309.

[33] Scharf, B., Pitha, U., Trimmel, H. 2012. Thermal performance of green roofs. [World Green Roof Congress Copenhagen 2012 Urban Grey to Urban Green, Copenhagen, SEP 18-21, 2012] In: World Green Roof Congress, Urban Grey to Urban Green.

[34] Scharf, B., Pitha, U., Trimmel, H. 2013. Resilience of Cityscapes. [50th IFLA World Congress, Shard Wisdom in an Age of Change, Auckland, APR 10-12, 2013] In: IFLA, Renee Davies (Ed.), Dr. Diane Menzies (Ed.), Proceedings for the 50th IFLA World Congress, ISBN 978-0-473-24360-9 2012.

[35] Schmidt, M. 2010. Ecological design for climate mitigation in contemporary urban living. International Journal Water, Vol. 5, No. 4: 337.doi.org/10.1504/IJW.2010.038727.

[36] Squier, M., Davidson, C., 2016. Heat flux and seasonal thermal performance of an extensive green roof. Building and Environment 107, 235 – 244.

[37] Statistik Austria 2020. Bevölkerungsprognose 2020; Pressemitteilung: 12.374-214/20. Online: https://www.statistik.at/web_de/presse/124763.html [201-02-12].

[38] UN 2018a. World Urbanization Prospects: The 2018 Revision. United Nations, Department of Economic and Social Affairs. Online: https://www.un.org/development/desa/publications/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html [21-02-26].

[39] UN 2018b. Ecosystem-based adaptation. United Nations Environment Programme. Online: https://www.unenvironment.org/explore-topics/climate-change/what-we-do/adaptation-and-resilience/ecosystem-based-adaptation [2021-02-17].