



Azra Korjenic und Jutta Hollands

Abb. 1: Blick in den Hof des Bundesgymnasiums und -realgymnasiums Wien 7 – GRG 7

# Vertikale Begrünung reduziert den Wärmestrom durch die Fassade

## Wie begrünte Fassaden die Temperaturen im Gebäude beeinflussen

An drei Forschungsprojekten in Wien wurde untersucht, ob vertikale Begrünungen zur Erhöhung der Energieeffizienz des Gebäudes beitragen. Es konnte gezeigt werden, dass Fassadenbegrünungen sowohl zur Verbesserung der thermischen Dämmung von schwach oder nicht gedämmten Fassaden im Winter führen als auch die sommerliche Überwärmung reduzieren. Begrünungssysteme werfen folglich Fassaden nicht nur optisch auf, sondern verringern auch den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck eines Gebäudes.

Die unaufhaltsame Verstädterung verschlingt große Mengen an Freiflächen und ersetzt sie durch versiegelte Flächen, z. B. aus Asphalt sowie durch Gebäude. Die daraus resultierenden thermischen Eigenschaften der bebauten Umgebung, wie eine geringere Albedo, eine höhere thermische Speichermasse und die fehlende Evapotranspiration, führen in städtischen Gebieten zu dem Phänomen, das als städtischer Wärmeinseleffekt (engl. Urban Heat Island, UHI) bekannt ist. Als Lösung, dem UHI-Effekt entgegenzuwirken, bietet sich die Strategie an, Natur in die Stadtlandschaft zurückzubringen. Mit dem Ziel, einen neuen nachhaltigen städtischen Lebensstil zu schaffen, soll die Symbiose zwischen Natur und Stadt gestärkt werden. Die Begrünung von Bauwerken kann und soll dabei ein Schlüsselement dieser Transformation sein. Da die Außenflächen von Gebäuden einen großen Raum für die Vegetation in den Städten bieten, hat sich die Begrünung von Dächern und Fassaden als äußerst innovativ in den Bereichen der Ökologie, des Gartenbaus und der Baubranche erwiesen. Aufgrund der großen Menge an verfügbaren Gebäudewänden bieten vertikale Begrünungsmaßnahmen durch die hervorgerufene Evapotranspiration, Verdunstung und Beschattung großes Potenzial zur Abschwächung des UHI-Effekts.

### Verbesserung der thermischen Eigenschaften

Wie Untersuchungen gezeigt haben, stellt die vertikale Begrünung ein sehr wirkungsvolles Instrument zur Verbesserung der thermischen Dämmung von schwach oder nicht gedämmten Gebäudeaußenhüllen im Winter, sowie eine Maßnahme gegen sommerliche Überwärmung dar und kann somit zu einer erhöhten Energieeffizienz beitragen. Relevant ist dabei der Wärmedurchgangskoeffizient, auch U-Wert genannt. Dieser gibt die Wärmemenge in Watt (W) an, die durch eine Bauteilfläche von einem Quadratmeter bei einer

#### KERNAUSSAGEN

- Gebäudebegrünung kann dem Hitzeinseleffekt entgegenwirken.
- Der U-Wert der untersuchten ungedämmten Fassaden wird durch die Wandbegrünung gesenkt.
- Begrünte Fassaden erzielen eine höhere Fassadenoberflächentemperatur im Winter und eine niedrigere im Sommer als unbegrünte Fassaden.



© Technische Universität Wien, Forschungsbereich Ökologische Bautechnologien

Abb. 2: Die unbegrünte Referenzwand (links) und die mit Efeu begrünte Fassade (rechts) am Standort Kopalgasse 7, Wien

Temperaturdifferenz von einem Kelvin (K) hindurchfließt. Je kleiner der U-Wert einer Außenwand demnach ist, desto weniger Wärme entweicht durch diese im Winter vom beheizten Innenraum nach außen.



© Technische Universität Wien, Forschungsbereich Ökologische Bautechnologien

Abb. 3: Das wandgebundene Trogssystem an einer Außenfassade der Schule GRG 7, Wien

Die Begrünung eines nicht gedämmten Bauteils kann diesen positiv beeinflussen. Dieser Einfluss wurde in mehreren Forschungsvorhaben der TU Wien messtechnisch untersucht. Zu diesen zählen unter anderem:

- Bundesgymnasium und Bundesrealgymnasium Wien 7 – GRG 7 (Projekt GrünPlusSchule),
- Wohnhaus Kopalgasse 7, Wien (Projekt MA 19),
- ehemaliges E-Werk Muthgasse 109, Wien (Projekt MA 19).

## Arten der Begrünung

Für eine vertikale Begrünung an Außenwänden von Gebäuden gibt es verschiedene Möglichkeiten. Im Falle der Projekte MA 19, Kopalgasse 7 (Abb. 2) und Muthgasse 109 (Abb. 4), wurde auf Efeu (*Hedera Helix*), eine selbstklimmende Kletterpflanze, zurückgegriffen. Als bodengebundene Begrünung mit einer selbstklimmenden Pflanze ist diese Art der Begrünung mit dem vergleichsweise geringsten technischen Aufwand verbunden: Einmal im Boden vor der Fassade gepflanzt, wächst diese Art von selbst die Wand empor, lediglich ein regelmäßiger Rückschnitt (alle 1 bis 3 Jahre)

© Technische Universität Wien, Forschungsbereich Ökologische Bautechnologien



Abb. 4: Die begrünte Fassade des ehemaligen E-Werks in der Muthgasse 109, Wien



Abb. 5: Efeu am Standort Kopalgasse 7



Abb. 6: Wandgebundenes Kassettensystem am Standort GRG 7

sowie etwaige Befestigungen bei starkem Wuchs sind hierfür notwendig.

Für die Schule GRG 7 in Wien kamen fassadengebundene Begrünnungssysteme zum Einsatz. Auf den Außenwänden der GRG 7 wurden ein Trogsystem und ein Kassettensystem installiert. Das Trogsystem besteht aus 27 Reihen Aluminiumtrögen, die mit einem Substrat aus einer Mischung aus Ziegelsplitt und Kompost befüllt sind. Es ist mit einer Mischung unterschiedlicher (teilweise wintergrüner) Staudenarten bepflanzt (s. Abb. 3: GRG 7). Das wandgebundene Kassettensystem besteht aus einem substratgefüllten Pflanzkorb aus Aluminium. Beide Systeme wurden mit einem Hinterlüftungsspalt von 4 bis 5 cm an der Fassade befestigt. Im Vergleich zu bodengebundenen Begrünnungen können fassadengebundene Begrünnungssysteme auch dort eingesetzt werden, wo am Boden kein Platz für den Wurzelraum der Pflanzen vorhanden ist, so wie es in diesem Fall durch den Schulhof mit Fußballplatz der Fall war.

## Berechnung des U-Werts der Wände

Der U-Wert kann aus dem Wärmestrom im stationären Zustand und der Temperaturdifferenz zwischen bei-

den Seiten des Systems bestimmt werden. Desto kleiner der U-Wert, desto besser die Wärmedämmeigenschaften.

$$U = \frac{q}{(T_i - T_e)} = \frac{1}{R_T}$$

q: Wärmestrom (W/m<sup>2</sup>)

T<sub>i</sub>: Raumtemperatur innen (°C)

T<sub>e</sub>: Raumtemperatur außen (°C)

Stationär bedeutet hierbei, dass es sich um einen zeitlich nicht veränderlichen Zustand handelt. Dieser ist bei Messungen unter Realbedingungen, so wie sie in den Forschungsprojekten durchgeführt wurden, jedoch nicht gegeben. Als Annäherung erfolgte daher die explizite Filterung der umfangreichen Messdaten nach bestimmten Kriterien, um einen quasi-stationären Zustand zu erreichen. Hierzu zählte zum Beispiel, dass der Temperaturunterschied zwischen Innenluft und Außenluft größer als 15K sein muss und dass der Unterschied der Oberflächentemperatur zwischen der Innen- und Außenseite der Fassade mehr als 15K betragen muss. Dies stellt sicher, dass lediglich kalte Wintertage ohne aufgeheiztes Mauerwerk berücksichtigt werden. Weitere Filter geben vor, dass lediglich Messwerte für

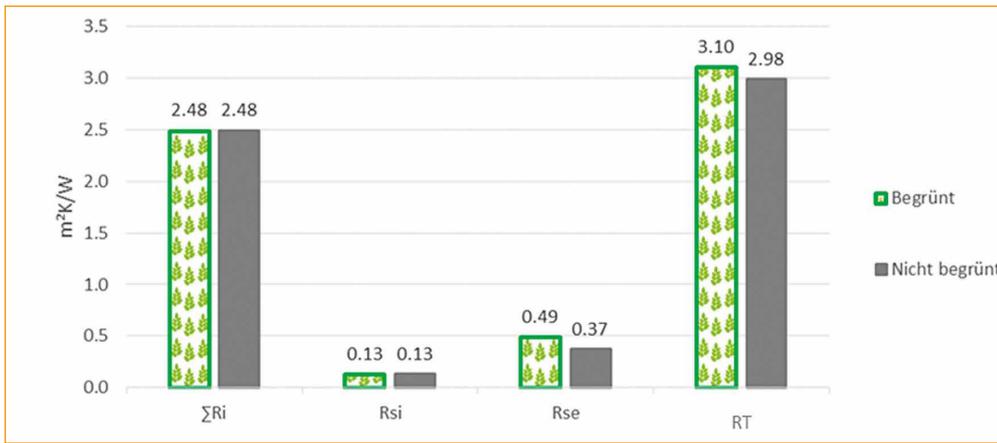


Abb. 7: Wärmedurchgangswiderstände der nicht begrünt und der begrünt Fassade mit kleinflächigem Begrünungssystem ohne Verblendung

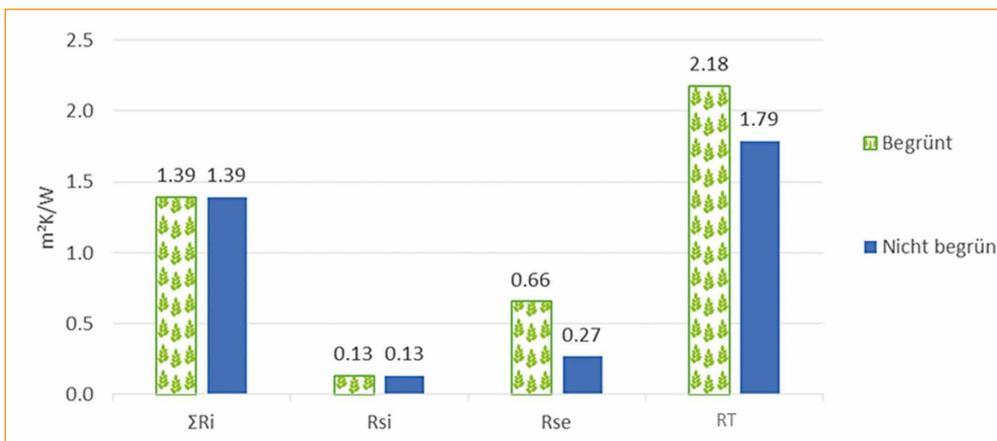


Abb. 8: Wärmedurchgangswiderstände der nicht begrünt und der begrünt Fassade mit großflächigem Begrünungssystem mit Verblendung

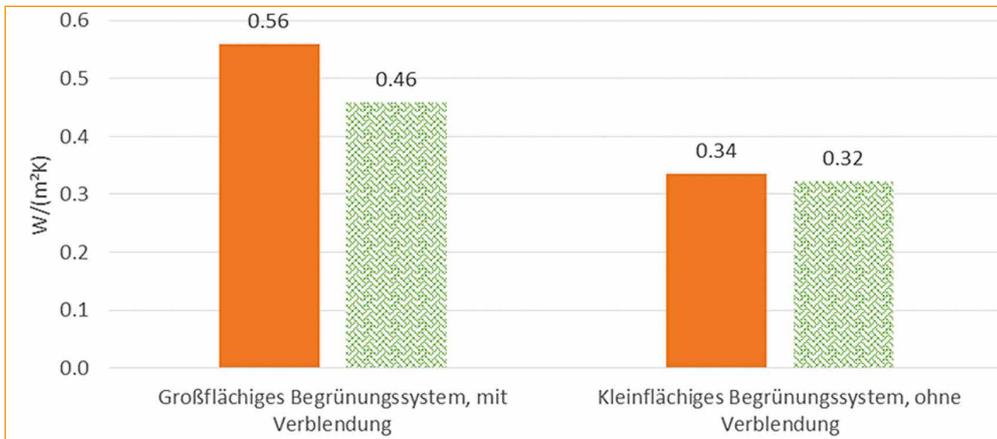


Abb. 9: U-Werte der begrünt und der nicht begrünt Fassade des großflächigen Begrünungssystems mit Verblendung und des kleinflächigen Begrünungssystems ohne Verblendung

die Ermittlung des U-Werts berücksichtigt werden, wenn in den letzten 24 Stunden weitgehend stationäre Bedingungen (mit weniger als 2K Schwankung) gegeben waren.

Die Berechnung des U-Werts eines Bauteils erfolgt als Summe der Wärmedurchlasswiderstände der einzelnen Bauteilschichten in Abhängigkeit ihrer Dicke und Wärmeleitfähigkeit und den inneren und äußeren Wärmeübergangswiderständen ( $R_{si}$  bzw.  $R_{se}$ ). Die Funktionsweise einer fassadengebundenen Begrünung folgt aus bauphysikalischer Perspektive der einer vorgehängten hinterlüfteten Fassade. Sie nimmt demnach weder Einfluss auf den Wärmedurchlasswiderstand der bestehenden Wand noch auf den inneren Wärmeübergangswiderstand. Es verändert sich jedoch der äußere Wärmeübergangswiderstand.

Es wird zur Berechnung demnach nicht der in der Norm festgesetzte  $R_{se}$ -Wert für vertikale Bauteile herangezogen, sondern ein neuer  $R_{se}$ -Wert nach den durchgeführten Insitu-Messungen bestimmt. Die Berechnung dieses  $R_{se}$ -Werts erfolgt basierend auf den gefilterten Messergebnissen.

### Verbesserte thermische Qualität durch fassadengebundene Begrünung

Nach den durchgeführten Messungen und Berechnungen konnten für die Schule GRG 7 durch die Begrünung die im Folgenden dargestellten Verbesserungen erreicht werden. Die Messungen wurden über drei Jahre an einer nicht gedämmten Ziegelwand durchgeführt. Es ist zu erkennen,



Abb. 10: Platzierung der Sensoren für die Messungen des U-Werts am Standort Muthgasse 109

dass sich sowohl die Größe des Begrünungssystems sowie das Vorhandensein einer Verblendung am Rand der Begrünung auf den U-Wert auswirken. Neben der gleichbleibenden Summe der Wärmedurchlasswiderstände der einzelnen Schichten des Wandaufbaus  $\Sigma R_i$  und dem unveränderten inneren Wärmeübergangswiderstand  $R_{si}$  steht die auf Basis der Messergebnisse berechnete Verbesserung des äußeren Wärmeübergangswiderstands  $R_{se}$  für ein kleinflächiges,

unverblendetes Begrünungssystem (Abb. 7) sowie ein großflächiges, verblendetes Begrünungssystem (Abb. 8).

Zusammenfassend kann demnach festgestellt werden: Entscheidend für die thermische Dämmung ist das Reduzieren der Hinterlüftungsöffnungen und Erhöhen der durchgängigen Begrünungsfläche. An ungedämmten Gebäuden wurde eine Verbesserung des U-Werts von ca. 20 Prozent gemessen (Abbildung 8). Je thermisch schlechter

DIE AUTORINNEN

Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Azra Korjenic  
azra.korjenic@tuwien.ac.at



ist ordentliche Universitätsprofessorin und Leiterin des Lehrstuhls »Ökologische Bautechnologien« an der Fakultät für Bau- und Umweltingenieurwesen der Technischen Universität Wien, wo sie 2003 doktorierte und 2012 habilitierte. Sie leitet zahlreiche Forschungsprojekte, ist Boardmitglied und Gutachterin verschiedener internationaler Zeitschriften und Konferenzen, Mentorin und Mitglied diverser Kommissionen für Doktorarbeiten in verschiedenen Ländern sowie Mitglied vieler wissenschaftlicher Organisationen. Für ihre Forschungsarbeit hat sie zahlreiche wissenschaftliche Auszeichnungen und Preise erhalten. Ihre Forschungsaktivitäten decken ein breites Spektrum von Themen ab: Entwicklung neuer ökologischer Materialien und Konstruktionen, Gebäudebegrünung, grüne und intelligente Städte, Bauphysik, innovatives und nachhaltiges Bauen etc.

Dipl.-Ing. Dr. techn. Jutta Hollands  
jutta.hollands@tuwien.ac.at



Nach dem Bachelorstudium des Wirtschaftsingenieurwesens, Fachrichtung Bauingenieurwesen an der TU Berlin und dem Abschluss des Masterstudiums an der TU Wien ist Jutta Hollands seit 2018 Assistentin am Forschungsbereich Ökologische Bautechnologien an der TU Wien. Sie promovierte dort 2021.

Technische Universität Wien | Fakultät für Bau- und Umweltingenieurwesen | Institut für Werkstofftechnologie, Bauphysik und Bauökologie  
Forschungsbereich Ökologische Bautechnologien | Karlsplatz 13/207-03 | A-1040 Wien | www.obt.tuwien.ac.at

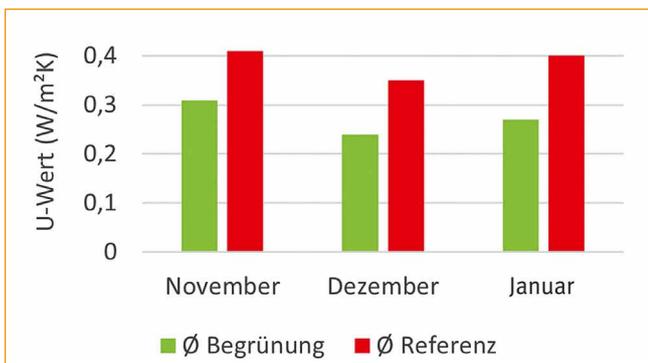


Abb. 11: U-Wert Kopalgasse, Vergleich der berechneten U-Werte der begrünten und der Referenzwand in den Wintermonaten November, Dezember, Januar

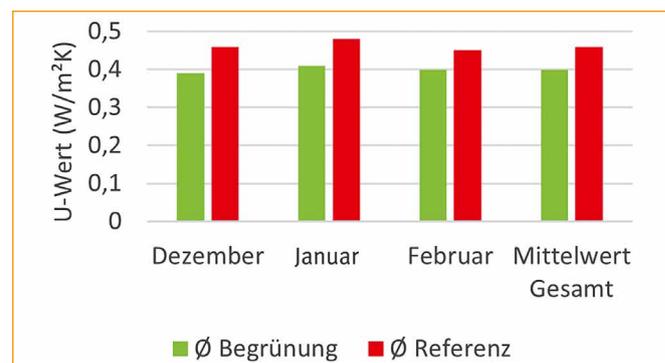


Abb. 12: U-Wert Muthgasse, Vergleich der berechneten U-Werte der begrünten und der Referenzwand in den Wintermonaten Dezember, Januar, Februar sowie der gesamte Mittelwert

die Bestandskonstruktion ist, desto höher ist die Verbesserung, die erreicht werden kann. Bei thermisch optimierten Konstruktionen (Niedrigstenergie-, Passivhaus etc.) ist keine Verbesserung der U-Werte durch die Fassadenbegrünung möglich.

## Kletterpflanzen als Lowtech-Alternative

Ziel des Forschungsprojekts MA 19 war die Erfassung der Auswirkungen von selbstklimmenden Kletterpflanzen auf die Dämmeigenschaften mit einem Fokus auf die unterschiedlichen Effekte im Winter (Wärmestrom und U-Wert) und Sommer (Oberflächentemperaturen). Hierzu wurden an zwei Standorten Messungen durchgeführt. Abb. 10 zeigt die Platzierung der Messensoren an einem der beiden Standorte.

Unabhängig von den Jahreszeiten Winter und Sommer, konnte anhand der durchgeführten Untersuchungen eindeutig ein positiver Effekt der Begrünung an beiden Standorten festgestellt werden. Durch die Reduktion des U-Werts im Winter (Abb. 11 und 12) wird der Heizwärmebedarf verringert und im Sommer kann die Oberflächentemperatur im Innenraum gesenkt werden. Gleichzeitig verhindert die Begrünung große Temperaturmaxima und Temperaturschwankungen an der außen liegenden Oberfläche des Gebäudes, wodurch die Belastung der Baumaterialien durch Temperaturwechsel vermindert wird. Gleichzeitig verringert die Begrünung teilweise aber auch das Auskühlen in der Nacht. Da der Wärmestrom von der Temperaturdifferenz zwischen innen und außen abhängig ist, hat die Begrünung in der Übergangszeit keinen wesentlichen Effekt darauf.

## Fazit

Die Versiegelung in städtischen Gebieten nimmt weiterhin zu und belastet die sich dort aufhaltenden Menschen mit den daraus resultierenden negativen Effekten. Um diesen negativen Auswirkungen entgegenzuwirken, können unterschiedliche Fassadenbegrünungssysteme eingesetzt werden. Neben der optischen Aufwertung von Außenwänden sorgen Begrünungssysteme für Vorteile im thermischen Bereich, sowohl im Inneren als auch Äußeren der begrünten Gebäude. Durch Evapotranspiration, Verdunstung und Beschattung kann der sommerlichen Überwärmung entgegengewirkt und durch die U-Wert-Senkung bei nicht ge-

dämmten Fassaden können die Wärmedämmeigenschaften der Außenwand verbessert werden, wie an den drei untersuchten Standorten gezeigt wurde. Dies führte zu höheren Temperaturen an der Fassadenoberfläche im Winter und niedrigeren Temperaturen im Sommer.

## Literatur

- [1] Korjenic, Azra et al.: GrünPlusSchule@Ballungszentrum. Projektendbericht. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2018
- [2] Korjenic, Azra et al.: GRÜNEZukunftSCHULEN. Publizierbarer Endbericht. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2020
- [3] Korjenic, Azra et al.: MehrGrüneSchulen. Publizierbarer Endbericht. URL: <https://smartcities.at/projects/mehrgrueneschulen/> [Abruf: 07.08.2023]
- [4] Pichlhöfer, Alexander; Korjenic, Azra; Sulejmanovski, Abdulah; Streit, Erich: Influence of Facade Greening with Ivy on Thermal Performance of Masonry Walls. Sustainability, 15(12) (2023), Article 9546. <https://doi.org/10.3390/su15129546> [Abruf: 07.08.2023]
- [5] Tudiwer, David; Hinterseer, Simon; Korjenic, Azra: Erforschung von Grünfassaden hinsichtlich deren wärmedämmenden Wirkung mittels flächigen Wärmeflussmessungen. Projektendbericht. Wien: Technische Universität Wien, 2015
- [6] Tudiwer, David: Einflüsse vertikaler Gebäudebegrünung auf Wärmeschutz, sommerliche Überwärmung und hygrothermische Behaglichkeit. Dissertation. Wien: Technische Universität Wien, 2019
- [7] Tudiwer, David; Korjenic, Azra: The effect of living wall systems on the thermal resistance of the façade. Energy Build 40 (2017), Nr. 135, S. 10–19
- [8] Tudiwer, David; Teichmann, Florian; Korjenic, Azra: Thermal bridges of living wall systems. Energy Build 42 (2019) Nr. 205, Artikelnummer: 109522
- [9] Tudiwer, David; Hollands, Jutta; Korjenic, Azra: Berechnung der Kühlgestehungskosten von fassadengebundenen Begrünungssystemen im städtischen Raum. Bauphysik 41 (2019), Nr. 2, S.120–124
- [10] Salonen, Tarja; Hollands, Jutta; Sesto, Eldira; Korjenic, Azra: Thermal Effects of Vertical Greening in Summer: An Investigation on Evapotranspiration and Shading of Façade Greening in Vienna. Buildings 12 (2022). <https://doi.org/10.3390/buildings12101705> [Abruf: 07.08.2023]
- [11] Hollands, Jutta; Sesto, Eldira; Korjenic, Azra: Thermal Comfort in a Greened Office Building: Investigation and Evaluation through Measurement and Survey. Sustainability 14(2022) Nr. 21, Article 14450. <https://doi.org/10.3390/su142114450> [Abruf: 07.08.2023]