

Alles im grünen Bereich?

Simulation des Einflusses von Grünfassaden auf den Energiebedarf von Gebäuden

MASTERARBEIT
Maria Hartmann

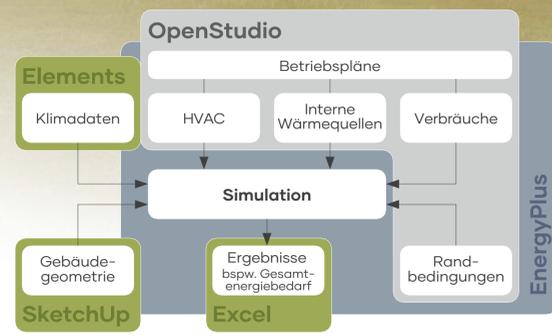
Betreuung
Prof. Dr.-Ing. Conrad Völker
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Ruth
Dr.-Ing. Hayder Alsaad



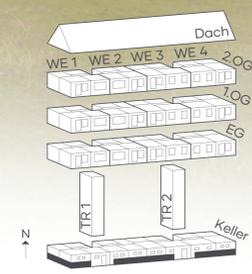
ZIELSETZUNG

- Simulation des Nutzenergie-Einsparpotentials einer wandgebundenen Grünfassade:** Ganzjährig und unter gemäßigten Klimabedingungen
- Ermittlung eines optimalen Begrünungsszenarios für das Beispielgebäude:** Sensitivitätsanalyse mit Begrünung in vier verschiedenen Himmelsrichtungen sowie mit vier Bedeckungsgraden
- Einordnung der energetischen Performance:**
 - durch den Vergleich mit zwei Sanierungsmaßnahmen der Fassade
 - durch Begrünung verschiedener Wandaufbauten

METHODIK



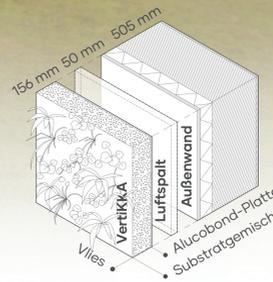
1 Verwendete Software mit In- und Output



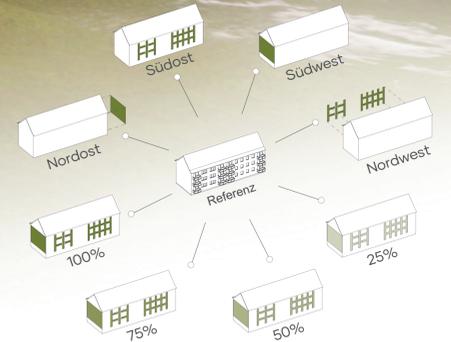
2 Unterteilung in thermische Zonen



3 Ergebnisse der Validierung des Referenzgebäudes



4 Wandaufbau mit hinterlüfteter Grünfassade VertiKKA



5 Sensitivitätsanalyse für ein optimales Begrünungsszenario

Als Referenz diente ein Wohngebäude in Großbröningen, nördlich von Weimar. Dabei handelt es sich um einen 1979 errichteten Mauerwerksbau, dessen thermische Hülle in den 90ern durch ein Wärmedämmverbundsystem (WDVS) saniert wurde. Der U-Wert der Außenwand liegt bei $0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$, der der Fenster bei $1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Die Simulationen basierten auf folgenden Annahmen:

- Interne Wärmequellen:** Personen und Geräte 100 W/m^2
- Ventilation & Infiltration:** Grundluftwechsel von $0,5 \text{ h}^{-1}$
Erhöhter Tag- und Nachtluftwechsel 2 h^{-1} bzw. 3 h^{-1}
- Heizperiode:** 15.09. - 15.05. $T_{\text{soil}} = 20^\circ\text{C}$
- Kühlperiode:** 16.05. - 14.09. $T_{\text{soil}} = 23^\circ\text{C}$

Die thermischen Zonen sind ein zentraler Bestandteil des Simulationsmodells. Sie beschreiben das Luftvolumen des Raumes sowie die Wärmeübertragungsflächen. Den Gebäudebereichen in Abb. 2 wurden separate thermische Zonen zugewiesen. Da Wohneinheiten mit drei Fassadenseiten auch großflächiger als solche mit zwei Fassadenseiten begrünt werden konnten, war für diese auch ein höheres Einsparpotential zu erwarten.

Das Referenzmodell wurde anhand von Verbrauchsdaten aus drei Jahren validiert (Abb. 3). Der relative Fehler von durchschnittlich 18% kann verschiedene Ursachen haben. Zu diesen zählen das individuelle Heiz- und Lüftungsverhalten, interne Wärmequellen sowie ein abweichender Wirkungsgrad der Gaszentralheizung in der Realität. Darüber hinaus wurde der Energiebedarf zur Trinkwassererwärmung in den Simulationen vernachlässigt.

Da keine Gebäudesimulationssoftware über ein standard-integriertes Grünfassadenmodell verfügt, wurde das sogenannte Green-Roof-Modell von Energy Plus vertikal angewandt. Damit einher gingen physikalische Vereinfachungen. Die Hinterlüftung der Grünfassade wurde gemäß Abb. 4 als thermische Zone realisiert. Diese wurde nach Testsimulationen wind- und temperaturabhängig mit durchschnittlich 288 h^{-1} belüftet.

Orientierung und Bedeckungsgrad: Gemäß Abb. 5 wurden acht Begrünungsszenarien simuliert. Begrünt wurde die Fassade mit quadratischen Modulen mit einer Kantenlänge von 80 cm .

Sanierungsmaßnahmen: Weiterhin wurden die energetische Wirkung der Grünfassade mit zwei Sanierungsmaßnahmen verglichen, welche den U-Wert der Außenwand von $0,33$ auf $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ senkten.

Diese waren:

- Die Erweiterung der vorhandenen 10 cm Polystyrolschaumdämmung (10P) auf 15 cm (15P)
- Der Ersatz mit 14 cm Hanffaserdämmplatten (14H)

Verschiedene Wandaufbauten: Schließlich wurde die Wirkung der Grünfassade (+V) an den Wandaufbauten 10P, 15P und 14H sowie an einer ungedämmten Wand (Keine) untersucht.

ERGEBNISSE NUTZENERGIEEINSPARUNGEN

Orientierung: Heizwärme- und Kühlbedarf konnten am stärksten durch Begrünung der Südostfassade gesenkt werden. Dort verschattete die Grünfassade im Sommer am effektivsten. Im Winter wirkte sie als Windbarriere für den vorherrschenden Westwind.

Bedeckungsgrad: Bei vollständiger Bedeckung wurden zwar maximale Einsparungen erzielt, doch 75 und 50% Bedeckung reduzierten die Bedarfe effizienter.

Sanierungsmaßnahmen: Diese waren um 2,8% wirkungsvoller als die vollständige Begrünung.

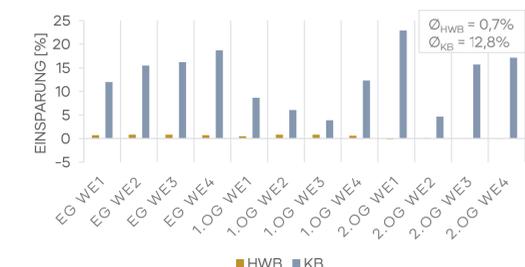
Verschiedene Wandaufbauten: Die Grünfassade war wirksamer, je schlechter das Referenzgebäude gedämmt war.

DISKUSSION

Die Ergebnisse dieser Arbeit kongruieren mit denen anderer Studien (Abb. 10). Auch wenn die ganzjährigen Einsparungen im mitteleuropäische Klima sehr gering ausfielen, werden die Senkungen des Kühlenergiebedarfs in Zeiten der globalen Erwärmung eine immer bedeutendere Rolle spielen.

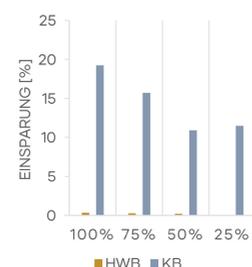
Südostfassade
Ganzjährig 0,5%
Kühlperiode 10,8%
Heizperiode 0,4%

Ganzjährig so gering?
Ja. Beträgt der Kühlbedarf nur 0,8% des jährlichen Gesamtbedarfs, fallen die Kühlinsparungen nur marginal ins Gewicht.



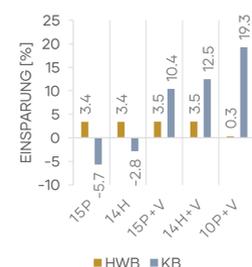
6 Durch Begrünung der Südostfassade

100% Bedeckung
Ganzjährig 0,5%
Kühlperiode 19,3%
Heizperiode 0,3%



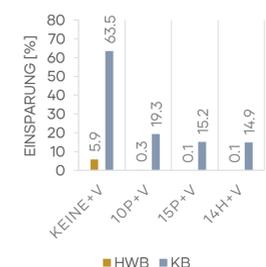
7 Bei verschiedenen Bedeckungsgraden

Polystyrol-Aufdopplung (15P) u. Hanffaserdämmung (14H):
Ganzjährig 3,3%

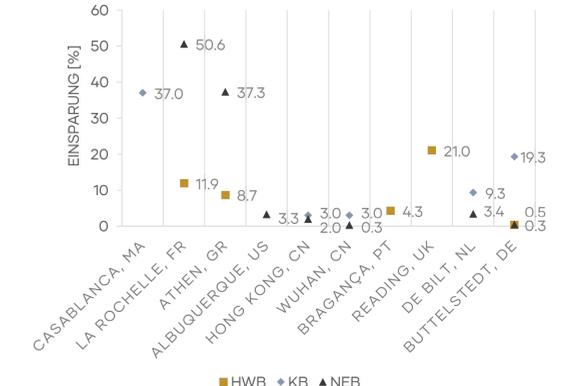


8 Bei verschiedenen Sanierungsmaßnahmen im Vergleich zum Referenzgebäude

VertiKKA an ungedämmter Wand (Keine+V):
Ganzjährig 6,2%



9 mit 100% Bedeckung bezogen auf verschiedene Wandaufbauten



10 Literaturvergleich von simulierten und gemessenen jährlichen Nutzenergieeinsparungen durch Grünfassaden