

Welche alternativen, passiven Formen der Gebäudekühlung können zum Einsatz kommen, die ohne zusätzlichen Energieaufwand funktionieren?

Bau & Gebäude — Thema 2.2: Gebäudekühlung in der Bestandsstadt · Status: drafted · Quellen: 6 · Bewertet: 2026-06-22 · Modell: claude-opus-4-8@prompts/synthesis.v2.md

KI-Eignungs-Score: MITTEL

Sum-Regel $D1+D2+D3+D4 = 2+2+2+3 = 9 \rightarrow$ medium ($7 \leq \text{sum} \leq 9$). D1 (Datenverfügbarkeit): EU-Datensätze adaptierbar plus teilweise Wien-OGD — MA-22-Stadtklima-/Hitzeinsel-Geodaten, Solarpotenzialkataster, Gebäudetypologien und Copernicus stehen bereit, aber gebäude-genaue Kühllast-Daten fehlen im Wohnbestand (MA-20-Datenlücke). D2 (Aufgabentyp): eine klare KI-Aufgabe (simulationsbasierte Bewertung passiver Maßnahmen) mit adjazenten Hebeln (Mikroklima-/Hitzeinsel-Mapping, Multi-Varianten-Optimierung der Verschattungs-/Begrünungsplatzierung). D3 (Methoden-Reife): hybrid — Mikroklima-Modellierung (ENVI-met) ist in DACH feldvalidiert, die KI-gestützte Auswahl passiver Maßnahmen bleibt aber Forschungs-/Planungsstadium, nicht produktiver Smart-City-Regelbetrieb. D4 (Ethik/Recht): unkritisch — keine personenbezogenen Daten, kein AI-Act-Anhang-III-Hochrisiko, ausschließlich Geo-/Gebäudedaten. Keine Override aktiv. Ehrliche Einordnung: die Frage ist primär bauphysikalisch-gestalterisch — KI ist Entscheidungs-Unterstützung (Simulation/Mapping), nicht die Substanz der Antwort.

Anwendungsfälle:

- Mikroklima-Simulation auf MA-22-Stadtklima-Geodaten (ENVI-met-Parametrisierung) zur Vorab-Bewertung, welche passive Maßnahme — außenliegende Verschattung, Fassaden-/Dachbegrünung, Entsiegelung — pro Wiener Bestands-Block die größte Kühlwirkung bringt, vor baulicher Umsetzung.
- Pattern-Recognition-Mapping der Hitzeinsel-Schwerpunkte (MA-22-Index, Sentinel-2) zur Priorisierung von Begrünungs- und Verschattungs-Investitionen in den exponierten Bestandsbezirken (10., 15., 20.) — Field-Validierung via In-Situ-Sensorik bleibt nötig.
- Multi-Varianten-Optimierung der ganzjährigen Heiz-Kühl-Bilanz im Gebäudebestand (Bauteilaktivierung, Speichermasse, Nachtlüftung) per bauphysikalischer Simulation, um Maßnahmen-Pakete zu finden, die Kühlbedarf senken ohne Heizbedarf zu erhöhen.

Methodische Grundlagen

- **Datenbanken:** Wien-OGD (data.wien.gv.at, MA-22-Stadtklimaanalyse), OpenAlex, Crossref, EEA-Datenbank, Copernicus, Scopus
- **Suchstrings:** „passive cooling building shading night ventilation thermal mass Vienna“, „nature-based solutions urban cooling energy saving green facade“
- **Datum:** 2020-01-01 — 2026-06-22
- **Letzter Suchlauf:** 2026-06-22
- **Einschluss:** Wien-Bezug/DACH/EU-übertragbar; ≥ 2020 ; peer-reviewed oder institutionell (MA 20/MA 22/BOKU/EEA/Nature Cities); DE/EN; Volltext zugänglich; Fokus auf passive, energiefreie Kühlhebel.
- **Ausschluss:** Conference-Abstracts ohne Proceedings; aktive/maschinelle Kühlung (Klimaanlagen, Fernkälte, reversible Wärmepumpen $\rightarrow$ WFK-2.2.2a); Predatory Journals; Pre-Print ohne Akzeptanz-Status; Quellen ohne DOI/Permalink ohne strukturellen Grund.
- **Gesichtete Treffer:** ~28 **Aufgenommene Quellen:** 6 (4 Wien/AT-Primär, 2 EU/Global)

Stand der Forschung

Passive Kühlung im Wiener Bestand stützt sich auf Hebel ohne zusätzlichen Energieaufwand: außenliegende Verschattung, Gebäude- und Fassadenbegrünung, thermische Speichermasse und kontrollierte Nachtlüftung [[2024-stadt-wien-klimafahrplan-gebaeude]]. Begrünung kühlt skalenabhängig: gebäude-skalige Maßnahmen (Dach-/Fassadengrün) liefern die beste Energie-Einsparung ($8,62 \pm 0,78 \%$), quartiers-skalige NBS die stärkste Lufttemperatur-Kühlung ($-2,22 \pm 0,25 \text{ °C}$) (*medium confidence; robust evidence, high agreement*) [[2025-nature-cities-nbs-cooling-energy]]. Außenliegende Beschattung wirkt als Strahlungsblockade vor dem Eintrag: Bäume senken die Temperatur auf Fußgänger-Niveau um bis zu 12 °C , doch die Wirkung variiert stark mit Stadtmorphologie und Baum-Eigenschaften — eine direkte Übertragung von Meso- auf Mikro-Skala ist nicht zulässig (*high confidence; robust evidence, high agreement*) [[2024-krayenhoff-pedestrian-cooling-mapping]]. Die Stadt Wien priorisiert den Vorrang passiver, grün-blauer Maßnahmen als Co-Benefits (thermischer Komfort, Quartiers-Aufwertung) im Klimafahrplan [[2024-stadt-wien-klimafahrplan-gebaeude]]; die EEA belegt für europäische Städte messbare Co-Benefits — Reduktion der Oberflächentemperatur in Hitze-Perioden — und führt Wiener Fallbeispiele (BeRTA, grüne Höfe) [[2024-eea-urban-adaptation-europe]]. Wichtig für die Verteilungs-Wirkung: Cooling-Kapazität durch Grünflächen ist global ungleich verteilt und in wohlhabenderen Quartieren konzentriert — Equity ist Policy-Aufgabe, nicht Default-Outcome [[2024-li-cooling-inequity]].

Forschungslücken

Es fehlt eine Wien-spezifische, longitudinale Feldstudie (≥ 3 Hitzeperioden), die die real gemessene Kühlwirkung kombinierter passiver Maßnahmen im bewohnten Bestand erfasst — die vorhandene Evidenz ist überwiegend simulations- oder fernerkundungsbasiert, und Remote-Sensing-Schätzungen überschätzen den realen Aufenthalts-Komfort auf Fußgänger-Niveau systematisch, weshalb In-Situ-Sensorik unverzichtbar bleibt [[2024-krayenhoff-pedestrian-cooling-mapping]]. Ungeklärt bleibt die Wirksamkeitsgrenze der Nachtlüftung im sich erwärmenden Wiener Klima: bei Tropennächten $> 20 \text{ °C}$ verschwindet das nutzbare Temperaturgefälle, doch wie oft passive Nachtlüftung künftig noch genügt, ist nicht für Wien quantifiziert [[2025-wien-energie-hitzetage-cooling-surge]]. Weiter offen ist eine konsistente Mehrwert-Quantifizierung passiver Maßnahmen: Wirtschaftlichkeitsstudien verwenden heterogene Bewertungsrahmen, was die Vergleichbarkeit erschwert [[2024-eea-urban-adaptation-europe]]. Schließlich fehlt eine methodisch belastbare ganzjährige Bewertung, die Heiz- und Kühlbedarf gemeinsam minimiert, statt — wie THEWOSAN/BeRTA bisher — primär die Heiz-Performance zu optimieren [[2024-stadt-wien-klimafahrplan-gebaeude]].

Trends & Entwicklungen

Im Horizont 2025–2030 verschiebt der Klimawandel die Rahmenbedingungen passiver Kühlung: 2024 wurden allein in der Wiener Innenstadt 53 Tropennächte gezählt, mit erster Tropennacht 2025 bereits Anfang Juni (*high confidence; robust evidence, high agreement*) [[2025-wien-energie-hitzetage-cooling-surge]]. Damit verliert die nächtliche Auskühlung als rein passiver Hebel an Verlässlichkeit, und der Fokus verlagert sich auf strahlungsblockierende (Verschattung, Begrünung) und speichernde (Bauteilaktivierung) Strategien [[2024-krayenhoff-pedestrian-cooling-mapping]]. Die EEA dokumentiert NPV-positive Sanierungs+Begrünungs-Pakete in dichten Quartieren, was passive Demand-Reduktion systemisch aufwertet [[2024-eea-urban-adaptation-europe]]. Programmatisch wächst in Wien die Kopplung passiver Maßnahmen an den Klimafahrplan-Sektorpfad als nahezu energiefreier Hebel (*medium confidence; medium evidence, medium agreement*) [[2024-stadt-wien-klimafahrplan-gebaeude]]. Begrünung etabliert sich als Mehrfach-Nutzen-Standard, der Gebäude- und Quartiersskala kombiniert [[2025-nature-cities-nbs-cooling-energy]].

KI-Eignungs-Bewertung

Die Frage ist primär bauphysikalisch-gestalterisch und erreicht eine **mittlere** KI-Eignung (Score medium, Rubric-Sum 9/12, D1=2 / D2=2 / D3=2 / D4=3). KI ist hier Entscheidungs-Unterstützung, nicht die Substanz der Antwort: die einschlägigen Aufgabentypen sind **Simulation** (Mikroklima-Modellierung der Kühlwirkung passiver Maßnahmen), **Pattern-Recognition** (Hitzeinsel-Mapping zur Begrünungs-Priorisierung) und **Optimization** (Multi-Varianten-Auslegung der ganzjährigen Heiz-Kühl-Bilanz) [[2025-nature-cities-nbs-cooling-energy]], [[2024-krayenhoff-pedestrian-cooling-mapping]]. Konkreter Wien-Use-Case: ENVI-met-gestützte Mikroklima-Simulation auf Stadtklima-Geodaten, um pro Bestands-Block vorab zu bewerten, welche passive Maßnahme die größte Kühlwirkung bringt — mit zwingender In-Situ-Validierung, da Remote-Sensing den Pedestrian-Level-Effekt überschätzt [[2024-krayenhoff-pedestrian-cooling-mapping]]. Datenseitig sind Geodaten, Solarkataster und Copernicus adaptierbar, gebäude-genaue Kühllast-Daten fehlen jedoch [[2024-stadt-wien-klimafahrplan-gebaeude]]. Die Methoden-Reife ist hybrid: Mikroklima-Modellierung ist feldvalidiert, die KI-gestützte Maßnahmen-Auswahl bleibt Forschungsstadium. D4 ist unkritisch (keine personenbezogenen Daten, kein AI-Act-Anhang-III-Hochrisiko); keine Override aktiv.

Methodische Einschränkungen

1. **Single-Screener-Recherche** durch Bernhard Götzendorfer mit KI-Assistenz (Claude Opus 4.8, 1M context). 2. **Suchsprache DE/EN** — Literatur in anderen EU-Sprachen möglicherweise unterrepräsentiert; Mitigation: EU-Layer-Quellen (EEA, Nature) sind EN verfügbar, Wien-Kontext priorisiert DE-Primärquellen (MA 20/22, BOKU). 3. **Stand der Recherche: 2026-06-22** — Updates in separaten Brief-Versionen (ADR-0002/0004); bei zeitkritischen Klimadaten halbjährliches Re-Screening. 4. **Keine formale Critical Appraisal** pro Quelle (kein GRADE/ROBINS-I); Qualität heuristisch via Whitelist-Tier + Peer-Review-Status. Die zentrale Mikroklima-Evidenz ist überwiegend simulations- bzw. fernerkundungsbasiert, nicht Wien-feldvalidiert — die IPCC-Tags markieren diese begrenzte Evidenz pro Key-Claim.

Quellen

2025-nature-cities-nbs-cooling-energy — et al. (2025). Urban cooling and energy-saving effects of nature-based solutions across types and scales. *Nature Cities (Nature Portfolio)*. [CLOSED] DOI: [10.1038/s44284-025-00349-0](https://doi.org/10.1038/s44284-025-00349-0)

2024-stadt-wien-klimafahrplan-gebaeude — Stadt Wien, Klimaschutzkoordination; Wiener Stadtwerke (2024). Wiener Klimafahrplan — Sektor Gebaeude und Programm 'Raus aus Gas': Sanierungsrate, Tauschpfade, Wirtschaftlichkeit. *wien.gv.at* — Klimaschutz / Klimafahrplan. [GOLD] URL: <https://www.wien.gv.at/spezial/klimafahrplan/>

2024-eea-urban-adaptation-europe — European Environment Agency (EEA) (2024). Urban adaptation in Europe: what works? — Implementing climate action in European cities (EEA Report 06/2024). *EEA Report 06/2024, Publications Office of the European Union*. [GOLD] DOI: [10.2800/263898](https://doi.org/10.2800/263898)

2024-krayenhoff-pedestrian-cooling-mapping — Li, Haiwei; Zhao, Yongling; Wang, Chenghao; Ürge-Vorsatz, Diana; Carmeliet, Jan; Bardhan, Ronita (2024). Cooling efficacy of trees across cities is determined by background climate, urban morphology, and tree trait. *Communications Earth & Environment*, Vol. 5. [GOLD] DOI: [10.1038/s43247-024-01908-4](https://doi.org/10.1038/s43247-024-01908-4)

2024-li-cooling-inequity — Li, Yunzhu; Svenning, Jens-Christian; Zhou, Weiqi; Zhu, Kai; Abrams, Jesse F.; Lenton, Timothy M.; Ripple, William J.; Yu, Zhiyong; Teng, Shi-Ning; Dunn, Robert R.; Xu, Chi (2024). Green spaces provide substantial but unequal urban cooling globally. *Nature Communications*, Vol. 15, No. 1. [GOLD] DOI: [10.1038/s41467-024-51355-0](https://doi.org/10.1038/s41467-024-51355-0)

2025-wien-energie-hitzetage-cooling-surge — Wien Energie (2025). Vienna Energy: Up to 60 Percent More District Cooling Demand in Heat. *VOL.AT / APA-Coverage Wien Energie Pressekonferenz, 28.06.2025*. URL: <https://www.vol.at/vienna-energy-up-to-60-percent-more-district-cooling-demand-in-heat/9513140>

Wiener Forschende

- **Azra Korjenić** [Hochschule] — TU Wien
ORCID: 0000-0002-2904-9532
Profil: <https://orcid.org/0000-0002-2904-9532>
- **Kristina Orehounig** [Hochschule] — TU Wien
ORCID: 0000-0001-6491-7641
Profil: <https://orcid.org/0000-0001-6491-7641>
- **Thomas Bednar** [Hochschule] — TU Wien
ORCID: 0000-0003-1142-5517
Profil: <https://orcid.org/0000-0003-1142-5517>

Patenschaft

Magistratsdirektion – Baudirektion, Programmleitung Raus aus Gas

Wien Energie

MA 20 Energieplanung, Referat Erneuerbare Energie & Innovative Energielösungen (*Insb. Frage 2b*)

Wien Energie (*Dekarbonisierung Gebäudekühlung*)

Baudirektion, Kompetenzzentrum Bahninfrastruktur (*Spezialfrage*)