

Wie wirkt sich der Klimawandel auf den Kühlbedarf im Stadtgebiet aus?

Bau & Gebäude — Thema 2.2: Gebäudekühlung in der Bestandsstadt · Status: drafted · Quellen: 7 · Bewertet: 2026-05-09 · Modell: claude-opus-4-7@prompts/ai-rating.v1.md

KI-Eignungs-Score: HOCH

Sum-Regel $D1+D2+D3+D4 = 3+3+3+2 = 11 \rightarrow$ high. D1 (Datenverfügbarkeit): Wien-OGD-Stadtklimaanalyse, Copernicus-LST, ZAMG-Klima-Reanalyse, Wiener-Netze-Smart-Meter-Profile und EU-Cooling-Degree-Days sind direkt nutzbar — Skala 3. D2 (Aufgabentyp): Mehrere Aufgabentypen kombinierbar — Prediction (Cooling-Degree-Days, sommerliche Spitzenlast), Simulation (Gebäude-Last-Surrogate + Stadt-Klima-Mikroklima-Modelle), Optimization (Fernkälte-Ausbau, reversible Wärmepumpen-Einsatzplanung) und Pattern-Recognition (Hitzeinsel-Kartierung aus Sentinel-2 + Luftbildern). D3 (Methoden-Reife): Etabliert — Building-Energy-Simulation (EnergyPlus, IDA-ICE), CV auf Land-Surface-Temperature und Smart-Meter-Lastprognose werden EU-weit in Smart-City-Pilots produktiv eingesetzt; das MA-22-Energieflussmodell ist die lokale Vorlage. D4 (Ethik/Recht): Aggregierte Last- und Klimadaten unkritisch; Verteilungs-Mapping der 'kalten Kluft' auf Haushalts-Ebene DPIA-pflichtig — Aggregation auf Gebäude-/Bezirks-Ebene mitigiert das Risiko und bleibt im Standard-Compliance-Rahmen \rightarrow Skala 2 (moderat). Keine Override-Regel aktiv (D1, D2, D4 \neq 0).

Anwendungsfälle:

- Stundengenauere Kühlbedarfs-Prognose für den Wiener Bestand: Building-Energy-Simulation (EnergyPlus / IDA-ICE) auf MA-22-Stadtklimaanalyse-Daten + Copernicus-LST + ZAMG-Klimaszenarien, gekoppelt mit aggregierten Wiener-Netze-Smart-Meter-Profilen — Eingabe in MA-20-Pfadrechnung und Wien-Energie-Fernkälte-Ausbauplanung
- Hitzeinsel-+Kühlbedarfs-Overlay-Mapping: Pattern-Recognition auf Sentinel-2-LST und Stadt-Wien-OGD-Luftbildern zur Identifikation der Bestandsbezirke mit höchstem Kühlbedarfs-Anstieg (10., 15., 20.) und Priorisierung passiver Maßnahmen ('Raus aus dem Asphalt', Verschattungs-Programme)
- Optimierung des reversiblen Wärmepumpen-Einsatzes in Wiener Quartieren: kombinierte Heiz-Kühl-Lastflussplanung mit Niedertemperatur-Quellen (Donau, Donaukanal, Grundwasser) gemäß MA-22-Energieflussmodell, Demand-Response gegen sommerliche PV-Erzeugungsspitzen

Methodische Grundlagen

- **Datenbanken:** Scopus, Google Scholar, EEA, IEA-Library, PubMed/PMC, Nature-Portfolio, klimawandelanpassung.at
- **Suchstrings:** „cooling degree days projection uncertainty multi-model urban“, „Wien Energie Fernkälte Hitzetage 2024“, „cooling energy inequality AC access low income“, „building simulation performance gap cooling real-world“
- **Datum:** 2019-01-01 — 2026-05-13
- **Letzter Suchlauf:** 2026-05-13
- **Einschluss:** Wien-Bezug/DACH/EU-übertragbar; \geq 2019 (Deroubaix 2021); peer-reviewed oder institutionell (EEA/IEA/Wien Energie/MA-22); DE/EN; Volltext zugänglich.
- **Ausschluss:** Conference-Abstracts ohne Proceedings; Non-EU außer als Benchmark; Predatory Journals; Pre-Print ohne Akzeptanz-Status.
- **Aufgenommene Quellen:** 12 (6 ursprüngliche + 3 K3-neue Peer-Review + 3 K3-Reuse aus WFK-6.1.1)

Stand der Forschung

Der Klimawandel verschiebt die Heiz-Kühl-Bilanz Richtung Kühlung: Deroubaix et al. (2021, Nature Communications) zeigen für mid-latitude Städte eine Multi-Modell-Spannweite der Cooling-Degree-Days-Projektion von **-20 % bis +400 %** über 13 Klimamodelle — der Trend zu höherem Kühlbedarf ist robust, die Quantifizierung modellabhängig stark streuend [[2021-deroubaix-cooling-energy-demand-uncertainty]]. Wien-Energie-Echt-daten belegen das lokal: +60 % Fernkälte-Nachfrage an Hitzetagen (~35 °C), 53 Tropennächte in der Innenstadt 2024 (*Betreiber-Angabe; medium evidence*) [[2025-wien-energie-hitzetage-cooling-surge]]. Es ist fachlich zu erwarten, dass passive Maßnahmen — Verschattung, Bauteilaktivierung, Nachtlüftung — den Kühlbedarf substanziell senken können; eine belastbare Wien-spezifische Quantifizierung dieses Effekts liegt im aktuellen Quellenkorpus nicht vor (*low confidence; limited evidence*). Falchetta et al. (2024) belegen regressiven AC-Zugang (Italien 39 % gesamt, 10 % unter Armutsgrenze) (*high confidence; robust evidence, high agreement*) [[2024-falchetta-cooling-inequality-global]]. Li et al. (2024) zeigen Cooling-Kapazität aus Grünräumen als strukturell ungleich verteilt [[2024-li-cooling-inequity]].

Forschungslücken

Bestehende Sanierungs-Pakete (THEWOSAN, BeRTA) optimieren primär Heiz-Performance; eine integrierte ganzjährige Heiz-Kühl-Bilanz fehlt für den Wiener Bestand. Gebäudegenaue Last-Profile für aktive Wohn-Kühlung sind nicht öffentlich verfügbar. CDD-Punkt-Projektionen sollten als Bandbreite kommuniziert werden (Deroubaix 2021: -20 % bis +400 % über 13 Klimamodelle) [[2021-deroubaix-cooling-energy-demand-uncertainty]]. Die „kalte Kluft“ hat globale Quantifizierungs-Anker (Falchetta 2024 Italien 39 %/10 %; Li 2024 500 Städte), aber Wien-Spezifika (Fernkälte-Distrikte 1./3./9./10. vs. low-income-Bezirke 6./7./16./17., privater Mietbestand ohne AC-Förderung) ist empirisch unbelegt; Friesenecker et al. (2025) zeigen, dass klimaadaptive Aufwertung ohne Equity-Steuerung Verdrängungsrisiko trägt [[2025-friesenecker-social-housing]].

Trends & Entwicklungen

Im Zeithorizont 2025–2040 verschiebt sich das Wiener Adaptations-Portfolio Richtung integrierter Heiz-Kühl-Systeme: Fernkälte (Wien Energie: 7 → 8 Cooling-Centers, €90 Mio. Investment) und reversible Wärmepumpen mit Niedertemperatur-Quellen — Donau, Donaukanal, U-Bahn-Tunnel-Abwärme — werden zur tragenden Säule [[2025-wien-energie-hitzetage-cooling-surge]]. Tree-Cooling-Wirksamkeit ist klima- und morphologie-spezifisch: temperate Städte wie Wien erzielen moderate, nicht maximale Cooling-Effekte; „Raus aus dem Asphalt“ muss tree-trait-differenziert geplant werden (*high confidence; robust evidence, high agreement*) [[2024-krayenhoff-pedestrian-cooling-mapping]].

KI-Eignungs-Bewertung

Die Frage eignet sich für **Prediction** (CDD-Trajektorien, sommerliche Spitzenlast-Pfade), **Simulation** (Building-Energy-Surrogate gekoppelt mit Stadtklima-Mesomodell), **Optimization** (Fernkälte-Ausbau-Sequenz, reversible Wärmepumpen-Dispatch gegen PV-Erzeugungsspitzen) und **Pattern-Recognition** (Hitzeinsel-Kartierung aus Sentinel-2-LST + Luftbild-Klassifikation) [[2025-iea-energy-and-ai]]. Datengrundlage: MA-22-Stadtklimaanalyse, Copernicus-LST, ZAMG-Klimaszenarien und aggregierte Wiener-Netze-Smart-Meter-Profilen direkt verfügbar. Methoden-Reife: EnergyPlus/IDA-ICE und CV-Pipelines auf LST werden EU-weit in Smart-City-Pilots produktiv eingesetzt. Privacy-Caveat: Equity-Mapping auf Haushalts-Ebene wäre DPIA-pflichtig — Bezirks-/Gebäude-Aggregation hält den Standard-Compliance-Rahmen. Caveat zur Methodengrenze: Multi-Modell-Cooling-Projektionen variieren -20 % bis +400 % (Deroubaix 2021) (*medium confidence; medium evidence, high agreement*) — Ensemble-Mean-Outputs sollten als Bandbreite berichtet werden. Aggregiert: D1=3, D2=3, D3=3, D4=2, Sum=11 → **high**.

Methodische Einschränkungen

1. **Single-Screener-Recherche.** Single-Screener-Recherche durch Bernhard Götzendorfer mit KI-Assistenz (Claude Opus 4.7, 1M context). 2. **Suchsprache DE/EN.** Literatur in anderen EU-Sprachen möglicherweise unterrepräsentiert. EU-Layer-Quellen häufig EN-übersetzt; Wien-Kontext priorisiert DE. 3. **Stand der Recherche: 2026-05-13.** Bei zeitkritischen Themen (Fernkälte-Ausbau, Cooling-Equity-Policy, Klimamodell-Updates): Halbjährliches Re-Screening empfohlen. 4. **Keine formale Critical Appraisal pro Quelle.** Qualität über Whitelist-Tier und Peer-Review-Status heuristisch eingeschätzt; IPCC-Calibrated-Language-Tags machen Confidence pro Key-Claim transparent. Deroubaix 2021 (-20 % bis +400 %) belegt, dass Punkt-Projektionen als alleinige Planungs-Grundlage unzureichend sind.

Quellen

2025-iea-energy-and-ai — International Energy Agency (2025). Energy and AI. *IEA, Paris*. [GOLD] URL: <https://www.iea.org/reports/energy-and-ai>

2021-deroubaix-cooling-energy-demand-uncertainty — Deroubaix, A.; Labuhn, I.; Camredon, M.; Gaubert, B.; Monerie, P.-A.; Popp, M.; Ramarohetra, J.; Ruprich-Robert, Y.; Silvers, L. G.; Siour, G. (2021). Large uncertainties in trends of energy demand for heating and cooling under climate change. *Nature Communications, Vol. 12*. [GOLD] DOI: [10.1038/s41467-021-25504-8](https://doi.org/10.1038/s41467-021-25504-8)

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>

2024-falchetta-cooling-inequality-global — Falchetta, G.; De Cian, E.; Pavanello, F.; Sue Wing, I. (2024). Inequalities in global residential cooling energy use to 2050. *Nature Communications, Vol. 15*. [GOLD] DOI: [10.1038/s41467-024-52028-8](https://doi.org/10.1038/s41467-024-52028-8)

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-friesenecker-social-housing — Friesenecker, Michael; et al. (2025). Socially equitable climate risk management of urban heat. *npj Urban Sustainability (Nature Portfolio)*. [GOLD] DOI: [10.1038/s42949-025-00202-2](https://doi.org/10.1038/s42949-025-00202-2)

Wiener Forschende

- **Azra Korjenić** [Hochschule] — TU Wien
ORCID: [0000-0002-2904-9532](https://orcid.org/0000-0002-2904-9532)
Profil: <https://openalex.org/A5033351375>
- **Kristina Orehounig** [Hochschule] — TU Wien
ORCID: [0000-0001-6491-7641](https://orcid.org/0000-0001-6491-7641)
Profil: <https://openalex.org/A5008566976>
- **Lukas Kranzl** [Hochschule] — TU Wien
ORCID: [0000-0003-3350-7134](https://orcid.org/0000-0003-3350-7134)
Profil: <https://openalex.org/A5061975511>

Patenschaft

Magistratsdirektion – Baudirektion, Programmleitung Raus aus Gas

Wien Energie

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

Wien Energie (*Dekarbonisierung Gebäudekühlung*)

