

Wie kann der Energiebedarf infolge der Nutzung von Kühlgeräten möglichst gering gehalten werden?

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

KI-Eignungs-Score: **HOCH**

Sum $D1+D2+D3+D4 = 3+3+2+2 = 10 \rightarrow$ high (sum ≥ 10). Datenverfügbarkeit hoch (3): Wiener-Netze-Smart-Meter (viertelstündlich, ~96 % Rollout Ende 2024), MA-22-Stadtklima-/Hitzeinsel-Geodaten und Wien-Energie-Fernkälte-Lastdaten sind direkt nutzbar. Aufgabentyp hoch (3): mehrere KI-Typen kombinierbar — Prediction (Kühllast-Forecast), Optimization (Anlagen-/Chiller-Steuerung, Fernkälte-Dispatch, Demand-Response-Spitzenlast-Kappung) und Pattern-Recognition (Fault-Detection an Kälteanlagen). Methoden-Reife hybrid (2): KI-Regelung und Demand-Response sind im EU-/AT-Kontext pilotiert (Wien-Energie-Virtuelles-Kraftwerk, RL/MPC-HVAC feldvalidiert), eine kühlungs-spezifische longitudinale Wien-Felderprobung fehlt aber noch. Ethik/Recht moderat (2): Smart-Meter-Daten auf Haushaltsebene sind GDPR-sensibel (DPIA), durch Aggregation mitigierbar; kein AI-Act-Anhang-III-Hochrisiko. Keine Override aktiv (keine Dimension = 0, $D4 \neq 0$). KI ist dabei eine Optimierungsschicht über einer primär bautechnischen Antwort (Passiv-Vorrang, Effizienz-Standards, Fernkälte).

Anwendungsfälle:

- Prädiktive Fernkälte-Dispatch-Optimierung für die Wien-Energie-Fernkälte-Inseln: Kühllast-Forecast auf Wetter-/Belegungsdaten plus Eisspeicher-Bewirtschaftung (Pilot Mariannengasse) verschiebt die Mittags-Spitze (11:00–16:00) in PV-Überschuss-Fenster und kappt teure Spitzenlast, ohne Komfortverlust.
- Demand-Response-Steuerung für aktive Kühlung über das Wien-Energie-Virtuelle-Kraftwerk: gebäudeübergreifende, inzentivierte Lastverschiebung von Klimaanlage/Wärmepumpen in Hitzeperioden auf Basis viertelstündlicher Smart-Meter-Daten, um Netz-Engpässe bei Tropicentag-Spitzen zu vermeiden.
- ML-gestützte Fault-Detection-and-Diagnosis an Kälteanlagen und reversiblen Wärmepumpen im Wiener Magistratsbau-Bestand (analog AIT-maintenance): Erkennung von Effizienz-Drift (verschmutzte Wärmetauscher, Fehl-Einregulierung), die den Stromverbrauch pro Kälte-Kilowattstunde unbemerkt erhöht.

Methodische Grundlagen

- **Datenbanken:** Wien-OGD (data.wien.gv.at / MA-20-Energieplanung), Scopus, Crossref, OpenAlex, EEA-Datenbank, IEA-Library, BOKU-Working-Paper-Serie
- **Suchstrings:** „space cooling energy demand reduction efficiency air conditioning“, „demand response peak load district cooling building management“, „passive cooling Vienna building stock shading night ventilation“
- **Datum:** 2020-01-01 — 2026-06-22
- **Letzter Suchlauf:** 2026-06-22
- **Einschluss:** Wien-Bezug/DACH/EU-übertragbar; ≥ 2020 ; peer-reviewed oder institutionell (EEA/IEA/MA-20/BOKU/Wien Energie); DE/EN; Volltext.
- **Ausschluss:** Conference-Abstracts ohne Proceedings; Predatory Journals; Pre-Print ohne Akzeptanz-Status; Nicht-EU außer als Benchmark.
- **Gesichtete Treffer:** ~30
- **Aufgenommene Quellen:** 7

Stand der Forschung

Die Forschung ordnet den Energiebedarf aktiver Kühlung als Hierarchie: Bedarfs-Reduktion vor Effizienz vor effizienter Bereitstellung. Passive und natur-basierte Maßnahmen sind der dominante Erst-Hebel — eine globale Meta-Synthese beziffert die Energie-Einsparung gebäude-skaliger Begrünung/Verschattung auf $8,62 \pm 0,78 \%$, quartiers-skalige Maßnahmen die stärkste Kühlung ($-2,22 \pm 0,25 \text{ }^{\circ}\text{C}$) (*medium confidence; robust evidence, high agreement*) [[2025-nature-cities-nbs-cooling-energy]]. Wo aktive Kühlung nötig bleibt, ordnet der Wiener Klimafahrplan die Bereitstellung in den „Raus aus Gas“-Sektorpfad ein: Fernkälte-Verdichtung im Bestand, reversible Wärmepumpen, hybride Quartiers-Lösungen [[2024-stadt-wien-klimafahrplan-gebaeude]]. Auf EU-Ebene gilt derselbe Vorrang — Nachfrage-Reduktion durch grün-blaue Maßnahmen vor Bereitstellung, mit NPV-positiven Sanierungs+Begrünungs-Paketen [[2024-eea-urban-adaptation-europe]]. Eigene Forschungslinie ist das Lastmanagement: die Kühl-Spitze fällt in Wien mittags (11:00–16:00) und koinzidiert mit der PV-Erzeugung — Wien Energie misst an Tropentagen ($\sim 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$) bis zu 60 % höhere Fernkälte-Nachfrage und nutzt Eisspeicher (Pilot Mariannengasse) als Flexibility-Anker [[2025-wien-energie-hitzetage-cooling-surge]]. IoT-Sensorik ermöglicht Demand-Response zur Spitzenlast-Kappung [[2022-ipcc-ar6-wg3-buildings]]; KI-getriebenes Smart-Building-Management ist effizienter als regelbasierte BMS [[2024-hernandez-european-smart-buildings]]. Digitale Optimierung dieser Bereitstellung gilt als unterausgeschöpft — die IEA beziffert das Einsparpotenzial im Gewerbe-Segment auf bis zu 40 % ohne Anlagentausch (*medium confidence; medium evidence, medium agreement*) [[2025-iea-energy-and-ai]].

Forschungslücken

Es fehlt eine gebäude-genaue Datengrundlage für den Wiener Wohn-Kühlbedarf: Schätzungen stützen sich auf nationale Stundenprofile und Bezirks-Heat-Maps, weil aktive Wohn-Kühlung historisch unterdurchschnittlich war und in den Tarif-Aggregaten noch nicht durchschlägt — die kühlungs-spezifische Last-Datenbasis bleibt offen [[2024-stadt-wien-klimafahrplan-gebaeude]]. Damit fehlt auch eine Wien-spezifische Längsschnitt-Auswertung (≥ 3 Sommer), welche die real erzielte Spitzenlast-Kappung durch Demand-Response und Eisspeicher misst — die Pilots sind dokumentiert, aber nicht longitudinal evaluiert [[2025-wien-energie-hitzetage-cooling-surge]]. Eine kanonische Lücke betrifft die KI-Steuerung selbst: die meisten Studien stellen keinen Bezug zur Klimaschutz-Wirkung her — Einsparungen werden gemessen, nicht in CO_2 -Äquivalente übersetzt [[2022-ipcc-ar6-wg3-buildings]]. Methodisch ungelöst ist die Belastbarkeit der Kühlbedarfs-Prognose: Multi-Modell-Ensembles zeigen für mitteleuropäische Städte eine Spannweite von -20% bis $+400 \%$, dominiert von Klimamodell-Unsicherheit, nicht von der Methodik (*medium confidence; medium evidence, high agreement*) [[2021-deroubaix-cooling-energy-demand-uncertainty]]. Eine ganzjährige Bewertung, die Heiz- und Kühlbedarf gemeinsam minimiert, liegt für den Wiener Bestand nicht vor [[2024-eea-urban-adaptation-europe]].

Trends & Entwicklungen

Für den Horizont 2025–2040 verschiebt sich die Wiener Heiz-Kühl-Bilanz messbar Richtung Kühlung: 2024 wurden allein in der Innenstadt 53 Tropennächte gezählt, erste Tropennacht 2025 bereits Anfang Juni (*high confidence; robust evidence, high agreement*) [[2025-wien-energie-hitzetage-cooling-surge]]. Wien Energie investiert €90 Mio. über fünf Jahre in den Fernkälte-Ausbau, verankert im „Raus aus Gas“-Sektorpfad [[2024-stadt-wien-klimafahrplan-gebaeude]]. Building-Automation wird im EU-Recht verbindlich (BACS-Pflicht ab Ende 2024), was KI-Demand-Response für Kühllasten in den Regelbetrieb hebt [[2024-hernandez-european-smart-buildings]]. EU-weit konvergiert die Forschung auf die Kopplung von Kühl-Spitze und PV-Erzeugung als Effizienz-Chance (*medium confidence; medium evidence, medium agreement*) [[2024-eea-urban-adaptation-europe]].

KI-Eignungs-Bewertung

Die Frage erreicht eine **hohe** KI-Eignung (Score high, Sum 10/12). Mehrere KI-Aufgabentypen sind kombinierbar — **Prediction** (Kühllast-Forecast), **Optimization** (Fernkälte-Dispatch, Anlagen-Regelung, Demand-Response) und **Pattern-Recognition** (Fault-Detection an Kälteanlagen) [[2025-iea-energy-and-ai]] [[2024-hernandez-european-smart-buildings]]. Die Datenlage ist unmittelbar nutzbar: viertelstündliche Smart-Meter-Daten, MA-22-Hitzeinsel-Geodaten und Wien-Energie-Fernkälte-Lastprofile. Konkreter Wien-Use-Case: KI-gestützte Eisspeicher-Bewirtschaftung der Fernkälte-Inseln, die die mittägliche Kühl-Spitze in PV-Überschuss-Fenster verschiebt und Spitzenlast wie Strombezug minimiert [[2025-wien-energie-hitzetage-cooling-surge]]. KI bleibt eine Optimierungs-Schicht über einer primär bautechnischen Antwort (Passiv-Vorrang, Effizienz, Fernkälte) [[2024-stadt-wien-klimafahrplan-gebaeude]]. Einschränkung ist D4 (Ethik/Recht) nur moderat: Demand-Response auf Smart-Meter-Daten ist auf Haushaltsebene GDPR-sensibel und DPIA-pflichtig (DSGVO Art. 35) — Aggregation auf Quartiersebene mitigiert das Re-Identifikations-Risiko, ohne AI-Act-Anhang-III-Hochrisiko.

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/IEA) sind EN-verfügbar; Wien-Kontext priorisiert DE-Primary-Quellen (MA 20, Wien Energie, BOKU). 3. **Stand der Recherche: 2026-06-22** — Updates in separaten Brief-Versionen (ADR-0002/0004); bei zeitkritischen Themen (Hitze-Saisonalität, EU-Kühl-Regulatorik) halbjährliches Re-Screening. 4. **Keine formale Critical Appraisal** pro Quelle (kein GRADE/ROBINS-I); Qualität heuristisch via Whitelist-Tier + Peer-Review-Status. IPCC-Calibrated-Language-Tags markieren Confidence pro Key-Claim; die Kühlbedarfs-Punktprojektionen sind bewusst gegen die Modell-Unsicherheits-Ränge (Deroubaix 2021) kalibriert.

Quellen

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/>

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)

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-hernandez-european-smart-buildings — Hernández, José L.; de Miguel, Ignacio; Vélez, Fredy; Vasallo, Ali (2024). Challenges and opportunities in European smart buildings energy management: A critical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 199, 114472. [HYBRID] DOI: [10.1016/j.rser.2024.114472](https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114472)

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)

2022-ipcc-ar6-wg3-buildings — Cabeza, Luisa F.; Bai, Quan; Bertoldi, Paolo (2022). Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Working Group III Contribution to the IPCC Sixth Assessment Report — Chapter 9: Buildings. *Cambridge University Press*. [GOLD] DOI: [10.1017/9781009157926.011](https://doi.org/10.1017/9781009157926.011)

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)

Wiener Forschende

- **Thomas Strasser** [Forschungseinrichtung] — Austrian Institute of Technology
ORCID: 0000-0002-6415-766X
Profil: <https://orcid.org/0000-0002-6415-766X>
- **René Hofmann** [Hochschule] — TU Wien
ORCID: 0000-0001-6580-4913
Profil: <https://orcid.org/0000-0001-6580-4913>
- **Martin Kozek** [Hochschule] — TU Wien
ORCID: 0000-0003-0402-3309
Profil: <https://orcid.org/0000-0003-0402-3309>

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*)