

Welche KI-Anwendungen können zur Reduktion des Energieverbrauchs von Gebäuden beitragen?

Bau & Gebäude — Thema 2.1: Dekarbonisierung des Gebäudebestands · Status: drafted · Quellen: 9 · 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): Wiener-Netze-Smart-Meter-Rollout zu ~96% abgeschlossen (Stand Ende 2024, ca. 1,5 Mio Geräte), kombinierbar mit Wien-OGD (data.wien.gv.at), Copernicus und ab 2024 verpflichtenden BACS-Daten >290 kW (EPBD-Recast). D2 (Aufgabentyp): Mehrere Typen kombinierbar — Prediction (Last-/Bedarfs-Forecasting), Optimization (HVAC-Steuerung, Demand-Response), Pattern-Recognition (Fault-Detection), Simulation (Digital Twins). D3 (Methoden-Reife): Etabliert in EU-Pilotumgebungen — Reinforcement-Learning-HVAC erreicht in Feldversuchen 24-55% Einsparung gegenüber PI/PID, AIT-Pilot mAltenance abgeschlossen 2023. D4 (Ethik/Recht): Moderat — kein AI-Act-Anhang-III-Hochrisiko, aber Smart-Meter-Daten sind GDPR-sensibel (DPIA-Pflicht auf Haushaltsebene, Aggregation reduziert Risiko). Keine Override-Regel aktiv.

Anwendungsfälle:

- Prädiktive HVAC-Steuerung in städtischen Gebäuden (z.B. WIGEV-Spitäler, MA-34-Verwaltungsbauten) per Reinforcement-Learning auf Basis von Wiener-Netze-Smart-Meter-Daten + Wetter-Forecasts — Zielgröße 20-30% Heiz-/Kühl-Energie-Einsparung gegenüber regelbasierten Reglern
- KI-gestützte Fault-Detection-and-Diagnosis (FDD) in HVAC-Anlagen des Wiener Gebäudeportfolios analog zum AIT-mAltenance-Ansatz — Reduktion von Drift-Verlusten bei nicht-optimal eingestellten Anlagen
- Aggregierte Last- und PV-Einspeise-Prognose für Wien-Energie-Fernwärme/-Stromnetz per Zeitreihen-NN, kombiniert mit Demand-Response-Programmen für Spitzenlast-Reduktion (Schnittstelle Programm 'Raus aus Gas')

Methodische Grundlagen

- **Datenbanken:** Wien-OGD (data.wien.gv.at), Scopus, Google Scholar, Crossref, IEA-Library, IPCC-Reports, EEA-Datenbank, arXiv
- **Suchstrings:** „smart HVAC reinforcement learning building energy reduction“, „MPC vs RL building control field deployment“, „smart meter data re-identification privacy Vienna“, „energy performance gap real world AI buildings“
- **Datum:** 2020-01-01 — 2026-05-12
- **Letzter Suchlauf:** 2026-05-12
- **Einschluss:** Wien-Bezug/DACH/EU-übertragbar; ≥ 2020 ; peer-reviewed oder institutionell (IEA/IPCC/AIT/EEA); DE/EN; Volltext zugänglich.
- **Ausschluss:** Conference-Abstracts ohne Proceedings; Non-EU außer als Benchmark; Predatory Journals; Pre-Print ohne Akzeptanz-Status.
- **Gesichtete Treffer:** ~32
- **Aufgenommene Quellen:** 10 (6 ursprüngliche + 4 K3-kritische Gegenstimmen)

Stand der Forschung

KI-gestützte HVAC-Steuerungen sind Bestandteil moderner Building-Management-Systeme [[2022-ipcc-ar6-wg3-buildings]]. Die IEA quantifiziert das Skalierungspotenzial: KI-Interventionen könnten weltweit ~300 TWh Strom

einsparen, im Gewerbe-Segment bis zu 40 % ohne Anlagentausch (*medium confidence; medium evidence, medium agreement*) [[2025-iea-energy-and-ai]]. RL-Reviews zeigen 24–26 % HVAC-Einsparung in Simulationsstudien gegenüber PI-Reglern (*medium confidence; limited evidence, medium agreement*) sowie 40–55 % als aggregierte Pilot-Range in heterogenen Feldversuchen gegenüber PID-Reglern (keine Längsschnitt-Studien) (*medium confidence; limited evidence, medium agreement*) [[2024-alsayed-rl-hvac-review]]. Allerdings zeigt Mulayim et al. (2025) im kontrollierten Field Deployment, dass MPC unter ΔT -korrigierter Efficiency-Metrik gegenüber PID-Baseline (12,7 %) RL (7,3 %) übertrifft (Eq. 16); qualitativ wird MPC's Superiorität auch unter Comfort-Normalisierung explizit bestätigt — die Simulations-Literaturbandbreite ist ohne Real-World-Kalibrierung überoptimistisch [[2025-mulayim-rl-vs-mpc]]. In Österreich validierte das AIT-Projekt mAIntenance (2021-2023) einen Zwei-Ebenen-Ansatz aus Zeitreihen-Forecasting und ML-basierter Anomalie-Erkennung [[2023-ait-maintenance-hvac]]. Im EU-Kontext verschiebt der EPBD-Recast 2024 mit verpflichtenden BACS ab >290 kW den Rahmen Richtung KI-fähiger Gebäude [[2024-hernandez-european-smart-buildings]].

Forschungslücken

Die wichtigste Lücke ist methodisch: KI-/IoT-Studien messen Einsparungen, übersetzen sie aber selten in CO₂-Äquivalente oder Lebenszyklus-Bezug [[2022-ipcc-ar6-wg3-buildings]]. Für Wien fehlen Längsschnittstudien (≥ 3 Jahre) zur realen Einsparungsperformance KI-gesteuerter HVAC-Anlagen; AT-spezifische Feld-Pilots sind nicht publiziert [[2024-alsayed-rl-hvac-review]] [[2023-ait-maintenance-hvac]]. RL-Methoden leiden zudem unter mangelnder Generalisierung und fehlenden Sicherheitsgarantien für Live-Deployment.

Trends & Entwicklungen

Im Zeithorizont 2024-2030 wandert RL-basierte HVAC-Optimierung von Forschungspilots in produktive Smart-City-Anwendungen [[2024-alsayed-rl-hvac-review]]. EU-weit erzwingt der EPBD-Recast bis 2029 die Ausweitung auf Anlagen >70 kW [[2024-hernandez-european-smart-buildings]]. In Wien entstand mit dem nahezu abgeschlossenen Smart-Meter-Rollout (~1,5 Mio Geräte, 96 % Quote Ende 2024, viertelstündliche Daten via Opt-in) eine flächendeckende Datenbasis (*high confidence; robust evidence, high agreement*) [[2024-wiener-netze-smart-meter-rollout]]. Das Öko-Institut (2020) dokumentiert für DACH-Smart-Home-Nutzer einen Rebound-Effekt von +19 % Strommehrverbrauch bei Komfort-/Sicherheits-Nutzung — Netto-Einsparungsberechnungen müssen diesen Effekt einkalkulieren [[2020-oeko-institut-smart-home-rebound]].

KI-Eignungs-Bewertung

Die Frage ist mit hoher KI-Eignung zu bewerten (Score **high**, Rubric-Sum 11/12, D1=3 / D2=3 / D3=3 / D4=2). Einschlägige Aufgabentypen: **Prediction** (Last-/Bedarfs-Forecasting auf Smart-Meter-Daten), **Optimization** (HVAC-Steuerung via RL/MPC, Demand-Response), **Pattern-Recognition** (Fault-Detection analog AIT mAIntenance) und **Simulation** (Digital Twins) [[2025-iea-energy-and-ai]] [[2024-alsayed-rl-hvac-review]]. RL ist für HVAC feldreif, MPC bleibt jedoch vorzuziehen bei Real-Time-Sicherheits-Constraints; Mulayim (2025) zeigt eine ΔT -korrigierte Efficiency-Differenz MPC vs. RL von 12,7 % zu 7,3 % gegenüber PID-Baseline [[2025-mulayim-rl-vs-mpc]]. Datenseitig stehen Wiener-Netze-Smart-Meter, Wien-OGD und ab 2024 verpflichtende BACS-Daten bereit [[2024-wiener-netze-smart-meter-rollout]]. Privacy-Caveat: Voyez et al. (2025) zeigen 90 % Re-Identifikationsrate aus nur 5 Smart-Meter-Messungen (*high confidence; robust evidence, high agreement*) — die DSGVO/DPIA-Anforderung auf Haushaltsebene ist real, Aggregation auf Gebäude- oder Quartiersebene bleibt der praxistaugliche Mitigationsweg [[2025-voyez-smart-meter-reid]].

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.** Recherche in DE und EN. Literatur in anderen EU-Sprachen möglicherweise unterrepräsentiert. Mitigation: EU-Layer-Quellen sind häufig EN-übersetzt verfügbar; Wien-Kontext priorisiert DE. 3. **Stand der Recherche: 2026-05-12.** Updates erfolgen in separaten Brief-Versionen (ADR-0002, ADR-0004); bei zeitkritischen Themen (EU-Regulatorik): halbjährliches Re-Screening. 4. **Keine formale Critical Appraisal pro Quelle.** Kein GRADE/ROBINS-I; Qualität heuristisch über Whitelist-Tier-Zuordnung + Peer-Review-Status. IPCC-Calibrated-Language-Tags markieren Confidence pro Key-Claim.

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>

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)

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-alsayed-rl-hvac-review — Al Sayed, Khalil; Boodi, Abhinandana; Sadeghian Broujeny, Roozbeh; Beddiar, Karim (2024). Reinforcement learning for HVAC control in intelligent buildings: A technical and conceptual review. *Journal of Building Engineering, Vol. 95, 110085*. [HYBRID] DOI: [10.1016/j.jobee.2024.110085](https://doi.org/10.1016/j.jobee.2024.110085)

2023-ait-maintenance-hvac — AIT Austrian Institute of Technology; PKE Facility Management (2023). mAIntenance — AI supported maintenance and energy management. *AIT Research Project (Stadt der Zukunft / City of Tomorrow)*. [GOLD] URL: <https://www.ait.ac.at/en/research-topics/efficient-buildings-and-hvac-technologies/projects/ai-supported-maintenance-and-energy-management>

2024-wiener-netze-smart-meter-rollout — ORF Wien Redaktion (2024). Smart Meter-Rollout der Wiener Netze: 1,5 Millionen installierte Geräte zum Jahresende 2024. *wien.ORF.at (Berichterstattung zu Wiener Netze)*. [GOLD] URL: <https://wien.orf.at/stories/3283588/>

2025-mulayim-rl-vs-mpc — Mulayim, M.; Sangoğul, V.; et al. (2025). MPC outperforms RL in real-world HVAC control under comfort normalization. *Applied Energy (accepted)*; *arXiv:2510.01475*. [GREEN] URL: <https://arxiv.org/abs/2510.01475>

2025-voyez-smart-meter-reid — Voyez, Antonin; Allard, Tristan; Avoine, Gildas; Cauchois, Pierre; Fromont, Elisa; Simonin, Matthieu (2025). The privacy cost of fine-grained electrical consumption data. *Scientific Reports (Nature Portfolio), Vol. 15*. [GOLD] DOI: [10.1038/s41598-024-78285-7](https://doi.org/10.1038/s41598-024-78285-7)

2020-oeko-institut-smart-home-rebound — Öko-Institut e.V. (Studie für VZ NRW) (2020). Smart Home – Energieverbrauch und Einsparpotenzial der intelligenten Haustechnik. *Öko-Institut e.V. (im Auftrag der Verbraucherzentrale NRW)*. [GOLD] URL: https://www.verbraucherzentrale.nrw/sites/default/files/2020-04/VZNRW_Smarthome_Stromverbrauch.pdf

Wiener Forschende

- **Martin Kozek** [Hochschule] — TU Wien
ORCID: [0000-0003-0402-3309](https://orcid.org/0000-0003-0402-3309)
Profil: <https://openalex.org/A5020112103>
- **Iva Kovačić** [Hochschule] — TU Wien
ORCID: [0000-0002-0303-3284](https://orcid.org/0000-0002-0303-3284)
Profil: <https://openalex.org/A5060873447>
- **Ardeshir Mahdavi** [Hochschule] — TU Wien

ORCID: 0000-0002-8765-0801

Profil: <https://openalex.org/A5041588177>

Patenschaft

Magistratsdirektion – Baudirektion, Programmleitung Raus aus Gas

Wiener Netze, Innovations- und Nachhaltigkeitsmanagement

Wiener Stadtwerke, Innovationsmanagement

MA 50 Wohnbauförderung, Referat Strategische Projekte und Internationales (*Frage 4*)

Wien Energie (*Dekarbonisierung Fernwärme*)