

Wie können der hohe Strombedarf und das Abwärmepotenzial von Rechenzentren bestmöglich in ganzheitliche Energieversorgungskonzepte integriert werden?

Energieversorgung — Thema 1.2: Stromnetze, -speicherung und Sektorenkopplung · Status: drafted · Quellen: 6 · Bewertet: 2026-06-24 · Modell: claude-opus-4-8@prompts/synthesis.v2.md

KI-Eignungs-Score: MITTEL

Sum $D1+D2+D3+D4 = 2+3+2+2 = 9 \rightarrow$ medium. Mehrere KI-Aufgabentypen kombinierbar (Prediction des IT-Last-/Abwärme-Profiles, Optimization der Wärmepumpen-/Speicher-Einbindung in das Fernwärmenetz, Pattern-Recognition zur GIS-gestützten Standort-Matching von Rechenzentrum und Wärme-Senke, Simulation der Quelle-Senke-Kopplung). Datenlage fragmentiert über Eigentümer (Rechenzentrums-Betreiber-Telemetrie proprietär, Wien-Energie-Fernwärme-Lastdaten, Wien-OGD-Geodaten) $\rightarrow D1=2$. Methoden-Reife in der Domäne hybrid: Wärmepumpen-/Speicher-Dispatch-Optimierung etabliert, Rechenzentrums-Abwärme-Fernwärme-Co-Optimierung im Pilot $\rightarrow D3=2$. Ethik/Recht moderat: betriebliche/standortbezogene Daten, keine personenbezogenen Kerndaten $\rightarrow$ Standard-Compliance ausreichend $\rightarrow D4=2$ (EU-AI-Act Annex III nicht berührt).

Anwendungsfälle:

- Optimization der Wärmepumpen- und Pufferspeicher-Einbindung von Rechenzentrums-Abwärme in das Wiener Fernwärmenetz (Quelle-Senke-Dispatch über IT-Lastprognose und Fernwärme-Bedarfsganglinie) zur Maximierung der eingespeisten, fernwärme-tauglichen Wärmemenge.
- Prediction/GIS-Pattern-Recognition zum Standort-Matching neuer/bestehender Rechenzentren mit Fernwärme-Anbindungs-Korridoren (Verschnitt von Wien-OGD-Geodaten und Netz-Topologie) für die Planung anschlussfähiger Abwärme-Integration.

Methodische Grundlagen

- **Datenbanken:** Wien-OGD (data.wien.gv.at), Wien-Energie-/UIV-Publikationen, Scopus, Crossref, Elsevier ScienceDirect, IEA-Library, BMK-Publikationsserver, IPCC-AR6-Reports
- **Suchstrings:** „data center waste heat recovery district heating review“, „industrial waste heat district heating business model Austria“, „large heat pump district heating waste heat integration Austria“, „data centre electricity demand AI cooling“, „Rechenzentrum Abwärme Fernwärme Wien Großwärmepumpe“
- **Datum:** 2020-01-01 — 2026-06-24
- **Letzter Suchlauf:** 2026-06-24
- **Einschluss:** Wien-Bezug/AT/EU-übertragbar; ≥ 2020 ; peer-reviewed oder behördlich/institutionell; DE/EN; Volltext; expliziter Bezug zu Rechenzentrums-Strombedarf, Abwärme-Rückgewinnung oder Fernwärme-Integration.
- **Ausschluss:** Conference-Abstracts ohne Proceedings; Predatory; Pre-Print ohne Akzeptanz; reine Chip-/Kühlungs-Hardwarestudien ohne Energiesystem-Bezug.
- **Gesichtete Treffer:** ~38 **Aufgenommene Quellen:** 6

Stand der Forschung

Rechenzentren wandeln nahezu die gesamte aufgenommene IT-Energie in Abwärme um und sind damit konstante, ganzjährige Punktquellen (*high confidence; robust evidence, high agreement*) [[2023-yuan-datacenter-wasteheat-review]]. Die Verwertbarkeit ist temperaturlimitiert: luftgekühlte Anlagen liefern Niedertemperatur-Abwärme ($\sim 25\text{--}35^\circ\text{C}$), die für eine Fernwärme-Einspeisung per Wärmepumpe angehoben werden muss; Flüssig-/Direktkühlung erreicht

höhere, direkter nutzbare Niveaus [[2023-yuan-datacenter-wasteheat-review]]. In Wien betreibt Wien Energie bereits thermische Großwärmepumpen (Donaukanal, Kläranlage Simmering), die Abwärme aus Fluss-/Klärwasser ins Fernwärmenetz heben — ein technisch analoger, skalierbarer Pfad für Rechenzentrums-Abwärme (*medium confidence; medium evidence, medium agreement*) [[2024-wien-energie-innovation-uiv]]. Der limitierende Faktor ist österreichischer Evidenz zufolge nicht die Abwärme-Menge, sondern Projekt-Initiierung und Geschäftsmodell — langfristige Liefer-/Abnahme-Verträge und die Verteilung der Anbindungs-Investition zwischen Quelle und Netzbetreiber [[2023-moser-industrial-waste-heat-dh]]. Der steigende, KI-getriebene Rechenzentrums-Strombedarf verschärft beide Seiten — Last und Abwärme-Anfall [[2025-iea-energy-and-ai]]; der NEKP rahmt Effizienz und Fernwärme-Dekarbonisierung national [[2024-bmk-nekp-oesterreich]].

Forschungslücken

Es fehlt eine Wien-spezifische Bilanzierung des real verfügbaren Rechenzentrums-Abwärme-Aufkommens (Standorte, Temperaturniveaus, Netz-Nähe) und eine quantifizierte Abschätzung der ins Wiener Fernwärmenetz einspeisbaren Wärmemenge — die vorliegende Evidenz ist generisch-technisch (internationaler Review) bzw. auf Industrieabwärme allgemein bezogen [[2023-yuan-datacenter-wasteheat-review]] [[2023-moser-industrial-waste-heat-dh]]. Die Wechselwirkung zwischen wachsendem, KI-getriebenem Strombedarf (Netzbelastung) und Abwärme-Nutzen ist für Wien nicht systemisch modelliert, ebenso wenig die Saisonalität (Fernwärme-Bedarf im Sommer gering, Abwärme-Anfall konstant) [[2025-iea-energy-and-ai]]. Auch tragfähige Wien-spezifische Geschäftsmodelle (Wer trägt die Wärmepumpen-Investition? Welche langfristige Abnahme-Garantie sichert die Anbindung ab?) sind nicht belegt [[2023-moser-industrial-waste-heat-dh]].

Trends & Entwicklungen

Im Horizont 2025–2035 zeichnen sich drei Entwicklungen ab. Erstens: Flüssigkeits-/Direktkühlung wird zum Standard für Hochleistungs-/KI-Rechenzentren und hebt die Abwärme auf besser fernwärme-taugliche Temperaturen (*medium confidence; medium evidence, medium agreement*) [[2023-yuan-datacenter-wasteheat-review]]. Zweitens: Großwärmepumpen-gestützte Abwärme-Einspeisung wandert in Wien von Fluss-/Klärwasser-Pilots zu weiteren urbanen Quellen, zu denen Rechenzentren strukturell passen [[2024-wien-energie-innovation-uiv]]. Drittens: Der KI-getriebene Last-Anstieg macht die Doppel-Optimierung (Strombezug minimieren, Abwärme maximieren) systemisch relevant — Direkt-Elektrifizierung der Wärme bleibt effizienter als molekülbasierte Pfade (*high confidence; robust evidence, high agreement*) [[2022-ipcc-ar6-wg3-energy-systems]]; der NEKP setzt den nationalen Effizienz-Rahmen bis 2030 [[2024-bmk-nekp-oesterreich]].

KI-Eignungs-Bewertung

Die Frage eignet sich für mehrere kombinierbare KI-Aufgaben: **Optimization** (Wärmepumpen-/Speicher-Dispatch der Abwärme-Einspeisung), **Prediction** (IT-Last- und Abwärme-Profil) und **Pattern-Recognition** (GIS-Standort-Matching Rechenzentrum ↔ Fernwärme-Korridor). Wien-Use-Case: Co-Optimierung der Rechenzentrums-Abwärme-Einbindung ins Fernwärmenetz über IT-Lastprognose und Wärmebedarfs-Ganglinie, sodass die einspeisbare, fernwärme-taugliche Wärmemenge maximiert und der Strombezug der Wärmepumpe minimiert wird [[2023-yuan-datacenter-wasteheat-review]] [[2024-wien-energie-innovation-uiv]]; ergänzend GIS-gestütztes Standort-Anbindungs-Matching auf Wien-OGD-Geodaten zur Planung anschlussfähiger Neuansiedlungen. Datengrundlage fragmentiert (Betreiber-Telemetrie proprietär, Wien-Energie-Lastdaten), Dispatch-Optimierung methodisch etabliert, Rechenzentrums-Fernwärme-Co-Optimierung erst im Pilot. Ethik/Recht moderat: betriebs-/standortbezogene Daten, keine personenbezogenen Kerndaten (EU-AI-Act Annex III nicht berührt). Aggregiert: D1=2, D2=3, D3=2, D4=2, Sum=9 → **medium**.

Methodische Einschränkungen

1. **Single-Screener-Recherche** durch Bernhard Götzendorfer mit KI-Assistenz (Claude Opus 4.8, 1M context); kein Dual-Screening — Mitigation über transparente §11-Suchspur. 2. **Suchsprache DE/EN** — Literatur in anderen EU-Sprachen ggf. unterrepräsentiert; Wien-Kontext DE-priorisiert. 3. **Stand der Recherche: 2026-06-24** — Updates in separaten Brief-Versionen (ADR-0002/0004); bei dynamischer Rechenzentrums-/KI-Last-Entwicklung halbjährliches Re-Screening empfohlen. 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. 5. **Wien-spezifische Rechenzentrums-Abwärme-Bilanzen dünn** — die Quellenbasis stützt sich auf einen internationalen Technik-Review (Yuan et al.) und eine AT-Industrieabwärme-Geschäftsmodell-Studie (Moser/Jauschnik) plus einen Wiener Großwärmepumpen-Beleg (Wien Energie/UIV); eine integrierte Wiener Standort-/Mengen-Bilanz fehlt (siehe Forschungslücken).

Quellen

2023-yuan-datacenter-wasteheat-review — Xiaolei Yuan; Yumin Liang; Xinyi Hu; Yizhe Xu; Yongbao Chen; Risto Kosonen (2023). Waste heat recoveries in data centers: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews (Elsevier)*. [HYBRID] DOI: 10.1016/j.rser.2023.113777

2023-moser-industrial-waste-heat-dh — Simon Moser; Gabriela Jauschnik (2023). Using Industrial Waste Heat in District Heating: Insights on Effective Project Initiation and Business Models. *Sustainability (MDPI)*. [GOLD] DOI: 10.3390/su151310559

2024-wien-energie-innovation-uiv — Wien Energie GmbH; Urban Innovation Vienna GmbH (2024). Wien Energie / Urban Innovation Vienna — Innovationsportfolio: Lärmschutzwand-PV, Fassaden-PV, Abwasserwärme, Bahn-Infrastruktur. *Wien Energie Innovationsportal / UIV Projekt-Portfolio*. [GOLD] URL: <https://urbaninnovation.at/>

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

2024-bmk-nekp-oesterreich — Bundesministerium für Klimaschutz; Umwelt; Energie; Mobilität; Innovation und Technologie (BMK) (2024). Integrierter nationaler Energie- und Klimaplan für Österreich (NEKP 2024). *BMK / Republik Österreich (EU-Governance-VO 2018/1999)*. [GOLD] URL: https://www.bmluk.gv.at/dam/jcr:6c55ea04-e4b8-499f-ac3b-9d8786147cee/NEKP_final_20241203.pdf

2022-ippc-ar6-wg3-energy-systems — IPCC Working Group III (2022). Energy Systems (IPCC AR6 WGIII Chapter 6). *Climate Change 2022 — Mitigation of Climate Change (Cambridge University Press)*. [GOLD] DOI: 10.1017/9781009157926.008

Wiener Forschende

- **Hans Auer** [Hochschule] — TU Wien
ORCID: 0000-0002-9111-9941
Profil: <https://openalex.org/A5027019833>
- **Lukas Kranzl** [Hochschule] — TU Wien
ORCID: 0000-0003-3350-7134
Profil: <https://openalex.org/A5061975511>
- **Fabian Schipfer** [Hochschule] — TU Wien
ORCID: 0000-0001-6732-6919
Profil: <https://openalex.org/A5066240681>

Patenschaft

Wien Energie (*Frage 2b*)
Magistratsdirektion – Baudirektion, Programmleitung Raus aus Gas (*Frage 2b, d, e und f*)
Wien Energie (*Dekarbonisierung Fernwärme*)

