

Wie lässt sich Wärme kosten- und energieeffizient speichern?

Lösungen für kurzfristige Speicherung (Ersatz fossiler Spitzenkessel) und saisonale Speicherung (Sommer → Winter).

Energieversorgung — Thema 1.3: Wärmenetze und Wärmespeicherung · Status: drafted · Quellen: 5 · Bewertet: 2026-06-23 · 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 Wärmelast-Prognose, Optimization Speicher-Ladezyklen/Spitzenkessel-Dispatch, Simulation Speicher-Performance/Untergrund-Eignung). Datenlage solide-adaptierbar (Wiener-Netze-Smart-Meter, Wien-Energie-Sensordaten, EU-Geodaten), aber Speicher-Betriebsdaten teils proprietär ($D1=2$). Methoden-Reife in der Domäne hybrid: Lastprognose/Anomalie-Erkennung produktiv (AIT mAlntenance), Untergrund-/Speicher-Auslegungs-Optimierung in Forschung ($D3=2$). Ethik/Recht moderat: Wärmenetz-Steuerung ist kritische Infrastruktur, aber Anlagen-/Last-Optimierung läuft auf aggregierten, nicht personenbezogenen Daten ($D4=2$).

Anwendungsfälle:

- Prediction der gebäude- und quartiersaufgelösten Wärmelast (NN-Zeitreihen-Forecasting auf Wiener-Netze-Smart-Meter + Wetter), um den Lade-/Entladezyklus von Kurzzeit-Pufferspeichern so zu steuern, dass fossile Spitzenkessel an Lastspitzen vermieden werden.
- Optimization des Dispatch zwischen Großwärmepumpen (Donaukanal/Simmering), Kurzzeit-Pufferspeichern und saisonalem Speicher gegen Strompreis-, PV- und Abwärme-Verfügbarkeit zur Minimierung der Levelized-Cost-of-Storage.

Methodische Grundlagen

- **Datenbanken:** Wien-OGD (data.wien.gv.at), Urban Innovation Vienna / Wien-Energie-Portfolio, Scopus, Crossref, IEA-Library
- **Suchstrings:** „seasonal thermal energy storage pit tank district heating“, „heat storage peak boiler replacement levelized cost“, „aquifer borehole thermal energy storage urban siting“, „Austria electricity heat storage scenarios seasonal“
- **Datum:** 2020-01-01 — 2026-06-23
- **Letzter Suchlauf:** 2026-06-23
- **Einschluss:** Wien-Bezug/DACH/EU-übertragbar; ≥ 2020 ; peer-reviewed oder institutionell (TU Wien, AIT, Wien Energie/UIV); DE/EN; Volltext.
- **Ausschluss:** Conference-Abstracts ohne Proceedings; Predatory; Pre-Print ohne Akzeptanz-Status; quarantänierte Korpus-Quellen (ADR-0006).
- **Gesichtete Treffer:** ~34 **Aufgenommene Quellen:** 5

Stand der Forschung

Speicherbedarf wird in Dauer-Klassen modelliert: Kurzzeit, Mittelfrist und saisonal/langfristig; für Österreich übernehmen saisonale Langzeitspeicher die entscheidende Rolle für die Sommer → Winter-Balance bei hohen Erneuerbaren-Anteilen (*medium confidence; medium evidence, high agreement*) [[2024-sayer-at-electricity-storage-scenarios]]. Auf der Wärmeseite sind großvolumige sensible Speicher (Tank-/Pit-Speicher, TTES/PTES) die kosteneffizienteste Option für saisonale Wärme: in Niedertemperatur-Fernwärme erreichen sie höhere technische

Performance UND niedrigere Levelized-Cost-of-Storage als in Hochtemperatur-Netzen, wobei Wärmeverluste mit dem Oberfläche/Volumen-Verhältnis skalieren (*high confidence; robust evidence, high agreement*) [[2021-dahash-tank-pit-thermal-storage-district-heating]]. Die Standortwahl großvolumiger Speicher (PTES/ATES) ist geologisch determiniert — Untergrund-Beschaffenheit, Grundwasser und Geometrie entscheiden über Machbarkeit [[2022-xiang-pit-thermal-energy-storage-review]]. Kurzfristig substituiert Wien fossile Spitzenlast bereits über thermische Großwärmepumpen am Donaukanal und in Simmering, die Fluss-/Klärwasser-Abwärme in das Fernwärmenetz einspeisen [[2024-wien-energie-innovation-uiv]].

Forschungslücken

Es fehlen verlässliche Analyse-Tools und Kostendaten zur techno-ökonomischen Potenzialbewertung von Pit- und Aquifer-Wärmespeichern (PTES/ATES) — eine von der Review explizit benannte zentrale Lücke [[2022-xiang-pit-thermal-energy-storage-review]]. Eine Wien-spezifische Disaggregation des bundesweit modellierten Speicherbedarfs steht aus [[2024-sayer-at-electricity-storage-scenarios]]. Es existiert keine Wien-spezifische hydrogeologische Eignungs-Kartierung, die Standorte für saisonale Untergrund-Wärmespeicher gegen Geometrie- und Wärmeverlust-Parameter quantifiziert [[2021-dahash-tank-pit-thermal-storage-district-heating]] [[2022-xiang-pit-thermal-energy-storage-review]]. Für die Wien-Großwärmepumpen-Piloten fehlen veröffentlichte Längsschnitt-Wirkungsgrade über einen vollen Jahreszyklus; verfügbar sind bislang Pilot-/Auslegungsdaten ohne systemweite Roll-Out-Quantifizierung [[2024-wien-energie-innovation-uiv]]. Unbeantwortet bleibt zudem, welcher Mix aus Kurzzeit-Puffer und saisonalem Speicher die fossile Spitzenkessel-Reserve im Wiener Fernwärmenetz kostenminimal vollständig ersetzt — eine kombinierte Kurz-/Saison-Speicher-Auslegung ist in den vorliegenden Quellen nicht für den Wien-Kontext durchgerechnet [[2024-sayer-at-electricity-storage-scenarios]] [[2021-dahash-tank-pit-thermal-storage-district-heating]].

Trends & Entwicklungen

Im Zeithorizont 2025–2030 verschieben sich Wärmespeicher von Einzelprojekten zu systemischer Flexibilität. Erstens: Kurzzeit-Pufferspeicher entkoppeln Wärmezeugung von -last und verdrängen damit fossile Spitzenkessel — die Substitution läuft in Wien über skalierende Großwärmepumpen als Spittelau-Alternative (*medium confidence; medium evidence, medium agreement*) [[2024-wien-energie-innovation-uiv]]. Zweitens: saisonale Großspeicher (Pit/Aquifer) wandern, sofern geologisch geeignet, von dänischen Demonstratoren in die Netzplanung — getrieben durch sinkende Levelized-Cost-of-Storage bei Niedertemperatur-Netzen (*medium confidence; medium evidence, medium agreement*) [[2021-dahash-tank-pit-thermal-storage-district-heating]] [[2022-xiang-pit-thermal-energy-storage-review]]. Drittens: Speicher werden domänenübergreifend (Strom/Wärme) als komplementäre Zeit-Domänen modelliert, nicht als konkurrierende Einzeltechnologien [[2024-sayer-at-electricity-storage-scenarios]].

KI-Eignungs-Bewertung

Die Frage eignet sich für **Prediction** (Wärmelast-Prognose zur vorausschauenden Speicher-Ladung), **Optimization** (Dispatch zwischen Großwärmepumpe, Kurzzeit-Puffer und saisonalem Speicher gegen Strompreis/Abwärme zur Spitzenkessel-Vermeidung) und **Simulation** (Speicher-Performance und Untergrund-Eignung). In Österreich ist das Methoden-Reife-Niveau hierfür belegt hybrid: das AIT-Projekt mAIntenance demonstriert NN-Zeitreihen-Forecasting für Heiz-/Kühllast und ML-basierte Anomalie-Erkennung in HVAC-Komponenten (*medium confidence; medium evidence, medium agreement*) [[2023-ait-maintenance-hvac]]. Wien-Use-Case: Lade-/Entlade-Steuerung quartiersaufgelöster Pufferspeicher auf Wiener-Netze-Smart-Meter-Daten, um fossile Spitzenkessel an Lastspitzen zu vermeiden. Datengrundlage solide-adaptierbar, Speicher-Betriebsdaten teils proprietär; die Wärmenetz-Steuerung ist

kritische Infrastruktur, läuft aber auf aggregierten, nicht personenbezogenen Daten — EU-AI-Act Annex III (kritische Infrastruktur) ist bei direkter Echtzeit-Netzsteuerung einschlägig, bei reiner Last-/Anlagen-Optimierung greift Standard-Compliance. Aggregierte Bewertung: 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 Reviewer-Team und kein anonymer Peer-Review-Pool, daher kein Vier-Augen-Prinzip auf der Quellen-Selektion. 2. **Suchsprache DE/EN**. Literatur in anderen EU-Sprachen (insb. DK für die führende Pit-Speicher-Praxis) möglicherweise unterrepräsentiert; als Mitigation wurde gezielt der internationale Review-Stand (Xiang et al.) sowie der AT-System-Kontext (Sayer et al., TU Wien) ergänzt. 3. **Stand der Recherche: 2026-06-23**. Updates in separaten Brief-Versionen dokumentiert (ADR-0002, ADR-0004). Bei zeitkritischen Themen (Großwärmepumpen-Roll-Out, Live-Wirkungsgrade): halbjährliches Re-Screening empfohlen. 4. **Keine formale Critical Appraisal pro Quelle** (kein GRADE/ROBINS-I). Qualität über Whitelist-Tier und Peer-Review-Status heuristisch eingeschätzt; IPCC-Calibrated-Language-Tags machen die Konfidenz pro Key-Claim transparent.

Quellen

2021-dahash-tank-pit-thermal-storage-district-heating — Abdulrahman Dahash; Fabian Ochs; Alice Tosatto (2021). Techno-economic and exergy analysis of tank and pit thermal energy storage for renewables district heating systems. *Renewable Energy (Elsevier)*. [HYBRID] DOI: 10.1016/j.renene.2021.08.106

2022-xiang-pit-thermal-energy-storage-review — Yutong Xiang; Zichan Xie; Simon Furbo; Dengjia Wang; Meng Gao; Jianhua Fan (2022). A comprehensive review on pit thermal energy storage: Technical elements, numerical approaches and recent applications. *Journal of Energy Storage (Elsevier)*. [HYBRID] DOI: 10.1016/j.est.2022.105716

2024-sayer-at-electricity-storage-scenarios — Marlene Sayer; Amela Ajanović; Reinhard Haas (2024). Scenarios on future electricity storage requirements in the Austrian electricity system with high shares of variable renewables. *Smart Energy (Elsevier)*. [GOLD] DOI: 10.1016/j.segy.2024.100148

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/>

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>

Wiener Forschende

- **Abdulrahman Dahash** [Forschungseinrichtung] — Austrian Institute of Technology
ORCID: 0000-0003-2840-4958
Profil: <https://orcid.org/0000-0003-2840-4958>
- **Lukas Kranzl** [Hochschule] — TU Wien
ORCID: 0000-0003-3350-7134
Profil: <https://orcid.org/0000-0003-3350-7134>
- **Reinhard Haas** [Hochschule] — TU Wien
ORCID: 0000-0001-9361-3452
Profil: <https://orcid.org/0000-0001-9361-3452>

MA 20 Energieplanung, Referat Energiewirtschaft und Energieraumplanung
Wiener Stadtwerke, Innovationsmanagement
Magistratsdirektion – Baudirektion, Programmleitung Raus aus Gas
Wien Energie (*Frage 2*)
Wien Energie (*Dekarbonisierung Fernwärme*)