

Wie können lokale elektrische Einspeiser und Verbraucher (e-Tankstellen, Elektrolyseure, e-Boiler, Wärmepumpen, Kühloptionen, Batterien) vernetzt und gesteuert werden?

Energieversorgung — Thema 1.2: Stromnetze, -speicherung und Sektorenkopplung · Status: drafted · Quellen: 7 · Bewertet: 2026-06-24 · Modell: claude-opus-4-8@prompts/synthesis.v2.md

KI-Eignungs-Score: **HOCH**

Sum $D1+D2+D3+D4 = 3+3+3+2 = 11 \rightarrow$ high. D1=3: Wiener-Netze-Smart-Meter (~96 %, viertelstündlich) + Wien-Energie-VPP-Telemetrie + Geräte-Telemetrie (e-Boiler, Wärmepumpen, Batterien) liefern die Steuerungs-Datenbasis. D2=3: mehrere Aufgabentypen kombinierbar (Prediction Last/Erzeugung, Optimization koordinierter Geräte-Dispatch/VPP-Fahrplan, Pattern-Recognition Geräte-Erkennung/NILM, Simulation Netzurückwirkung). D3=3: VPP-Aggregation und Multi-Asset-Optimierung in EU-DSO/Aggregator-Umgebungen produktiv etabliert (IEA bewertet KI-Dispatch als wirksamsten Hebel). D4=2: koordinierte Geräte-Steuerung nutzt haushaltsscharfe Daten (DSGVO/DPIA) und kann unter EU-AI-Act Annex III §2 fallen; DSM-Tarif-Architektur trägt Equity-Risiko — Score moderat statt unkritisch.

Anwendungsfälle:

- Koordinierter Multi-Asset-Dispatch (Optimization, MILP/RL) lokaler Einspeiser und flexibler Lasten (e-Boiler, Wärmepumpen, Batterien, Ladepunkte) im Wien-Energie-VPP zur Glättung von PV-Einspeisespitzen und zur Regelenenergie-Vermarktung.
- Non-Intrusive-Load-Monitoring (Pattern-Recognition) und Last-/Erzeugungs-Prognose auf viertelstündlichen Smart-Meter-Daten zur Identifikation steuerbarer Flexibilität auf Quartiers-/Trafostations-Ebene.

Methodische Grundlagen

- **Datenbanken:** Wien-OGD (data.wien.gv.at), Wiener-Netze-/Wien-Energie-Publikationen, EDPS-Publikationen, IEA-Library, Scopus, Crossref
- **Suchstrings:** „virtual power plant aggregation distributed energy resources control“, „smart grid demand-side management heat pump e-boiler battery coordination“, „non-intrusive load monitoring smart meter device“, „dynamische Tarife Verbraucherschutz Lastflexibilität“
- **Datum:** 2019-01-01 — 2026-06-24
- **Letzter Suchlauf:** 2026-06-24
- **Einschluss:** Wien-Bezug/DACH/EU-übertragbar; ≥2019; peer-reviewed oder institutionell (IEA/EDPS); DE/EN; Volltext; Bezug zu Aggregation/Steuerung verteilter Erzeuger und flexibler Lasten.
- **Ausschluss:** Conference-Abstracts ohne Proceedings; Predatory Journals; Pre-Print ohne Akzeptanz; reine Geräte-Hardware-Studien ohne Vernetzungs-/Steuerungsbezug.
- **Gesichtete Treffer:** ~33 **Aufgenommene Quellen:** 7

Stand der Forschung

Die Vernetzung und Steuerung lokaler Einspeiser und flexibler Verbraucher erfolgt über virtuelle Kraftwerke (VPP), die PV, Batterien, Wärmepumpen, e-Boiler und Gewerbelasten zu einer aggregierten, regelenenergie-fähigen Ressource bündeln. Wien Energie betreibt ein solches VPP-Innovationsportfolio [[2024-wien-energie-innovation-uiv]], und der abgeschlossene Smart-Meter-Rollout (~96 %, viertelstündlich) liefert die Steuerungs-Datenbasis (*high confidence; robust evidence, high agreement*) [[2024-wiener-netze-smart-meter-rollout]]. IEA stuft KI-

gestützten Dispatch als wirksamsten Integrations-Hebel ein [[2025-iea-energy-and-ai]]. Eine zentrale Einschränkung: ein systematisches Review von 226 Studien belegt eine „considerable disparity between real-world deployment and theoretical VPP models“ und einen Mangel an Langzeit-Deployments — die Performance-Lücke zwischen Modell und Realbetrieb ist globaler Forschungskonsens (*medium confidence; medium evidence, high agreement*) [[2025-vpp-configurations-systematic-review]]. Steuerung über dynamische Tarife ist zudem sozial nicht neutral [[2024-foes-vzbv-dynamische-tarife]].

Forschungslücken

Es fehlt eine Wien-spezifische, validierte Feld-Evaluation der real erzielten koordinierten Flexibilität aus e-Boilern, Wärmepumpen und Heimbatterien — die Performance-Belege sind modellbasiert und nicht auf Wiener Quartiere übertragen [[2025-vpp-configurations-systematic-review]]. Die Steuer-Schnittstellen und Interoperabilitäts-Standards für die Geräte-Aggregation auf Niederspannungs-/Trafostations-Ebene sind nicht Wien-spezifisch dokumentiert [[2024-wiener-netze-smart-meter-rollout]]. Equity-Folgen einer geräte-gekoppelten Tarif-/Steuerungs-Architektur im Wiener Marktdesign sind empirisch nicht untersucht — wer ohne flexible Geräte ausgestattet ist, profitiert strukturell weniger [[2024-foes-vzbv-dynamische-tarife]]. Ebenso fehlt eine Wien-spezifische Quantifizierung des realen Re-Identifikations-Risikos aggregierter Geräte-Telemetrie und der Wirksamkeit von Privacy-by-Design-Mustern (k-Anonymität, Differential Privacy) im operativen Steuerungs-Datenfluss [[2025-voyez-smart-meter-reid]].

Trends & Entwicklungen

Im Horizont 2025–2030 zeichnen sich drei Trajektorien ab. Erstens: Aggregator-Markttrollen und VPP-Skalierung — neue Markttrollen im ELWG-Rahmen plus der Smart-Meter-Rollout ermöglichen die Einbindung von Privat-Haushaltsgeräten; der dokumentierte VPP-Performance-Gap macht Echtzeit-Monitoring zum offenen Marktdesign-Thema (*medium confidence; medium evidence, high agreement*) [[2025-vpp-configurations-systematic-review]] [[2024-wiener-netze-smart-meter-rollout]]. Zweitens: KI-gestützter Multi-Asset-Dispatch — Forecasting und koordinierte Geräte-Optimierung wandern von Pilots in produktive Aggregator-Plattformen (*medium confidence; limited evidence, medium agreement*) [[2025-iea-energy-and-ai]] [[2024-wien-energie-innovation-uiv]]. Drittens: Datenschutz-getriebene Architektur — Smart-Meter-Re-Identifikation (90 % aus 5 Messungen) zwingt zu Privacy-by-Design und Quartiers-Aggregation als Steuerungs-Standard (*high confidence; robust evidence, high agreement*) [[2025-voyez-smart-meter-reid]] [[2019-edps-techdispatch-smart-meters]].

KI-Eignungs-Bewertung

Die Frage eignet sich für **Optimization** (koordinierter Multi-Asset-Dispatch, VPP-Fahrplan), **Prediction** (Last-/Erzeugungs-Forecast), **Pattern-Recognition** (Non-Intrusive-Load-Monitoring, Geräte-Erkennung) und **Simulation** (Netzzrückwirkung der Geräte-Aggregation). Wien-Use-Case: koordinierter Dispatch von e-Boilern, Wärmepumpen, Batterien und Ladepunkten im Wien-Energie-VPP auf viertelstündlichen Smart-Meter-/Telemetrie-Daten zur PV-Spitzen-Glättung und Regelenenergie-Vermarktung [[2024-wien-energie-innovation-uiv]] [[2025-iea-energy-and-ai]]. Methoden-Reife: VPP-Aggregation in EU-DSO/Aggregator-Umgebungen produktiv etabliert, der Modell-Realbetrieb-Gap bleibt ein Validierungs-Thema. Ethik/Recht: koordinierte Geräte-Steuerung nutzt haushaltsscharfe Daten — DSGVO-Art.-35-DPIA (Re-ID 90 % aus 5 Messungen) und EU-AI-Act Annex III §2 (kritische Infrastruktur Elektrizität) bei direkter Netz-/Last-Steuerung; Quartiers-Aggregation und Human-in-the-Loop halten den Rahmen [[2025-voyez-smart-meter-reid]]. Aggregiert: D1=3, D2=3, D3=3, D4=2, Sum=11 → **high**.

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; EU-/AT-Quellen häufig EN, Wien-Kontext DE-priorisiert. 3. **Stand der Recherche: 2026-06-24** — Updates in separaten Brief-Versionen (ADR-0002/0004); bei zeitkritischer Aggregator-/Datenschutz-Regulatorik 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. **(DPIA-bedingt) Smart-Meter-/Geräte-Re-Identifikation** — Steuer-Telemetrie ist de-facto personenbezogen; Privacy-by-Design (Quartiers-Aggregation, k-Anonymität), DSGVO-Art.-35-DPIA und NGO-Critical-Voice (EDPS) sind Voraussetzung der koordinierten Steuerung.

Quellen

2025-vpp-configurations-systematic-review — Zare, Alireza; Shafie-khah, Miadreza; Siano, Pierluigi; Lazaroiu, George Cristian (2025). A systematic review of Virtual Power Plant configurations and their interaction with electricity, carbon, and flexibility markets. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 226. [HYBRID] DOI: [10.1016/j.rser.2025.116448](https://doi.org/10.1016/j.rser.2025.116448)

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/>

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

2024-foes-vzbv-dynamische-tarife — Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft (FÖS) (2024). Wie verbraucherfreundlich sind dynamische und variable Stromtarife?. *Studie im Auftrag des Verbraucherzentrale Bundesverband (vzbv)*. URL: https://foes.de/publikationen/2024/2024_FOES_Dynamische_Tarife.pdf

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)

2019-edps-techdispatch-smart-meters — Riemann, Robert; Zerdick, Thomas (2019). TechDispatch #2: Smart Meters in Smart Homes. *European Data Protection Supervisor (EDPS)*. URL: https://www.edps.europa.eu/data-protection/our-work/publications/techdispatch/techdispatch-2-smart-meters-smart-homes_en

Wiener Forschende

- **Thomas Strasser** [Forschungseinrichtung] — Austrian Institute of Technology
ORCID: [0000-0002-6415-766X](https://orcid.org/0000-0002-6415-766X)
Profil: <https://openalex.org/A5080433490>
- **Hans Auer** [Hochschule] — TU Wien
ORCID: [0000-0002-9111-9941](https://orcid.org/0000-0002-9111-9941)
Profil: <https://openalex.org/A5027019833>
- **Behnam Zakeri** [Hochschule] — Vienna University of Economics and Business
ORCID: [0000-0001-9647-2878](https://orcid.org/0000-0001-9647-2878)
Profil: <https://openalex.org/A5000711533>

Wien Energie (*Frage 2b*)

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

Wien Energie (*Dekarbonisierung Fernwärme*)

Wiener Stadtwerke, Innovationsmanagement

Wiener Netze, Innovations- und Nachhaltigkeitsmanagement