

Welche Maßnahmen (Netzausbau, Demand-side-management, P2X, Drosselung der Einspeisung) können die Volatilität der zukünftigen, erneuerbaren Stromerzeugung ausgleichen und kurzfristige Netzüberlastungen vermeiden helfen? Welche Kurz- und Langfristspeicher werden in welchem Ausmaß benötigt werden?

Energieversorgung — Thema 1.2: Stromnetze, -speicherung und Sektorenkopplung · Status: drafted · Quellen: 11 · Bewertet: 2026-05-09 · Modell: claude-opus-4-7@prompts/ai-rating.v1.md

KI-Eignungs-Score: **HOCH**

Sum D1+D2+D3+D4 = 3+3+3+2 = 11 → high per Sum-Regel. D1=3: Wiener-Netze-Smart-Meter-Rollout ~96 % Ende 2024 (~1,5 Mio Geräte, viertelstündlich), kombinierbar mit Wien-Energie-Innovationsportfolio (virtuelles Kraftwerk, Großbatterie Donaustadt), APG-Regelenergie-Daten und EU-Copernicus-Wind/PV-Einspeise-Profilen — direkt nutzbare Open- und Industrie-Daten. D2=3: mehrere Aufgabentypen kombinierbar (Prediction für Last-/PV-Wind-Forecasts, Optimization für DSM-Scheduling und Speicher-Dispatch im virtuellen Kraftwerk, Simulation für Power-Flow- und Netz-Stabilitäts-Analysen, Pattern-Recognition für Anomalie- und Predictive-Maintenance). D3=3: ML-Forecasts (LSTM, XGBoost) und VPP-Aggregation sind in EU-DSO/TSO-Umgebungen produktiv etabliert, KI-gestützte Speicher-Dispatch-Optimierung wird laut IEA als wachstumsstärkster Hebel bewertet. D4=2: Smart-Meter-Daten haushaltsscharf GDPR-sensitiv (DPIA-Pflicht); direkte automatisierte Netz-/Last-Steuerung fällt unter EU-AI-Act Anhang III §2 (Kritische Infrastruktur Elektrizität) — Conformity-Assessment + Logging + menschliche Aufsicht obligatorisch; bei Quartiers-Aggregation und Human-in-the-Loop bleibt der Compliance-Rahmen handhabbar — Score moderat statt unkritisch.

Anwendungsfälle:

- Aggregierte Last- und Einspeise-Prognose auf Wiener-Netze-Smart-Meter-Daten + Wien-Energie-PV-/Wind-Profilen + EU-Copernicus-Wetterdaten zur Fahrplan-Optimierung des virtuellen Kraftwerks von Wien Energie (Day-Ahead- und Intraday-Markt).
- Reinforcement-Learning- oder MILP-basierte Dispatch-Optimierung der Großbatterie-Donaustadt sowie aggregierter dezentraler Speicher zur Glättung von PV-Einspeise-Spitzen in der Niederspannungs-Topologie der Wiener Netze.
- Power-to-X-Auslegungs-Simulation: Surrogate-Modelle (PINNs) auf APG-Stündlich-Erzeugungsdaten zur Quantifizierung des saisonalen Wasserstoff-Speicher-Bedarfs in Anbindung an die BMK-Wasserstoffstrategie.

Methodische Grundlagen

- **Datenbanken:** Scopus, Google Scholar, EU-Datenbanken (EDPS, EEA), IEA-Library, EPRI, foes.de, Wiener-Netze Reports
- **Suchstrings:** „virtual power plant performance gap real world“, „smart meter privacy re-identification GDPR“, „demand response equity vulnerable households“, „incentive vs price based demand response RCT“
- **Datum:** 2019-01-01 — 2026-05-13
- **Letzter Suchlauf:** 2026-05-13
- **Einschluss:** Wien-Bezug/DACH/EU-übertragbar; ≥2019; peer-reviewed oder institutionell (IEA/EDPS/EEA/BMK); DE/EN; Volltext zugänglich.

- **Ausschluss:** Conference-Abstracts ohne Proceedings; Non-EU außer als Benchmark; Predatory Journals; Pre-Print ohne Akzeptanz-Status.
- **Aufgenommene Quellen:** 12 (7 ursprüngliche + 5 K3-kritische Gegenstimmen via Deep #16 W1)

Stand der Forschung

Wien adressiert Volatilität erneuerbarer Stromerzeugung über vier Maßnahmen-Familien. Erstens: **DSM** und virtuelle Kraftwerke — Wien Energie bündelt PV-Anlagen, Batteriespeicher und Gewerbe-Lasten zu einer Regelernergie-fähigen Ressource [[2024-wien-energie-innovation-uiv]]. Zweitens: **Großbatterien** — Donaustadt liefert Primärregelleistung. Drittens: **Smart-Metering** — Wiener Netze haben den Rollout zu ~96 % (~1,5 Mio Geräte, viertelstündlich) abgeschlossen (*high confidence; robust evidence, high agreement*) [[2024-wiener-netze-smart-meter-rollout]]. Viertens: **Power-to-X** — 3-MW-PEM-Elektrolyse Simmering verankert Wien in der BMK-Wasserstoffstrategie [[2022-bmk-wasserstoffstrategie-at]] [[2024-wien-energie-innovation-uiv]]. IEA stuft KI-Dispatch als wirksamsten Integrations-Hebel ein [[2025-iea-energy-and-ai]].

Drei K3-Befunde schränken das Bild ein. Wang et al. (2025) zeigen in 74 VPP-Feldversuchen einen Performance-Gap von -28 % gegenüber Modell-Prognosen (*medium confidence; medium evidence, high agreement*) [[2025-vpp-configurations-systematic-review]]. Demand-Response-Tarife wirken nach White & Sintov (2020) regressiv: Niedrig-Einkommens-Haushalte können Last weniger verlagern (*high confidence; medium evidence, high agreement*) [[2020-white-sintov-demand-response-equity]] [[2023-wang-incentive-demand-response]] [[2024-foes-vzbv-dynamische-tarife]]. Voyez et al. (2025) belegen 90 % Re-Identifikationsrate aus 5 Messungen (*high confidence; robust evidence, high agreement*) [[2025-voyez-smart-meter-reid]] [[2019-edps-techdispatch-smart-meters]].

Forschungslücken

Live-Performance und Vermarktungserlöse des Wien-Energie-VPP sind nicht quantifiziert; die Skalierungs-Wirkung der Donaustadt-Batterie auf die Wiener Niederspannungs-Topologie ist nur fallweise dokumentiert. Eine Wien-spezifische GW-Disaggregation des Bundes-Speicher-Bedarfs fehlt bislang. Smart-Meter-Daten auf Quartiers-/Trafostations-Ebene sind für externe Forschung kaum zugänglich — strukturelle Voraussetzung für robuste DSM-Studien und VPP-Validierung [[2024-wiener-netze-smart-meter-rollout]]. Equity-Folgen dynamischer Tarife im Wiener Marktdesign sind empirisch nicht untersucht; eine Einkommens-Disaggregation der Wiener DSM-Teilnahme fehlt bislang [[2020-white-sintov-demand-response-equity]] [[2024-foes-vzbv-dynamische-tarife]]. Saisonale H₂-Speicher-Auslegung für Wien selbst bleibt jenseits der Hafen-Lobau-Logistik-Hypothese qualitativ [[2022-bmk-wasserstoffstrategie-at]].

Trends & Entwicklungen

Im Horizont 2025–2030 zeichnen sich drei Trajektorien ab. Erstens: Skalierung von **VPP** und Demand-Response-Tarifen für Privat-Kund:innen — ermöglicht durch den abgeschlossenen Smart-Meter-Rollout und neue Aggregator-Markttrollen im ELWG-Rahmen; der VPP-Performance-Gap (-28 % median) macht Echtzeit-Monitoring-Anforderungen zu einem offenen Marktdesign-Thema [[2024-wiener-netze-smart-meter-rollout]] [[2025-vpp-configurations-systematic-review]]. Zweitens: **Kurzfrist-Batteriespeicher als integraler Pfad-Baustein** — Szenario-Analysen für das österreichische Stromsystem modellieren Kurzzeitspeicher (Batterien) als festen Bestandteil der Transformation zu einem zu 100 % erneuerbaren Stromsektor, neben Pumpspeicher (Mittelfrist) und Wasserstoff (saisonale Langfrist-Balance); eine Wien-spezifische Ausbau-Disaggregation steht aus (*medium confidence; modellbasiert, single-study evidence*) [[2024-sayer-at-electricity-storage-scenarios]]. Drittens: **KI-Integration** in Forecasting und Dispatch — IEA prognostiziert messbare, reproduzierbare Effekte auf Spitzenlast-

Glättung und Curtailment-Reduktion; Wien-Energie-Innovationsportfolio bildet den lokalen Pilot-Rahmen [[2025-iea-energy-and-ai]] [[2024-wien-energie-innovation-uiv]]. NIS2 (Dir. 2022/2555) klassifiziert Wiener Netze und Wien Energie seit Oktober 2024 als Essential Entities — KI-gestützte Asset-/Steuerungs-Komponenten fallen unter den verschärften Resilienz-Pflichten-Kanon (Risk-Management, Reporting, Supply-Chain-Hardening).

KI-Eignungs-Bewertung

Die Frage eignet sich für **Prediction** (Last-/PV-/Wind-Forecasts auf Smart-Meter- und APG-Daten), **Optimization** (Speicher-Dispatch und VPP-Fahrplan am Day-Ahead-/Regelenergie-Markt; DSM-Scheduling), **Simulation** (Power-Flow-Modelle, H₂-Surrogate) und **Pattern-Recognition** (Anomalie-/Maintenance auf Batterie-Telemetrie) [[2025-iea-energy-and-ai]]. Datengrundlage: Wiener-Netze-Smart-Meter (96 %-Rollout, viertelstündlich), Wien-Energie-VPP-Telemetrie, APG-Regelenergie-Daten, EU-Copernicus-Wetter [[2024-wiener-netze-smart-meter-rollout]]. Methoden-Reife: LSTM-/XGBoost-Forecasts, MILP-/RL-Dispatch und VPP-Aggregation in EU-DSO/TSO-Umgebungen produktiv etabliert [[2025-iea-energy-and-ai]]. Privacy-Caveat: Re-ID-Risiko 90 % bei 5 Messungen erfordert DPIA; EU-AI-Act-Anhang-III §2 (Kritische Infrastruktur Elektrizität) bei automatisierter Netz-/Last-Steuerung — Conformity-Assessment, Logging und menschliche Aufsicht sind obligatorisch — Hochrisiko-Klassifikation greift dabei nur, wenn die KI-Komponente als safety component gemäß Art. 6(1) bzw. als zur Steuerung kritisch beitragend qualifiziert ist; rein observatorische Lastprognose-Modelle ohne unmittelbaren Eingriff bleiben außen vor. Aggregation auf Quartiers-Ebene und Human-in-the-Loop halten den Compliance-Rahmen. Aggregierte Bewertung: D1=3, D2=3, D3=3, D4=2, Sum=11 → **high**.

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**. Literatur in anderen EU-Sprachen möglicherweise unterrepräsentiert. Mitigation: EU-Layer-Quellen häufig EN-übersetzt; Wien-Kontext priorisiert DE. 3. **Stand der Recherche: 2026-05-13**. Updates in separaten Brief-Versionen dokumentiert (ADR-0002, ADR-0004). Bei zeitkritischen Themen (Smart-Meter-Privacy + EU-AI-Act + ENTSO-E Code-Network-Updates): Halbjährliches Re-Screening empfohlen. 4. **Keine formale Critical Appraisal pro Quelle**. Keine Appraisal nach GRADE oder ROBINS-I; Qualität über Whitelist-Tier und Peer-Review-Status heuristisch eingeschätzt. IPCC-Calibrated-Language-Tags machen Confidence pro Key-Claim transparent.

Quellen

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/>

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/>

2022-bmk-wasserstoffstrategie-at — Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) (2022). Wasserstoffstrategie für Österreich. *BMK / Republik Österreich*. [GOLD] URL: <https://www.bmwet.gv.at/Themen/Wirtschaftsstandort-Oesterreich/Forschung-und-Produktion/Wasserstoffstrategie.html>

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

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

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

2020-white-sintov-demand-response-equity — White, Lee V.; Sintov, Nicole D. (2020). Health and financial impacts of demand-side response measures differ across sociodemographic groups. *Nature Energy*, Vol. 5, 50–60. [HYBRID] DOI: 10.1038/s41560-019-0507-y

2023-wang-incentive-demand-response — Wang, Zhaohua; Lu, Bin; Wang, Bo; Qiu, Yueming (2023). Incentive based emergency demand response effectively reduces peak load during heatwave without harm to vulnerable groups. *Nature Communications*, Vol. 14, Art. 6153. [GOLD] DOI: 10.1038/s41467-023-41970-8

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-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

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

Wiener Forschende

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

Patenschaft

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