

Welche Erfordernisse für Netzaus- und -umbau sowie die Steuerung des Energiesystems entstehen durch die Dezentralisierung der Erzeugungsanlagen?

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: **HOCH**

Sum $D1+D2+D3+D4 = 3+3+3+2 = 11 \rightarrow$ high. D1=3: Wiener-Netze-Smart-Meter-Rollout ~96 % (~1,5 Mio. Geräte, viertelstündlich) plus Wien-Energie-Innovationsportfolio (VPP, Großwärmepumpen) und EU-Copernicus-Wetterdaten — direkt nutzbare Open-/Industrie-Daten zur Netzzustands-Modellierung. D2=3: mehrere Aufgabentypen kombinierbar (Prediction Last-/Einspeise-Forecast, Simulation Power-Flow/Hosting-Capacity, Optimization Netz-/Speicher-Dispatch, Pattern-Recognition Anomalie/Predictive-Maintenance). D3=3: ML-Forecasts und aktive Verteilnetz-Steuerung sind in EU-DSO-Umgebungen produktiv etabliert. D4=2: Smart-Meter-Daten haushaltsscharf DSGVO-sensibel (DPIA-Pflicht); automatisierte Netzsteuerung fällt unter EU-AI-Act Annex III §2 (kritische Infrastruktur Elektrizität) — Conformity-Assessment + Human-in-the-Loop obligatorisch; bei Quartiers-Aggregation handhabbar.

Anwendungsfälle:

- Hosting-Capacity- und Power-Flow-Simulation auf Wiener-Netze-Topologie + Smart-Meter-Einspeise-Profilen zur Identifikation von Netzengpässen und zur Priorisierung von Netzverstärkungs- vs. Flexibilitäts-Maßnahmen bei wachsender dezentraler PV-Dichte.
- Prädiktive Last-/Einspeise-Prognose (LSTM/XGBoost) auf viertelstündlichen Smart-Meter-Daten + Copernicus-Wetter zur aktiven Niederspannungs-Steuerung (Volt-VAR, Curtailment-Minimierung) und zur Dimensionierung dezentraler Speicher.

Methodische Grundlagen

- **Datenbanken:** Wien-OGD (data.wien.gv.at), Wiener-Netze-/Wien-Energie-Publikationen, BMK-Publikationsserver, Scopus, IEEE Xplore, IPCC-AR6-Reports
- **Suchstrings:** „grid integration distributed generation hosting capacity distribution network“, „Netzausbau Verteilnetz dezentrale Einspeisung Steuerung“, „active distribution network voltage reverse power flow solar PV“, „electricity storage scenarios Austria variable renewables“
- **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 Verteilnetz-Integration, Netzausbau oder Systemsteuerung dezentraler Erzeugung.
- **Ausschluss:** Conference-Abstracts ohne Proceedings; Predatory Journals; Pre-Print ohne Akzeptanz; reine Erzeugungs-Potenzialstudien ohne Netz-/Integrationsbezug.
- **Gesichtete Treffer:** ~36 **Aufgenommene Quellen:** 6

Stand der Forschung

Dezentralisierung verschiebt das Energiesystem von zentraler Einspeisung zu vielen verteilten Erzeugern und macht die Integration zum Netz- und Systemproblem, nicht zum Erzeugungsproblem. Hohe Anteile dezentraler PV erzeugen im Verteilnetz systematische technische Rückwirkungen — Spannungsanstieg an Einspeiseknoten,

bidirektionale/Rückwärts-Lastflüsse, Power-Quality-Verschlechterung und Schutzkoordinations-Probleme; die „Hosting Capacity“ des lokalen Netzes — nicht das Flächenpotenzial — begrenzt die integrierbare Dichte (*high confidence; robust evidence, high agreement*) [[2022-shafiullah-grid-integration-solar-pv-review]]. Voraussetzung für die Steuerung ist Sichtbarkeit: Wiener Netze haben den Smart-Meter-Rollout zu ~96 % (~1,5 Mio. Geräte, viertelstündlich) abgeschlossen (*high confidence; robust evidence, high agreement*) [[2024-wiener-netze-smart-meter-rollout]]. Wien Energie erprobt aktive Flexibilität über virtuelle Kraftwerke und Großwärmepumpen [[2024-wien-energie-innovation-uiv]]. Speicher sind integraler Pfad-Baustein: Szenarien für das österreichische Stromsystem modellieren Kurzzeit-Batterien (Netz-Entlastung), Pumpspeicher und saisonalen Wasserstoff [[2024-sayer-at-electricity-storage-scenarios]]; der NEKP rahmt Netzausbau, Speicher und Flexibilität national bis 2030 [[2024-bmk-nekp-oesterreich]].

Forschungslücken

Es fehlt eine Wien-spezifische, topologie-aufgelöste Hosting-Capacity-Analyse der Niederspannungsnetze, die die zulässige dezentrale Dichte je Trafostation/Quartier quantifiziert — die vorliegende Evidenz ist generisch und nicht auf das Wiener Netz regionalisiert [[2022-shafiullah-grid-integration-solar-pv-review]]. Eine Wien-Disaggregation des bundesweiten Speicher- und Netzverstärkungs-Bedarfs liegt nicht vor [[2024-sayer-at-electricity-storage-scenarios]]. Smart-Meter-Daten auf Trafostations-Ebene sind für externe Forschung kaum zugänglich — strukturelle Voraussetzung für robuste Netzzustands-Studien [[2024-wiener-netze-smart-meter-rollout]]. Die kostenoptimale Abwägung zwischen kupferner Netzverstärkung und KI-gestützter aktiver Steuerung ist für Wien nicht modelliert. Auch die Schutzkoordinations- und Power-Quality-Folgen hoher dezentraler Einspeisung im Wiener Bestandsnetz sind nicht systematisch dokumentiert [[2022-shafiullah-grid-integration-solar-pv-review]].

Trends & Entwicklungen

Im Horizont 2025–2035 zeichnen sich drei Trajektorien ab. Erstens: Übergang vom passiven zum aktiven Verteilnetz — Smart-Inverter mit Volt-VAR-Regelung, Demand-Side-Management und aktive Steuerung verschieben die Integrationsgrenze, sodass Netzverstärkung gezielter statt flächendeckend erfolgt (*medium confidence; medium evidence, high agreement*) [[2022-shafiullah-grid-integration-solar-pv-review]]. Zweitens: Speicher als Netz-Werkzeug — Kurzzeit-Batterien werden als fester, modellierter Bestandteil des Transformationspfads zur Spitzenkappung und Engpass-Entlastung eingesetzt (*medium confidence; limited evidence, medium agreement*) [[2024-sayer-at-electricity-storage-scenarios]] [[2024-wien-energie-innovation-uiv]]. Drittens: Sektorenkopplung und Flexibilität als Systemhebel statt Einzeltechnologie — Elektrifizierung plus Speicher, DSM und Netze sind die zentralen Integrations-Hebel für hohe Anteile variabler Erneuerbarer (*high confidence; robust evidence, high agreement*) [[2022-ipcc-ar6-wg3-energy-systems]]; der NEKP setzt den nationalen Maßnahmenrahmen [[2024-bmk-nekp-oesterreich]].

KI-Eignungs-Bewertung

Die Frage eignet sich für **Simulation** (Power-Flow-/Hosting-Capacity-Modelle), **Prediction** (Last-/Einspeise-Forecast), **Optimization** (Netz-/Speicher-Dispatch, Curtailment-Minimierung) und **Pattern-Recognition** (Anomalie-/Predictive-Maintenance auf Asset-Telemetrie). Wien-Use-Case: Hosting-Capacity- und Power-Flow-Simulation auf Wiener-Netze-Topologie plus viertelstündlichen Smart-Meter-Einspeise-Profilen zur Priorisierung von Netzverstärkung vs. Flexibilität [[2024-wiener-netze-smart-meter-rollout]] [[2022-shafiullah-grid-integration-solar-pv-review]]; aktive Niederspannungs-Steuerung über prädiktive Forecasts [[2024-wien-energie-innovation-uiv]]. Methoden-Reife: aktive Verteilnetz-Steuerung in EU-DSO-Umgebungen produktiv etabliert. Ethik/Recht: Smart-Meter-Daten

haushaltsscharf DSGVO-sensibel (DPIA-Pflicht); automatisierte Netzsteuerung berührt EU-AI-Act Annex III §2 (kritische Infrastruktur Elektrizität) — Conformity-Assessment, Logging und menschliche Aufsicht obligatorisch; Quartiers-Aggregation hält den Rahmen. 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 Netzregulatorik (ElWG, NIS2) 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-Re-Identifikation** — haushaltsscharfe Netzdaten sind de-facto personenbezogen; Privacy-by-Design (Quartiers-/Trafo-Aggregation) und DSGVO-Art.-35-DPIA sind Voraussetzung jeder KI-gestützten Netzsteuerung.

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/>

2022-shafiullah-grid-integration-solar-pv-review — Shafiullah, Md; Ahmed, Shakir D.; Al-Sulaiman, Fahad A. (2022). Grid Integration Challenges and Solution Strategies for Solar PV Systems: A Review. *IEEE Access*, Vol. 10, pp. 52233-52257. [GOLD] DOI: [10.1109/access.2022.3174555](https://doi.org/10.1109/access.2022.3174555)

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-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](https://doi.org/10.1016/j.segy.2024.100148)

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](https://doi.org/10.1017/9781009157926.008)

Wiener Forschende

- **Hans Auer** [Hochschule] — TU Wien
ORCID: [0000-0002-9111-9941](https://orcid.org/0000-0002-9111-9941)
Profil: <https://openalex.org/A5027019833>
- **Thomas Strasser** [Forschungseinrichtung] — Austrian Institute of Technology
ORCID: [0000-0002-6415-766X](https://orcid.org/0000-0002-6415-766X)
Profil: <https://openalex.org/A5080433490>
- **Reinhard Haas** [Hochschule] — TU Wien
ORCID: [0000-0001-9361-3452](https://orcid.org/0000-0001-9361-3452)
Profil: <https://openalex.org/A5069213749>

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