

Wie wirkt sich eine zunehmende Dichte an dezentralen Anlagen für erneuerbare Energien auf die städtische Umwelt aus?

Energieversorgung — Thema 1.1: Anlagen für erneuerbare Energien im städtischen Kontext · Status: drafted · Quellen: 7 ·
Bewertet: 2026-06-23 · Modell: claude-opus-4-8@prompts/synthesis.v2.md

KI-Eignungs-Score: **HOCH**

Sum-Regel $D1+D2+D3+D4 = 3+3+2+3 = 11 \rightarrow$ high. D1 (Datenverfügbarkeit): Direkt Wien-OGD — Solarpotenzial-Kataster (MA 41/MA 20, DSM-basiert, CC BY 4.0) + nahezu flächendeckende Wiener-Netze-Smart-Meter-Daten (~96 % Quote Ende 2024) erlauben gebäude-/netzknottenscharfe Modellierung der dezentralen Erzeugungsdichte. D2 (Aufgabentyp): Mehrere Typen kombinierbar — Prediction (Hosting-Capacity-/Lastfluss-Prognose), Optimization (räumliche PV-Standortverteilung), Pattern-Recognition (Spannungs-/Power-Quality-Anomalien) und Simulation (Verteilnetz-Lastflüsse). D3 (Methoden-Reife): Hybrid — Netzintegrations-ML und GIS-PV-Siting sind in EU-Smart-City-Pilots etabliert, die aggregierte urban-ökologische Wirkungsmodellierung dezentraler Erneuerbaren-Dichte bleibt aber experimentell. D4 (Ethik/Recht): Unkritisch auf Systemebene — kein AI-Act-Anhang-III-Hochrisiko, keine personenbezogenen Daten in der aggregierten Netz-/Flächenanalyse; die Equity-Dimension der PV-Diffusion ist ein Modellierungs-Designkriterium, kein Rechts-Hochrisiko. Keine Override-Regel aktiv.

Anwendungsfälle:

- KI-gestützte Hosting-Capacity- und Lastfluss-Prognose im Wiener Verteilnetz auf Basis von Wiener-Netze-Smart-Meter-Daten — Identifikation netzkritischer Quartiere, in denen die zunehmende Dichte dezentraler PV Spannungsanstieg/Reverse-Power-Flow erzeugt
- Räumliche PV-Standort-Optimierung über den Wiener Solarpotenzial-Kataster (DSM-Daten MA 41/MA 20) mit einkommensgewichteten statt rein ertragsbasierten Zielfunktionen, um die Atlanta-Diffusions-Verzerrung (Spatial $\neq$ Social Redistribution) für Wien zu vermeiden
- Simulations-basierte Szenario-Analyse der maximal integrierbaren dezentralen Erzeugungsdichte je Stadtmorphologie-Typ (Gründerzeit vs. Stadtrand) zur Priorisierung von Speicher-/Netzverstärkungs-Investitionen

Methodische Grundlagen

- **Datenbanken:** Wien-OGD (data.wien.gv.at / GeoDatenViewer), Scopus, Crossref, IEEE Xplore, IPCC-Reports
- **Suchstrings:** „distributed renewable energy environmental impact urban“, „hosting capacity distributed photovoltaic distribution grid review“, „rooftop solar urban morphology energy autonomy“, „virtual power plant flexibility real-world deployment“
- **Datum:** 2020-01-01 — 2026-06-23
- **Letzter Suchlauf:** 2026-06-23
- **Einschluss:** Wien-Bezug/DACH/EU-übertragbar; ≥ 2020 ; peer-reviewed oder institutionell (IPCC/Stadt Wien/IEEE); DE/EN; Volltext zugänglich.
- **Ausschluss:** Conference-Abstracts ohne Proceedings; Predatory Journals; Pre-Print ohne Akzeptanz-Status; rein anlagentechnische Einzel-Komponenten-Studien ohne Systembezug.
- **Gesichtete Treffer:** ~34 **Aufgenommene Quellen:** 7

Stand der Forschung

Eine zunehmende Dichte dezentraler Erneuerbaren-Anlagen wirkt auf die städtische Umwelt primär über das Verteilnetz: hohe Anteile variabler Einspeisung erzeugen Spannungsanstieg, Rückspeisung (Reverse Power Flow) und

Power-Quality-Effekte, die die integrierbare Dichte über die netzabhängige „Hosting Capacity“ begrenzen (*high confidence; robust evidence, high agreement*) [[2022-shafiullah-grid-integration-solar-pv-review]]. Speicher, Demand-Side-Flexibilität, Sektorenkopplung und Netzausbau sind die zentralen Integrations-Hebel für hohe Anteile variabler Erneuerbarer [[2022-ipcc-ar6-wg3-energy-systems]]. Das technisch nutzbare Flächenpotenzial im dichten Stadtkörper ist real, aber begrenzt: für Städte mit hohem Gründerzeit-Anteil (analog Wien) liegt das Dach-PV-Autarkie-Potenzial bei nur 20–40 % des Strombedarfs (*medium confidence; medium evidence, medium agreement*) [[2025-mitsopoulos-kapsalis-city-scale-pv-autonomy]]. Wien erschließt dafür zunehmend nicht-klassische Trägerflächen — Lärmschutzwände, Fassaden, Bahn-Infrastruktur [[2024-wien-energie-innovation-uiv]] — kartiert über den DSM-basierten Solarpotenzial-Kataster [[2024-stadt-wien-solarpotenzialkataster]]. Sozial-räumlich folgt die PV-Diffusion jedoch dem Investitions-Zyklus wohlhabender Quartiere, nicht der Energiearmut [[2024-behnke-shelton-rooftop-solar-gentrification]].

Forschungslücken

Es fehlt eine Wien-spezifische, netzknotenscharfe Hosting-Capacity-Analyse, die die maximal integrierbare dezentrale Erzeugungsdichte je Stadtquartier quantifiziert und gegen Stadtmorphologie-Typen (Gründerzeit, gründerzeitliche Blockrandbebauung, Stadterweiterungsgebiete) auflöst [[2022-shafiullah-grid-integration-solar-pv-review]]. Die Live-Performance dezentraler Aggregations-/VPP-Konzepte ist generell unterdokumentiert — es überwiegen Kurzzeit-Pilots statt validierter Langzeit-Deployments, und regulatorische Barrieren, Verbraucher-Akzeptanz sowie Betriebs-Unsicherheiten bleiben unterforscht [[2025-vpp-configurations-systematic-review]]. Für Wien existiert keine einkommensgewichtete Auswertung der PV-Diffusion, die den aus Atlanta dokumentierten „Spatial ≠ Social“-Verteilungseffekt empirisch prüft [[2024-behnke-shelton-rooftop-solar-gentrification]]. Ungeklärt bleibt zudem, ob die nicht-klassischen Trägerflächen (Lärmschutzwände, Fassaden, Bahn-Infrastruktur) ihren simulierten Beitrag im realen Betrieb erbringen [[2024-wien-energie-innovation-uiv]].

Trends & Entwicklungen

Im Horizont 2025–2030 verschiebt sich die Integration dezentraler Erneuerbarer von reiner Erzeugung zu aktiver Verteilnetz-Steuerung mit Smart-Invertern, Blindleistungs-/Volt-VAR-Regelung, Speichern und Demand-Side-Management (*high confidence; robust evidence, high agreement*) [[2022-shafiullah-grid-integration-solar-pv-review]]. Aggregations-/Flexibilitätsmärkte (VPP) wachsen, ihre Reife bleibt aber durch fehlende Langzeit-Deployments begrenzt (*medium confidence; limited evidence, medium agreement*) [[2025-vpp-configurations-systematic-review]]. Parallel rückt die Systemintegration über Speicher, Demand-Side-Flexibilität und Sektorenkopplung als notwendige Bedingung für hohe Anteile variabler Erneuerbarer in den Vordergrund [[2022-ipcc-ar6-wg3-energy-systems]]. Wien skaliert sein PV-Innovationsportfolio (lineare Infrastruktur, Fassaden, Bahn-Trassen) als bewusste Lern-Pipeline für Skalierungs-Entscheidungen [[2024-wien-energie-innovation-uiv]].

KI-Eignungs-Bewertung

Die Frage ist mit hoher KI-Eignung zu bewerten (Score **high**, Rubric-Sum 11/12, D1=3 / D2=3 / D3=2 / D4=3). Einschlägige Aufgabentypen: **Prediction** (Hosting-Capacity-/Lastfluss-Prognose), **Optimization** (räumliche PV-Standortverteilung), **Pattern-Recognition** (Spannungs-/Power-Quality-Anomalien) und **Simulation** (Verteilnetz-Lastflüsse je Stadtmorphologie). Datenseitig stehen der Wien-OGD-Solarpotenzial-Kataster und die nahezu flächendeckenden Wiener-Netze-Smart-Meter-Daten bereit [[2024-stadt-wien-solarpotenzialkataster]]. Konkreter Wien-Use-Case: KI-gestützte Hosting-Capacity-Prognose zur Identifikation netzkritischer Quartiere, gekoppelt mit PV-Siting-Optimierung [[2022-shafiullah-grid-integration-solar-pv-review]]. Ethisch zentral ist, dass die Zielfunktion einkommensgewichtet statt rein ertragsbasiert gesetzt wird, sonst reproduziert die KI-

Optimierung den dokumentierten Diffusions-Verzerrungseffekt (*medium confidence; medium evidence, high agreement*) [[2024-behnke-shelton-rooftop-solar-gentrification]]. Auf Systemebene keine AI-Act-Annex-III-Hochrisiko-Treffer, keine personenbezogenen Daten in der aggregierten Analyse.

Methodische Einschränkungen

1. **Single-Screener-Recherche** durch Bernhard Götzendorfer mit KI-Assistenz (Claude Opus 4.8, 1M context). 2. **Suchsprache DE/EN** — Literatur in anderen EU-Sprachen möglicherweise unterrepräsentiert. Mitigation: EU-Layer-Quellen sind häufig EN-übersetzt verfügbar; der Wien-Kontext wird über DE-Primärquellen (Solarpotenzial-Kataster, Wien Energie/UIV) abgedeckt. 3. **Stand der Recherche: 2026-06-23** — Updates erfolgen in separaten Brief-Versionen (ADR-0002, ADR-0004); bei zeitkritischen Themen (Netzregulatorik) halbjährliches Re-Screening. 4. **Keine formale Critical Appraisal** pro Quelle (kein GRADE/ROBINS-I); Qualität heuristisch via Whitelist-Tier + Peer-Review-Status; IPCC-Calibrated-Language-Tags markieren die Confidence pro Key-Claim. Die zentrale Netzintegrations-Evidenz stützt sich auf eine internationale Review (IEEE), die nicht Wien-spezifisch kalibriert ist — die quartierscharfe Hosting-Capacity-Übertragung auf das Wiener Verteilnetz bleibt eine offene Modellierungsaufgabe.

Quellen

2022-ippcc-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)

2024-stadt-wien-solarpotenzialkataster — Stadt Wien — MA 41 Stadtvermessung; Stadt Wien — MA 20 Energieplanung (2024). Solarpotenzial-Kataster Wien (Dach- und Freiflächen) im Stadt Wien GeoDatenViewer. [data.wien.gv.at / Stadt Wien GeoDatenViewer](https://data.wien.gv.at/StadtWienGeoDatenViewer). [GOLD] URL: <https://www.wien.gv.at/umwelt/solarpotenzial-kataster>

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-mitsopoulos-kapsalis-city-scale-pv-autonomy — Mitsopoulos, Georgios; Kapsalis, Vassilios; Tolis, Athanasios (2025). City-Scale Rooftop Photovoltaic Integration and Urban Energy Autonomy Across Europe. *Applied Sciences*, Vol. 15, No. 20, Art. 10950 (MDPI). [GOLD] DOI: [10.3390/app152010950](https://doi.org/10.3390/app152010950)

2024-behnke-shelton-rooftop-solar-gentrification — Behnke, Carys; Shelton, Taylor (2024). Powered by gentrification: The uneven development of residential rooftop solar in Atlanta, Georgia. *Energy Research & Social Science*, Vol. 108, Art. 103373. [CLOSED] DOI: [10.1016/j.erss.2023.103373](https://doi.org/10.1016/j.erss.2023.103373)

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)

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)

Wiener Forschende

- **Reinhard Haas** [Hochschule] — TU Wien
ORCID: [0000-0001-9361-3452](https://orcid.org/0000-0001-9361-3452)
Profil: <https://orcid.org/0000-0001-9361-3452>
- **Gabriele C. Eder** [Forschungseinrichtung] — Austrian Institute of Technology
ORCID: [0000-0003-0397-8453](https://orcid.org/0000-0003-0397-8453)
Profil: <https://orcid.org/0000-0003-0397-8453>
- **Lukas Kranzl** [Hochschule] — TU Wien

ORCID: 0000-0003-3350-7134

Profil: <https://orcid.org/0000-0003-3350-7134>

Patenschaft

Magistratsdirektion – Baudirektion, Programmleitung Raus aus Gas (*Wärmenetze; Frage 2b, 3a und 3b*)