

# WFK Forschungs-Brief-Bündel

Wien Forschungsfragen Klima — Forschungs-Brief-Bündel

3 Forschungsfragen · Generiert: 2026-06-18

## Enthaltene Fragen

---

- WFK-1.1.1
- WFK-1.2.1a
- WFK-1.4.1

# Welche bisher wenig beachteten alternativen Energiegewinnungspotenziale können in Wien noch erschlossen werden (z.B. in der U-Bahn-Infrastruktur)?

Energieversorgung — Thema 1.1: Anlagen für erneuerbare Energien im städtischen Kontext · Status: drafted · Quellen: 7 · Bewertet: 2026-05-13 · Modell: claude-opus-4-7@prompts/ai-rating.v1.md

KI-Eignungs-Score: **MITTEL**

Sum  $D1+D2+D3+D4 = 2+3+2+2 = 9 \rightarrow$  medium. D1=2: Wien-OGD (Solarkataster, GeoDatenViewer), MA-22-Energieflussmodelle nutzbar; Wiener-Linien-Live-Telemetrie (Bremsenergie, Lastfluss) proprietär — Kernlücke für RL-Optimierung. D2=3: Pattern-Recognition, Prediction, Optimization, Simulation kombinierbar. D3=2: PV-Standort-ML produktiv, RL-Bremsenergie in EU-Pilots hybrid, thermische Multi-Träger-Modelle in Forschung. D4=2: Infrastruktur-Monitoring unkritisch; Fahrplan-/Lastflussdaten GDPR-relevant, Quartiers-Aggregation mitigiert.

## Anwendungsfälle:

- Multi-Träger-PV-Priorisierung: Pattern-Recognition auf Solarkataster + GeoDatenViewer-Layern (Lärmschutzwände A23, Bahnhof-Dächer Erdberg/Simmering, Fassaden) zur Reihung wirtschaftlichster Träger pro Bezirk.
- U-Bahn-Bremsenergie-Co-Optimierung: Reinforcement-Learning auf Fahrplan-/Lastflussdaten zur Maximierung der Rekuperationsquote durch Synchronisation von Brems- und Beschleunigungsphasen im 750-V-DC-Netz.
- Tunnel-Abwärme-Quartiers-Modell: Simulation/Digital-Twin der Tunnellüftungs-Wärmeströme gekoppelt an MA-22-Stadtklima-Modell zur Identifikation viabler Wärmepumpen-Standorte.
- Verteilungs-Equity-Tracking: Pattern-Recognition auf Förder- und Eigentümerdaten zur Analyse, wem Erträge der PV-Pfade zugutekommen — Mieterstrom-Design-Unterstützung.

## Methodische Grundlagen

- **Datenbanken:** Scopus, Google Scholar, EEA-Library, Wien-OGD, MDPI Applied Sciences, Energy Research & Social Science, BOKU-Presseverteiler, PV Magazine
- **Suchstrings:** „BIPV noise barrier PV performance gap field measurement 2024“, „solar gentrification equity rooftop tenant owner energy justice“, „city-scale rooftop PV urban energy autonomy Europe 2025“, „BOKU Wien Photovoltaik Gründach Hitze Trockenheit 2025“
- **Datum:** 2019-01-01 — 2026-05-13
- **Letzter Suchlauf:** 2026-05-13
- **Einschluss:** Wien-Bezug/DACH/EU-übertragbar;  $\geq 2019$ ; peer-reviewed oder institutionell (EEA/IRENA/BOKU/Wien Energie/MA-22); DE/EN; DOI verifiziert.
- **Ausschluss:** Conference-Abstracts ohne Proceedings; Pressemeldungen ohne Primärquelle; Non-EU außer Benchmark; Predatory Journals.
- **Aufgenommene Quellen:** 10 (6 ursprüngliche + 4 K3-Gegenstimmen, Deep #17 W2-B)

## Stand der Forschung

Wien erschließt erneuerbare Energiequellen jenseits klassischer Wohnhausdach-PV bisher fragmentiert, hat aber drei dokumentierte Pfade. Erstens: Bremsenergie-Rückspeisung im U-Bahn-/Straßenbahnnetz mit rückspeisefähigen Fahrzeuggenerationen (V/X-Wagen, ULF) und Rückgewinnungsquoten 20–35 % (*medium confidence; medium evidence, high agreement*) [[2024-wiener-linien-energie-dekarbonisierung]]. Zweitens: lineare Infrastruktur-

PV — Lärmschutzwände A23, Bahnhof-Dächer Erdberg/Simmering — als Wien-Energie/UIV-Pilot 2023/24 [[2024-wien-energie-innovation-uiv]]. Drittens: thermische Großwärmepumpen aus Donau, Donaukanal und U-Bahn-Tunneln; BOKU Imp-DroP (Weihs et al. 2025) zeigt, dass PV auf Gründächern Strom und städtische Abkühlung bis 1,5 °C liefert (*medium-high confidence; medium evidence, high agreement*) [[2025-weihs-boku-imp-drop-drought-vienna]]. Der Solarpotenzialkataster (DSM-basiert, CC BY 4.0) quantifiziert das Inventar; die Stadt-Wien-Methodik dokumentiert selbst, dass nur ~30 % der theoretisch geeigneten Flächen real nutzbar sind (*medium confidence; medium evidence, medium agreement*) [[2024-stadt-wien-solarpotenzialkataster]] [[2025-mitsopoulos-kapsalis-city-scale-pv-autonomy]].

## Forschungslücken

---

**Performance-Gap bei Infrastruktur-PV:** Colberts et al. (2024) dokumentieren ~18 % Deviation Simulation vs. Real-ertrag an einer NL-ZigZag-PVNB; EnergyVille belegt im Labor bis 30 % Verlust durch Schallabsorber-Material [[2024-colberts-zigzag-pv-noise-barrier]]. Wiener A23-Pilots publizieren keine Performance-Ratio-Längsschnitte — Katasterwerte als Proxy für Real-Output sind methodisch nicht belastbar.

**Verteilungsdimension:** Behnke & Shelton (2024) belegen, dass PV-Diffusion in benachteiligten Vierteln nicht durch Langzeit-Bewohner:innen getrieben wird — Gentrifizierungs-Neuzuzüger:innen tragen die Statistik (*medium confidence; medium evidence, high agreement*) [[2024-behnke-shelton-rooftop-solar-gentrification]]. Für Wiens drei Pfade ist ungeklärt, wem Erträge zugutekommen (Wiener-Linien-Bilanz, Wien-Energie-Rendite oder Mieterstrom). Wiens 75+ %-Mietquote macht diese Lücke unmittelbar politikrelevant.

**Datenlücken:** Live-Telemetrie der Bremsenergie-Rückspeisung unveröffentlicht [[2024-wiener-linien-energie-dekarbonisierung]]; kinetische, thermische und PV-Potenziale fehlen in einem Wiener Datenmodell.

## Trends & Entwicklungen

---

Im Zeithorizont 2025–2030 zeichnen sich vier Trajektorien ab. Erstens: Skalierung linearer Infrastruktur-PV — Wien Energie/UIV positionieren Entscheidungen 2026/27. Zweitens: PV auf Gründächern als Doppelnutzen-Pfad — BOKU Imp-DroP quantifiziert 1,5 °C städtische Abkühlung bei maximaler Implementierung; komplementäre Bewässerungsstrategien stoßen an Wasserdargebots-Grenzen (630.000 vs. 375.000 m<sup>3</sup>/Tag) [[2025-weihs-boku-imp-drop-drought-vienna]]. Drittens: integrierte thermische Sektorkopplung — Großwärmepumpen aus Donau und U-Bahn-Tunneln als systemischer Substitut für fossile Wärmequellen. Viertens: RL-basierte Fahrplan- und Lastflussoptimierung im Schienen-ÖPNV.

## KI-Eignungs-Bewertung

---

Die Frage eignet sich für **Pattern-Recognition** (PV-Träger-Klassifikation, Equity-Tracking Förderdaten), **Optimization** (Multi-Träger-Reihung, Bremsenergie-Co-Optimierung 750-V-DC-Netz), **Simulation** (Digital-Twin Tunnelwärmestrom × MA-22-Stadtklima-Modell) und **Prediction** (Erzeugungspfade unter Performance-Gap-Korrekturen) [[2024-stadt-wien-solarpotenzialkataster]]. Datengrundlage: Wien-OGD (Solarkataster, GeoDatenViewer), MA-22-Stadtklima-Modelle, Wiener-Linien-Fahrplan-/Lastflussdaten; Live-Telemetrie ist die zentrale Datenlücke. Methoden-Reife: PV-Standort-ML produktiv; RL-Bremsenergie in EU-Pilots hybrid; thermische Quartiersmodelle in Forschung. Privacy: Fahrplan-/Lastflussdaten GDPR-relevant — Quartiers-Aggregation mitigiert. Equity-Tracking auf Bezirksebene DSGVO-compliant; Behnke-Shelton-Befunde (2024) legen nahe, diesen Use-Case an Wien Energie und MA 50 zu adressieren [[2024-behnke-shelton-rooftop-solar-gentrification]]. Aggregierte Bewertung: D1=2, D2=3, D3=2, D4=2, Sum=9 → **medium**.

## 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; EU-Layer-Quellen häufig EN-übersetzt. 3. **Stand der Recherche: 2026-05-13.** Updates in separaten Brief-Versionen dokumentiert (ADR-0002, ADR-0004). Bei zeitkritischen Themen (Wiener-Linien-Pilotdaten, PVNB-Performance-Gap A23): Halbjährliches Re-Screening empfohlen. 4. **Keine formale Critical Appraisal.** Qualität über Whitelist-Tier und Peer-Review-Status heuristisch eingeschätzt; IPCC-Calibrated-Language-Tags machen Confidence transparent. Weihs et al. (2025 BOKU Imp-DroP) liegt als institutioneller Report vor — Confidence daher medium-high, nicht high.

## Quellen

---

**2024-wiener-linien-energie-dekarbonisierung** — Wiener Linien GmbH & Co KG (2024). Wiener Linien — Klimaschutz und Energie: Bremsenergie-Rückspeisung, U-Bahn-Infrastruktur, PV-Ausbau. *Wiener Linien Unternehmenskommunikation*. [GOLD] URL: <https://www.wienerlinien.at/nachhaltigkeit/erneuerbare-energiequellen>

**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*. [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/>

**2024-colberts-zigzag-pv-noise-barrier** — Colberts, Fallon; Bouguerra, Sara; et al. (2025). Performance study and LCA of a ZigZag PV noise barrier: Towards mass-customization of IIPV applications. *Applied Energy, Vol. 378*. [HYBRID] DOI: [10.1016/j.apenergy.2024.124724](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.124724)

**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-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)

**2025-weihs-boku-imp-drop-drought-vienna** — Weihs, Philipp; et al. (2025). Imp-DroP: Impacts of Drought on Climate in Greater Vienna. *BOKU University Vienna — Institutioneller Forschungsbericht (Klimafonds-gefördert)*. [GOLD] URL: [https://www.ots.at/presseaussendung/OTS\\_20250707\\_OTS0006/](https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20250707_OTS0006/)

## Wiener Forschende

---

- **Marcus Rennhofer** [Forschungseinrichtung] — Austrian Institute of Technology  
ORCID: [0000-0003-4547-259X](https://orcid.org/0000-0003-4547-259X)  
Profil: <https://openalex.org/A5030356334>
- **Gabriele C. Eder** [Forschungseinrichtung] — Austrian Institute of Technology  
ORCID: [0000-0003-0397-8453](https://orcid.org/0000-0003-0397-8453)  
Profil: <https://openalex.org/A5037516081>
- **Christoph Reichl** [Forschungseinrichtung] — Austrian Institute of Technology  
ORCID: [0000-0002-0010-8586](https://orcid.org/0000-0002-0010-8586)  
Profil: <https://openalex.org/A5008598711>

### Patenschaft

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



# 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 H<sub>2</sub>-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, H<sub>2</sub>-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](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](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

# Welche chemischen Energiespeicher (Wasserstoff, Ammoniak, Methan, Methanol, LOHC, neue Batterietechnologien) sind optimal in den urbanen Raum integrierbar? Berücksichtigung von Infrastruktur, Sicherheits-/Genehmigungsaspekten, Wirkungsgraden. Rolle von Logistik-Hubs wie Hafen Wien?

Energieversorgung — Thema 1.4: Grüne Gase und chemische Energieträger · Status: drafted · Quellen: 11 · Bewertet: 2026-05-09 · Modell: claude-opus-4-7@prompts/ai-rating.v1.md

KI-Eignungs-Score: **MITTEL**

Sum  $D1+D2+D3+D4 = 2+3+2+2 = 9 \rightarrow$  medium. Mehrere KI-Aufgabentypen kombinierbar (Optimization H2-Logistik, Prediction Elektrolyseur-Last, Simulation/QRA Sicherheits-Risikoausbreitung). Datenlage solide (Wien Energie Sensordaten, Statistik Austria, IEA-Datasets), Methoden-Reife in der Domäne hybrid (Routing etabliert,  $\text{NH}_3$ -QRA via ALOHA/PHAST oder CFD — HyRam ist  $\text{H}_2$ -spezifisch, nicht  $\text{NH}_3$ , sektorale Demand-Modelle in Forschung), Ethik/Recht moderat (Energie-Infrastruktur-Steuerung berührt EU-AI-Act-High-Risk, bei Anlagen-Monitoring/Logistik-Optimierung Standard-Compliance ausreichend).

## Anwendungsfälle:

- Optimisation der  $\text{H}_2$ -Distribution Hafen Wien Lobau  $\rightarrow$  Simmering  $\rightarrow$  Wiener Linien Bus-Depots: kombinierte Tour-/Bunkering-Planung unter Lastprognose der Elektrolyseur-Auslastung.
- Quantitative Risk Assessment (QRA via ALOHA/PHAST oder CFD-basierter Dispersionsmodellierung — HyRam ist  $\text{H}_2$ -spezifisch und nicht für  $\text{NH}_3$  geeignet) zur Genehmigungs-Vorbereitung  $\text{NH}_3$ -/Methanol-Bunkering an der Donau-Schifffahrt im Hafen Lobau, mit Simulation der Stoff-Ausbreitung in der dichten Wohnbebauung der angrenzenden Bezirke.

## Methodische Grundlagen

- Datenbanken:** Wien-OGD, Scopus, Google Scholar, IEA-Library, BMK-Publikationsserver, SRU-Stellungnahmen-Archiv
- Suchstrings:** „green hydrogen logistics port urban integration“, „ammonia bunkering safety QRA urban port toxic dispersion“, „hydrogen justice import equity global south“, „LOHC dehydrogenation heat integration efficiency critique“, „hydrogen bus FCEB operating cost failure BEV comparison“
- Datum:** 2020-01-01 — 2026-05-12
- Letzter Suchlauf:** 2026-05-12
- Einschluss:** Wien-Bezug/DACH/EU-übertragbar;  $\geq 2020$ ; peer-reviewed oder institutionell (IEA/BMK/SRU/Fraunhofer); DE/EN; Volltext zugänglich.
- Ausschluss:** Conference-Abstracts ohne Proceedings; Non-EU außer als Benchmark; Predatory Journals; Pre-Print ohne Akzeptanz-Status.
- Aufgenommene Quellen:** 10 (6 ursprüngliche + 4 K3-kritische Gegenstimmen:  $\text{NH}_3$ -QRA, Hydrogen-Justice, DACH-Effizienz-Konsens, Real-Deploy-Failure)

## Stand der Forschung

Wien betreibt seit April 2024 die erste städtische Grünwasserstoff-Anlage: 3-MW-PEM-Elektrolyse Campus Wiener Netze Simmering, bis zu 1.300 kg  $\text{H}_2$ /Tag [[2024-wien-energie-h2-simmering]]. Eingebettet in H2REAL (2023–2026) adressiert sie Hafen Wien als multimodalen Logistik-Hub für Donau-, Bahn- und LKW-Integration [[2023-h2real-hafen-wien]]. BMK-Wasserstoffstrategie 2022 setzt 1 GW Elektrolyse bis 2030 und priorisiert Schwerverkehr/Industrie [[2022-bmk-wasserstoffstrategie-at]]. IEA: Round-Trip-Wirkungsgrad Strom  $\rightarrow \text{H}_2 \rightarrow$  Strom 30–40 % (medium confidence; medium evidence, medium agreement); bei Carrier-Logistik (LOHC,  $\text{NH}_3$ ) sinkt End-to-End auf 25–35 % [[2024-iea-global-hydrogen-review]]. Hafen-Infrastruktur ist 2024 globaler Wachstums-Hotspot ( $>100$  Terminals) (medium confidence; medium evidence, high agreement) [[2024-iea-global-hydrogen-review]]. Niederländische MCA findet keinen universell überlegenen Träger;  $\text{NH}_3$  dominiert kostenseitig, ist aber sicherheitsseitig kritisch: Yang & Lam (2024) zeigen, dass 50 % Windgeschwindigkeits-Variation den 1100-ppm-Toxic-Cloud-Footprint um 100–663 % variiert (medium confidence; medium evidence, high agreement) — Sicherheitsdistanzen für Hafen Lobau nicht linear planbar [[2024-rijksoverheid-mca-h2-carriers]] [[2024-yang-lam-ammonia-bunkering]].

## Forschungslücken

Live-Wirkungsgrad-Messungen der Simmering-Anlage ( $\geq 1$  Jahreszyklus) fehlen; verfügbare Werte sind Auslegungs-Daten [[2024-wien-energie-h2-simmering]]. Keine veröffentlichte QRA für  $\text{NH}_3$ -Bunkering im Lobauer Hafen —  $\text{NH}_3$ -Sicherheitsdistanzen sind stark wind- und hardware-sensitiv, bestehende Guidelines unzureichend (medium confidence; medium evidence, high agreement) [[2024-yang-lam-ammonia-bunkering]] [[2023-h2real-hafen-wien]]. BMK-Strategie carrier-neutral ohne Wien-Empfehlung [[2022-bmk-wasserstoffstrategie-at]]; LOHC-MW-Reife auf Demonstrationsprojekte begrenzt [[2024-mdpi-lohc-projects]]. DACH-Konsens (SRU, Fraunhofer IKTS) priorisiert knappen  $\text{H}_2$  für Chemie/Stahl/Schifffahrt (high confidence; robust evidence, high agreement); Montpellier stornierte 2022 eine 51-Bus- $\text{H}_2$ -Flotte wegen 6-fachem Betriebskosten-Nachteile (0,95 vs. 0,15 €/km) — Wien-39A-Kalkulation offen [[2022-sru-wasserstoff-klasse-statt-masse]] [[2022-montpellier-h2-bus-stornierung]]. Import-Equity ( $\text{NH}_3$ /Methanol aus Global South) nicht in Wien/BMK/IEA-Quellen abgedeckt (medium confidence; medium evidence, high agreement) [[2022-mueller-hydrogen-justice]].

## Trends & Entwicklungen

Im Zeithorizont 2025–2030 zeichnen sich drei Trajektorien ab. Erstens: städtische Druck- $\text{H}_2$ -Versorgung für Schwerverkehr/ÖPNV — 39A-Umstellung 2025 als Wien-Belegfall [[2024-wien-energie-h2-simmering]]; Montpellier mahnt, dass 39A-Kosten/km transparent gegen BEV gestellt werden sollten [[2022-montpellier-h2-bus-stornierung]]. Zweitens: Hafen Wien als Donau-Korridor-Hub für  $\text{H}_2$ -Träger-Logistik — LOHC/Methanol wegen Brownfield-Kompatibilität der Lobauer Tanklager (medium confidence; medium evidence, medium agreement) [[2023-h2real-hafen-wien]]. Drittens: globale  $\text{NH}_3$ -Konversion am Hafen-Eingang + Pipeline in nationale  $\text{H}_2$ -Netze — für AT WAG/TAG-Repurposing relevant [[2022-bmk-wasserstoffstrategie-at]] [[2024-

rijksoverheid-mca-h2-carriers]]. LOHC-Forschung beschleunigt sich, bleibt bis 2030 in Hybrid-Reife [[2024-mdpi-lohc-projects]] [[2024-iea-global-hydrogen-review]].

## KI-Eignungs-Bewertung

Die Frage eignet sich für **Optimization** (Tour-/Bunkering-Planung Hafen Lobau ↔ Simmering ↔ Bus-Depots), **Prediction** (Lastprognose Elektrolyseur-Auslastung gegen PV-/Wind-Einspeisung) und **Simulation** (QRA für NH<sub>3</sub>-/Methanol-Stoffausbreitung via ALOHA [NOAA] oder PHAST [DNV] bzw. CFD-basierter Dispersionsmodellierung; HyRam ist Sandia-Toolkit für H<sub>2</sub> und nicht für NH<sub>3</sub> einsetzbar) [[2024-iea-global-hydrogen-review]]. Für innerstädtische Wien-Lagen (Donaustadt, Floridsdorf, Lobau) mit Building-Wake- und Recirculation-Effekten ist CFD-Modellierung — z.B. FLACS-CFD von Gexcon/DNV, validiert gegen multiple H<sub>2</sub>-Dispersions-Experimente — etablierte Ergänzung über Gauss-Plume-Tools (ALOHA, PHAST) hinaus [[2009-middha-hansen-flacs-cfd-hydrogen-dispersion]]. Datengrundlage: Wien-Energie-Sensordaten Simmering, Statistik-Austria-Energie-/Verkehrsdaten, EU-Copernicus-Wind/PV (Wien-OGD). Methoden-Reife hybrid: Routing/Forecasting produktiv, H<sub>2</sub>-QRA etabliert, sektorale Demand-Modelle in Forschung. Ethik/Recht moderat; bei direkter Steuerung kritischer Infrastruktur DPIA-pflichtig. Aggregierte Bewertung: D1=2, D2=3, D3=2, D4=2, Sum=9 → **medium**.

## 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; EU-Layer-Quellen häufig EN-übersetzt; Wien-Kontext priorisiert DE. 3. **Stand der Recherche: 2026-05-12**. Updates in separaten Brief-Versionen dokumentiert (ADR-0002, ADR-0004). Bei zeitkritischen Themen (NH<sub>3</sub>-Safety-Guidelines, AI-Act-Sekundärrechtsakte): Halbjährliches Re-Screening empfohlen. 4. **Keine formale Critical Appraisal pro Quelle**. Qualität über Whitelist-Tier und Peer-Review-Status heuristisch eingeschätzt; IPCC-Calibrated-Language-Tags machen Confidence transparent.

## Quellen

**2024-wien-energie-h2-simmering** — Wien Energie GmbH (2024). Erste Wiener Erzeugungsanlage für grünen Wasserstoff nimmt Betrieb auf. *Wien Energie Presse release*. [GOLD] URL: <https://www.wienenergie.at/pressrelease/erste-wiener-erzeugungsanlage-fuer-gruenen-wasserstoff-nimmt-betrieb-auf/>

**2023-h2real-hafen-wien** — WIVA P&G — Wasserstoffinitiative Vorzeigeregion Austria Power & Gas; Wien Energie GmbH; Hafen Wien GmbH (2023). H2REAL — Hydrogen Region East Austria Lab: Aufbau einer integrierten Wasserstoff-Wirtschaft im Osten Österreichs. *Klima- und Energiefonds / FFG (Vorzeigeregion Energie)*. [HYBRID] URL: <https://www.wiva.at/project/h2real/>

**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>

**2024-iea-global-hydrogen-review** — International Energy Agency (IEA) (2024). Global Hydrogen Review 2024. *IEA Energy Technology Perspectives Series*. [GOLD] URL: <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2024>

**2024-rijksoverheid-mca-h2-carriers** — Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (Rijksoverheid Nederland); TNO (2024). Comparison of Hydrogen Carriers — Multi-Criteria Analysis of Hydrogen Carriers. *Rijksoverheid Nederland (Ministry of Economic Affairs and Climate)*. [GOLD] URL: <https://www.government.nl/site/binaries/site-content/collections/documents/2024/09/30/comparison-of-hydrogen-carriers/multi-criteria-analysis-of-hydrogen-carriers.pdf>

**2024-mdpi-lohc-projects** — Tianyao Zhao; Zhanyou Sun; Sheng Ye; Yajing Yu; Hua Wang (2024). Application and Analysis of Liquid Organic Hydrogen Carrier (LOHC) Technology in Practical Projects. *Energies (MDPI)*, Vol. 17, Issue 8, Article 1940. [GOLD] DOI: 10.3390/en17081940

**2024-yang-lam-ammonia-bunkering** — Yang, M.; Lam, J. S. L. (2024). Risk assessment of ammonia bunkering operations: Perspectives on different release scales. *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 469. [CLOSED] DOI: 10.1016/j.jhazmat.2024.133757

**2022-mueller-hydrogen-justice** — Müller, F.; Tunn, J.; Kalt, T. (2022). Hydrogen justice. *Environmental Research Letters*, 17(11). [GOLD] DOI: 10.1088/1748-9326/ac991a

**2022-sru-wasserstoff-klasse-statt-masse** — Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) (2021). Wasserstoff im Klimaschutz: Klasse statt Masse — Stellungnahme. *SRU — Sachverständigenrat für Umweltfragen, Berlin*. [GOLD] URL: [https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04\\_Stellungnahmen/2020\\_2024/2021\\_06\\_stellungnahme\\_wasserstoff\\_im\\_klimaschutz.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=9](https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04_Stellungnahmen/2020_2024/2021_06_stellungnahme_wasserstoff_im_klimaschutz.pdf?__blob=publicationFile&v=9)

**2022-montpellier-h2-bus-stornierung** — Sustainable Bus (La Tribune Primärbericht) (2022). Montpellier scratches the hydrogen bus plan and turns to battery-electric technology — Reason: operating costs. [GOLD] URL: <https://www.sustainable-bus.com/fuel-cell-bus/montpellier-hydrogen-fuel-cell-buses-electric/>

**2009-middha-hansen-flacs-cfd-hydrogen-dispersion** — Middha, Prankul; Hansen, Olav R.; Stovik, Idar E. (2009). Validation of CFD-model for hydrogen dispersion. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 22(6):1034-1038 (Elsevier). [HYBRID] DOI: 10.1016/j.jlp.2009.07.020

## Wiener Forschende

- **Hermann Hofbauer** [Hochschule] — TU Wien  
ORCID: 0000-0001-6318-9072  
Profil: <https://openalex.org/A5005251985>
- **Stefan Jakubek** [Hochschule] — TU Wien  
Profil: <https://openalex.org/A5108512347>
- **Jürgen Fleig** [Hochschule] — TU Wien  
ORCID: 0000-0002-8401-6717  
Profil: <https://openalex.org/A5058689847>

### Patenschaft

Hafen Wien  
Wien Energie (Frage 1)

