

# 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:

- Optimierung 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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/10.1016/j.jlp.2009.07.020)

## Wiener Forschende

- **Hermann Hofbauer** [Hochschule] — TU Wien  
ORCID: [0000-0001-6318-9072](https://orcid.org/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](https://orcid.org/0000-0002-8401-6717)  
Profil: <https://openalex.org/A5058689847>

### Patenschaft

Hafen Wien  
Wien Energie (Frage 1)

