

Mittels welcher technologischer Neuerungen kann die Abscheidung, Nutzung und ggf. Speicherung von Kohlendioxid (energie-)effizienter und kostengünstiger gestaltet werden?

Energieversorgung — Thema 1.5: CO₂-Kreislaufführung · Status: drafted · Quellen: 5 · Bewertet: 2026-06-24 · Modell: claude-opus-4-8@prompts/synthesis.v2.md

KI-Eignungs-Score: MITTEL

Sum D1+D2+D3+D4 = 2+3+2+2 = 9 → medium. Mehrere KI-Aufgabentypen kombinierbar (Optimization der Abscheidungs-/Regenerationsprozesse, Prediction der Lösungsmittel-/Sorbens-Degradation, Pattern-Recognition/Materials-Screening neuer Sorbentien, Simulation der Energie-Penalty). Datenlage fragmentiert über Anlagenbetreiber/Labore und proprietäre Prozess-Telemetrie, ergänzt um öffentliche techno-ökonomische Datensätze → D1=2. Methoden-Reife in der Domäne hybrid: ML-Materials-Discovery für Sorbentien und prozessdatenbasierte Optimierung sind etabliert in F&E, produktive KI-Prozesssteuerung an realen Capture-Anlagen erst im Aufbau → D3=2. Ethik/Recht moderat: keine personenbezogenen Daten, industrielle Prozessdaten → Standard-Compliance, EU-AI-Act Annex III nicht berührt → D4=2.

Anwendungsfälle:

- Optimization der Amin-/Sorbens-Regeneration (Wärme-/Strom-Penalty-Minimierung) an einer urbanen CO₂-Punktquelle wie der Hauptkläranlage Wien-Simmering oder der Müllverbrennung über prozessdatenbasierte Steuerung.
- Pattern-Recognition/Materials-Screening: ML-gestützte Vorauswahl neuer Festsorbentien/Lösungsmittel mit niedrigerer Regenerationsenergie und höherer Zyklenstabilität zur Reduktion der Abscheidungskosten.

Methodische Grundlagen

- **Datenbanken:** Wien-OGD (data.wien.gv.at), ebswien-/Stadt-Wien-Publikationen, Scopus, Crossref, MDPI-OA, Frontiers-OA, IPCC-AR6-Reports
- **Suchstrings:** „carbon capture utilization storage technology review cost energy efficiency“, „CO₂ capture solvent sorbent regeneration energy penalty“, „life-cycle techno-economic assessment carbon capture utilization“, „CCUS efficiency cost reduction state-of-the-art“
- **Datum:** 2019-01-01 — 2026-06-24
- **Letzter Suchlauf:** 2026-06-24
- **Einschluss:** Wien-Bezug/AT/EU-übertragbar; ≥2019 (CCUS-Kern-Reviews); peer-reviewed oder institutionell; DE/EN; Volltext; expliziter Bezug zu CO₂-Abscheidung/-Nutzung/-Speicherung-Effizienz oder -Kosten.
- **Ausschluss:** Conference-Abstracts ohne Proceedings; Predatory Journals; Pre-Print ohne Akzeptanz; reine Lagerstätten-Geologie ohne Effizienz-/Kostenbezug.
- **Gesichtete Treffer:** ~38 **Aufgenommene Quellen:** 5

Stand der Forschung

Die CO₂-Abscheidung ist der dominierende Energie- und Kostentreiber der CCUS-Kette; insbesondere bei verdünnten CO₂-Strömen verursacht die Regeneration der Amin-Lösungsmittel eine erhebliche Energie-Penalty (*high confidence; medium evidence, high agreement*) [[2023-zhao-co2-capture-storage-review]]. Effizienz- und Kostenhebel sind daher primär die Stabilität und Regenerationsenergie der Lösungsmittel/Sorbentien sowie energieärmere Membran- und Festsorbens-Verfahren [[2023-zhao-co2-capture-storage-review]]. Auf der Kostenseite kann die stoffliche

Nutzung (Utilization) die CCUS-Gesamtkosten um bis zu ~50 % senken — abhängig von Technologie und CO₂-Marktpreis (*medium confidence; medium evidence, medium agreement*) [[2023-zhao-co2-capture-storage-review]]. Techno-ökonomisch entscheidend ist, dass energieintensive Konversionspfade nur mit dekarbonisierter Energie einen Netto-Klimanutzen liefern und konsistent (Cradle-to-Grave) bewertet werden müssen [[2022-zimmermann-ccu-lca-techno-economic]]. Wien verfügt mit der energieautarken Klärgas-Faulung Simmering bereits über eine biogene CO₂-Punktquelle als möglichen Abscheide-Ansatzpunkt [[2021-ebswien-eos-klaergas-wien]]. Der IPCC ordnet CCS/CCU systemisch als Baustein für schwer vermeidbare Rest-Emissionen ein [[2022-ipcc-ar6-wg3-energy-systems]].

Forschungslücken

Es fehlt eine Wien-spezifische techno-ökonomische Analyse der Abscheidung an realen urbanen Punktquellen (Klärgas-CO₂ Simmering, Müllverbrennung) mit lokalen Energiepreis- und Abwärme-Randbedingungen — die vorliegenden Kosten-Bandbreiten sind generisch/international und nicht auf Wiener Stromtarife oder Fernwärme-Verfügbarkeit kalibriert [[2023-zhao-co2-capture-storage-review]]. Belastbare Langzeit-Betriebsdaten zur realen Sorbens-/Lösungsmittel-Degradation und Regenerationsenergie im Dauerbetrieb fehlen; die publizierten Effizienz-Werte sind überwiegend labor-/modellbasiert und nicht durch mehrjährige Anlagen-Telemetrie validiert (*medium confidence; limited evidence, medium agreement*) [[2022-zimmermann-ccu-lca-techno-economic]]. Zudem ist die Frage, welche der Wiener CO₂-Quellen sich für welchen Nutzungs-/Speicherpfad mit welchem Netto-Klimanutzen eignen, nicht standortscharf beantwortet [[2019-hepburn-co2-utilization-removal]].

Trends & Entwicklungen

Im Horizont 2025–2035 zeichnen sich drei Entwicklungen ab. Erstens: Verlagerung von der klassischen Amin-Wäsche zu energieärmeren Festsorbens- und Membran-Verfahren mit niedrigerer Regenerationsenergie und höherer Zyklenstabilität (*medium confidence; medium evidence, medium agreement*) [[2023-zhao-co2-capture-storage-review]]. Zweitens: Kostendegression über Utilization als Erlös-/Kostenhebel sowie über harmonisierte LCA/TEA-Standards, die belastbare Investitionsentscheidungen und Förder-Vergleiche ermöglichen [[2022-zimmermann-ccu-lca-techno-economic]]. Drittens: systemische Fokussierung der knappen Capture-Kapazitäten auf schwer vermeidbare Rest-Emissionen (Zement, Abfallverbrennung) statt breiter Anwendung (*high confidence; robust evidence, high agreement*) [[2022-ipcc-ar6-wg3-energy-systems]]; Utilization-Pfade mit dauerhafter Bindung gewinnen dabei an Priorität [[2019-hepburn-co2-utilization-removal]].

KI-Eignungs-Bewertung

Die Frage eignet sich für **Optimization** (Regenerations-/Prozesssteuerung zur Penalty-Minimierung), **Prediction** (Sorbens-/Lösungsmittel-Degradation) und **Pattern-Recognition** (ML-Materials-Screening neuer Sorbentien). Wien-Use-Case: prozessdatenbasierte Optimierung der CO₂-Abscheidung an einer urbanen Punktquelle (Klärgas Simmering, Müllverbrennung) zur Minimierung des Wärme-/Strom-Penalties und zur vorausschauenden Wartungsplanung [[2021-ebswien-eos-klaergas-wien]] [[2023-zhao-co2-capture-storage-review]]. Datengrundlage fragmentiert über Betreiber/Labore und proprietäre Prozess-Telemetrie; ML-Materials-Discovery für Sorbentien in F&E etabliert, produktive Anlagen-KI erst im Aufbau. Ethik/Recht moderat: keine personenbezogenen Daten, industrielle Prozessdaten (EU-AI-Act Annex III nicht berührt — kein Hochrisiko-Anwendungsfall). Aggregiert: D1=2, D2=3, D3=2, D4=2, Sum=9 → **medium**.

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; CCUS-Kern-Literatur überwiegend EN. 3. **Stand der Recherche: 2026-06-24** — Updates in separaten Brief-Versionen (ADR-0002/0004); bei zeitkritischer CCUS-Technologie-/Kosten-Entwicklung 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. **Kein dedizierter Wien-CCUS-Anlagen-Datensatz** — die Quellenbasis stützt sich auf internationale CCUS-Reviews (Zhao/Itakura; Zimmermann et al.; Hepburn et al.) plus einen Wiener Punktquellen-Beleg (ebswien); eine standortscharfe Wiener Abscheide-Techno-Ökonomie fehlt (siehe Forschungslücken).

Quellen

2023-zhao-co2-capture-storage-review — Yafei Zhao; Ken-ichi Itakura (2023). A State-of-the-Art Review on Technology for Carbon Utilization and Storage. *Energies (MDPI)*. [GOLD] DOI: [10.3390/en16103992](https://doi.org/10.3390/en16103992)

2019-hepburn-co2-utilization-removal — Cameron Hepburn; Ella Adlen; John Beddington; Emily A. Carter; Sabine Fuss; Niall Mac Dowell; Jan C. Minx; Pete Smith; Charlotte K. Williams (2019). The technological and economic prospects for CO2 utilization and removal. *Nature*. [HYBRID] DOI: [10.1038/s41586-019-1681-6](https://doi.org/10.1038/s41586-019-1681-6)

2022-zimmermann-ccu-lca-techno-economic — Arno W. Zimmermann; Tim Langhorst; Sheikh Moni; Joshua A. Schaidle; Farid Bensebaa; André Bardow (2022). Life-Cycle and Techno-Economic Assessment of Early-Stage Carbon Capture and Utilization Technologies—A Discussion of Current Challenges and Best Practices. *Frontiers in Climate*. [GOLD] DOI: [10.3389/fclim.2022.841907](https://doi.org/10.3389/fclim.2022.841907)

2021-ebswien-eos-klaergas-wien — ebswien kläranlage & tierservice Ges.m.b.H. (2021). Klimaschutz beginnt in Wien am Klo — E_OS (Energie-Optimierung Schlammbehandlung), Hauptkläranlage Wien-Simmering. *ebswien (Stadt Wien / Wiener Wasser)*. [CLOSED] URL: <https://www.ebswien.at/klimaschutz/>

2022-ipcc-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

- **Stefan Müller** [Hochschule] — TU Wien
ORCID: [0000-0001-8878-429X](https://orcid.org/0000-0001-8878-429X)
Profil: <https://openalex.org/A5101516778>
- **Stavros Papadokonstantakis** [Hochschule] — TU Wien
ORCID: [0000-0002-7774-0192](https://orcid.org/0000-0002-7774-0192)
Profil: <https://openalex.org/A5046686253>
- **Hermann Hofbauer** [Hochschule] — TU Wien
ORCID: [0000-0001-6318-9072](https://orcid.org/0000-0001-6318-9072)
Profil: <https://openalex.org/A5005251985>

Patenschaft

Wien Energie