



## Aminwäscher CO<sub>2</sub>-Abscheidung Stahlindustrie

**Kurzbeschreibung:** Die Aminwäsche ist die am weitesten entwickelte Technologie zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung. Im Absorber bindet eine aminbasierte Lösung (z. B. MEA, DEA, MDEA) CO<sub>2</sub> aus Rauchgasen (Industrieanlagen/Kraftwerken). Im Stripper/Desorber wird das CO<sub>2</sub> durch Erwärmung wieder freigesetzt, das Lösungsmittel wird regeneriert und kann erneut verwendet werden. Die Methode ist in bestehende Anlagen gut integrierbar, erreicht hohe Abscheidegrade (~ 90 %) und hohe CO<sub>2</sub>-Reinheiten (> 99 Vol.-%).

### Carbon Capture

Carbon Capture bezeichnet den Prozess zur Abtrennung von Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) aus Gasen [1]. CO<sub>2</sub> wird u. a. in großen Mengen in verschiedenen Industrieprozessen freigesetzt, etwa in der Zementherstellung, in kalorischen Kraftwerken, in der Eisen- und Stahlerzeugung, und der (petro-)chemischen Industrie [2]. Die technischen Verfahren zur Abscheidung von CO<sub>2</sub> aus dem Abgas (post-combustion) lassen sich nach den chemischen oder physikalischen Mechanismen klassifizieren. Zu den gängigen Ansätzen zählen Absorptions-, Adsorptions-, Membran-, und Kryogenverfahren sowie Gas-Feststoff-Reaktionen. Die Auswahl der Technologie hängt dabei von Prozessbedingungen, CO<sub>2</sub>-Konzentration und wirtschaftlichen Aspekten ab [1].



Abb. 1: Carbon Capture Technologien basierend auf [1].

### Aminwäsche (Absorption)

Bei der Aminwäsche wird CO<sub>2</sub> aus Gasen chemisch in einer aminbasierten Lösung (z. B. Monoethanolamin (MEA), Diethanolamin (DEA), N-Methyl-Diethanolamin (MDEA) oder Di-2-Propanolamin (DIPA)) gebunden. Durch Erwärmung wird das CO<sub>2</sub> wieder freigesetzt, das Lösungsmittel wird regeneriert und kann erneut verwendet werden. Üblicherweise ist keine zusätzliche CO<sub>2</sub>-Reinigung erforderlich, da hohe Produktreinheiten erzielt werden [3,4]. Abhängig von der vorgesehenen Anwendung können jedoch zusätzliche Aufreinigungsschritte notwendig sein, z. B. bei sehr hohen Reinheitsanforderungen in der Lebensmittelindustrie.

### Aufbau

Die Absorptionsanlage besteht aus zwei Kolonnen: dem **Absorber**, in dem das Rauchgas im Gegenstrom mit der Lösung in Kontakt kommt, und dem **Stripper/Desorber** zur thermischen Regeneration.

Das Rauchgas wird nach Vorbehandlung auf etwa 40 °C gekühlt und in den Absorber geleitet. Die CO<sub>2</sub>-reiche Lösung wird mit einem Wärmetauscher vorgewärmt und in

den Stripper gepumpt. Im Stripper wird die Lösung auf ca. 120 °C erwärmt, wobei CO<sub>2</sub> die Waschlösung wieder verlässt. Der am oberen Ende des Strippers austretende Strom, der hauptsächlich aus CO<sub>2</sub> und Wasserdampf besteht, wird teilweise kondensiert, um das Wasser abzutrennen. Das CO<sub>2</sub> wird anschließend komprimiert und zur Speicherung oder weiteren Nutzung weitergeleitet [5,6].

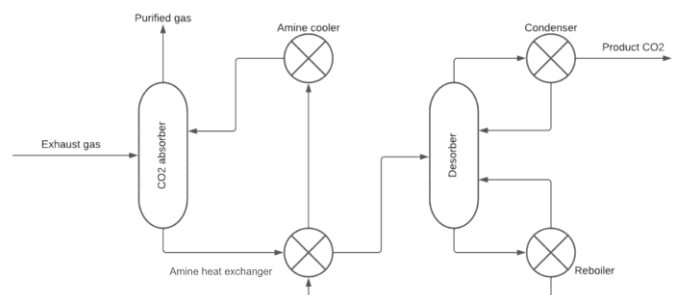


Abb. 2: Prinzip eines Standard-CO<sub>2</sub>-Abscheidungsprozesses mittels Absorption und anschließender Desorption unter Verwendung einer Aminlösung [2].

**Vorteile:** kommerziell etablierte und weit verbreitete Technologie zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung; einfache Integration in bestehende Anlagen; hohe Abscheidegrade auch bei niedrigen CO<sub>2</sub>-Konzentrationen im Rauchgas; hohe Produktreinheit (> 99 Vol.-%) [3].

**Herausforderungen:** Vorreinigung des Rauchgases nötig (SO<sub>2</sub>, Staub, Kohlenwasserstoffe); Korrosionsrisiken; Emissionsrisiken; Lösungsmittelverluste; hoher Energiebedarf für die Regeneration; großer Platzbedarf der Absorberkolonnen [3], [7].

### Wirtschaftliche und ökologische Aspekte

Die wirtschaftlichen und ökologischen Auswirkungen der aminbasierten CO<sub>2</sub>-Abscheidung hängen stark von den Abscheidegraden, der CO<sub>2</sub>-Konzentration im Rauchgas und der Größe der Anlage ab [8]. Höhere Abscheidegrade führen zu deutlich höheren Kosten und Energiebedarf [1]. Die Regeneration der Amin-Lösung erfordert hohe Temperaturen und große Mengen an thermischer Energie [8], und auch das Lösungsmittelmanagement, z. B. der Umgang mit Abbauprodukten, Emissionen und Rückständen, ist sowohl kosten- als auch umweltrelevant. Der Energieverbrauch verteilt sich hauptsächlich auf die

Wärmezufuhr im Stripper und den Strombedarf für Hilfsaggregate und Nebenprozesse. Neben der Amin-Lösung werden weitere Materialien benötigt, zum Beispiel Aktivkohle zur Adsorption von Zersetzungsprodukten und Natronlauge (NaOH) zur Regeneration von wärmostabilen Salzen in der aminbasierten Lösung [5].

**Anwendung:** Abgeschiedenes CO<sub>2</sub> kann entweder gespeichert oder weiterverwendet werden. Die Nutzung erfolgt über verschiedene Technologien, die CO<sub>2</sub> als Rohstoff in unterschiedliche Produkte umwandeln [6]. Zu den wichtigsten Umwandlungswegen zählen die **chemische Umwandlung** (Erzeugung von Chemikalien, Polymeren, Kraftstoffen und Düngemitteln), die **mineralische Carbonatisierung** (Herstellung von mineralischen Zuschlagstoffen und zementähnlichen Materialien), die **elektro- und photochemische Konversion** (Umwandlung in chemische Produkte und Kraftstoffe mittels Strom oder Licht) sowie die

**biologische Konversion** (Produktion von Chemikalien oder Biokraftstoffen) [9].

#### ZEUS: Pilotanlage Aminwäscher

**Standort:** voestalpine Stahl GmbH, Linz

**CO<sub>2</sub>-Quelle:** Kraftwerksabgas (~ 20–27 Vol.-% CO<sub>2</sub>)

**Abscheideleistung:** 800 kg CO<sub>2</sub> pro Tag

**Trennleistung:** > 90 % CO<sub>2</sub>-Abtrennung möglich

**Waschmittel:** Monoethanolamin (30 Gew.-% MEA, 70 Gew.-% Wasser) und aktiviertes Methyl-diethanolamin (aMDEA: 39 Gew.-% MDEA, 6 Gew.-% Piperazin, 55 Gew.-% Wasser)

**Fokus:** Prozessoptimierung (Abscheiderate vs. Energiebedarf), Einbindung in CCU-Prozesskette (Methanisierung, CO<sub>2</sub>-Elektrolyse)



#### Charakteristische Daten Aminwäscher

Parameter	Typischer Wert	Anmerkung	Quelle
Absorptionsmittel	Aminbasiertes Lösungsmittel	MEA, MDEA, DEA, Aminomethylpropanol (AMP), Piperazin (PIP)	[1]
Lösungsmittelkonzentration	20–50 Gew.-%	zur Begrenzung von Korrosion/Zersetzung	[7]
Technologiestatus	Bis zu TRL 9	Abhängig von Lösungsmittel & Betriebsbedingungen	[1]
CO <sub>2</sub> -Abscheidegrad	Bis zu 99 %	Abhängig von Lösungsmittel & Betriebsbedingungen	[1]
Regenerationsenergie thermisch (MEA, MDEA, DEA)	3,0–4,5 GJ/t CO <sub>2</sub>	Wärmebedarf für Desorber Optimierte Waschmittel: 2,1–2,9 GJ/t CO <sub>2</sub>	[1]
Energiebedarf (elektrisch)	0,6–0,9 GJ/t CO <sub>2</sub>	-	[1]
Temperatur Absorption	40–60 °C	Gas-Eintrittstemperatur	[6]
Temperatur Desorption	100–20 °C	Regeneration	[6]
CO <sub>2</sub> -Reinheitsgrad	≥ 99 %	-	[3]

#### Quellen:

- [1] Wolf-Zöllner P, Lehner M, Langitz H, Pröll T. Klimawandel - Vermeidung und Anpassung: Status und Potenziale von Carbon Capture 2024.
- [2] Peres CB, Resende PMR, Nunes LJR, Morais LCD. Advances in Carbon Capture and Use (CCU) Technologies: A Comprehensive Review and CO<sub>2</sub> Mitigation Potential Analysis. Clean Technol 2022;4:1193–207. <https://doi.org/10.3390/cleantechnol4040073>.
- [3] Dziejarski B, Krzyżyńska R, Andersson K. Current status of carbon capture, utilization, and storage technologies in the global economy: A survey of technical assessment. Fuel 2023;342:127776. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2023.127776>.
- [4] Hoppe W, Thonemann N, Bringezu S. Life Cycle Assessment of Carbon Dioxide–Based Production of Methane and Methanol and Derived Polymers. J of Industrial Ecology 2018;22:327–40. <https://doi.org/10.1111/jiec.12583>.
- [5] Giordano L, Roizard D, Favre E. Life cycle assessment of post-combustion CO<sub>2</sub> capture: A comparison between membrane separation and chemical absorption processes. International Journal of Greenhouse Gas Control 2018;68:146–63. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2017.11.008>.
- [6] Strojny M, Gładysz P, Hanak DP, Nowak W. Comparative analysis of CO<sub>2</sub> capture technologies using amine absorption and calcium looping integrated with natural gas combined cycle power plant. Energy 2023;284:128599. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.128599>.
- [7] Hanson E, Nwakile C, Hammel VO. Carbon capture, utilization, and storage (CCUS) technologies: Evaluating the effectiveness of advanced CCUS solutions for reducing CO<sub>2</sub> emissions. Results in Surfaces and Interfaces 2025;18:100381. <https://doi.org/10.1016/j.rsurfi.2024.100381>.
- [8] Lee S, Choi W, Kim JH, Park S, Hwang YJ, Na J. Techno-economic analysis and life-cycle assessment of the electrochemical conversion process with captured CO<sub>2</sub> in an amine-based solvent. Green Chem 2023;25:10398–414. <https://doi.org/10.1039/D3GC02329J>.
- [9] Knaak AP. Assessment of conceivable CCU technologies for Austria 2024.