

ECO₂: Entwicklung des Kalksteinmehl-CO₂-Waschverfahrens – Praxisoptimierung und ökologische Bewertung (2015-2018):



Forschungsstellen:

- FS 1: FG - Forschungsgemeinschaft Kalk und Mörtel e. V., Köln
- FS 2: IUTA - Institut für Energie- und Umwelttechnik e. V., Duisburg
- FS 3: ICBM - Institut für Chemie und Biologie des Meeres, Universität Oldenburg, Oldenburg
- Partner: Uniper Kraftwerke GmbH, Wilhelmshaven

Förderung:

- 653.000 € (AiF – BMWi) + Aufwendungen der Wirtschaft: 85.500 €
- AiF Forschungsvorhaben 18560 N

Kurzbeschreibung (Preview):

Das am Uniper Kraftwerk Wilhelmshaven durchgeführte ECO₂ Forschungsvorhaben erforscht die Optimierung der CO₂ Abscheidung bei gleichzeitiger Bildung eines mineralisierten Wassers (calciumhydrogenkarbonathaltig), welches direkt zur Gewässersanierung und Pufferung genutzt werden soll. Hierbei wird der natürliche Verwitterungskreislauf nachgebildet und künstlich beschleunigt. Mit Hilfe von Modellierungen und Analysen der Wasserchemie sollen die (positiven) ökologischen Auswirkungen auf die aquatische Flora und Fauna untersucht und die erwartete Unbedenklichkeit der Einleitung überprüft und nachgewiesen werden.

Projektbeschreibung:

Die Verlangsamung des Klimawandels ist eine der wichtigsten Aufgaben und Herausforderungen der heutigen Zeit. Dabei kommt der Reduzierung der Treibhausgasemissionen, allen voran dem Ausstoß an Kohlendioxid (CO₂), eine außerordentliche Bedeutung zu. Bereits in der Vergangenheit wurden verschiedene Technologien zur Abtrennung von CO₂ aus dem Rauchgas von Verbrennungsprozessen erforscht und getestet. Allen diesen Verfahren ist gemeinsam, dass sie in der Regel umweltschädliche Stoffe einsetzen und als Bestandteil des CCS-Konzeptes (*Carbon Capture and Storage*) die problematische Lagerung des abgetrennten CO₂ in Untergrundspeichern verfolgen. Das Verfahren der Kalksteinmehl-CO₂-Wäsche, dessen Grundlagen im AiF Vorhaben-Nr. 16548 „Rückführung von anthropogenen CO₂-Emissionen in den natürlichen Kohlenstoffkreislauf mittels Kalkprodukten“ erarbeitet wurden, verfolgt einen anderen, ganzheitlichen Ansatz. CO₂ wird durch die Verwendung von Kalksteinmehl in wasserlösliches Hydrogencarbonat (auch als Carbonathärte oder Alkalität bezeichnet) überführt, indem CO₂-haltige Abgase, wie in der Rauchgasentschwefelung, einer Nassabscheidung mittels Kalksteinmehlsuspension unterzogen werden. Anstelle von Calciumsulfat bildet sich, analog zur

natürlichen Verwitterung des Kalksteins, Calciumhydrogencarbonat, welches natürlicher Bestandteil limnischer und mariner Gewässersysteme ist und CO_2 in wässriger Lösung in einem stabilen Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht einbindet. Die Realisierbarkeit dieser technischen Nachbildung des Kalkstein-Verwitterungskreislaufs (siehe (1) und (2)) konnte im Vorgängervorhaben belegt und eine generelle Eignung der Kalksteinmehl- CO_2 -Wäsche nachgewiesen werden.



Im hier durchgeführten Forschungsvorhaben wird das Verfahren mit einer speziell konzipierten, mobilen Demonstrationsanlage (siehe Abb. 1 und 2) bis zur Erlangung der Wirtschaftlichkeit optimiert werden. Dazu wird die Verfahrenstechnik unter Berücksichtigung der speziellen Reaktionskinetik zwischen CO_2 und Kalksteinmehlsuspension so an den Reaktionsverlauf angepasst, dass sie in der getesteten Größenordnung in der Praxis eingesetzt werden kann und die Basis für ein Scale-up in den großtechnischen Maßstab bildet.

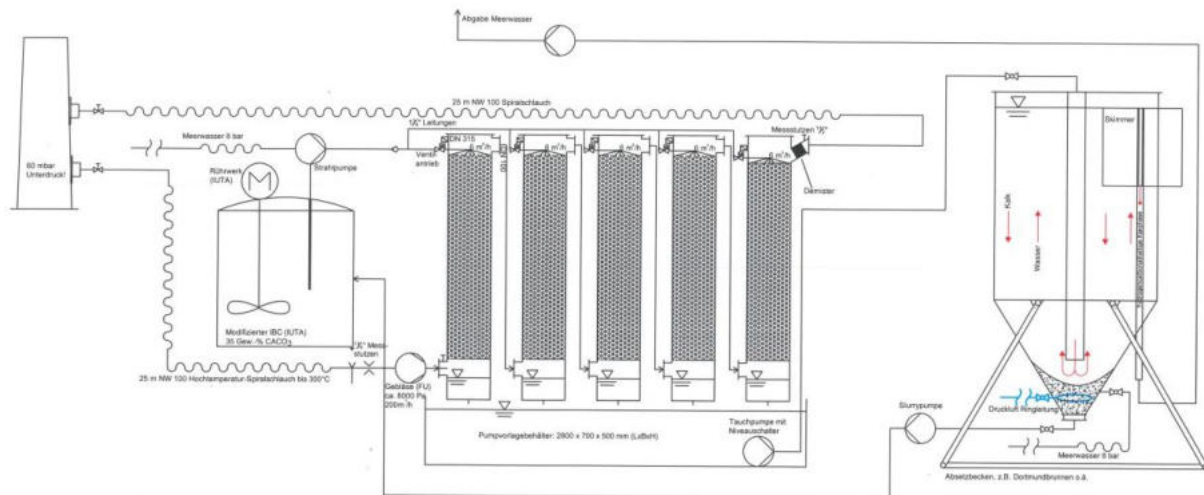


Abb. 1: Gesamtkonzept des Kalksteinmehl- CO_2 -Waschverfahrens

Im Gegensatz zu den CCS-Verfahren entfällt hier sowohl die Verwendung umweltschädlicher Stoffe und als auch die problematische Endlagerung des abgetrennten CO_2 , da das entstehende Calciumhydrogencarbonat als natürlicher Wasserbestandteil, der zur Pufferung limnischer und letztendlich mariner Gewässer beiträgt, in die aquatische Umwelt abgegeben werden kann. Zur Realisierung der Einleitung muss die Unbedenklichkeit der entstehenden Hydrogencarbonatlösung durch Analyse der festen und gelösten Komponenten und Modellierung ihrer möglichen ökologischen Auswirkungen auf die aquatische Flora und Fauna nachgewiesen werden. Die zu erwartenden positiven ökologischen Effekte sollen auf Grundlage gewässerchemischer und biologischer Analysen unter Berücksichtigung der Zusammensetzung der entstehenden Waschwässer modelliert und bewertet werden. Ein besonderes Augenmerk ist dabei auf die Stabilität der Calciumhydrogencarbonat-Lösung nach der Verdünnung mit den verschiedenen Oberflächenwässern zu richten.

Spätere Anwendungsmöglichkeiten des Verfahrens sind im Sinne der Schließung von Stoffkreisläufen z. B. in der Pflanzenzucht oder in Aquakulturen denkbar, bei denen im Prozess pufferstarke Wässer benötigt werden. Die Anpassung an solche Prozesse könnte im Anschluss ebenfalls mithilfe der mobilen Demonstrationsanlage untersucht werden.



Abb. 2: Versuchsanlage – CO₂-Wäscher. Standort: REA Innenhof. Ab- und Reingasführung direkt vom/zum Kamin.

Im Zuge der ersten Versuchskampagne konnten bereits beachtliche Ergebnisse erzielt werden. Der fünfstufige Wäscher war je nach eingestellten Volumenstrom (Bypass-Betrieb: 75-200 m³/h Rauchgas) des Kraftwerksabgases in der Lage bis zu 46 % des im Rauchgas vorhandenen CO₂ abzuscheiden (siehe Abb. 3). Das Rauchgas hatte während des Versuchszeitraums in etwa eine CO₂-Konzentration von 11.8 - 12 Vol.-%, wobei im abgereinigten Reingas nur noch ca. 6.5 Vol.-% CO₂ nachzuweisen waren. Die HCO₃⁻-Ionen-Konzentration im Abwasser stieg ebenfalls deutlich an, was zur erhofften Erhöhung der Pufferkapazität des Prozesswassers führte.

Erste Langzeit-Modellierungen zeigen eine leichte Absenkung des pH-Wertes des eingesetzten Meerwassers, jedoch eine starke Erhöhung der Alkalität und Pufferkapazität. In weiteren Modellierungen muss betrachtet werden in wie fern, dass CO₂ langfristig als Ca(HCO₃)₂ im Wasser gelöst bleibt.

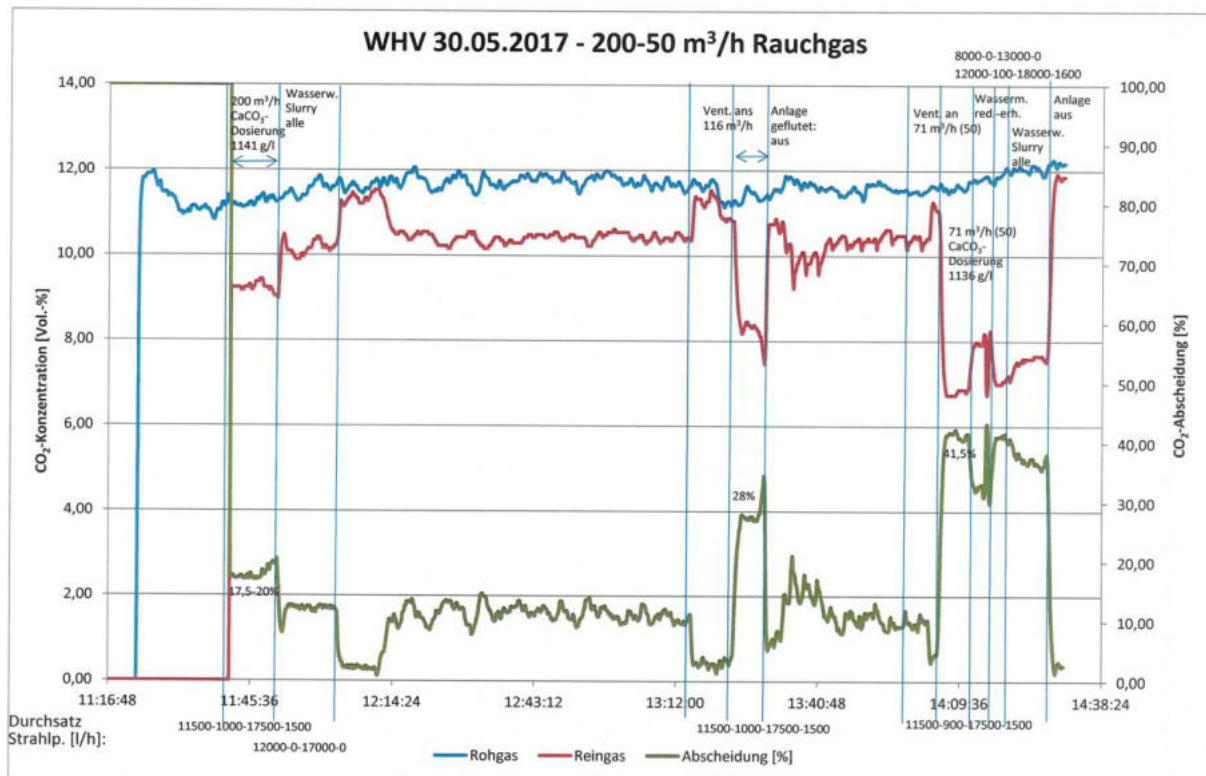


Abb. 3: Das Diagramm zeigt die CO_2 -Konzentrationen des Rauchgases (blau) und Reingases (rot) sowie die CO_2 Abscheidung (grün) in Abhängigkeit von der Zeit (Versuchsdauer). Das Abscheidungsmaximum von $> 40\%$ wurde mit einem Abgasvolumenstrom von $71 \text{ m}^3/\text{h}$ und einer CaCO_3 -Dosierung von 1136 g/l erreicht.

Ausblick:

- Erhöhung der CO_2 -Abscheideleistung während der nächsten Versuchskampagne (angestrebt $> 60\%$ Abscheidung)
- Zusätzliche Erhöhung der Pufferkapazität durch Kreislaufführung des eingesetzten Meerwassers
- Erforschung des optimalen Verhältnisses von Pufferaufbau und CO_2 -Abscheidung
- Nachweis über die Unbedenklichkeit der Einleitung durch chemische Analysen des Prozesswassers
- Langzeit-Modellierungen über Auswirkungen auf das aquatische Ökosystem

Wir danken allen am Projekt beteiligten Mitarbeitern des Uniper Kraftwerks Wilhelmshaven für ihre viele Unterstützung und die hervorragende Zusammenarbeit.

Haben Sie Fragen oder möchten Sie weitere Informationen zum Projekt zögern Sie nicht sich bei der Forschungsgemeinschaft Kalk und Mörtel e. V. (<http://www.fg-kalk-moertel.de>; Herr Dr. Frank Ohnemüller, frank.ohnemueller@kalk.de) zu melden.