

PROJEKT-FAZIT

Siloxith

Untersuchung der Eignung natürlicher Eisenoxo- und Zeolithverbindungen für ein innovatives Verfahren zur Biogasreinigung

Zusammenfassung der Forschungsergebnisse

Impressum

Vorhaben

Siloxith

Untersuchung der Eignung natürlicher Eisenoxo- und Zeolithverbindungen für ein innovatives Verfahren zur Biogasreinigung

Durchführung

Projektleitung DBI

Robert Manig
robert-manig@dbi-gruppe.de
T +49 3731 4195-337

Elisabeth Grube
elisabeth.grube@dbi-gruppe.de
T +49 3731 4195-329

Kontakt

DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH
Karl-Heine-Straße 109/111
D-04229 Leipzig
www.dbi-gruppe.de

Projektpartner

DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH

HeGo Biotec GmbH

Laufzeit

01.09.2022 bis 31.12.2024

Das diesem Forschungsbericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) unter dem Förderkennzeichen 38028/01-24/0 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

Zusammenfassung

In den letzten Jahrzehnten hat der Einsatz von Siloxanen in Industrieprodukten wie Kosmetika, Pharmazeutika und Schmierstoffen stark zugenommen. Nach ihrer Entsorgung gelangen diese Stoffe in Abfallströme und können sich unter anaeroben Bedingungen als flüchtige Methylsiloxane (VMS) im Biogas anreichern. VMS stellen ein großes Problem für Biogas-, Klär- und Deponieanlagen dar. Bei ihrer Verbrennung entsteht mikrokristallines Siliziumdioxid, welches sich auf Motorkomponenten ablagert. Diese Ablagerungen verursachen hohen Verschleiß, schädigen Katalysatoren und beeinträchtigen Sensoren, was zu höheren Betriebskosten, Effizienzverlusten und vorzeitigem Austausch von Bauteilen führt.

Ziel und Innovation des Projekts „Siloxith“ ist die experimentelle Untersuchung von ausgewählten natürlichen Materialien zur kombinierten Entfernung H_2S und dem Siloxan D5. Es wurden zwölf Materialien – eisenhaltige Adsorbentien sowie natürliche und synthetische Zeolithe – hinsichtlich ihrer Adsorptionskapazität für H_2S und das Siloxan D5 getestet. Dabei wurden sowohl Einzeladsorptionsversuche als auch kombinierte Adsorptionstests durchgeführt. Basierend auf einer hausinternen DBI-Methode zur Siloxanmessung mittels Massenspektrometer wurde die simultane Entfernung von VMS und H_2S untersucht. Zudem untersuchte das Projekt die Möglichkeit der Regeneration der Materialien.

Die Mechanismen der H_2S - und D5-Entfernung unterscheiden sich prinzipiell. Bei der H_2S -Entfernung handelt es sich um eine Chemisorption, während D5 in einer Physisorption abgetrennt wird. Dies hat verschiedene Auswirkung auf das Konzept einer zukünftigen Anwendung. Das in einer Chemisorption gebundene H_2S wird zu Elementarschwefel umgewandelt und kann durch physikalische Vorgänge nicht remobilisiert werden. Eine Regeneration mittels Sauerstoff ist nicht unbegrenzt möglich. Dagegen kann physisorbiertes Siloxan durch Spülen mit Inertgas remobilisiert werden. Eine Regeneration ist möglich.

Für den technischen Einsatz von eisenbasierten Adsorbentien bietet sich daher der Einsatz von unterschiedlichen, auf die Abscheidung von H_2S bzw. D5 optimierten Produkten an. Die dafür erforderlichen Filter müssten in einer Reihenschaltung betrieben werden. Primär wird in diesem Aufbau irreversibel H_2S gebunden und in Elementarschwefel umgewandelt. Physisorbierte Substanzen werden durch die Chemisorption von H_2S verdrängt, sodass die erschöpfte Gasreinigungsmasse ausschließlich Schwefel enthält. Dies erleichtert eine stoffliche Verwertung oder Deponierung. Sekundär können VOC's (u. a. Siloxane) in einem nachgeschalteten Adsorber gebunden werden. Hier ist, wie die Untersuchungsergebnisse nahelegen, eine Regeneration möglich.

In Summe lässt sich feststellen, dass die eisenhaltigen Adsorbentien eine signifikant höhere Adsorptionskapazität für H_2S und D5 zeigen als die natürlichen Zeolithe. Die Adsorptionsfähigkeit war dabei stark abhängig vom Eisengehalt, der spezifischen Oberfläche sowie der Porenstruktur der Materialien. Die betrachteten natürlichen und synthetischen Zeolithe waren nahezu ungeeignet für die Entfernung von H_2S , wiesen jedoch eine Adsorptionsfähigkeit für D5 auf. Die Kombination beider Materialien zur simultanen Adsorption beider Schadstoffe erwies sich als ineffizient, da die Eisenmaterialien allein deutlich bessere Ergebnisse erzielten. Bei kombinierten Adsorptionstests sank die Kapazität zur Bindung von D5 bei gleichzeitiger Belastung mit H_2S (Vergleich Abbildung 1 und Abbildung 2). Bei einer simultanen Entfernung beider Schadstoffe ist daher mit geringeren Gesamtkapazitäten zu rechnen.

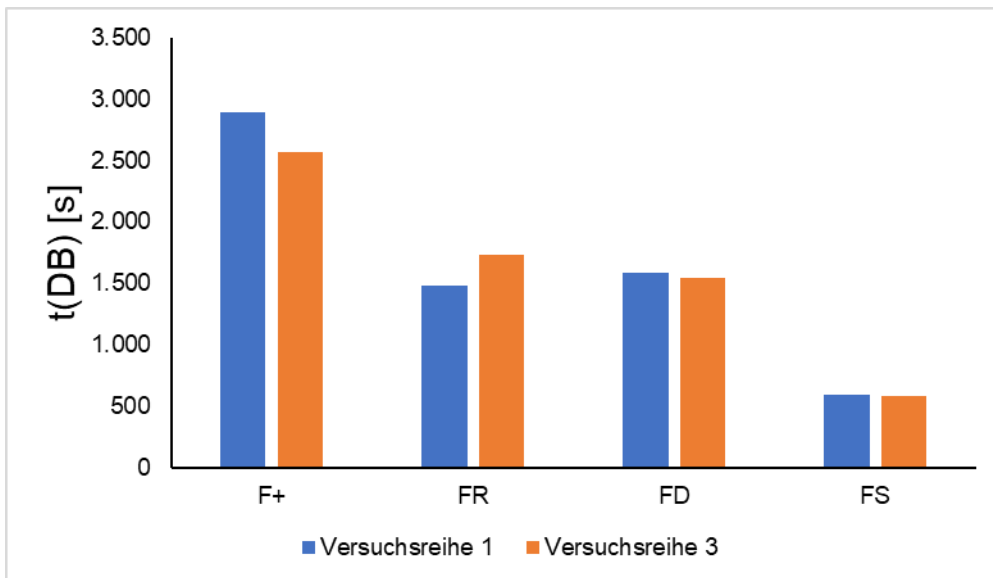


Abbildung 1: Vergleich der H₂S-Durchbruchzeiten der einzelnen eisenhaltigen Adsorbentien für Versuchssreihe 1 (H₂S in Gasmatrix) zu Versuchssreihe 3 (H₂S und D5 in Gasmatrix)

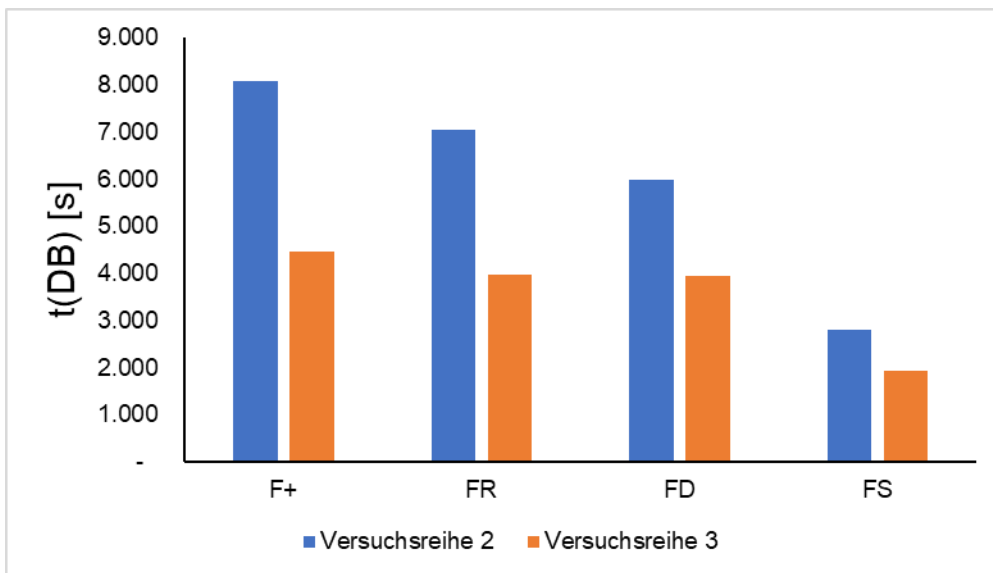


Abbildung 2: Vergleich der D5-Durchbruchzeiten der einzelnen eisenhaltigen Adsorbentien für Versuchssreihe 2 (D5 in Gasmatrix) zu Versuchssreihe 3 (H₂S und D5 in Gasmatrix)

In Bezug auf die wirtschaftliche und ökologische Bewertung bieten eisenhaltige Adsorbentien eine nachhaltige Alternative zu fossiler Aktivkohle. Durch ihre hohe Adsorptionskapazität und potenzielle Regenerierbarkeit könnten sie langfristig wirtschaftliche Vorteile bieten. Herausforderungen bestehen weiterhin in der begrenzten Regenerationsfähigkeit und der Entsorgung von D5-beladenen Materialien. Bei der reinen Entfernung von H₂S aus Anaerobgasen sind Gasreinigungsmassen aus Eisenhydroxid und granulierten Aktivkohlen gleichermaßen am Markt vertreten. Da es sich bei den Eisenhydroxiden um Nebenprodukte aus der Trinkwasseraufbereitung bzw. Grundwasserbehandlung handelt, haben diese Adsorbentien nicht nur einen Vorteil im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes, sondern auch einen deutlich geringeren CO₂-Fußabdruck als Aktivkohlen. Durch geringere Beschaffungskosten bietet der Einsatz von Eisenhydroxide-Produkten auch ökonomische Vorteile für den Nutzer gegenüber der Verwendung von Aktivkohle.

Das Projekt zeigt, dass eisenhaltige Adsorbentien eine vielversprechende Lösung für die simultane Entfernung von H₂S und Siloxanen aus Biogas darstellen. Zukünftige Forschung sollte sich auf die Optimierung der Regeneration und die Entwicklung wirtschaftlicher Nutzungskonzepte für die regenerierten Materialien konzentrieren.

