

BioLoop – Bioenergie kombiniert mit effizienter CO₂-Entnahme



Wie durch Verbrennung von Biomasse die Konzentration von atmosphärischem CO₂ vermindert und gleichzeitig Energie erzeugt werden kann, hat Benjamin Fleiß in seiner Dissertation erforscht. Da sie die CO₂-Abscheidungskosten reduzieren kann, könnte die im Projekt BioLoop untersuchte Chemical-Looping-Verbrennung (CLC), angewandt als BECCS, eine entscheidende Komponente im Kampf gegen den Klimawandel sein.



© TU Wien / Sebastian Philip

Ausgewählte Materialien wurden in Experimenten hinsichtlich Eigenschaften, Betriebsbedingungen und Brennstoffen auf ihre Kohlenstoffabscheidungsrate und CO₂-Reinheit untersucht.

Um die Auswirkungen des vom Menschen verursachten Klimawandels abzuschwächen, ist es notwendig, das Energiesystem weg von fossilen CO₂-Emissionen umzugestalten. Negativemissionstechnologien wie BECCS (Bioenergie mit CO₂-Abscheidung und -Speicherung) sind unabdingbar, um den Temperaturanstieg auf ein vertretbares Maß zu begrenzen.

Verbrennung im Kreislauf

Chemical-Looping-Combustion (CLC) ist eine innovative Verbrennungstechnologie, bei der die Abscheidung von CO₂ direkt mit dem Prozesskonzept und der Verbrennungsreaktion verknüpft ist. Die Technologie wurde 1954 für die Herstellung von reinem CO₂ patentiert und später für die Energieerzeugung mit integrierter Kohlenstoffabscheidung vorgeschlagen.

CLC wird oft als „unvermischte Verbrennungstechnologie“ bezeichnet, weil keine direkte Reaktion zwischen Verbrennungsluft und Brennstoff stattfindet. Der Sauerstofftransport wird durch ein Metalloxid gewährleistet, das als Sauerstoffträger (OC) bezeichnet wird. Im ersten Schritt des Kreislaufs bindet der OC Sauerstoff aus der Luft und gibt dabei Reaktionswärme an das Gas und den OC im Luftreaktor ab. Im zweiten Schritt verbrennt der OC den Brennstoff direkt zu einem hochreinen CO₂-Strom im Brennstoffreaktor.

Der Kreislauf ist geschlossen und das CO₂ wird ohne einen energieintensiven Gas-Gas-Trennungsschritt von Natur aus abgeschieden.

Zwei Pfade: Natürliche Erze oder synthetische Materialien

In der Forschung werden typischerweise zwei Hauptwege – natürliche Erze oder synthetische Materialien – untersucht, um spezifische Kriterien für die Umwandlung fester Brennstoffe zu erfüllen. Spezielle synthetisierte OC mit hohen Kosten weisen eine höhere Reaktivität im Vergleich zu günstigeren natürlichen Erzen auf. In seiner Arbeit untersuchte Fleiß beide Routen eingehend hinsichtlich ihres Gesamtpotenzials. Zunächst wurde eine Screening-Methode entwickelt, um neue OC schneller in einer speziell entwickelten Laboranlage zu charakterisieren und zu bewerten. OC mit hohem Potenzial wurden in Experimenten mit einer 80-kW_{th}-Pilotanlage verwendet, um den Einfluss von OC-Eigenschaften, Betriebsbedingungen und Brennstoffen auf die Kohlenstoffabscheidungsrate und die CO₂-Reinheit zu untersuchen. Dabei wurde die höchste Gesamtleistung mit einer Mischung aus Kalkstein und Ilmenit als natürlichem Erz sowie dem synthetischen Material MIC (Mangan, Eisen, Kupfer) mit Kohlenstoffabscheideraten von über 98 % erzielt.

Projekt BioLoop

Dissertation: Dr. Benjamin Fleiß

Standort: Wien

Projektausrichtung:

TU Wien

Antragsteller: Universität für Bodenkultur Wien (BOKU)

Titel Dissertation: Investigation of Chemical Looping Combustion in Fluidized Beds as Bioenergy Carbon Capture and Storage Technology

Projektkosten: 1,6 Mio. €

Fertigstellung: 04/2024



Laboranlage zur Bewertung neuer Materialien mit digitaler Schnittstelle (li.), Zweibett-Wirbelschicht (Mitte) und Gasvorwärmer (re.)

© TU Wien

Hochskalierung auf 100 MW

Basierend auf den experimentellen Ergebnissen wurden zwei Hochskalierungsdesigns für eine 100-MW_{th}-Bioenergie-CLC-Anlage erarbeitet, um einen techno-ökonomischen Vergleich der beiden OC-Wege durchzuführen. Die techno-ökonomische Bewertung ergab CO₂-Abscheidungskosten von 75 €/Tonne CO₂ für die synthetischen bzw. 40 €/Tonne CO₂ für die natürlichen Metalloxide.

„Ein Vergleich mit modernsten Technologien zeigt die Machbarkeit beider Wege auf und deutet darauf hin, dass die Implementierung der CLC-Technologie zu einer Reduzierung der CO₂-Abscheidungskosten führen könnte“, fasst Fleiß zusammen. „Unter Berücksichtigung der geringfügigen Unsicherheiten in Bezug auf Leistung und Gasreinigung, der kombinierten internationalen Forschungsanstrengungen und der unmittelbaren Bedrohung durch den Klimawandel gibt es keinen Grund, den nächsten Skalierungsschritt der CLC-Technologie hinauszuzögern.“

