

Elektrochemische Reduktion von CO₂ zu Kohlenwasserstoffen

Verfasser: Dipl.-Ing. Andreas Engelbrecht

Zusammenfassung

Im Zuge des Ausbaus erneuerbarer Energien tritt in Deutschland immer häufiger das Problem schwankender Stromüberschüsse auf. Da gängige Speicherkonzepte wie zum Beispiel Pumpspeicherkraftwerke die Überschüsse nicht abfangen können, ergibt sich die Notwendigkeit alternative Speicherkonzepte mit höheren Kapazitäten zu entwickeln.

Hier bietet die elektrochemische Reduktion von CO₂ ein hohes Potential, da dieses Gas als Abgas beziehungsweise Nebenprodukt im Überfluss zur Verfügung steht. Frühe Untersuchungen haben gezeigt, dass Kupfer ein Elektrodenmaterial darstellt, welches die Fähigkeit besitzt, CO₂ zu Kohlenwasserstoffen umzusetzen. Diese können beispielsweise als Rohstoffe in der chemischen Industrie oder als Kraftstoff zum Einsatz kommen.

Ausgehend von einer Literaturrecherche wurde eine Elektrolysezelle mit zwei Kompartimenten entworfen und gefertigt. Die Kompartimente sind durch eine Membran voneinander trennbar und werden bei Elektrolysen mit jeweils 125 ml Elektrolyt befüllt. Die Halbzellen sind gasdicht verschließbar und ermöglichen jeweils die Positionierung einer bis 2 cm x 2 cm großen Elektrode, die gleichzeitige Be- und Entgasung durch einen Anschluss sowie die Beprobung des Elektrolyten. Die Zelle ist zudem mit einer Doppelwand ausgestattet, welche mit einer Temperierflüssigkeit durchströmt werden kann.

Da gasförmige Produkte untersucht werden sollen, wurde ein Gaschromatograph angeschafft. Das Gerät ermöglicht nach Kalibrierung die Quantifizierung der Produktgase CO, CH₄, C₂H₄ und H₂ auf zwei getrennten Analysekanälen, welche die Gase auf einen Flammen-Ionisations-Detektor beziehungsweise einen Wärmeleitfähigkeits-Detektor leiten. Die Proben werden automatisch aus dem kontinuierlichen Abgasstrom der Zelle entnommen und innerhalb von 7,5 Minuten analysiert. Es ist somit möglich, die Produktgaskonzentrationen im Online-Betrieb zu erfassen.

Bei der Untersuchung verschiedener Kupfersorten (unterschiedliche Reinheit, Sauerstoff- und Phosphor-Gehalte) wurde die Zelle immer mit 100 ml/min CO₂ begast. Die Elektrolysen wurden potentiostatisch, bei Potentialen von -1,3 bis -1,9 V vs. Ag/AgCl (+197 mV vs. NHE) in 100 – 200 mV-Schritten, durchgeführt. Zusätzlich wurde bei diesem Materialscreening die Elektrolytkonzentration (0,1 M bis 0,5 M KHCO₃) variiert. Aus den Ergebnissen wurde zum einen geschlossen, dass die verschiedenen Kupfersorten eine unterschiedliche katalytische Aktivität aufweisen, weiterhin lag die Effizienzsumme unter 100% F.E., was darauf schließen lässt, dass neben den gasförmigen auch flüssige und lösliche Produkte gebildet wurden. Es ergab sich zudem, dass in konzentrierteren Elektrolyten hauptsächlich H₂ gebildet wurde, während signifikante Anteile C₁- und C₂-Komponenten in weniger leitfähigen Elektrolyten entstanden. Validierungsmessungen zeigen, dass bei den Elektrolyseparametern eine Potentialabstufung von maximal 25 mV zu empfehlen ist, und belegen die Reproduzierbarkeit der Messungen.

Die aufgebaute Anlage ermöglicht somit weitere Arbeiten auf diesem Gebiet.

Kontakt

Dr. Martin Hämmerle

Telefon: +49 921 55 7402

E-Mail: Martin.Haemmerle@uni-bayreuth.de