

Kombination von Oxyfuel-Prozess und Hochtemperaturelektrolyse zur Synthesegaserzeugung mit signifikant reduziertem Elektrolysestrombedarf

J. Brellochs, M. Dürrbeck, T. Marquard-Möllenstedt, S. Thaler, M. Specht
Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW),
Stuttgart

Abstract

Durch die Kombination von Hochtemperatur(HT)-Elektrolyse und Oxyfuel-Verbrennung wird der elektrische Wirkungsgrad von Power-to-X-Prozessen signifikant gesteigert. Ziel ist ein elektrischer Energiebedarf von $2,5 \text{ kWh}_{\text{el}}/\text{m}_\text{N}^3$ Wasserstoff bzw. Synthesegas, was deutlich unter dem Bedarf von heute üblichen Niedertemperaturelektrolyseuren (typischerweise $4,3 - 5,5 \text{ kWh}_{\text{el}}/\text{m}_\text{N}^3 \text{ H}_2$) bzw. einer thermoneutral betriebenen HT-Elektrolyse (ca. $3,2 \text{ kWh}_{\text{el}}/\text{m}_\text{N}^3 \text{ H}_2$ bzw. Synthesegas) liegt. Dies wird durch die Einkopplung von HT-Wärme aus der Oxyfuel-Verbrennung in die HT-Elektrolyse erreicht. Folglich wird diese im endothermen Modus betrieben, das heißt hochwertiger Strom wird durch HT-Wärme substituiert. Der notwendige Sauerstoff für die Oxyfuel-Verbrennung wird in der Elektrolyse erzeugt. Das Abgas aus dem Oxyfuel-Prozess, ein $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O}$ -Gemisch, dient als CO_2 -Quelle für die Synthese. Dabei stehen für die Synthesegaserzeugung zwei Optionen zur Verfügung. Im Fall einer Wasserdampfelektrolyse (Option 1) wird das Oxyfuel- CO_2 mit Elektrolyse- H_2 zu Synthesegas gemischt. Bei einer Co-Elektrolyse (Option 2) fungieren das Oxyfuel- CO_2 und Wasserdampf als Elektrolyseprodukte und es resultiert direkt ein $\text{CO}_x\text{-H}_2$ -haltiges Synthesegas.

Der Einsatz von Biomasse für die Oxyfuel-Verbrennung ermöglicht die Erzeugung erneuerbarer, Kohlenstoff(C)-basierter Kraftstoffe bzw. Basis-Chemikalien ohne Abhängigkeit von CO_2 -Quellen, da CO_2 prozessintegriert entsteht. Die Einkopplung von Elektrolyse- H_2 bewirkt eine quasi vollständige Konversion des biogenen Kohlenstoffs in C-basierte Power-to-X-Produkte. Dies bedingt eine Erhöhung des Kraftstoff-Ertrags pro Flächeneinheit gegenüber den Biokraftstoffen der 1. Generation um das mehr als Fünffache.

Im Rahmen des Kopernikus-Verbundvorhabens „P2X: Erforschung, Validierung und Implementierung von Power-to-X-Konzepten“ hat das ZSW einen Oxyfuel-Teststand entwickelt, aufgebaut und in Betrieb genommen. Die Erzeugung eines CO_2 -reichen Abgasstroms und von HT-Wärme wird sowohl im Wirbelschichtprozess als auch in einem FLOX[®]-Reaktor (flammenlose Oxidation) untersucht (je $10 - 20 \text{ kW}$ Brennstoff-Input). Erste Versuche zur Oxyfuel-Verbrennung von Erdgas in einem 1 kW_{th} FLOX[®]-Brenner lieferten ein Abgas mit größer 98% $\text{CO}_{2,\text{trocken}}$. Parallel wurde der neue Power-to-X-Pfad mit Hilfe von Prozess-Simulationen bewertet und für derart erzeugtes erneuerbares Erdgassubstitut eine Effizienz von ca. 65% (bezogen auf den Biomasse- und Strom-Input) ermittelt. Die Arbeiten werden vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert.