



- Abschlussbericht zum Projekt HylInnoChem -
- Teil I: Kurzbericht -

Zuwendungsempfänger: Carbon Minds GmbH

Förderkennzeichen: 03ZU1115IC

Laufzeit des Vorhabens: 15.10.2021 – 14.10.2024

Berichtszeitraum: 15.10.2021 – 14.10.2024

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

1. Stand der Technik

Wasserstoffperoxid (H_2O_2) ist eine zentrale Plattformchemikalie mit vielseitigen Anwendungen in der Chemie-, Papier-, Textil- und Umwelttechnik. Der derzeitige Stand der Technik ist nahezu vollständig durch den Anthrachinon-Prozess geprägt. Dieses Verfahren ist auf großindustrielle Maßstäbe optimiert, erfordert kontinuierlich betriebene, hochautomatisierte Anlagen und verursacht aufgrund seines hohen Bedarfs an thermischer Energie und Wasserstoff signifikante Treibhausgasemissionen. H_2O_2 wird in konzentrierter Form (ca. 70 %) hergestellt, stabilisiert, transportiert und vor Ort verdünnt – dies verursacht zusätzliche Energie- und Umweltbelastungen.^{1,2}

Forschungslücke und Aufgabenstellung

Der Stand der Forschung zeigt, dass die elektrochemische Synthese von H_2O_2 prinzipiell eine solche dezentrale Herstellung ermöglichen kann³. Eine zentrale Herausforderung besteht jedoch in der Entwicklung geeigneter Elektrodenmaterialien und Reaktorkonzepte, die eine stabile und selektive Reaktion ermöglichen⁴.

Im Projekt HyInnoChem wurde daher ein besonderer Fokus auf die Entwicklung eines Prozesses mit bifunktionaler Anode gelegt, die sowohl die Sauerstoffentwicklungsreaktion (OER) als auch die Wasserstoffoxidationsreaktion (HOR) katalysieren kann. Diese Anode soll eine flexible Betriebsweise ermöglichen, bei der der Prozess je nach verfügbarer Ressource entweder mit Wasserstoff oder mit Wasser betrieben werden kann.

Die Aufgabenstellung des Projekts bestand darin, diesen neuartigen elektrochemischen Prozess konzeptionell und technisch weiterzuentwickeln und im Labormaßstab zu demonstrieren. Parallel dazu hat Carbon Minds mittels Life Cycle Assessment (LCA) die ökologischen Potenziale und Herausforderungen dieser Technologie bewerten – mit dem Ziel, frühzeitig fundierte Aussagen über Nachhaltigkeit und Anwendungsfelder treffen zu können.

2. Wesentliche Projektergebnisse

Das Projekt HyInnoChem kombinierte die technische Entwicklung eines neuartigen elektrochemischen Verfahrens zur Herstellung von Wasserstoffperoxid mit einer begleitenden

¹ Garcia-Serna J., Moreno T., Biasi P., Cocero M. J., Mikkola J.-P., Salmi T. O., Engineering in direct synthesis of hydrogen peroxide: targets, reactors and guidelines for operational conditions (2014)

² Jia Y., Bai Y., Chang J., Zhai Y., Zhang T., Ren K., Hong J., Life cycle assessment of hydrogen peroxide produced from mainstream hydrogen sources in China (2022)

³ C. Xia, Y. Xia, P. Zhu, L. Fan, Direct electrosynthesis of pure aqueous H_2O_2 solutions up to 20% by weight using a solid electrolyte

⁴ J.M. Campos-Martin, G. Blanco-Brieva, J.L.G. Fierro, Hydrogen peroxide synthesis: An outlook beyond the anthraquinone process,

ökologischen Bewertung mittels Life Cycle Assessment (LCA). Die Arbeit erfolgte in enger Abstimmung mit den Projektpartnern.

Projekttablauf und Zusammenarbeit

Im Konsortium wurde zu Beginn ein gemeinsamer Ziel- und Untersuchungsrahmen für die Ökobilanzierung definiert. Auf Basis technischer Annahmen und experimenteller Labormessungen wurden anschließend Massendaten für den neuartigen elektrochemischen Prozess erstellt. Diese wurden mit Daten aus bestehenden Datenbanken kombiniert, um eine konsistente Modellierung zu ermöglichen.

Carbon Minds führte die vergleichende LCA nach ISO 14040/44 durch. Bewertet wurde die Herstellung von 1 kg H₂O₂ (als 10 %-ige Lösung) unter einem Status-Quo- und einem erneuerbaren Energieszenario:

Zentrale Ergebnisse

- In beiden Szenarien schnitt der elektrochemische Prozess in den meisten Umweltkategorien nicht besser ab als der konventionelle Anthrachinon-Prozess – weder in der Klimawandel-Kategorie noch in anderen Umweltwirkungen gemäß der Environmental Footprint Method (EF 3.1).
- Hauptursache ist der hohe Strombedarf des elektrochemischen Verfahrens.
- Die Analyse zeigte ein deutliches Potenzial bei den Umweltwirkungen durch eine Reduktion des Strombedarfs durch, bspw. durch Optimierung im Bereich des Zelldesigns, der Vermeidung ohmscher Verluste und bei der Effizienz der Sauerstoffbereitstellung.
- Die frühzeitige Anwendung der LCA ermöglichte eine strukturierte und kosteneffiziente Bewertung in einem frühen Entwicklungsstadium.
- Der elektrochemische Prozess befindet sich derzeit auf einem niedrigen TRL und wurde unter generischen Betriebsbedingungen und Applikationen modelliert. Für eine belastbare Bewertung sind künftig anwendungsspezifische Analysen erforderlich – insbesondere in dezentralen Szenarien mit erneuerbarer Stromversorgung. Durch eine technische Weiterentwicklung und Skalierungseffekte, könnte in zukünftigen Studien der Strombedarf des elektrochemischen Prozesses reduziert werden, wodurch sich erhebliche Umweltreduktionen ergeben könnten.