

Entwicklung kostengünstiger Elektrodensysteme auf Basis eines optimierten Iridium-Titanoxid-Schichtaufbaus für Anoden in der PEM-Wasserelektrolyse

Autoren: L. Holtkotte¹, U. Rost¹, J. Näther², M. Underberg³, L. Böhm¹, T. Hülser³, F. J. Wirkert¹, F. Köster², and M. Brodmann¹

¹ Westfälische Hochschule Gelsenkirchen Bocholt Recklinghausen, ² Hochschule Mittweida, ³ Institut für Energie- und Umweltechnik, Duisburg

Motivation

Zur Sicherung der energietechnischen Versorgung trotz eines steigenden Anteils volatiler und regenerativer Beiträge, ist eine zunehmende Integration von Energiespeichern in das Verbundnetz notwendig. Die Wasserzerlegung mittels Elektrolyse auf Basis von Polymerelektrolytmembranen (PEM) ist eine effiziente elektrochemische Technologie zur Erzeugung von Wasserstoff, welcher einerseits speicherbar und andererseits bei Bedarf in elektrische Energie wandelbar ist.

Stand der Technik / Innovativer Ansatz

Aufgrund hoher Elektrodenpotentiale und der damit einhergehenden Korrosion bei PEM-Wasserelektrolyseuren werden heute, insbesondere auf der Anode, teure Titanstrukturen und seltene Iridiumkatalysatoren verwendet. Ziel des Projektes ist daher die Entwicklung und Analyse einer neuartigen effizienteren Elektrodenarchitektur. Die Elektrode besteht dabei aus einem Titangittersystem (gesinterte Filterplatte auf Streckgitter) und dient als Stromverteiler. Außerdem sorgt das Titangittersystem anstatt eines Flow fields für den Wassertransport, wodurch Kosten eingespart werden. Die Supportschicht des Katalysators besteht aus elektrisch leitenden Titanoxidnanopartikeln, auf denen Iridium-Katalysatorpartikel galvanisch abgeschieden wurden [1,2]. Bedingt durch die Nanostrukturierung der Oberfläche kann das Katalysatormaterial effizienter genutzt und die Kosten für Elektroden in der PEM-Wasserelektrolyse reduziert werden.

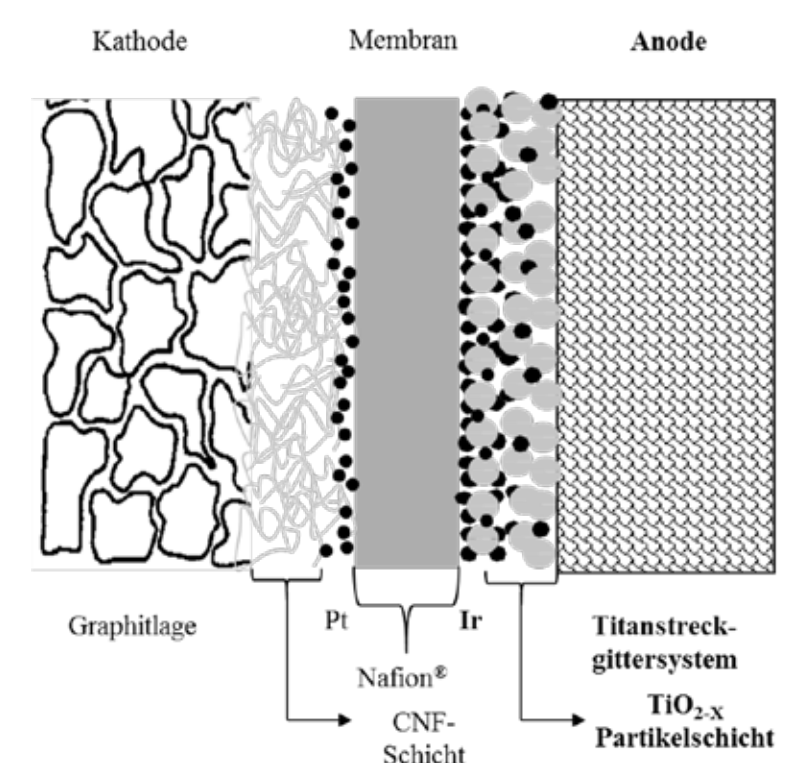


Abb 1: Schematische Abbildung des optimierten Elektrodenaufbaus mit Ir-Katalysatorpartikeln auf TiO_{2-x} -Trägermaterial

Elektrodenpräparation

Die unterstöchiometrischen TiO_{2-x} -Nanopartikel wurden in einem Flammenreaktor durch eine brennstoffreiche Verbrennung hergestellt. Um den Sauerstoffgehalt weiter zu reduzieren und die Leitfähigkeit der Partikel zu erhöhen, wurden die Partikel anschließend, in ebenfalls reduzierender Atmosphäre, thermisch nachbehandelt. Für die Applikation wurde das TiO_{2-x} -Pulver in Ethanol und Nafion® (5 Gew.-%) dispergiert und anschließend unter Argon-Atmosphäre auf das Titanstreckgittersystem aufgesprüht. Die obere Oxidschicht des Substrats wurde vor der Applikation mittels Plasmaätzen entfernt. Um die TiO_{2-x} -Nanopartikel in eine stabile Phase zu überführen und die Partikel leitend mit dem Substrat zu verbinden wurde die Schicht nachfolgend mit einem KrF-Laser gesintert. Auf die resultierende Trägerschicht aus TiO_{2-x} -Nanopartikeln wurden in einem abschließenden Schritt galvanisch Iridiumpartikel abgeschieden, welche als Katalysator für die Sauerstoffbildung in sauren Medien fungieren [2].

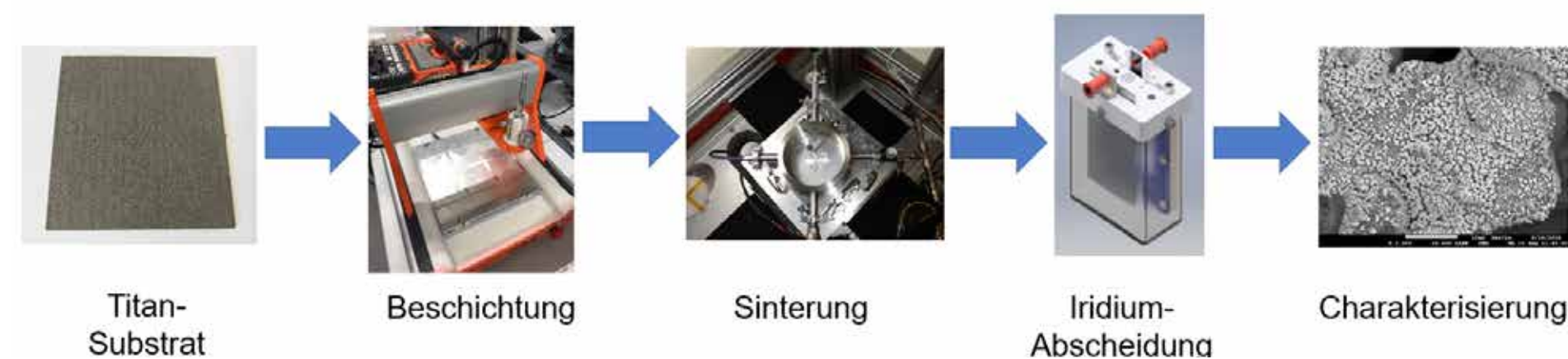


Abb 2: Ablauf der Elektrodenpräparation

Ex-Situ Charakterisierung

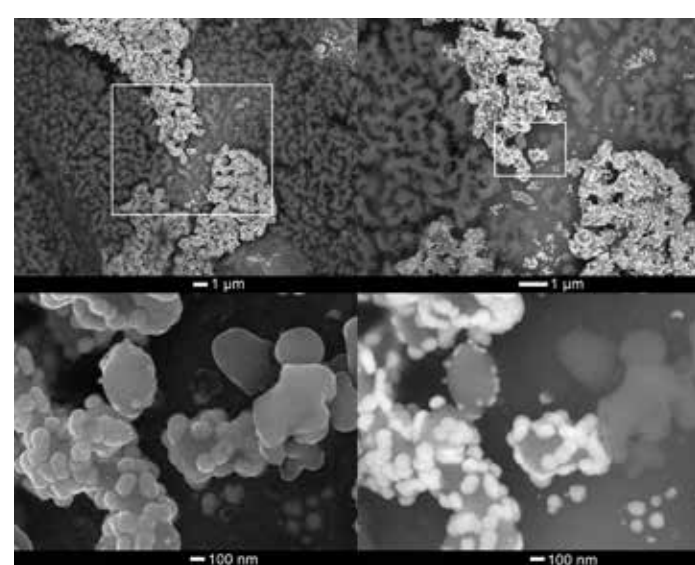


Abb 3: REM-Aufnahmen des Ir-Katalysators auf dem TiO_{2-x} -Trägermaterial [3]

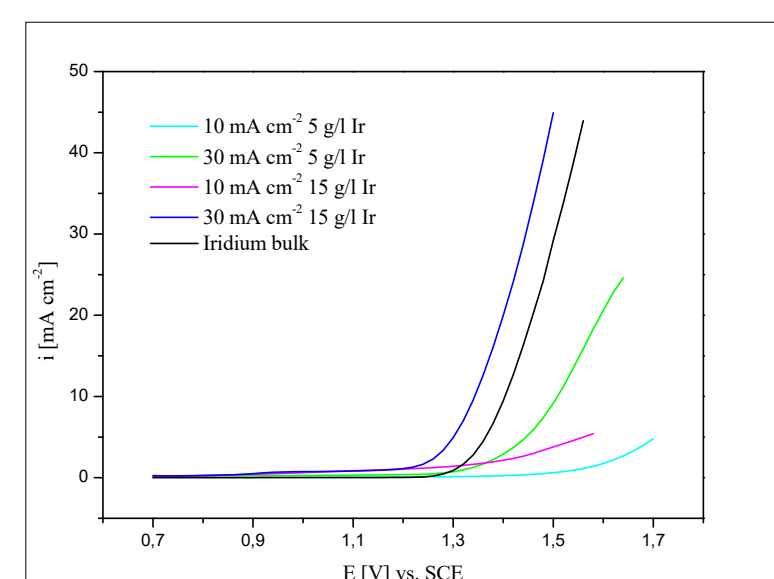


Abb 4: Vergleich der LV-Kurven von Proben mit unterschiedlichen Herstellungsparametern mit einer Ir-Bulk-Probe [3]

In-Situ Charakterisierung



Abb 5: PEMEL-Prüfstand mit vier Zellen

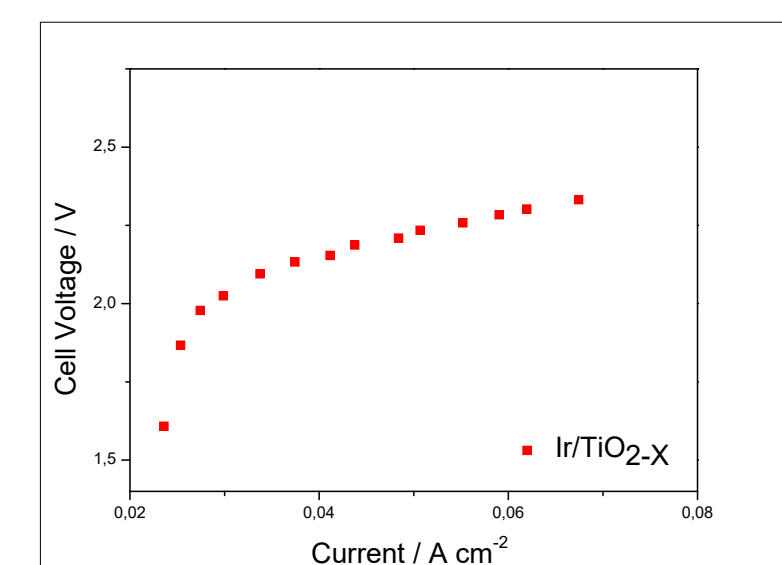


Abb 6: Polarisationskurve einer entwickelten Elektrode im Prüfstand

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

- Die durchschnittliche Ir-Beladung der hergestellten Elektroden liegt bei 0.2 mg cm^{-2} und damit deutlich unter dem Stand der Technik (ca. $1-3 \text{ mg cm}^{-2}$) [4,5].
- REM Untersuchungen zeigten eine Partikelgröße der abgeschiedenen Ir-Partikel von $50 - 100 \text{ nm}$ [3].
- Bei den hergestellten Elektroden hatte die Abscheidungsstromdichte einen größeren Einfluss auf die OER als die Ir-Konzentration im Elektrolyt, wie auch aus der LV ersichtlich ist [3].
- Die LV [3,4] der Elektroden mit 30 mA cm^{-2} Abscheidungsstromdichte und 15 g l^{-1} Elektrolyt Ir-Konzentration zeigten eine höhere OER-Aktivität im Vergleich zur Iridium-bulk-Elektrode.
- Erste In-Situ Experimente zeigten, dass die Elektroden als Anoden für PEMWE funktionsfähig sind. Im Vergleich zum Stand der Technik bei Testzellen weisen sie eine erhöhte Zellspannung auf.
- Die morphologischen und elektrochemischen Charakterisierungen der Elektroden bestätigten, dass der beschriebene Prozess zur Elektrodenpräparation einen vielversprechenden Weg darstellt, um den Iridiumanteil für Anoden in der PEM-Wasserelektrolyse zu reduzieren und gleichzeitig eine erhöhte elektrochemische Aktivität für die OER in saurer Umgebung zu erreichen.