

Entwicklung kostengünstiger Elektrodensysteme auf Basis optimierter Iridium-Titanoxid-Schichten für den Einsatz als Anode in der PEM-Wasserelektrolyse

Autoren: L. Holtkotte, R. Muntean, D.T. Pascal, U. Rost, J. Näther, F. Köster, M. Underberg, T. Hülser, M. Brodmann

Zusammenfassung

- Ziel des Projektes IT-PEM ist die Entwicklung und Erforschung einer neuartigen Elektrodenstruktur für den Einsatz als Anode in der PEM-Wasserelektrolyse. Der innovative Ansatz beruht auf einer optimierten Elektrodenarchitektur, bei der eine unterstöchiometrische Titanoxid-Nanopartikel-Schicht, welche eine erhöhte Anzahl von Sauerstoffleerstellen und eine dadurch verbesserte elektrische Leitfähigkeit aufweist, auf ein poröses Titansubstrat aufgebracht wird. Die aufgebrachte unterstöchiometrische Titanoxid-Schicht dient hierbei als Träger für elektrochemisch abgeschiedene Iridium-Nanopartikel. Durch den optimierten Schichtaufbau kann das teure Edelmetall-Katalysatormaterial effektiver genutzt und die Kosten für Elektroden in der PEM-Wasserelektrolyse reduziert werden.
- Die Titanoxid-Nanopartikel wurden in einem H_2/O_2 -Flammenreaktor hergestellt und durch eine kraftstoffreiche Verbrennung unter Wasserstoff zu unterstöchiometrischen TiO_{2-x} -Nanopartikeln reduziert. Anschließend wurden die unterstöchiometrischen Nanopartikel in 2-Propanol dispergiert und unter Argonatmosphäre auf das Titan-Streckgittersystem aufgesprüht. Auf dieses mehrschichtige System wurden wiederum elektrochemisch Ir-Nanopartikel abgeschieden. Durch dieses Präparationsverfahren wurden schließlich elektrochemisch aktive Elektroden für die Sauerstoffbildungsreaktion hergestellt.
- Die morphologische und strukturelle Charakterisierung sowie die chemische Zusammensetzung wurden mittels Rasterelektronenmikroskopie (REM) in Kombination mit energiedispersiver Röntgenspektroskopie (EDX), sowie mit cyclovoltammetrischen Messungen (CV) und Röntgenphotoelektronenspektroskopie (XPS) analysiert.

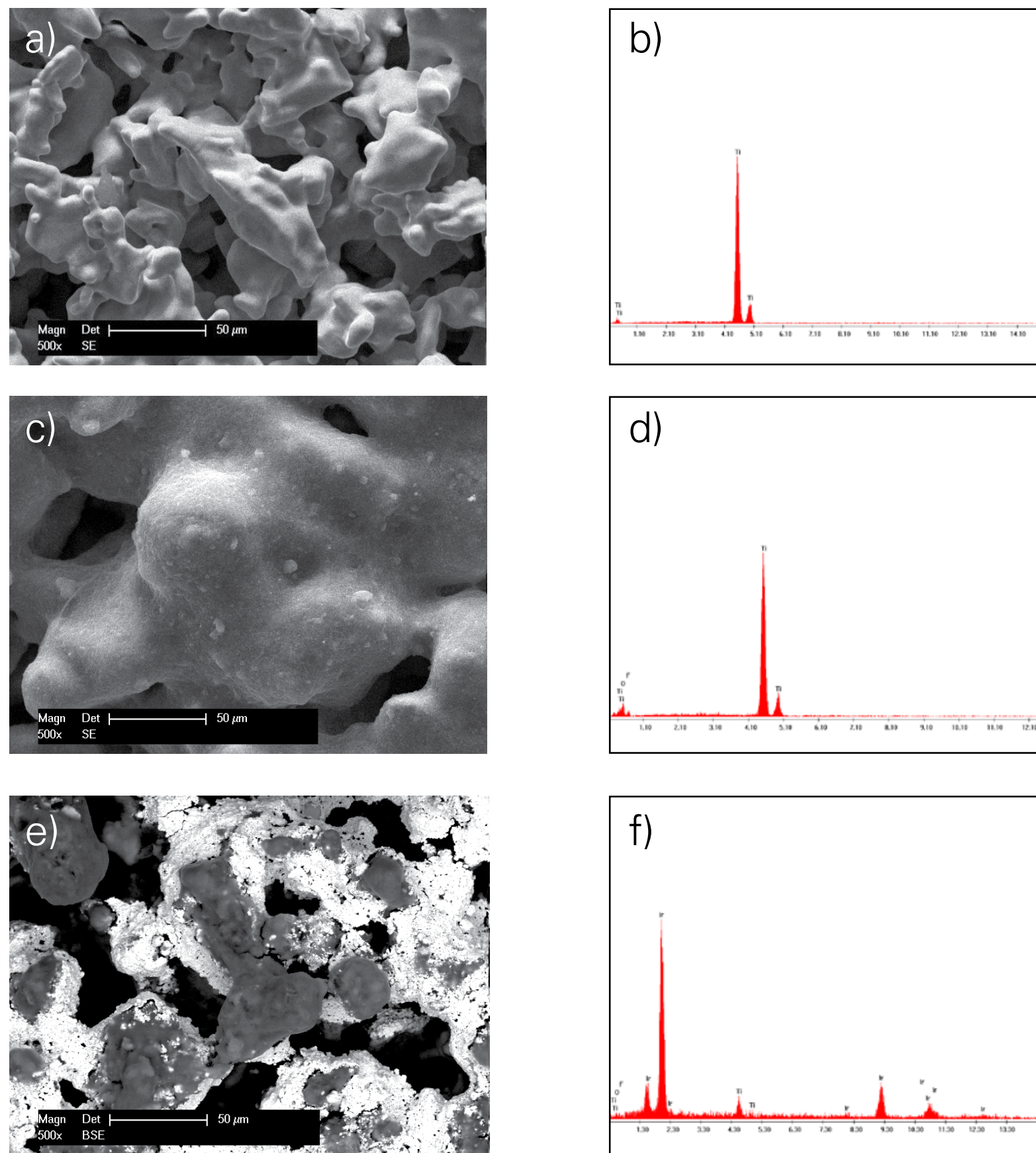


Abb. 1: REM-Aufnahmen und EDX-Analysen:
a) und b) des unbeschichteten Streckgittersystems
c) und d) des mit TiO_x beschichteten Streckgittersystems
e) und f) des mit TiO_x beschichteten Streckgittersystems und elektrochemisch abgeschiedenen Ir-Nanopartikeln

Quelle

MUNT19: MUNTEAN, R, D. PASCAL, U. ROST, L. HOLTLOTTE, J. NÄTHER, F. KÖSTER, M. UNDERBERG, T. HÜLSER AND M. BRODMANN, 2019. Investigation of Iridium Nanoparticles Supported on Sub-stoichiometric Titanium Oxides as Anodic Electrocatalysts in PEM Electrolysis. Part 1.: Synthesis and Characterization. In: *Topics in Catalysis*. Berlin: Springer Verlag, S. 7-8.

Schlussfolgerungen

- Die erarbeiteten Ergebnisse liefern den Nachweis, dass die beschriebene Methode zur Herstellung von Elektrolyseur-Anoden auf Basis eines TiO_{2-x}/Ir -Katalysatorsystems einen sinnvollen Weg darstellt, den Edelmetallanteil für Anoden in der PEM-Wasserelektrolyse zu reduzieren.
- Die durchschnittliche Beladung der Elektroden liegt bei $0,2 \text{ mg/cm}^2$ Iridium, welches sich in Agglomeraten auf ca. 30 % der Oberfläche verteilt. Die linearen und die zyklischen Voltammogramme, welche in $0,5 \text{ M H}_2\text{SO}_4$ durchgeführt wurden, zeigen darüber hinaus eine Aktivität zur Sauerstoffentwicklung.
- Im weiteren Verlauf des Projektes sind zusätzliche Arbeiten zur Stabilisierung und Sinterung der unterstöchiometrischen TiO_{2-x} -Nanopartikel zu etablieren und die Beladung und Verteilung der Iridiumpartikel zu optimieren. Darüber hinaus sollen die Langzeitstabilität und In-situ-Leistung im Vergleich zu kommerziell erhältlichen Elektroden auf Basis von Iridium-Katalysatoren untersucht werden.

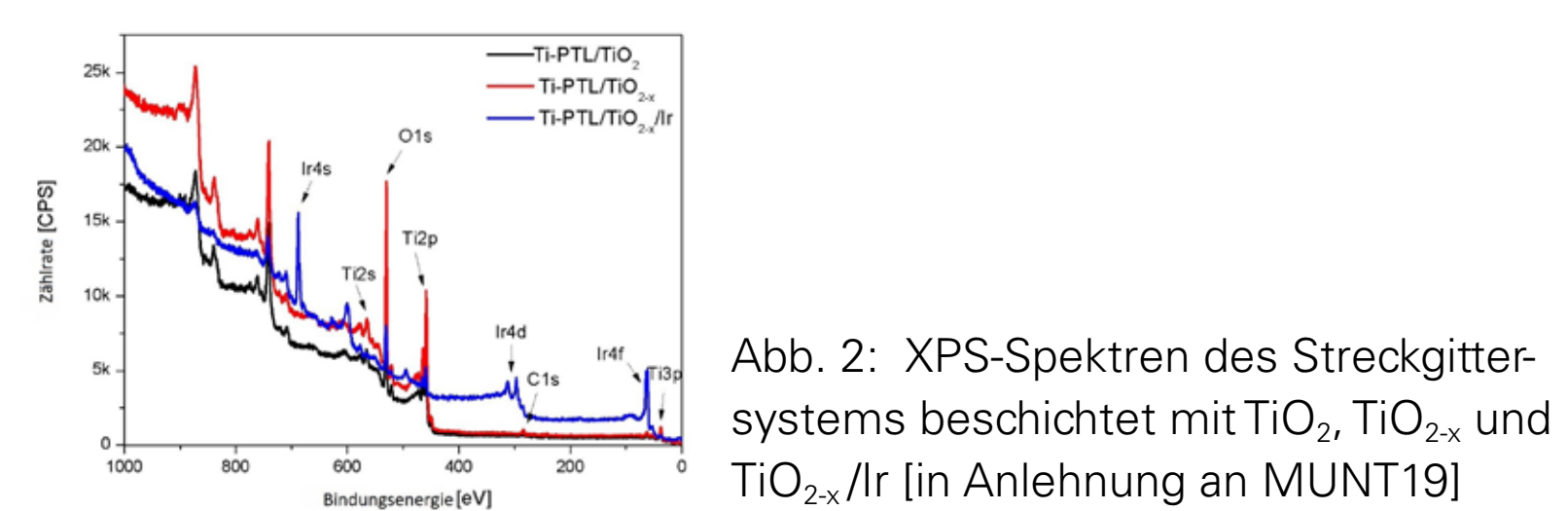


Abb. 2: XPS-Spektren des Streckgittersystems beschichtet mit TiO_2 , TiO_{2-x} und TiO_{2-x}/Ir [in Anlehnung an MUNT19]

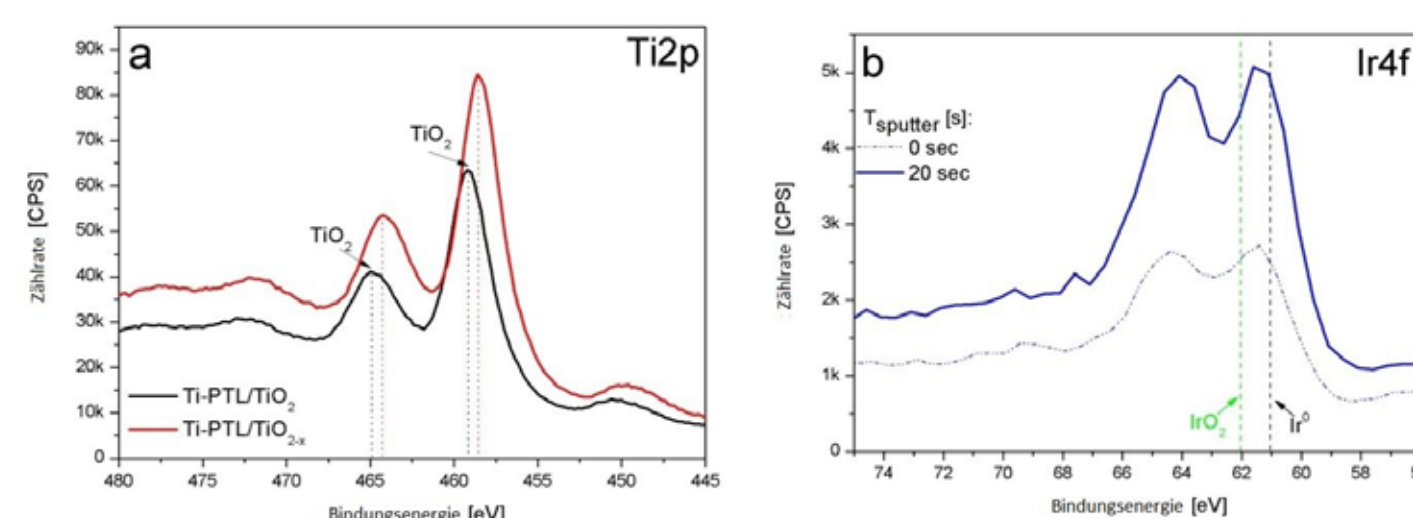


Abb. 3: XPS-Spektren von
a) $Ti2p$ des Titan-Streckgittersystems beschichtet mit TiO_{2-x} im Vergleich zum Titan-Streckgittersystem beschichtet mit TiO_2 und
b) $Ir4f$ des mit Ir-Partikeln beladenen Streckgittersystems vor dem Sputtern und nach 20s sputtern [in Anlehnung an MUNT19]

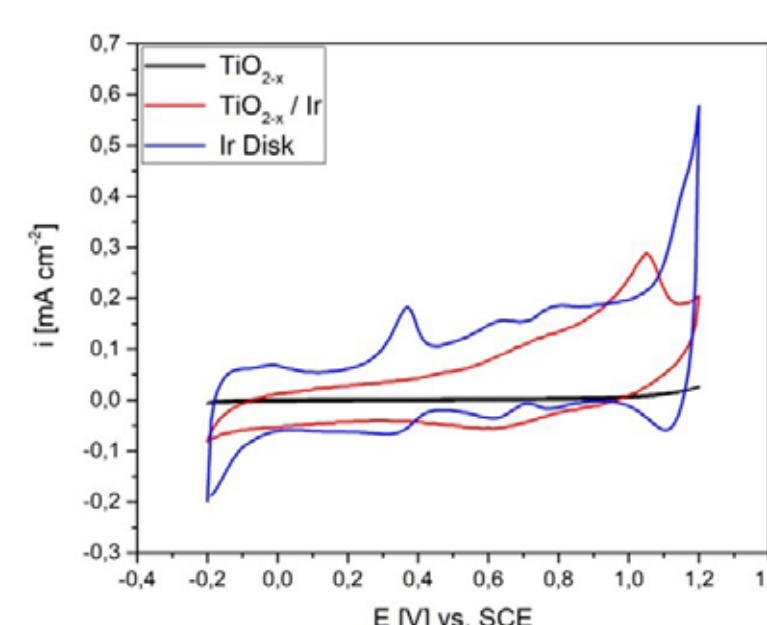


Abb. 4: Zyklisches Voltammogramm einer mit TiO_{2-x} beschichteten Elektrode, einer mit TiO_{2-x} und Ir beschichteten Elektrode und einer Iridium-Scheibe (mit N_2 gespült, $0,5 \text{ M H}_2\text{SO}_4$, Scanrate 100 mVs^{-1})

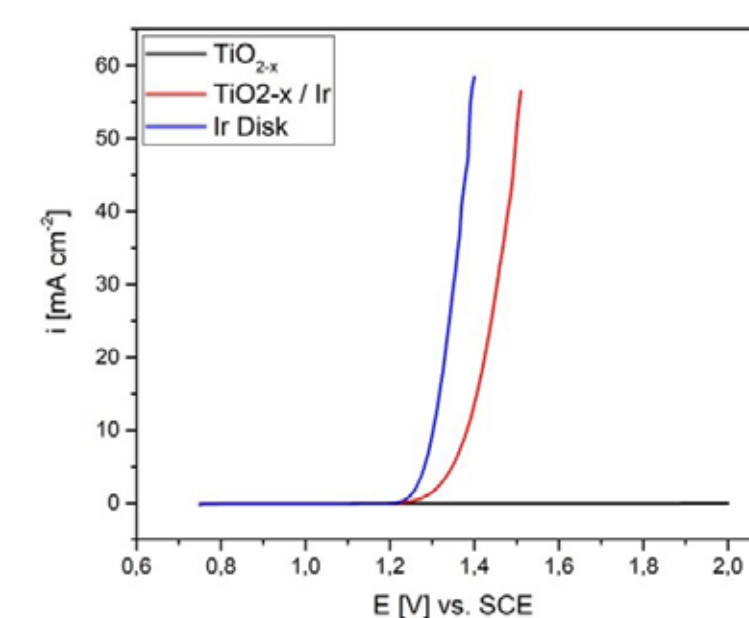


Abb. 5: Lineares Voltammogramm einer mit TiO_{2-x} beschichteten Elektrode, einer mit TiO_{2-x} und Ir beschichteten Elektrode und einer Iridium-Scheibe (mit N_2 gespült, $0,5 \text{ M H}_2\text{SO}_4$, Scanrate 5 mVs^{-1})