

# ALD- und PVD-Schichten für Farbstoffsolarzellen

## MOTIVATION

Eine farbstoffsensibilisierte Solarzelle besteht aus den 3 grundlegenden Elementen Substratmaterial, Farbstoff und Elektrolyt (Abb. 1). Das Substratmaterial ist Titandioxid. Der Wirkungsgrad von Farbstoffsolarzellen wird wesentlich durch die Eigenschaften der  $\text{TiO}_2$ -Oberfläche der Elektrode, der Haftfestigkeit dieser Schicht sowie durch die Schnittstelle zwischen  $\text{TiO}_2$ -Elektrode und Farbstoff bestimmt.

Im Rahmen eines IGF-geförderten Projektes (Vorhabenr. 16658 BR) wurde die Verbesserung der Schicht- sowie der Hafteigenschaften des Substratmaterials untersucht.

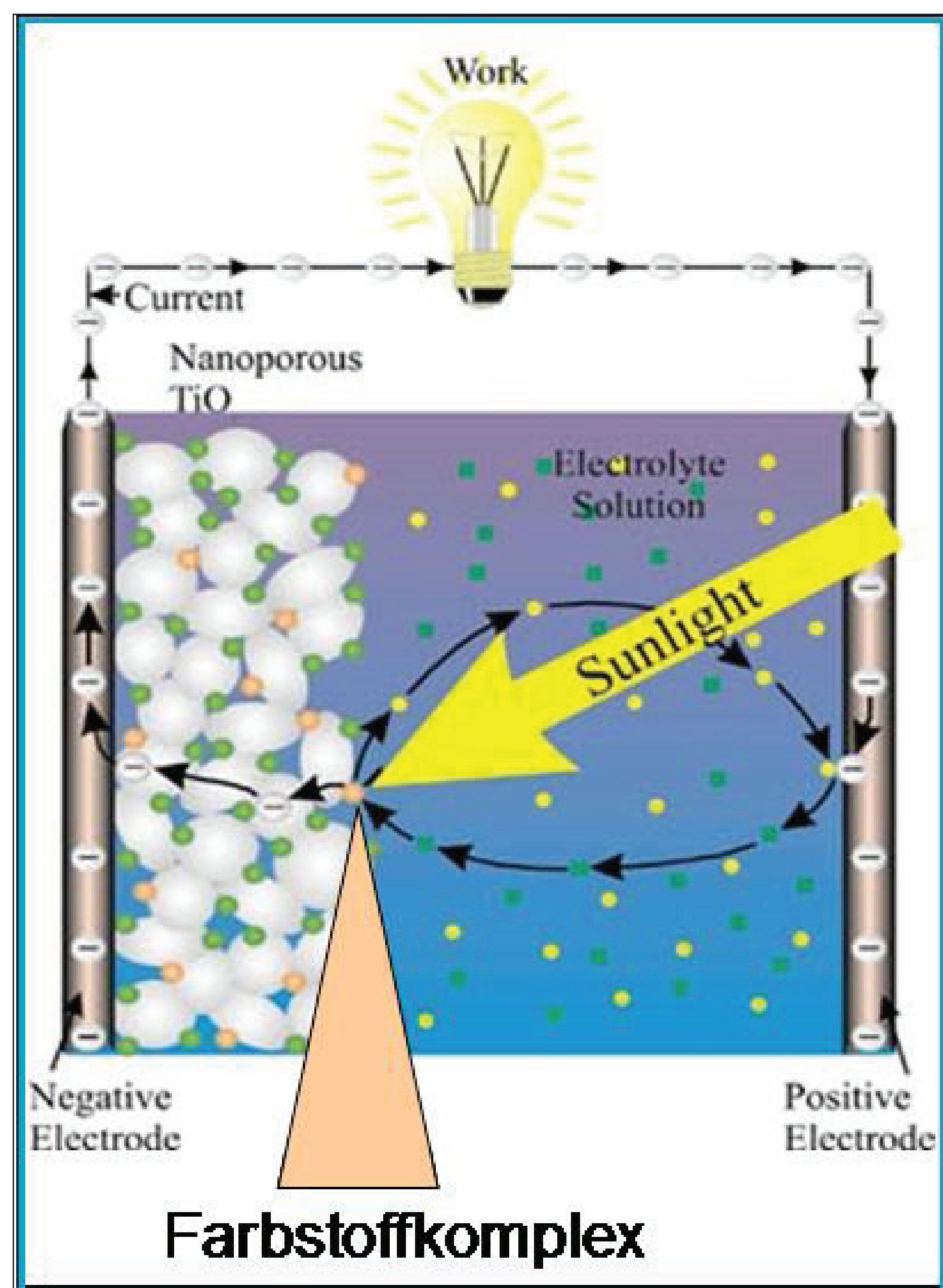


Abb. 1: Aufbau und Funktion einer Farbstoffsolarzelle

## Methoden

### HAFTUNGSOPTIMIERUNG

Eine mangelnde Haftfestigkeit der nanoporösen Schicht sowohl bei mechanischer Belastung als auch bei Kontakt mit dem verwendeten

Elektrolyten (i. d. R. Iodid/Triiodid-Komplex) führt bei Farbstoffsolarzellen zur Verringerung des Wirkungsgrades und der Lebensdauer.

Zur Lösung dieses Problems erfolgte die Abscheidung von  $\text{TiO}_2$ -Schichten im Nanometermaßstab sowohl oberhalb als auch unterhalb des Substratmaterials. Die Beschichtungen wurden mittels PVD- und ALD-Verfahren realisiert.

### ELEKTRODENKONDITIONIERUNG

Die Konditionierung der Elektrodenoberfläche erlaubt einen Eingriff in den elektrischen Transport zwischen Farbstoff und Elektrode. Hierzu erfolgte mittels ALD der Auftrag von  $\text{TiO}_2$ - sowie  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Schichten auf die innere Oberfläche des nanoporösen Substratmaterials. Dies sollte durch eine Variation der ALD-Zykluszeiten erreicht werden.

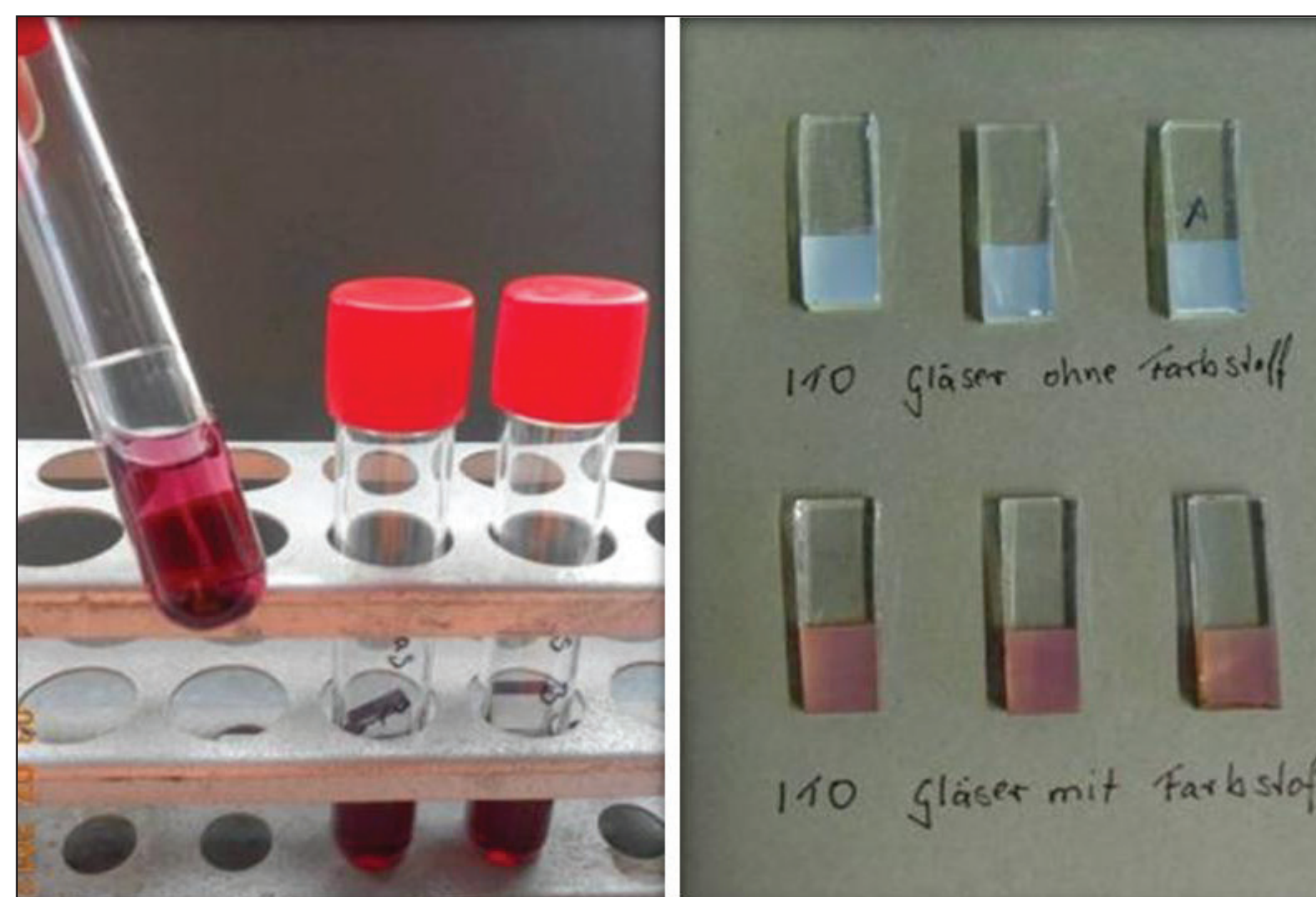


Abb. 2: Dip-Coating-Verfahren

Abb. 3: Elektroden vor und nach Farbstoffbeladung

### PHOTOELEKTROCHEMISCHE UNTERSUCHUNGEN

Die Adsorption des Farbstoffes N3 auf den beschichteten ITO-Gläsern erfolgte über ein einfaches Dip-Coating-Verfahren in einer 0,3 mM ethanolischen Farbstofflösung (Abb. 2 und 3). Die Charakterisierung der mit Rutheniumfarbstoff belegten Schichten erfolgt durch photoelektrochemische Untersuchungen. Anhand der aufgenommenen Strom-Spannungskurve lässt sich der Photostrom bestimmen. Dieser beschreibt das Verhältnis von generierten Elektronen zu einfallenden Photonen bei einer definierten Wellenlänge.

## ERGEBNISSE

Die Verwendung beider Abscheidungsverfahren führte zur Verbesserung der Haftung des Substratmaterials. Allerdings resultierte aus der Verwendung der PVD-Schichten eine Verringerung des Photostromes, wohingegen die ALD-Schichten eine deutliche Erhöhung dieses Kenn-

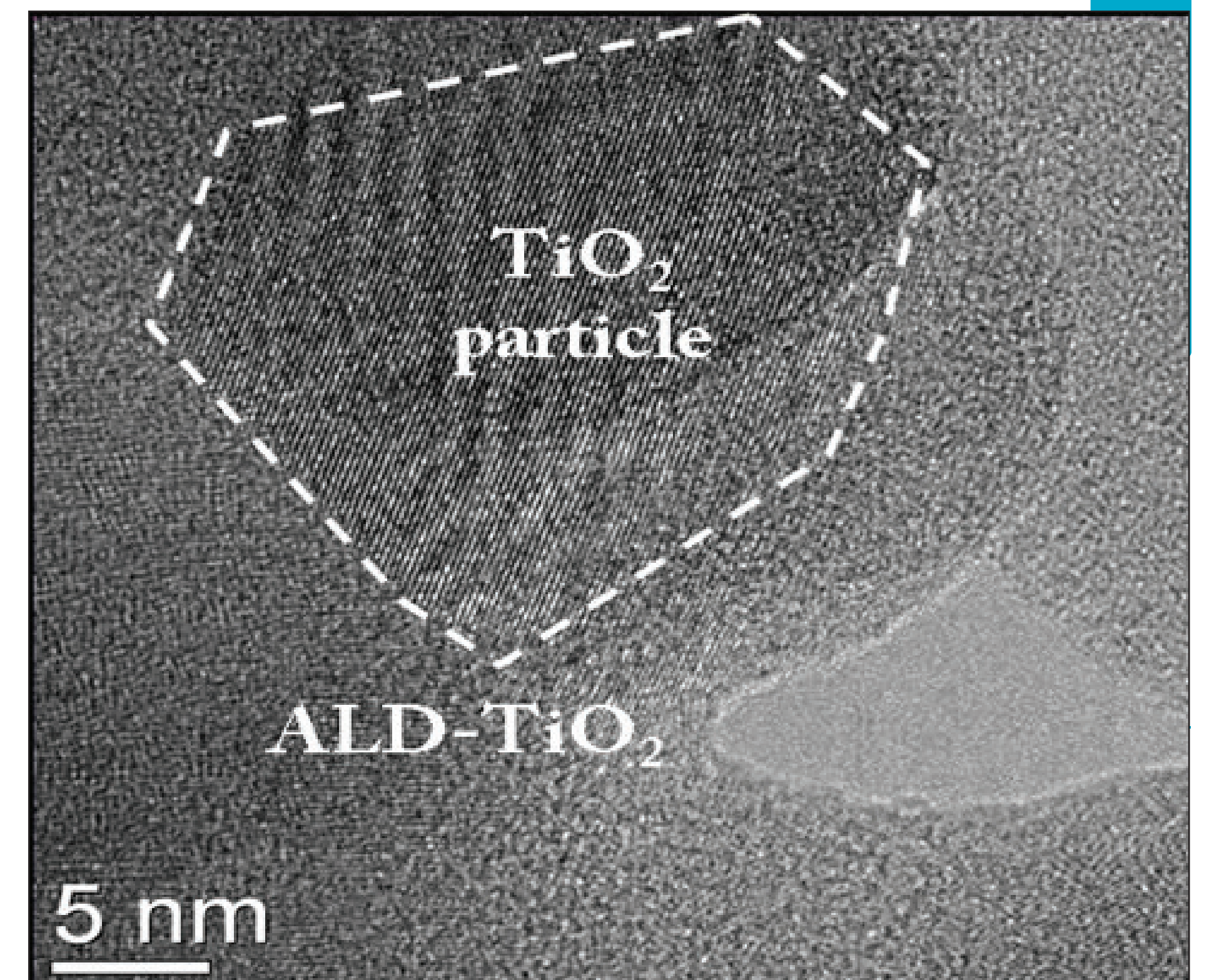


Abb. 5: TEM-Aufnahme von oberflächenkonditionierten Körnern nach  $\text{TiO}_2$ -ALD

wertes bewirkten. Die adsorbierte Farbstoffmenge auf den Schichten war bei beiden Verfahren annähernd gleich.

Bei der Elektrodenkonditionierung konnte für  $\text{Al}_2\text{O}_3$  eine vollständige Durchdringung des Substratmaterials durch angepasste Zykluszeiten erreicht werden (Abb. 4). Allerdings erfolgte hier eine deutliche Verschlechterung des Photostromes mit zunehmender Zykluszahl. Dieser Effekt konnte auf einen Anstieg des Serienwiderstandes zurückgeführt werden.

Bei der Abscheidung von  $\text{TiO}_2$  konnte keine Durchdringung der Elektrode erreicht werden. Hier wurde ein amorphes Aufwachsen festgestellt (Abb. 5), welches jedoch zu einer moderaten Verbesserung des Photostromes führte (Abb. 6).

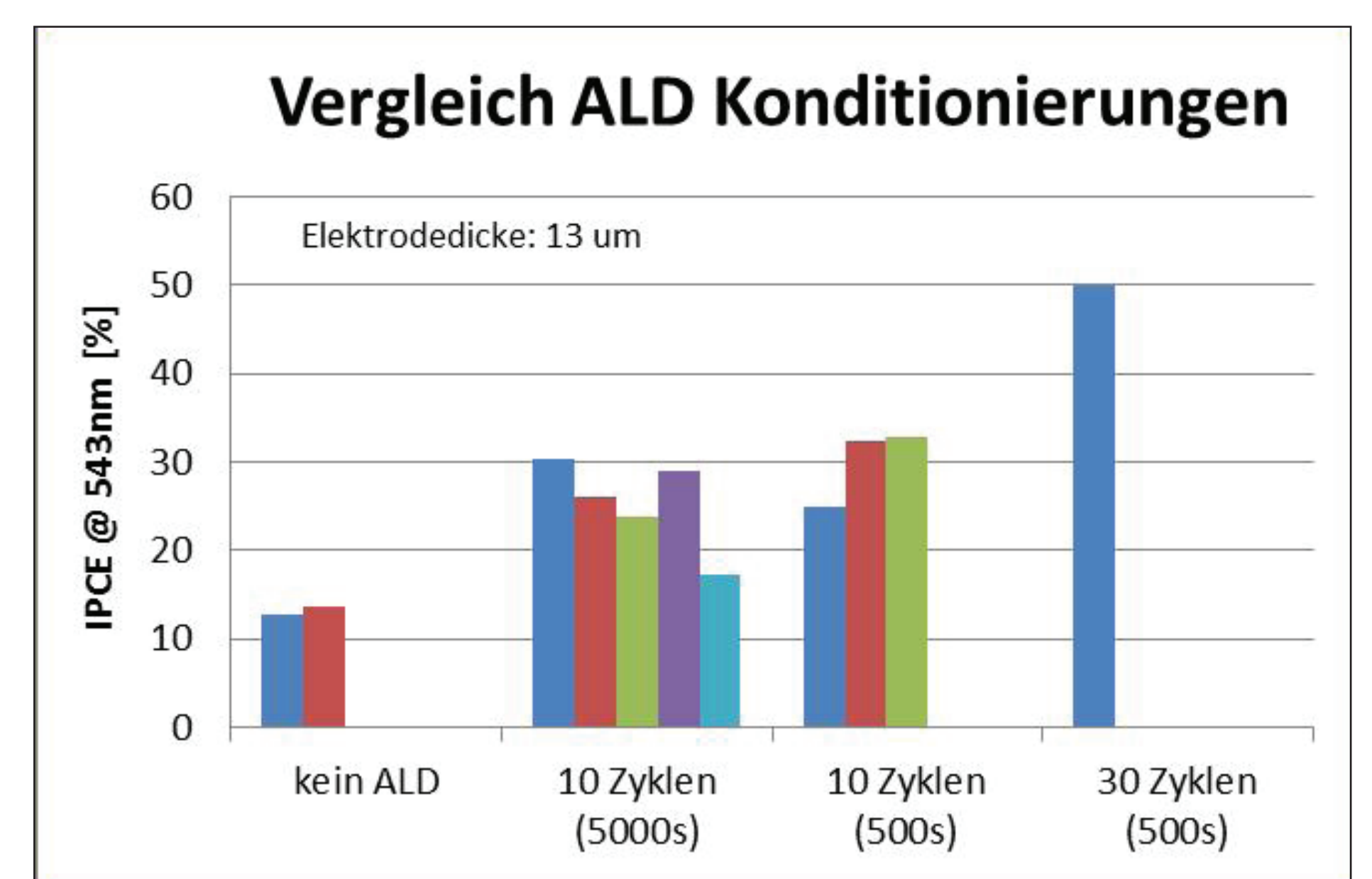


Abb. 6: Photostrom bei 543 nm nach Elektrodenkonditionierung mit  $\text{TiO}_2$ -ALD

## DANKSAGUNG

Das IGF-Vorhaben 16658 BR der Forschungsvereinigung „Verein zur Förderung des Forschungsinstitutes für Leder und Kunststoffbahnen (FILK) Freiberg/Sachsen e.V., Meißner Ring 1, 09599 Freiberg“ wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der „Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF)“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Wir bedanken uns für die gewährte Unterstützung.

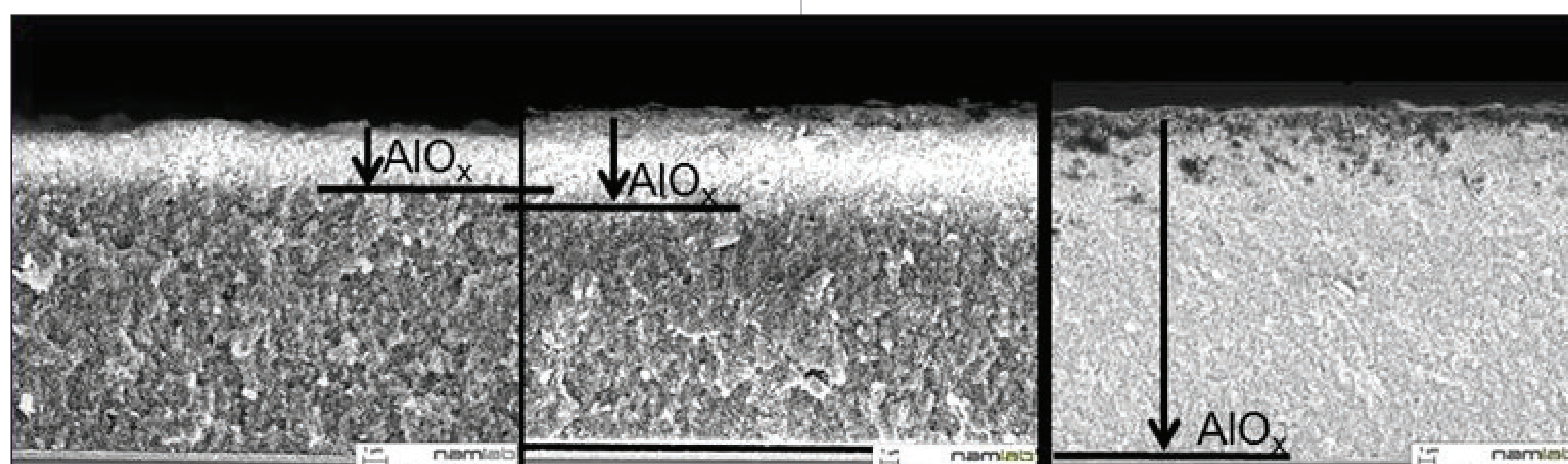


Abb. 4: REM an Elektrodenquerschnitten. Die Eindringtiefe von  $\text{Al}_2\text{O}_3$  in die poröse Schicht ist durch die Aufladung sichtbar (weiße Bereiche)