



Smart windows- Das elektrochrome Material Berliner Blau

Corina Wagner, Marco Oetken

„Smart windows“ können helfen Energie einzusparen, indem durch eine Farbänderung der Fensterscheibe die Energieeinstrahlung variabel angepasst wird. Deshalb sind elektrochrome Fensterscheiben beispielsweise im Bereich der Gebäudeverglasungen von großem Interesse. Ein mögliches elektrochromes Material für solche Fensterscheiben ist der anorganische Komplex Berliner Blau. Dieses elektrochrome Material, mit seinen verschieden-farbigen Oxidationsstufen soll im folgenden Experiment gezeigt werden.

Vorversuch: Elektrolytische Abscheidung von Berliner Blau auf ein FTO-Glas:

Geräte und Chemikalien: Kunststoffgefäß (Tic-Tac® Dose 8 cm x 4,5 cm x 2cm), Bodenplatte aus Kunststoff (optional), Voltmeter, Amperemeter, Verbindungskabel, Netzgerät, Krokodilklemmen, Graphitfolie 4 cm x 8 cm, FTO-Glas 4 cm x 8 cm (Bezugsquelle unter: experimente-zur-energiewende@web.de), 0,1 M Eisen(III)-sulfat-Lösung (Lösung A), 0,1 M Kaliumhexacyanoferrat(III)-Lösung (Lösung B).

Durchführung: Es wird ein 1:1 Gemisch aus 20 mL der Lösung A und 20 mL der Lösung B im Kunststoffgefäß hergestellt. Anschließend wird der Elektrolyt durch Rühren mit einem Glasstab vermischt. Die beiden Elektroden (Graphitfolie und FTO-Glas) werden im Vorfeld sorgfältig mit Aceton gereinigt. Anschließend wird die leitfähige Seite des FTO-Glases mit einem Multimeter ermittelt. Die Graphitfolie wird als **+ Pol**, das FTO-Glas als **- Pol** geschaltet (siehe Abb. 1). Es ist darauf zu achten, dass die leitfähige Seite des FTO-Glases der Graphitfolie zugewandt ist. Nun wird eine Spannung von ca. 0,3 V angelegt und 90 Sekunden elektrolysiert. Bei jeder Elektrolyse muss jeweils ein neues FTO-Glas und eine neue Graphitfolie verwendet werden. Der Elektrolyt kann mehrmals genutzt werden. Das mit Berliner Blau beschichtete FTO-Glas wird aus dem Elektrolyten entnommen, kurz in ein Wasserbad getaucht, zum Trocknen auf ein saugfähiges Tuch gestellt und für etwa zwei Minuten mit einem Föhn getrocknet.

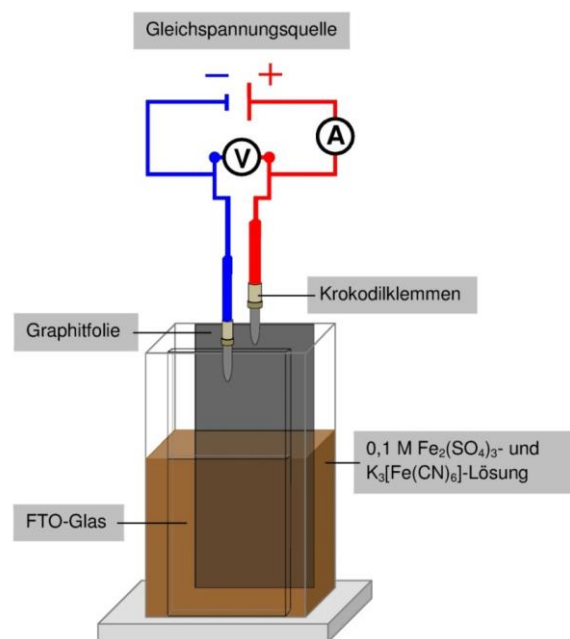


Abb. 1 Versuchsaufbau elektrolytische Abscheidung von Berliner Blau

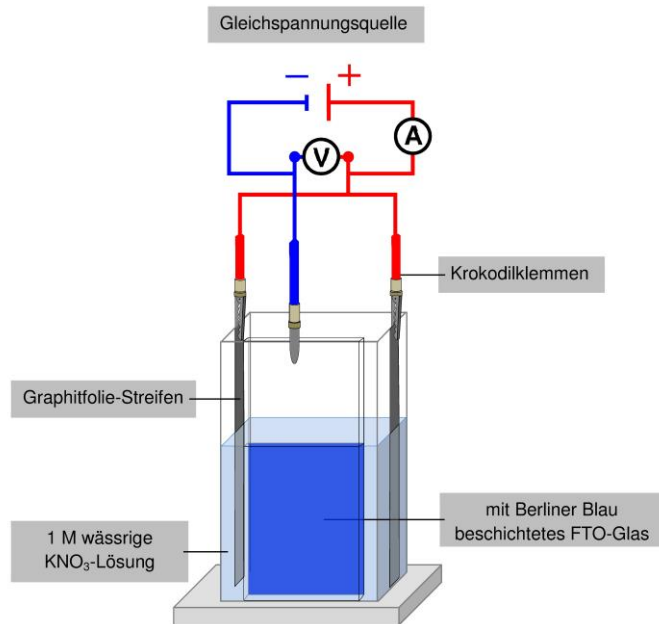
Versuch: Elektrochromes Umfärben von Berliner Blau

Geräte und Chemikalien: Kunststoffgefäß (Tic-Tac® Dose 8 cm x 4,5 cm x 2cm), Bodenplatte aus Kunststoff (optional), Voltmeter, Amperemeter, Verbindungskabel,



Netzgerät, Krokodilklemmen, 2 Graphitfolie-Streifen Keratherm® 1 cm x 8 cm (Bezugsquelle: www.conrad.de), mit Berliner Blau beschichtetes FTO-Glas, 1 M KNO₃-Elektrolytlösung.

Durchführung: Der Versuch wird wie in Abb. 2 dargestellt, aufgebaut und es werden 40 mL der Elektrolytlösung in das Kunststoffgefäß gegeben. Die Graphitfolie wird im Vorfeld mit Aceton gereinigt und als + Pol, das blaue FTO-Glas als - Pol geschaltet. Zunächst legt man eine Spannung von 1,7 V an. Berliner Blau wird zu Berliner Weiß reduziert. Um die verschiedenen Oxidationsstufen des Berliner Blau-Systems zu realisieren, wird nun umgepolt. Das mit Berliner Weiß beschichtete FTO-Glas wird als



+ Pol, die Graphitfolie-Streifen als Pol geschaltet. Es wird eine

Abb. 2 Versuchsaufbau elektrochromes Umfärben von Berliner Blau

Spannung von ca. 0,5 V angelegt, bis Berliner Weiß zu Berliner Blau oxidiert wurde. Dann wird die Spannung auf etwa 1,0 V erhöht bis man eine grün-blaue Farbe des FTO-Glases beobachten kann. Schließlich legt man eine Spannung von 1,7 V an, bis das FTO-Glas gelb-braun gefärbt ist. Anschließend bleibt die Spannung auf etwa 1,7 V eingeregelt und es wird erneut umgepolt.

Beobachtung und Auswertung: Das Hexacyanoferrat-System ist ein beeindruckendes elektrochromes Vier-Farben-System, in dem alle Oxidationsstufen (inklusive einer Zwischenoxidationsstufe) von weiß über blau und grün zu gelb durchlaufen werden können (siehe Film). Mit Bezug auf die oben beschriebene Versuchsdurchführung findet zunächst eine Reduktion von Berliner Blau (Fe^{III}[Fe^{II}(CN)₆]⁻) zu Berliner Weiß (Fe^{II}[Fe^{II}(CN)₆]²⁻) statt. Polt man um wird die Oxidationsreihe des Hexacyanoferrat-Systems vollständig durchlaufen, zunächst findet bei ca. 0,5 V eine Oxidation von Berliner Weiß zu Berliner Blau statt. Nach sukzessiver Erhöhung der Spannung auf 1,0 V und 1,7 V findet zunächst eine partielle Oxidation des Berliner Blau zu Berliner Grün ([Fe^{III}₃{Fe^{III}(CN)₆}₂{Fe^{II}(CN)₆}]⁻) statt und schließlich gelangt man zur vollständig oxidierten Form, dem Berliner Braun (Fe^{III}[Fe^{III}(CN)₆]). Bei allen aufgeführten Oxidations- bzw. Reduktionsschritten werden zum Ladungsausgleich Kalium-Ionen aus- bzw. eingelagert.

