



## Ein funktionsfähiger Natrium-Ionen-Akku für die Schule

Maximilian Klaus, Marco Oetken

**Geräte und Chemikalien:** Geräte und Chemikalien: Kunststoffgefäß (8,0 cm x 4,5 cm x 2,0 cm; Tic-Tac-Dose), FTO-Glas (8,0 cm x 4,0 cm; Bezugsquelle: Anfragen unter „Experimente-zur-Energiewende@web.de“), Graphitfolie Keratherm® (Bezugsquelle: www.conrad.de), Voltmeter, Amperemeter, Objektträger, Titandioxidsuspension (Bezugsquelle: www.mansolar.nl), Verbindungskabel, Krokodilklemmen, Gleichspannungsquelle, Elektromotor (z. B. Solarmotor RF 300 mit Luftschraube; Anlaufspannung 0,4 Volt, Spannungsbereich 0,4 - 5,9 Volt, Anlaufstrom 25 mA; Bezugsquelle: <http://kids-and-science.tradoria.de>), Schere, Klebeband (z.B. Scotch® Magic™ 810 (L x B) 10 m x 19 mm Matt FT-5100-5249-9 3M), Natriumperchlorat (03 - Brandfördernd, 07 - Achtung), Propylencarbonat (07 - Achtung), Dimethylcarbonat (02 - Leicht-/ Hochentzündlich).

**Durchführung:** Es werden 40 mL (ca. 2,5 g auf 100 mL Lösungsmittel im Volumenverhältnis 2 Teile PC, 3 Teile DMC; entspricht eine ungefähr 0,2 molaren Lösung) der Elektrolytlösung in das Kunststoffgefäß gegeben. Der Versuch wird wie in Abb. 1 dargestellt, aufgebaut. Die Graphitfolie wird im Vorfeld mit Aceton gereinigt und als + Pol, das mit Titandioxid beschichtete FTO-Glas als - Pol geschaltet. Zum Laden legt man eine Spannung von ungefähr 4,6 V an.

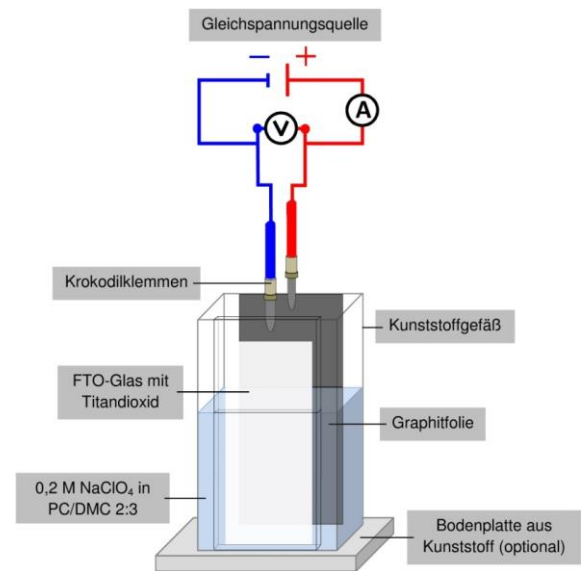


Abb. 1: Schematischer Aufbau eines Natrium-Ionen-Akkumulators

**Beobachtung und Auswertung:** Mit Beginn des Ladevorgangs färbt sich die Titandioxidschicht blau. Je weiter der Ladevorgang voranschreitet, umso intensiver wird die Blaufärbung. Während des Entladens entfärbt sich die Titandioxidseite wieder, und nimmt nahezu seine weiße Ausgangsfarbe an. Während des Ladevorgangs werden Elektronen in die Titandioxidschicht „hineingepumpt“. Dabei wird teilweise Titan(+IV)oxid zu Titan(+III)oxid reduziert. Zum Ladungsausgleich wird für jedes übertragene Elektron ein Natrium-Ion in das Kristallgitter der Titandioxidschicht interkaliert. An der Graphitfolie erfolgt im Gegenzug eine Interkalation von Perchlorat-Ionen.

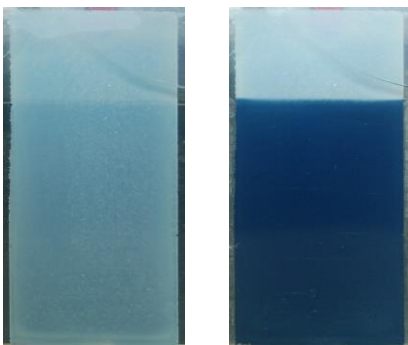


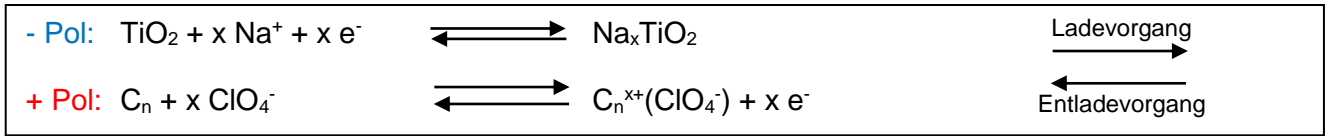
Abb. 2 : links  $TiO_2$  vor Beginn des Ladevorgangs, rechts  $TiO_2$  nach dem Ladevorgang

Der Entladevorgang läuft zu den eben beschriebenen Vorgängen in umgekehrter Weise ab. Mit Blick auf die beim Lade-/Entladevorgang jeweils korrespondierenden Ionenwanderwege kann dieses elektrochemische System – im



Unterschied zu dem sog „rocking-chair-Konzept“ als „Ziehharmonika“-Akkumulator bezeichnet werden.

Die an den Elektroden stattfindenden Lade-/Entladereaktionen können formal wie folgt dargestellt werden:



### Herstellen der Titandioxidschicht auf dem FTO-Glas:

1.



Das FTO-Glas wird zunächst mit Aceton gereinigt. Anschließend wird es mit Klebeband (z.B. Scotch®-Tape 3M Magic) auf dem Tisch fixiert. Das Klebeband sollte ungefähr zu 3 mm das Glas am Rand überdecken.

2.



Mit einer Einmal-Pipette werden zwei bis drei Tropfen der Titandioxidsuspension auf das FTO-Glas gegeben.

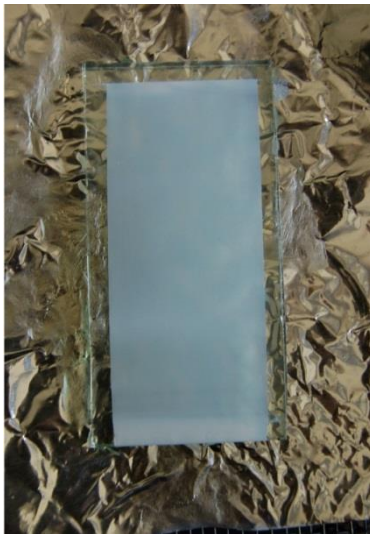


3.



Mit einem Objektträger wird die Suspension gleichmäßig verstrichen. Die am Rand angebrachten Klebestreifen garantieren eine einheitliche Schichtdicke. Die Titandioxidsuspension lässt man an der Luft trocknen.

4.



Das Klebeband wird vollständig entfernt und das FTO-Glas mit der Titandioxid-Schicht nach oben auf eine Heizplatte gelegt. Die Heizplatte sollte bis auf 350°C erhitzt werden können, um ein „Einbacken“ des Titandioxids zu ermöglichen. Eine weitere Möglichkeit wäre das FTO-Glas mit der Titandioxid-Schicht nach oben auf ein Drahtnetz zu legen, welches mit zwei Schichten handelsüblicher Aluminiumfolie belegt wurde. So wird die Hitze des Brenners gleichmäßiger verteilt. Beim Erhitzen des FTO-Glases unbedingt eine Schutzbrille tragen, da das Glas bei ungleichmäßigem Erwärmen springen kann!

5.



Die Heizplatte wird angeschaltet. Hierbei ist darauf zu achten, dass das FTO-Glas vollständig auf der Heizplatte aufliegt (BRUCHGEFAHR). Wird mit einem Bunsenbrenner gearbeitet, sollte das FTO-Glas gleichmäßig und vorsichtig (BRUCHGEFAHR!) erhitzt werden.

Dabei verdampft das restliche Lösungsmittel aus der Titandioxidsuspension heraus. Ebenfalls kann eine farbliche Veränderung des Titandioxids beobachtet werden. Das Titandioxid färbt sich braun, wenn weiter erhitzt wird, erhält es seine milchig weiße Farbe zurück. Das FTO-Glas wird zum Abkühlen auf dem Drahtnetz bzw. auf der Heizplatte liegen gelassen. (Vorsicht: BRUCHGEFAHR!)



**Pädagogische Hochschule Freiburg**

Université des Sciences de l'Éducation · University of Education