Solarzellen, Sonnenschutz & Schadstoffreinigung

Das didaktische Kofferset ChEM-TiO₂ zur experimentellen Erschließung von Titandioxid

Diana Zeller, Claudia Bohrmann-Linde

zeller@uni-wuppertal.de



Einleitung

Der didaktische Koffer ChEM-TiO₂ (Chemie mit Experimenten und Medien – Titandioxid) ist im Rahmen einer Promotionsarbeit zur Erschließung Titandioxid Chemieunterricht konzipiert worden einfacher Schülerversuche mithilfe umfangreichen Materials erarbeiten Lernenden in Anknüpfung obligatorische Inhalte des Lehrplans die Hintergründe fachlichen zu wichtigen Forschungs- und Anwendungsgebieten von



Abb. 1: Prototyp des didaktischen Koffers CHEM-TiO₂

Dabei ermöglichen die vielseitigen Inhalte des Koffers eine Erweiterung Titandioxid. Themen der Sekundarstufe II sowie die Förderung einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) [2], siehe unten.

Inhalte des Koffers

Im ersten Modul ALSO-TiO₂ (Alternative Solarzellen mit Titandioxid) stehen Solarzellen auf der Basis von Titandioxid und die Umwandlung von Lichtenergie in elektrische Energie im Vordergrund. Die Experimente und Materialien des Koffers ermöglichen, dass sich die Lernenden anknüpfend an die elektrochemischen Prozesse in der galvanischen Zelle das Thema schrittweise selbstständig erschließen [3].

Das zweite Modul FACTiO₂ (Forschung und Anwendung von Titandioxid) legt den Fokus auf die Erschließung der Stoffeigenschaften und die daraus resultierende Anwendungsbandbreite Titandioxids. So wird der Einsatz des Stoffs als **UV-Filter** in Sonnencreme [4], Photokatalysator zur Abwasserreinigung und als Weißpigment experimentell erschlossen.

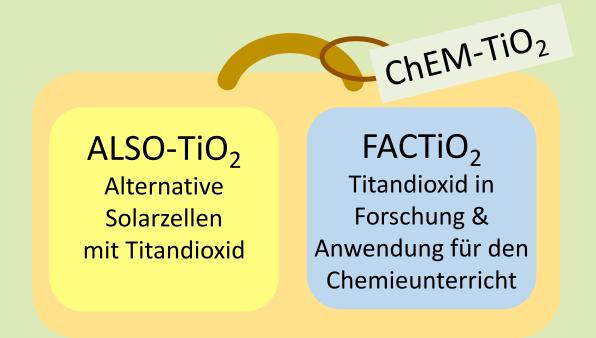


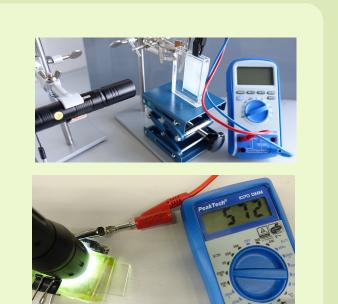
Abb. 2: Die zwei didaktischen Module

Themen in ChEM-TiO₂

Solarzellen

Titandioxid ist ein n-Halbleiter mit einer Bandlücke von 3,2 eV und absorbiert somit UV-Licht. Dadurch werden bei Bestrahlung im Halbleiter Elektron-Loch-Paaren gebildet, deren Separation in der photogalvanischen Zelle (Abb. oben) die Umwandlung von Lichtenergie in elektrische Energie ermöglicht [5]. Da aber Titandioxid nur mit UV-Licht interagiert, werden in der photosensibilisierten Zelle (Abb. unten) organische Farbstoffe als Photosensibilisatoren eingesetzt [6]. Bei Bestrahlung mit sichtbaren Lichtfarben können Schüler*innen nach dem Sensibilisieren der Titandioxid-Photoelektrode nun auch einen Spannungsanstieg beobachten.

Anknüpfungspunkte für den Unterricht: Elektrochemie (didaktischer Gang anknüpfend an die galvanische Zelle), Leitlinie BNE - Energiewandler, Nanomaterialien



Weißpigment

Durch seinen hohen Brechungsindex besitzt Titandioxid das höchste Deckvermögen aller Weißpigmente und wird deshalb in nahezu allen industriell gefertigten, weißgefärbten Produkten eingesetzt [7]. Entlang eines didaktischen Gangs erarbeiten die Schüler*innen das Thema Pigmente in Abgrenzung zu Farbstoffen.





Ultraviolettstrahlung

400 nm

Sichtbares Licht

700 nm

Infrarotstrahlung -



Titandioxid besitzt **photokatalytische** Eigenschaften, sodass in seiner Gegenwart umgebende Stoffe oxidiert werden. Die bei Bestrahlung mit UV-Licht entstehenden Elektronen und Löcher können an der Oberfläche des Titandioxid-Korns Reaktionen mit umliegenden Molekülen eingehen. Die dabei entstehenden Radikale zersetzen wiederum auch größere organische Moleküle. Die heterogene Photokatalyse kann genutzt werden, um beispielsweise Abwasser nur durch den Einsatz von Sonnenlicht zu reinigen [8].

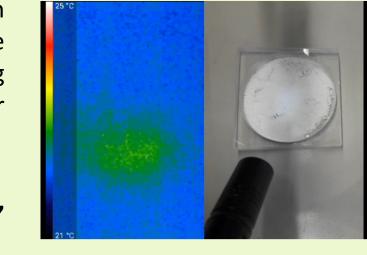
Anknüpfungspunkte für den Unterricht: Funktionsmaterialien, Nanomaterialien, Leitlinie BNE -Schadstoffreinigung



UV-Absorber

Aufgrund seiner halbleitenden Eigenschaften wird Titandioxid in Sonnencreme als **UVA-Blocker** eingesetzt. Hierzu sind anschauliche Schulexperimente entwickelt worden, mit denen auch die Umwandlung von UV-Strahlung in Infrarotstrahlung durch den indirekten Halbleiter Titandioxid mit einer Wärmebildkamera nachvollzogen werden kann.





Erprobung

Experimente und Materialien des Koffers wurden innerhalb von zwei Jahren in Lehrkräftefortbildungen, 2 Schülerlabortagen und zweimalig in einem Schülerprojekt [8] erprobt und evaluiert. Aufgrund Evaluationsergebnisse der konnten die Inhalte des Koffers in einem iterativen Prozess überarbeitet optimiert werden.

Insbesondere Hinweise und Anmerkungen der teilnehmenden Lehrkräfte führten zur Ergänzung zahlreicher Materialien für die inhaltliche Vorbereitung des Themas. Daher konnte in Rückkopplung mit der Praxis in ihrer gesamten Breite der Koffer so optimiert werden, dass die Inhalte direkt in den Regelunterricht eingesetzt werden können [9].

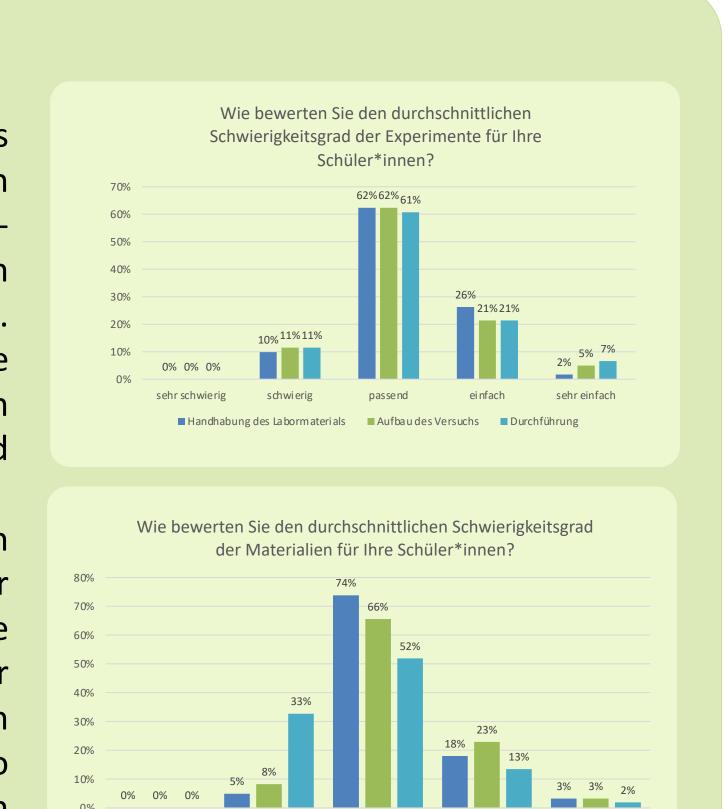


Abb. 3: Gesamtantworten der Lehrkräfte (n = 61)

ChEM-TiO, bestellen

Der Koffer kann in zwei Varianten erworben werden. Beide umfassen genügend Materialien und Chemikalien, um die in der didaktischen Konzeption beschriebenen Experimente bis zu 50 mal durchführen zu können. Neben differenzierendem Material für die Lernenden enthält der Koffer auch eine Version für Lehrkräfte mit Lösungen, experimentellen Tipps & Tricks sowie didaktischen Hinweisen. Durch das Sintern ist die Titandioxidschicht mit dem leitfähigen Glas der Photoelektrode fest verbunden, sodass die Freisetzung von als vermutlich cancerogen eingestuften Stäube freigesetzt werden.

Im "ChEM-TiO₂ Basis-Set" für 228,74 € zzgl. MWSt. sind mit dem Fokus auf dem Thema Solarzellen alle Materialien für den Bau eigener photogalvanischer und photosensibilisierter Zellen enthalten.

Das "ChEM-TiO₂ Demo-Set" für 340,22 € zzgl. MWSt. beinhaltet neben allen Bestandteilen des Basis-Sets zusätzlich einen empfindlichen Motor, eine UV-Taschenlampe sowie optische Filter für einen vertieften Einstieg in die Experimente.



Jetzt bestellen!

Literatur

- [1] [9] Zeller, Diana (2020): Didaktische Erschließung von Titandioxid für den Chemieunterricht Entwicklung und Optimierung von Experimenten, didaktischen Konzepten und Medien. Diss. Wuppertal. [2] Grandrath, R.; Bohrmann-Linde, C. (2020). Chemiedidaktik als BNE-Multiplikator Arbeitskreispraktika zur Erprobung von Schulversuchen und deren Reflexion hinsichtlich des BNE-Bezugs. In: Andreas Keil, Miriam Kuckuck und Mira Faßbender (Hg.): BNE-Strukturen gemeinsam gestalten. Fachdidaktische Perspektiven und Forschungen zu Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Lehrkräftebildung. Münster, New York: Waxmann (Erziehungswissenschaft und Weltgesellschaft, Band 13), S. 83-94.
- [3] Bohrmann-Linde, C.; Zeller, D. (2018). Photosensitizers for photogalvanic cells in the chemistry classroom. World Journal of Chemical Education, 6(1), S. 36-42.
- [4] Bohrmann-Linde, Claudia; Zeller, Diana (2019). Chemiedidaktik Sommer, Sonne, Titandioxid. In: Nachr. Chem. 67 (7-8), S. 16–19. [5] Zeller, D.; Bohrmann-Linde, C. (2017). Solarzellen ohne Silicium für den Chemieunterricht. Nachrichten aus der Chemie, 65(12), S. 1236-1239.
- [6] Grätzel, M.; Smestad, G. (1998). Demonstrating Electron Transfer and Nanotechnology: A Natural Dye-Sensitized Nanocrystalline Energy Converter. In: J. Chem. Educ. 75 (6), S. 752–756.
- [7] Winkler, Jochen (2003): Titandioxid. Produktion, Eigenschaften und effektiver Einsatz. Hannover: Vincentz Network.

[8] Babey, P. A.; Emilio, C. A.; Ferreyra, R. E.; Gautier, E. A.; Gettar, R. T.; Litter, M. I. (2001). Kinetics and mechanisms of EDTA photocatalytic degradation with TiO2. In: Water Science and Technology 44 (5), S. 179–185. [9] Zeller, D.; Bohrmann-Linde, C. (2020): Alternative Solarzellen mit Titandioxid. Ein Mentoring-Projekt. In: MNU 73 (2), S. 108–112.



