F.1.25

Elektrochemie – Galvanische Elemente

# Die Fotosynthese als Vorbild für die Grätzelzelle – Natur trifft Technik

Dr. Maike Schnucklake



© nktwentythree/iStock/Getty Images Plus

Die Fotosynthese ist ein biochemischer Prozess, ohne den wir Menschen nicht leben könnten. Er dient den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern als Vorbild für die Grätzelzelle, eine Farbstoffsolarzelle, die Licht in elektrische Energie umwandelt. Die nachfolgende Unterrichtseinheit liefert einen Überblick über die chemischen Prozesse während der Fotosynthese. Im Anschluss wird die Wasserelektrolyse thematisiert, die ebenfalls auf der Spaltung von Wasser basiert. Ferner können der Aufbau und die Funktion einer Grätzelzelle behandelt und die Bedeutung der Farbstoffsolarzelle als mögliche Alternative zu anorganischen Solarzellen diskutiert werden. Die bei der Bearbeitung der Aufgaben nötige Recherche trainiert außerdem die Medienkompetenz der Lernenden.

VORANSICHT

**KOMPETENZPROFIL**

| | |
|---|---|
| **Klassenstufe:** | 11–13 |
| **Dauer:** | 6–7 Unterrichtsstunden |
| **Kompetenzen:** | 1. Fachkompetenz; 2. Erkenntnisgewinnungskompetenz; 3. Beurteilungs- und Bewertungskompetenz; 4. Medienkompetenz |
| **Methoden:** | Einzelarbeit, Partnerarbeit, Gruppenarbeit, methodische Diskussion |
| **Inhalt:** | Fotosynthese, Redoxreaktionen, Oxidation, Reduktion, Wasserelektrolyse, Grätzelzelle, Farbstoffsolarzelle, organische Solarzelle |

## Fachliche Hinweise

Die Schülerinnen und Schüler erarbeiten sich detaillierte Kenntnisse über die chemischen Vorgänge während der Fotosynthese. Daraufhin betrachten sie die ablaufenden Prozesse einer Wasserelektrolyse und stellen beide Energieumwandlungsprozesse tabellarisch gegenüber.

Des Weiteren betrachten sie den Aufbau einer Grätzelzelle und beschreiben die ablaufenden chemischen Reaktionen. Sie vergleichen organische mit anorganischen Solarzellen und recherchieren zum Wirkungsgrad der Grätzelzelle.

Abschließend wenden die Lernenden ihr zuvor erarbeitetes Wissen bei Anwendungsaufgaben an, um die Rolle der Farbstoffsolarzelle im Hinblick auf Nachhaltigkeit zu diskutieren. Mittels mitgelieferter Lernerfolgskontrolle können die individuellen Leistungen eingeschätzt werden. Es können, je nach Lernumfang innerhalb des Unterrichts, sowohl die gesamte LEK als Ganzes als auch einzelne Fragestellungen genutzt werden.

Der Fokus dieser Unterrichtseinheit liegt auf der selbstständigen Erarbeitung von Fachwissen in Bezug auf die Fotosynthese sowie die Grätzelzelle, die sich das Naturphänomen zum Vorbild nimmt. Die Schülerinnen und Schüler erlernen zusätzlich zu fachspezifischen Kompetenzen auch Sozialkompetenzen wie Team- und Kommunikationsfähigkeit. Des Weiteren stärken sie anhand der Durchsuchung unterschiedlicher Medien sowie der kritischen Prüfung dieser Informationsquellen die eigenständige Recherchefähigkeit. Vor allem aufgrund der aktuellen Entwicklung KI-generierter Inhalte ist das Üben eines reflektierten Umgangs mit dem Internet als Informationsquelle wichtig und fördert darüber hinaus die Analysefähigkeit.

VORANSICHT

## Auf einen Blick

### Die Fotosynthese als Vorbild für die Grätzelzelle

| | |
|---|---|
| M 1 | Die Fotosynthese: Lebensgrundlage für Lebewesen |
| M 2 | Fotosynthese vs. Wasserelektrolyse |
| M 3 | Die Grätzelzelle: Aufbau und Funktionsweise |
| M 4 | Lernerfolgskontrolle |

**Benötigt:** ☐ Internet

### Erklärung zu den Symbolen


Dieses Symbol markiert differenziertes Material. Wenn nicht anders ausgewiesen, befinden sich die Materialien auf mittlerem Niveau.


einfaches Niveau


mittleres Niveau


schwieriges Niveau

VORANSICHT

UM Chemie Sek. I/II 110 R0457-261001 © RAABE 2026 | Es gelten die Lizenzbedingungen

## Die Grätzelzelle: Aufbau und Funktionsweise

M 3

Die Grätzelzelle ist Anfang der 1990er-Jahre von Michael Grätzel beschrieben worden. Sie macht sich die Lichtenergie zunutze, indem sie diese in elektrische Energie umwandelt. Im Gegensatz zu handelsüblichen Fotovoltaikanlagen für private Haushalte wird hier kein Silicium als Halbleitermaterial benötigt.

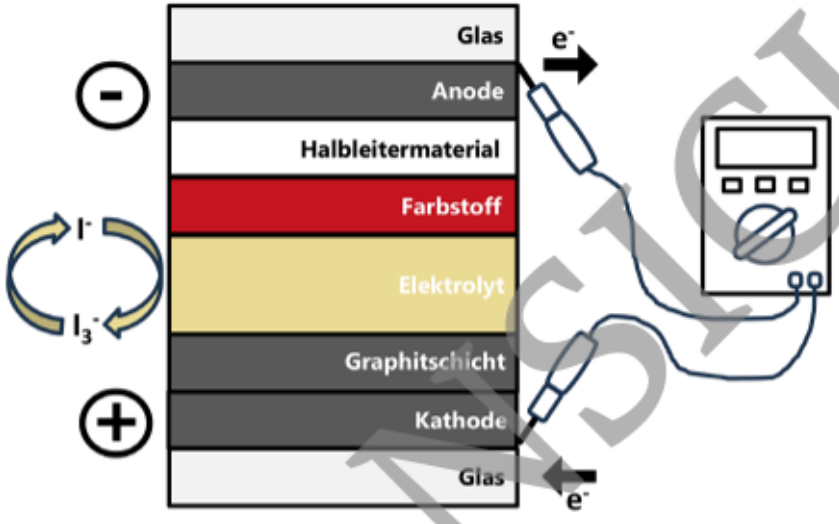



Abb. 1: Schematischer Aufbau einer organischen Farbstoffsolarzelle.
*Dr. Maike Schnucklake © RAABE*

Als Halbleitermaterial kommen Titandioxid ($TiO_2$) oder Zinkoxid (ZnO) zum Einsatz. Auf der Frontelektrode, das heißt der zum Licht zugewandten Seite, ist auf der Oxidschicht eine sehr dünne Farbstoffschicht aufgetragen. Beim Auftreffen von Licht auf diese Farbstoffmoleküle werden sie angeregt und gehen vom Grundzustand in einen energetisch höheren Zustand über. In diesem Zustand verbleiben sie allerdings nur für kurze Zeit, da sie schnell wieder in den energetisch niedrigeren Grundzustand übergehen. Gleichzeitig geben die Farbstoffmoleküle Energie in Form von Elektronen ab, die nun in das nächsthöhere Energieband des Halbleiters, das auch Leitungsband genannt wird, fließen. Dadurch entsteht am Farbstoffmolekül ein Elektronenmangel. Dieser kann jedoch vom Elektrolyten ausgeglichen werden. Als Elektrolytlösung wird die Lugolsche Lösung verwendet. Dabei handelt es sich um eine wässrige Mischung aus elementarem Iod ($I_2$) und Kaliumiodid (KI). Das darin enthaltene Iodid ($I^-$) reagiert mit dem Iod zu Triiodid ($I_3^-$). Letzteres wird anschließend zu Iod oxidiert und gleichzeitig entstehen zwei Elektronen. Die Elektronen fließen daraufhin aus dem Leitungsband des Halbleiters über die Anode in einen äußeren Kreislauf und können dort einen elekt-

VORANSICHT

rischen Verbraucher betreiben. Im Anschluss gelangen die Elektronen wieder zur Kathode, wo das elementare Iod wieder zu Triiodid umgewandelt wird. Es findet eine Reduktion statt und der Stromkreis wird geschlossen. Mithilfe eines Multimeters kann der fließende Strom gemessen werden. Auf dem positiven Pol, der Gegenelektrode, ist eine leitende Graphitschicht aufgetragen. Diese dient als Katalysator und begünstigt den Wiedereintritt in die Solarzelle.

Eine Problematik, die zunächst gegen die wirtschaftliche Anwendung der Farbstoffsolarzelle sprach, war der geringe Wirkungsgrad. Es gelang den Wissenschaftlern jedoch, diesen in den letzten Jahrzehnten zu verbessern. Allerdings sind hierfür noch verhältnismäßig preisintensive Materialien notwendig, die nicht immer ungiftig sind. In der aktuellen Forschung wird deshalb versucht, die teilweise giftigen Materialien zu ersetzen. Insbesondere im Bereich der Farbstoffe besteht hier auch heute noch Forschungsbedarf.

**Aufgaben**

1. **Vergleichen** Sie die Grätzelzelle mit einer Elektrolysezelle. Worin unterscheiden sie sich?
2. **Zählen** Sie Vorteile **auf**, die organische Solarzellen gegenüber anorganischen, siliciumbasierten Solarzellen besitzen. **Informieren** Sie sich vorher im Internet.
3. **Recherchieren** Sie Details zum Wirkungsgrad der Grätzelzelle und **erläutern** Sie, welche Voraussetzungen erfüllt sein müssen, damit ein hoher Wirkungsgrad erreicht wird.

**Zusatzaufgabe**

Nutzen Sie Ihr Wissen über Farbstoffsolarzellen und **diskutieren** Sie zu zweit oder innerhalb einer Gruppe, welche Rolle die Farbstoffsolarzelle in Bezug auf das Thema Nachhaltigkeit spielt.

VORANSICHT