

ALTERNATIVE GRÄTZEL-ZELLEN

Einfluss unterschiedlicher Redoxpaare auf die elektrischen Eigenschaften einer Grätzel-Zelle

Maturitätsarbeit von Tamara Leuthold
Betreuung: Natalie Streiff
Korreferenz: Patrick Spengler

Kantonsschule Wiedikon
2020/2021

Im Hinblick auf den Klimawandel ist es wichtig, dass nachhaltige und erneuerbare Energien konkurrenzfähig mit herkömmlichen Energiequellen, wie Kohle- oder Kernkraftwerken, werden. In den letzten Jahren konnte sich im Bereich der Solarzellen vor allem die Siliziumzelle durchsetzen. Die Herstellung einer Siliziumzelle ist jedoch sehr aufwendig und kostenintensiv. Eine günstigere Alternative dazu könnte die Grätzel-Zelle darstellen. Das Funktionsprinzip dieser Zelle basiert auf der natürlichen Photosynthese, bei der Chlorophyll unter Sonneneinstrahlung Elektronen freisetzt. Ein wichtiger Bestandteil dieser farbstoffsensibilisierten Farbstoffzelle ist der Elektrolyt, welcher für den Ladungstransport in der Zelle verantwortlich ist. Der Elektrolyt besteht aus einem Lösungsmittel und einem Redoxpaar. Meistens wird dafür das Redoxpaar I_2/I_3^- verwendet.

Fragestellung

Das erste Ziel dieser Arbeit war es zu verstehen, wie eine Grätzel-Zelle funktioniert und welche Bedeutung sie in der Wirtschaft und der Energiegewinnung hat. Das zweite Ziel dieser Arbeit war es zu untersuchen, welche Redoxpaare sich für den Elektrolyten der Grätzel-Zelle eignen und welchen Einfluss sie auf die elektrischen Eigenschaften der Zelle haben. Dafür wurden, im Rahmen eines Experimentes, alternative Elektrolyten hergestellt, welche in Grätzel-Zellen eingebaut wurden, um schliesslich die elektrischen Eigenschaften der Grätzel-Zellen zu messen und zu vergleichen.

Materialien und Methoden

Im Rahmen der Experimente wurden sieben Elektrolyten hergestellt. Sechs dieser Elektrolyten wurden selbst im Labor der Schule hergestellt, ein herkömmlicher Elektrolyt wurde gekauft. Für die Herstellung dieser sechs Elektrolyten wurde jeweils dasselbe Lösungsmittel und ein unterschiedliches Redoxpaar verwendet. Das Lösungsmittel bestand aus Wasser und Ethanol in einem Verhältnis von 3:2 und wurde von der Maturarbeit von Julian Arnold übernommen. Nebenstehend sind die verwendeten Elektrolyten aufgelistet (siehe «Verwendete Elektrolyten»).

Um die elektrischen Eigenschaften der Elektrolyten zu messen, wurden selbst Grätzel-Zellen gebaut und diese dann mit den verschiedenen Elektrolyten befüllt. Die Grätzel-Zellen wurden in einer selbst gebauten Messstation während 2 Stunden belichtet und ihr Kurzschlussstrom und ihre Leerlaufspannung wurde dokumentiert.



Abb. 1: Zur Herstellung des Elektrolyten E4 wird mithilfe des Magnetrührkerns Eisen(III)-chlorid in Ethanol gelöst. Bildquelle: von der Autorin.

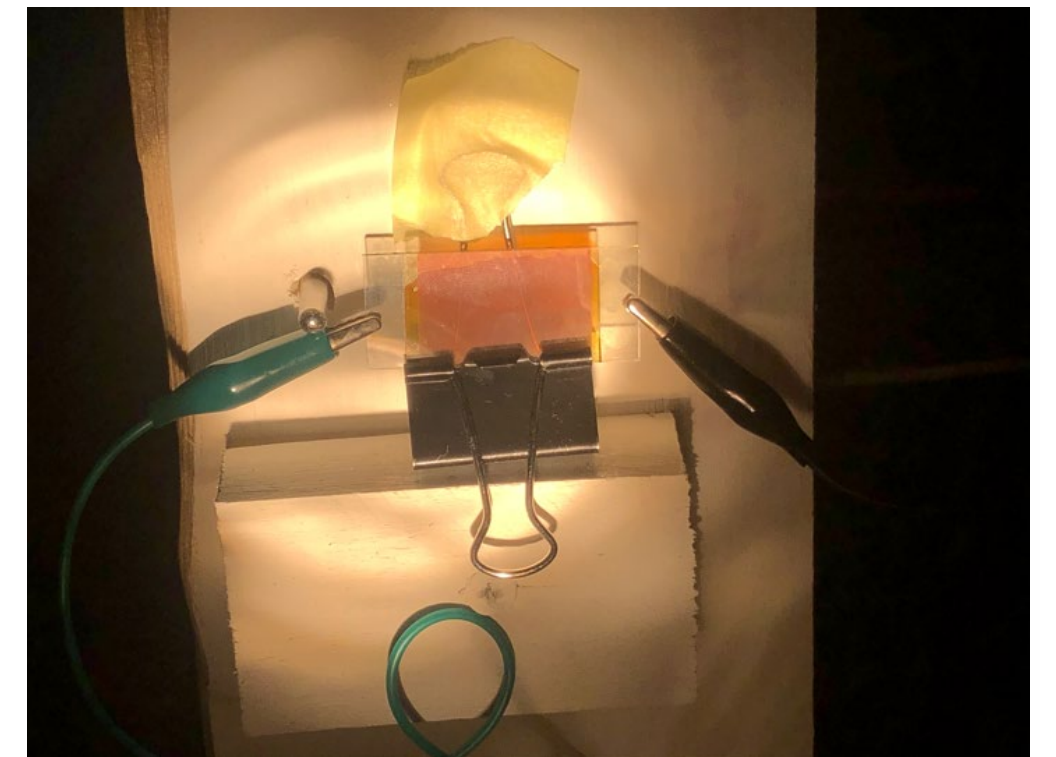


Abb. 2: Eine selbstgebaute Grätzel-Zelle während der Messung. Bildquelle: von der Autorin.

Verwendete Elektrolyten

- Elektrolyt E1: KI/I_2 in Wasser und Ethanol
- Elektrolyt E2: $FeSO_4/Fe(NO_3)_3$ in Wasser und Ethanol
- Elektrolyt E3: $FeSO_4/FeCl_3$ in Wasser und Ethanol
- Elektrolyt E4: $Fe(SCN)_3/NH_4SCN$ in Wasser und Ethanol
- Elektrolyt E5: $KBr/FeBr_3$ in Wasser und Ethanol
- Elektrolyt E6: $FeSO_4/Fe_2SO_4$ in Wasser und Ethanol
- Elektrolyt E7: herkömmlicher Elektrolyt

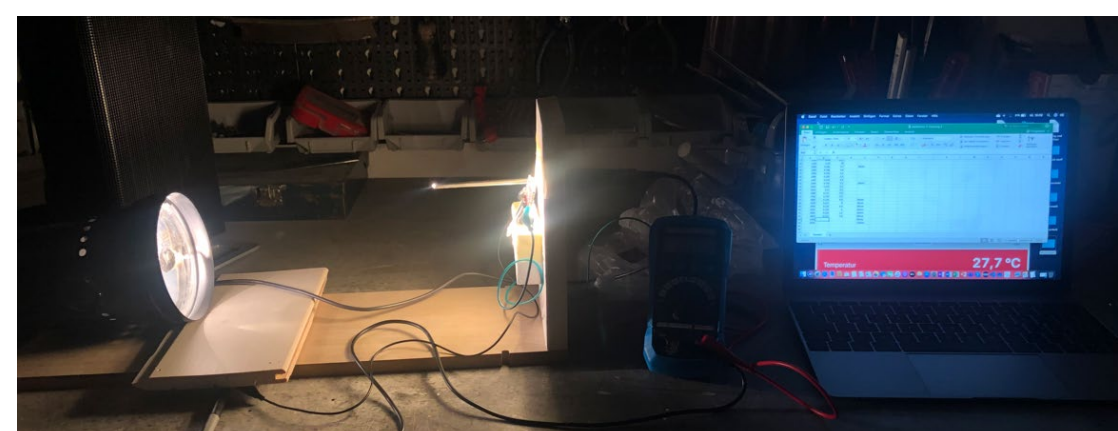


Abb. 3: Der Messaufbau. Durch leichte Erhöhung wurde die Lichtquelle direkt auf die Zellen gerichtet. Mit dem Multimeter wurden Kurzschlussstrom und Leerlaufspannung gemessen und mit Excel dokumentiert. Mithilfe des elektronischen Thermometers wurde die Temperatur überwacht. Bildquelle: von der Autorin.

Ergebnisse

Nach dem Messvorgang wurden für alle Elektrolyten Vergleichstabellen und Ranglisten erstellt. Dadurch konnten die Elektrolyten verglichen werden. In Abb. 4 ist der Vergleich der idealen Leistung aller Elektrolyten zu sehen. Die ideale Leistung berechnet sich als Produkt aus Leerlaufspannung und Kurzschlussstrom.

Es konnte zum Einen beobachtet werden, dass der I_2/I_3^- -Elektrolyt die höchste ideale Leistung aller selbst hergestellten Elektrolyten zeigt. Zudem zeigt dieser aber auch einen starken Abfall der idealen Leistung über den gemessenen Zeitraum. Es kann auch ganz klar beobachtet werden, dass der herkömmliche Elektrolyt die höchsten elektrischen Werte zeigt. Aufgrund der weiteren Beobachtungen wird vermutet, dass Chlorid-Ionen im Elektrolyten störend wirken könnten. Dies, da Elektrolyt E3 und E4 beide Chlorid-Ionen enthalten, jedoch Elektrolyt E3 dasselbe Redoxpaar wie Elektrolyt E2 und E6. Es konnten zudem auch „Equilibrationseffekte“ beobachtet werden (siehe Abb. 5).

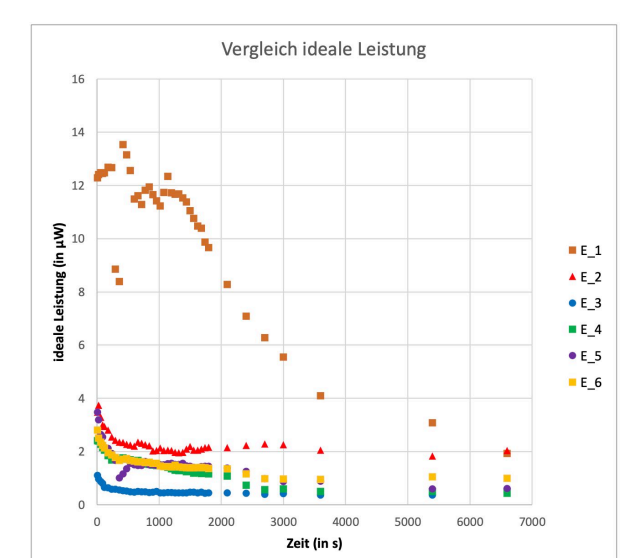


Abb. 4: Der Vergleich der idealen Leistungen aller getesteten Elektrolyten zeigt, dass der I_2/I_3^- -Elektrolyt die höchsten elektrischen Werte erreicht hat. Bildquelle: von der Autorin.

Diskussion

Leider hat die Grätzel-Zelle keine grosse Bedeutung für die Wirtschaft oder die Energiegewinnung. Obwohl die Zelle viel kostengünstiger ist und ihre Herstellung deutlich weniger aufwendig ist als die Herstellung von Siliziumzellen, wird sie wegen ihres niedrigen Wirkungsgrades nicht kommerziell genutzt.

Welches Redoxpaar eignet sich nun für den Elektrolyten einer Grätzel-Zelle? Grundsätzlich zeigten alle Elektrolyten ideale Leistungen. Die I_2/I_3^- -Elektrolyten zeigten dabei die höchsten elektrischen Werte. Da I_2 in der EU jedoch als Gefahrenstoff klassifiziert wurde und seine Umsetzung in die Umwelt vermieden werden sollte, könnte Elektrolyt E2 gegebenenfalls eine Alternative bieten. Dieser müsste jedoch mithilfe intensiverer Forschung optimiert werden.

Die Ergebnisse bieten zudem auch zahlreiche weitere Forschungsanstösse, wie die Untersuchung des Chlorid-Ionen-Einflusses oder einer möglichen Stabilisierung, um eine Austrocknung des Elektrolyten zu verhindern, etc. Zudem zeigen die Ergebnisse das enorme Forschungspotential der Grätzel-Zelle. Allein das Verwenden eines anderen Gegen-Ions kann einen grossen Einfluss haben (Elektrolyt E2 vs. Elektrolyt E3). Durch die Untersuchung und die Optimierung der verschiedenen Bestandteile der Zelle könnte die Grätzel-Zelle sicherlich ein grosses Potential für zukünftige Energiegewinnung haben.

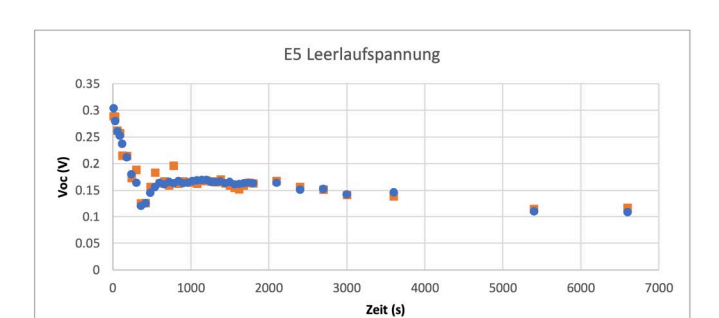


Abb. 5: Nach ca. 7 Minuten konnten bei fast allen Elektrolyten „Equilibrationseffekte“ beobachtet werden. Bildquelle: von der Autorin.