



Didaktik der Chemie

ALTERNATIVE SOLARZELLEN MIT TITANDIOXID

Einfache Sprache

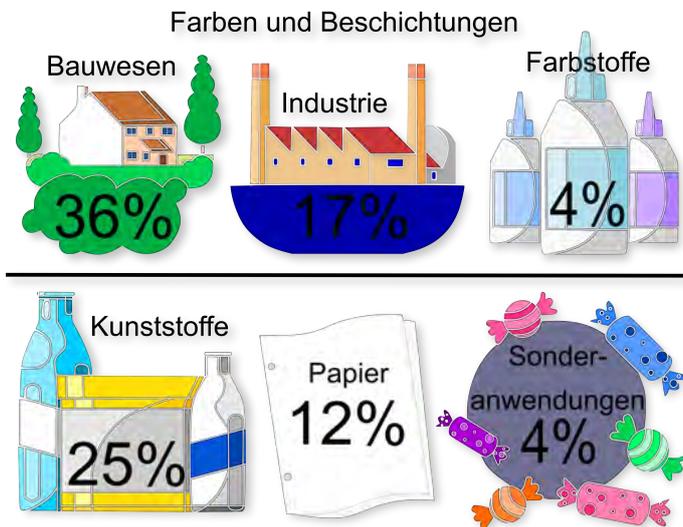
Alica Eiberger/Diana Zeller/Claudia Bohrmann-Linde
AK Bohrmann-Linde

Photogalvanische Kompaktzelle

- eine alternative Solarzelle mit Titandioxid -



Titandioxid ist überall! (Für schlaue Köpfe: die Chemiker kürzen Titandioxid mit TiO_2 ab).



Titandioxid ist ein **Weißpigment** und wird deshalb für die Herstellung von zahlreichen weißgefärbten Gegenständen verwendet. So besteht die Deckweißfarbe, welche Bestandteil eures Wasserfarbkasten ist, häufig aus Titandioxid-Pigmenten. So wären ohne Titandioxid viele Farben und Lacke kaum herstellbar.

Auch ist Titandioxid als ein Zusatzstoff in Arzneimitteln, Kosmetika wie Zahncreme und Sonnenschutzmittel und sogar in Lebensmitteln enthalten. In einigen Fällen ist er unter der Abkürzung E171 oder CI 77891 in der Liste der Inhaltsstoffe aufgeführt.

Titandioxid ist aber auch ein wichtiger Baustein der **photogalvanischen Kompaktzelle**, eine alternative Solarzelle, die im Folgenden von dir selbst gebaut und vermessen wird.

Die Sonne erhellt mit ihrem Licht unseren Tag. Das Licht der Sonne ist Energie, die durch Solarzellen aufgenommen werden kann. In der Solarzelle erfolgt dann **die Umwandlung dieser Lichtenergie in elektrischen Strom**.

Wegweiser:

Durch das Arbeitsmaterial führen dich Checklisten. Hake die Punkte der Liste ab , wenn du das Material zusammengestellt oder den Schritt beendet hast.

Außerdem stehen folgende Wegweiser für die einzelnen Abschnitte der Materialien:



Information



Aufgabe



Vorbereitung



Versuchsdurchführung

Versuch: Photogalvanische Kompaktzelle

! Sicherheitshinweis:



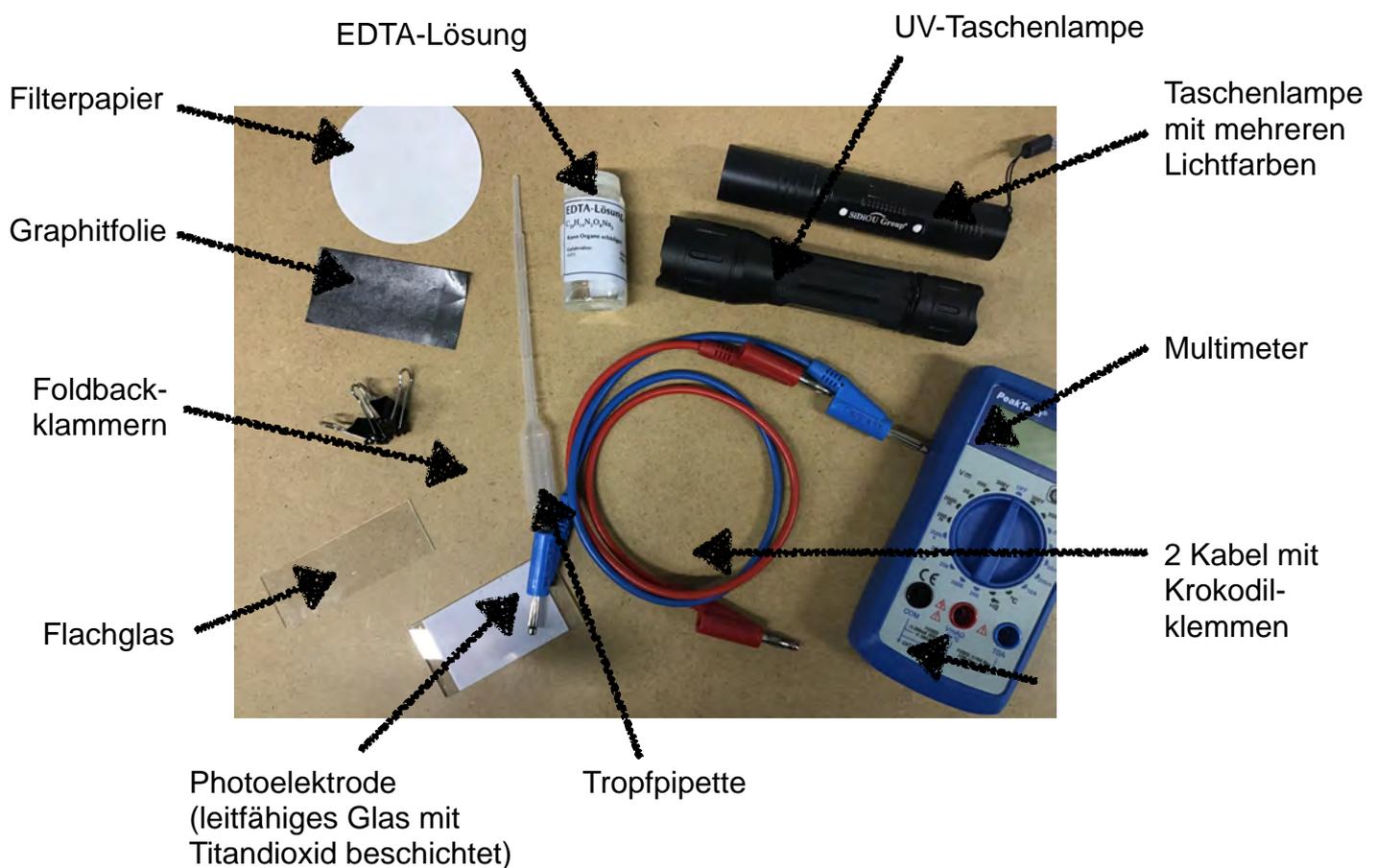
1. Das brauchst du dafür:

• Chemikalien:

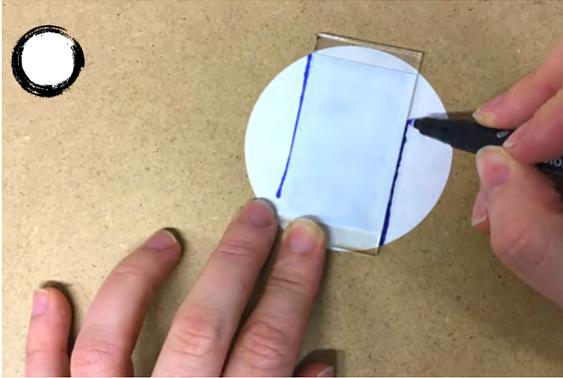
- 1 Photoelektrode mit Titandioxid
- 1 Graphitfolie
- EDTA-Lösung (EDTA = Abkürzung für das Salz Dinatriumdihydrogendiethylendi-aminetraacetat), $c = 0,5 \text{ mol/L}$ ($c = \text{Formelzeichen für Stoffmengenkonzentration}$)

• Materialien:

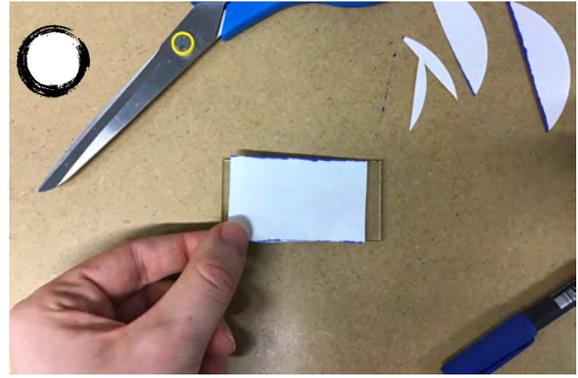
- 1 Flachglas
- 1 Filterpapier
- 1 Schere
- 1 Tropfpipette
- 2 Foldbackklammern
- 2 Krokodilklemmen
- 2 Kabel
- 1 Multimeter
- 1 UV-Taschenlampe
- 1 Taschenlampe mit mehreren Lichtfarben
- evtl.: 1 empfindlicher Motor



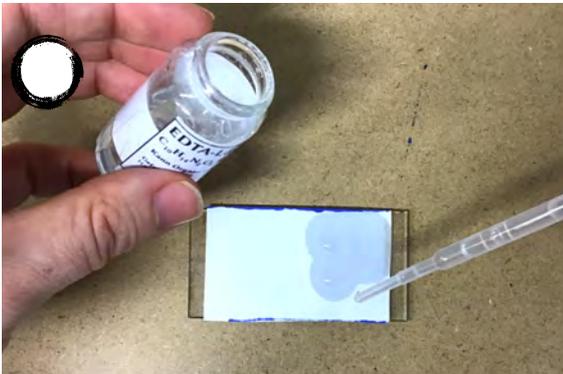
2. Das musst du tun:



1. Schneide das Filterpapier auf die Größe der weißen Titandioxid-Schicht der Photoelektrode.

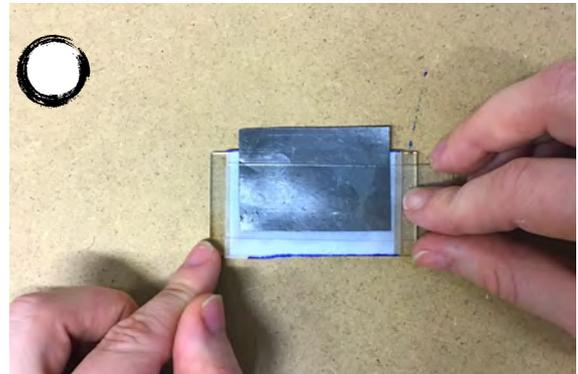


2. Lege das Filterpapier auf die Titandioxid-Schicht, sodass diese komplett bedeckt ist.



3. Befeuchte das Filterpapier mit einer Tropfpipette mit der EDTA-Lösung.

4. Lege die Graphitfolie auf das Filterpapier. **Achte darauf, dass die Graphitfolie ein Stück überlappt und nicht die Titandioxid-Schicht berührt!**



5. Anschließend wird ein Flachglas auf die Graphitfolie gelegt.

Achte darauf, dass das Flachglas so versetzt aufgelegt wird, dass ein Stück der Photoelektroden nicht abgedeckt ist!



6. Fixiere das Flachglas mit zwei Foldbackklammern auf je einer Längsseite.

7. Befestige eine Krokodilklemme an der hervorstehenden Graphitfolie.



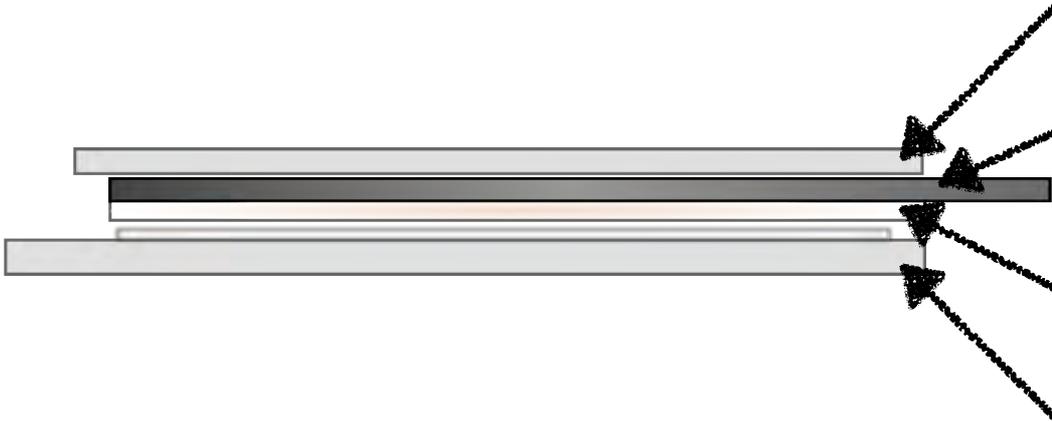
8. Befestige die zweite Krokodilklemme am Glasrand der Photoelektrode.

Achte darauf, dass die Krokodilklemme nicht die Titandioxid-Schicht berührt!



3.1 Benenne die Bestandteile der photogalvanischen Kompaktzelle mit der folgenden Auswahl an Begriffen.

Filterpapier, Flachglas, Photoelektrode mit Titandioxid, Graphitfolie.



3.2 Beschreibe den Aufbau der Zelle in eigenen Worten mit der Nennung von eingesetzten Chemikalien und Materialien.



4. Zur Wiederholung: Die Verwendung eines Multimeters

Wenn du das schon kannst, überspringe diese Seite.



Bedienfeld mit
Dreh­schalter für die
manuelle Auswahl
des Messbereichs

Display

Messbuchse (+)
Beschriftung: VmAΩ
Farbe: **rot**

Messbuchse (-)
Beschriftung: COM
Farbe: **schwarz**

Messbuchse 10A
Beschriftung: 10A
Farbe: **blau**

1. SchlieÙe die Kabel in die Messbuchsen COM und VmAΩ an das Multimeter an.
2. Wähle den korrekten Messbereich: Bevor mit der Messung begonnen werden kann, muss mit dem Drehschalter der erforderliche Messbereich (z.B. Spannung U [V], Strom I [A] oder Widerstand R [Ω]) ausgewählt werden. Da wir Gleichstrom bei den Zellen vermessen, musst du den Messbereich mit diesem Zeichen auswählen: **— — —**
3. Nach der Messung muss der Drehschalter wieder in die Stellung „AUS“ gebracht werden.

Wenn die Messleitungen **korrekt angeschlossen** wurden und der **richtige Messbereich** eingestellt wurde, ist das Multimeter für die Messung bereit.

! Praxistipp:

Wenn du nicht weißt, wie hoch die Messwerte sein könnten, kann im größten Messbereich gestartet werden. Bei Bedarf wird dann auf einen kleineren Messbereich gewechselt, um exaktere Messungen durchzuführen.

5. Durchführung der Messung:

5.1 Versuch 1:

! Anmerkung: Decke deine photogalvanische Kompaktzelle vor jeder Messung mit einem Blatt Papier ab, damit die Raumbelichtung nicht deine Messergebnisse beeinflusst.



Klemme das blaue Kabel mittels Krokodilklemme am Glasrand der Photoelektrode an.

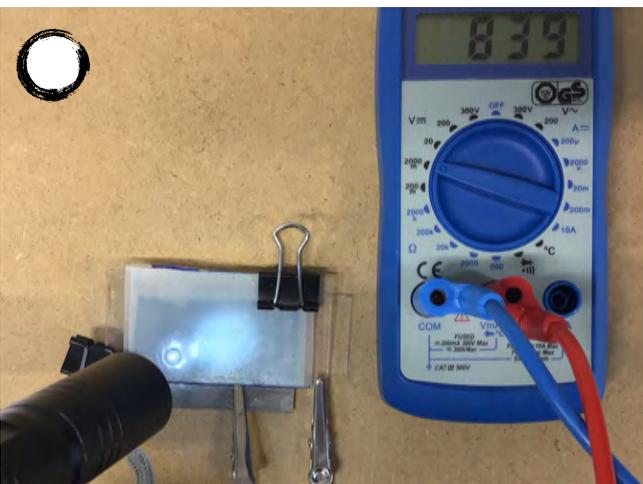
Stecke das andere Ende des Kabels in die Anschlussbuchse COM am Multi-
meter.



Klemme das rote Kabel mit der Krokodilklemme an die Graphitfolie an.

Stecke das andere Ende des Kabels in die Anschlussbuchse VmAΩ am Multi-
meter.

Wähle den geeigneten Messbereich für die Spannungsmessung aus (siehe Anleitung).



Bestrahle die weiße Seite der Photoelektrode mit UV-Licht der Taschenlampe aus einem Abstand von 15 cm und miss die Spannung U [mV], bis sich ein Maximum einstellt.

Gemessene Spannung $U_{\text{MAX}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mV}$

Miss anschließend die Spannung U bei Intervallbestrahlung:

Intervallbestrahlung = Belichtung 30 Sekunden, Abdunklung 30 Sekunden.

Notiere deine Messergebnisse in der Tabelle.

Zeit (t) in Sekunden	30	60	90	120	150	180	210	240
Spannung (U) in mV								

Schalte das Multimeter aus!

5.2 Versuch 2:

Überprüfe erneut die Anschlüsse.

! Achte darauf, dass die Krokodilklemme noch am Glasrand der Photoelektrode befestigt und nicht verrutscht ist.



Wähle den geeigneten Messbereich für die Stromstärkemessung aus und schalte das Multimeter ein.



Bestrahle die Elektrode erneut aus einem Abstand von 15 cm mit UV-Licht der Taschenlampe und miss die Stromstärke I [mA], bis sich ein Stromstärkemaximum einstellt.

Gemessene Stromstärke $I_{\text{MAX}} =$ _____ mA**Miss erneut die Stromstärke I bei Intervallbestrahlung:**

Intervallbestrahlung = Belichtung 30 Sekunden, Abdunklung 30 Sekunden.

Notiere deine Messergebnisse in der Tabelle.

Zeit (t) in Sekunden	30	60	90	120	150	180	210	240
Stromstärke (I) in mA								

Schalte das Multimeter aus!



5.3 Versuch 3:

Licht ist nicht gleich Licht!



Teste nun an der Kompaktzelle die verschiedenen Lichtfarben der Taschenlampe aus einem Abstand von 15 cm und miss die Spannung U [mV], bis sich jeweils ein Spannungsmaximum einstellt.

Anmerkung: Decke deine photogalvanische Kompaktzelle vor jeder Messung mit einem Blatt Papier ab, damit die Raumbelichtung nicht deine Messergebnisse beeinflusst.



Wähle den geeigneten Messbereich für die Spannungsmessung aus.

Bestrahle die Elektrode in der folgenden Reihenfolge mit der Taschenlampe:

Rotes Licht: Gemessene Spannung $U_{MAX} =$ _____ mV

Grünes Licht: Gemessene Spannung $U_{MAX} =$ _____ mV

Blaues Licht: Gemessene Spannung $U_{MAX} =$ _____ mV

Weißes Licht: Gemessene Spannung $U_{MAX} =$ _____ mV

! Entsorgungshinweis:

Die wässrige EDTA-Lösung kann in den Ausguss gegeben werden.

Das Filterpapier wird getrocknet und in den Feststoffabfall gegeben.

Die Photoelektrode und die Graphitfolie können mit destilliertem Wasser abgespült und erneut verwendet werden.



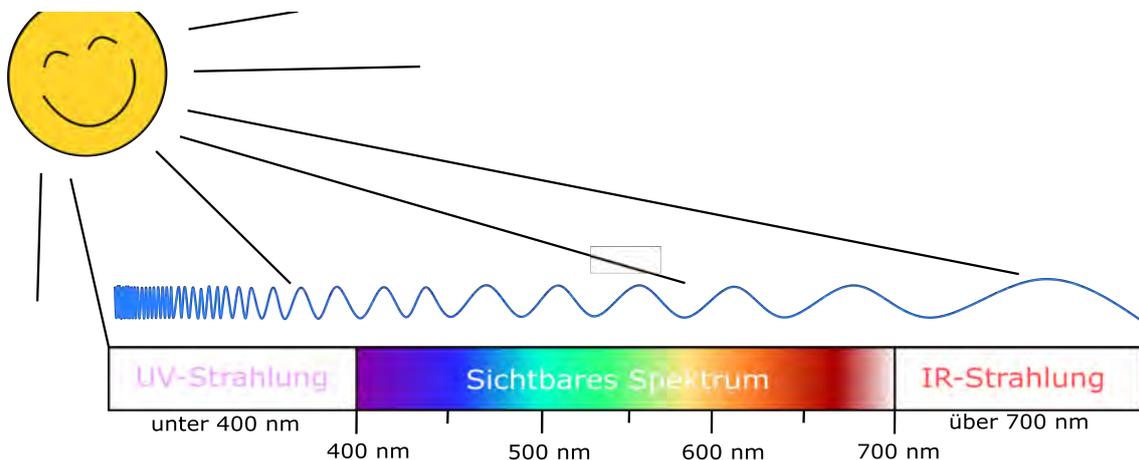
6. Aufgabe 2:

6.1 Erkläre anhand deiner Beobachtungen und Messergebnisse, warum die photogalvanische Kompaktzelle als „photosensibel“ bezeichnet wird. (photo = abgeleitet vom altgriechischen Wort für „Licht“)

6.2 Erkläre den Titel "Licht ist nicht gleich Licht" anhand deiner Ergebnisse aus Versuch 3 (5.3).



Die Sonne ist für die Erde die wichtigste Lichtquelle, wobei ihr Licht aus Strahlungen **unterschiedlicher Wellenlänge** besteht (siehe Abbildung). Mit dem menschlichen Auge kann nur das sichtbare Licht wahrgenommen werden. Das **sichtbare Licht** enthält das Farbspektrum, das auch bei einem Regenbogen beobachtet werden kann. Die verschiedenen Lichtfarben des Regenbogens können nach ihrer Wellenlänge definiert werden: Rotes Licht besitzt die längste Wellenlänge und somit die niedrigste Energie. Violett Licht hat die kürzeste Wellenlänge und somit die höchste Energie.



Die Sonne gibt aber nicht nur sichtbares Licht ab, sondern auch Strahlung, die das menschliche Auge nicht wahrnehmen kann. Zum Beispiel besteht das Sonnenlicht aus **Infrarotstrahlung**, die als Wärme auf der Haut gespürt werden kann. Die Infrarotwellen übertragen **Wärmeenergie** und besitzen eine geringere Energie als rote Lichtwellenlängen.

Auch UV-Strahlung ist Bestandteil der Sonnenstrahlung. **UV-Strahlung** ist ebenso unsichtbar und nicht unmittelbar spürbar. Doch die Folgen der energiereichen UV-Strahlung sind bei zu viel Sonnenstrahlung ein Sonnenbrand. **Es gilt, je kürzer die Wellenlänge der Strahlung ist, desto energiereicher ist sie.** Aus diesem Grund wird zum Schutz vor der UV-Strahlung eine Sonnenbrille getragen oder Sonnencreme verwendet.



7. Zum Weiterdenken:

„Materialien für Solarzellen“

Genau wie Silicium, ist auch Titandioxid ein **Halbleiter**. Halbleiter sind Stoffe, die sowohl Eigenschaften von Nichtleitern als auch von Leitern besitzen. Eine wichtige Eigenschaft von Halbleitern besteht darin, dass deren elektrische Leitfähigkeit durch Zufuhr von Energie wie zum Beispiel bei Solarzellen in Form von Lichtenergie erhöht wird.

Die meisten Solarzellen bestehen aus dem Halbleiter **Silicium**. Die Zellen haben eine schwarze bis violette Farbe. Silicium wird aktuell für die meisten Solarzellen genutzt, weil diese Solarzellen sehr effizient Lichtenergie in elektrische Energie umwandeln. Die Herstellung und Aufarbeitung des Siliciums ist jedoch energieaufwändig und durch die daraus entsprechende hohe Reinheit (99,99%) sehr teuer.

Die Herstellung von Titandioxid ist deutlich kostengünstiger und weniger energieaufwendig als die Herstellung von Silicium. Vergleichsweise zur Solarzelle bedeutet die geringe Schichtdicke des Titandioxids in den Titandioxid-Solarzellen, dass nur sehr wenig Rohstoff für die Kompaktzelle benötigt wird.

Die weißen Titandioxid-Photoelektroden haben aber einen Nachteil: Sie sind "blind" für sichtbares Licht (vgl. Versuch 3). Forscherinnen und Forscher sind derzeit auf der Suche

nach Zellen, in denen das Titandioxid doch genutzt werden kann, sodass sie wie die Silicium-Solarzellen sichtbares Licht in elektrische Energie umwandeln können.

Die Aufnahme von Energie durch dunkle und helle Oberflächen kann im folgenden Versuch nachvollzogen werden.



Versuch: Photogalvanische Kompaktzelle

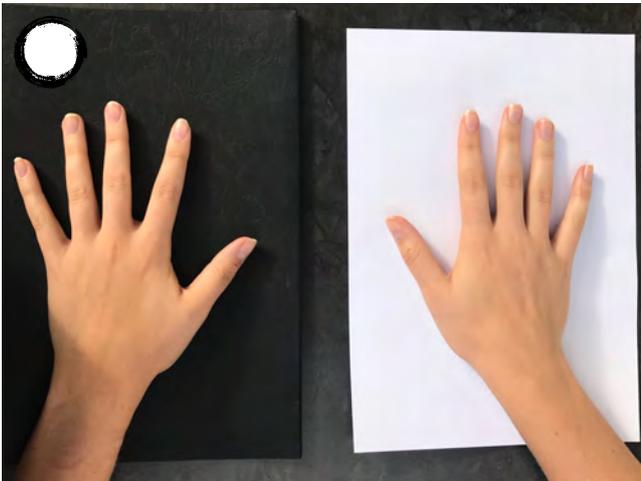
8. Das brauchst du dafür:

• Materialien:

- 1 weißes Blatt Papier
- 1 schwarzes Blatt Papier
- Sonnenlicht
- Uhr



9. Das musst du tun:



Lege die beiden Blätter für 2 Minuten in die Sonne.

Fühle dann jeweils mit einer Hand auf dem weißen und der anderen auf dem schwarzen Blatt Papier, ob du Unterschiede wahrnehmen kannst und notiere deine Beobachtungen.

Beschreibe deine Beobachtungen.



10. Aufgabe 3:

3.1 Übertrage deine Beobachtung anhand der Informationen aus dem Text „Materialien für Solarzellen“ auf die Unterschiede zwischen Silicium- und Titandioxid-Solarzellen.
