

A3 Zitronen- und andere Batterien – Strom aus chemischer Energie

1 Wie gut funktioniert die „Obst- und Gemüsebatterie“?

Du hast bestimmt schon gesehen, dass jemand zwei Metallelektroden in eine Zitrone gesteckt hat und damit ein Lämpchen zum Leuchten gebracht hat. Probiere selbst aus, wie so eine Obst- oder Gemüsebatterie funktioniert und was dazu nötig ist.

1.1 Benötigte Materialien

Material	Anzahl
Digitalmultimeter	1
Doppel-Propeller für Solarmotor klein	1
Gurke oder anderes Gemüse	1
LED rot (klares Gehäuse), 1,7 V	1
Kupfernägel (als Elektrode)	2
Messkabel-Set Banane/Kroko, je rot und schwarz	1
Solarmotor klein, Glockenanker, 0,1 V/2 mA	1
Verbindungskabel Kroko/Kroko	6
Zitrone oder anderes Obst	1
Zinknägel (als Elektrode)	2

Achtung: Nach Beendigung des Experiments sind die Materialien gemäß den Anweisungen der Lehrkraft zurückzugeben bzw. fachgerecht zu entsorgen.

1.2 Sicherheitshinweise

Die Materialien dürfen nur derart eingesetzt werden, wie es den Anweisungen der Lehrkraft bzw. der Versuchsanleitung entspricht.

1.3 Versuchsdurchführung

- Stecke je einen Kupfer- und einen Zinknagel in die Frucht oder das Gemüse, z. B. in die Gurke.
- Stecke den Propeller auf den Motor und schließe den Motor an. Läuft er?
- Teste entsprechend mit der LED (Versuche beide Polungen!)

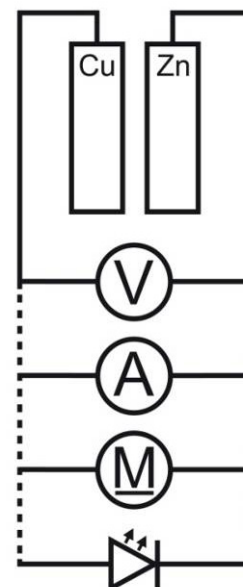


Abb. 1: Schaltplan für Messungen an einer elektrochemischen Zelle („Batterie“).

- Messe die elektrische Spannung zwischen den beiden Metallnägeln mit dem Messgerät. Wähle dabei einen sinnvollen Messbereich. (Wo ist die Auflösung besser, bei 2.000 mV oder 20 V?)
- Messe die Stromstärke zwischen den beiden Metallnägeln mit dem Messgerät. Wähle dabei einen sinnvollen Messbereich. (Wo ist die Auflösung besser, bei 2.000 μ A oder 20 mA?)
- Bestimme, welche Elektrode (Zink oder Kupfer) der Plus- bzw. der Minuspol der Obstbatterie ist!

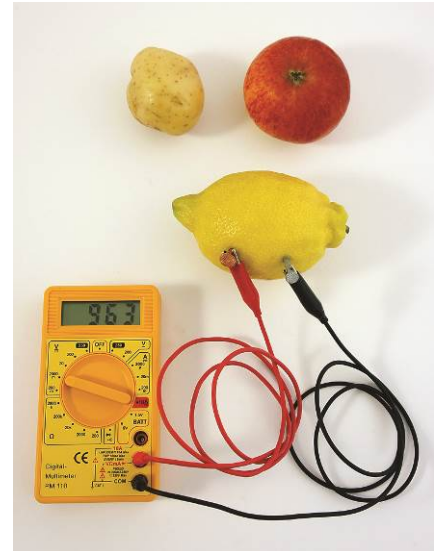


Abb. 2: Spannungsmessung an einer Obstbatterie.

- Nimm nun zwei Frucht- oder Gemüsestücke, stecke jeweils einen Kupfer- und Zinknagel hinein und verbinde die beiden „Batterien“ in Serienschaltung (Verbindungskabel vom Kupfer zum Zink).

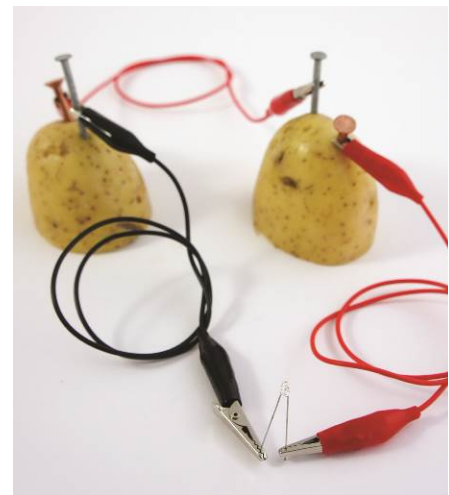


Abb. 3: LED an zwei Gemüsebatterien in Serienschaltung.

- Teste nun Motor und LED und messe die Spannung.

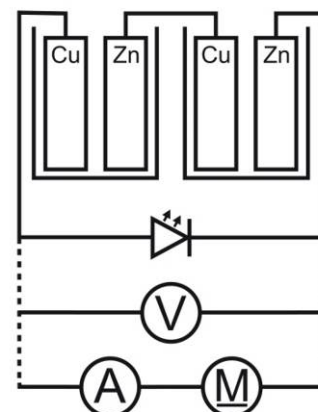


Abb. 4: Schaltplan für die Messungen an der Serienschaltung mit 2 elektrochemischen Zellen.

1.4 Beobachtung

Notiere deine Beobachtungen zu den einzelnen Untersuchungsphasen!

1.5 Auswertung

Fasse deine Ergebnisse in folgender Form zusammen:

- a) Der Motor mit Propeller läuft, wenn ...
- b) Die LED leuchtet, wenn ...
- c) Das Messgerät zeigt ...

1.6 Fragen

Was meinst du: Kommt der Strom wirklich aus der Zitrone oder was ist die tatsächliche Ursache?

2 Die „Zitronen-Batterie“: Was erfüllt welchen Zweck?

Mit diesen Untersuchungen kannst du herausfinden, welche Bestandteile der „Zitronen-Batterie“ unbedingt notwendig sind und welchen Zweck sie erfüllen.

2.1 Benötigte Materialien

Material	Anzahl
Digitalmultimeter	1
Gurke, Kartoffel oder anderes Gemüse	1
Kupfernägel (als Elektrode)	2
Messkabel-Set Banane/Kroko, je rot und schwarz	1
Nagel (Stahl, „Eisen“)	1
Zinknägel (als Elektrode)	2
Zitrone oder anderes Obst	1

Achtung: Nach Beendigung des Experiments sind die Materialien gemäß den Anweisungen der Lehrkraft zurückzugeben bzw. fachgerecht zu entsorgen.

2.2 Sicherheitshinweise

Die Materialien dürfen nur derart eingesetzt werden, wie es den Anweisungen der Lehrkraft bzw. der Versuchsanleitung entspricht

2.3 Versuchsdurchführung

- Verändere die „Obst- oder Gemüse-Batterie“ systematisch, indem du Nägel aus verschiedenen Metallen kombinierst (Cu mit Cu, Zn und Eisen; Zn mit Zn).
- Befestige je eine Messleitung mit der Krokodilklemme an je einem Nagel und das andere Ende der Leitung am Multimeter. Beobachte und notiere die angezeigten Spannungswerte.
- Was passiert, wenn du einen Nagel aus der Frucht oder dem Gemüse herausziehst?
- Was passiert, wenn du dieselben Metalle miteinander kombinierst?
- Überlege: Wodurch könntest du dein zuerst verwendetes Obst oder Gemüse noch ersetzen? Probiere aus!

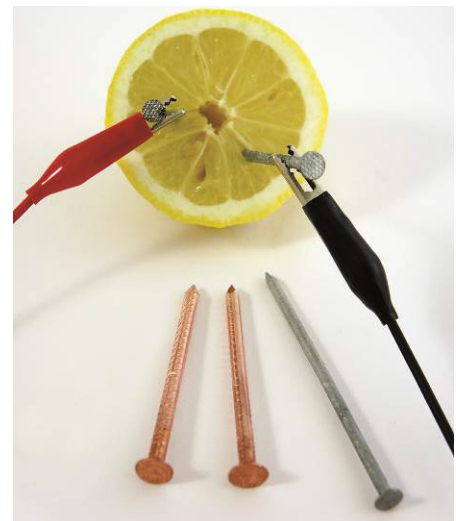


Abb. 5: Vermessung verschiedener Metallkombinationen.

2.4 Beobachtung

Fasse deine Beobachtungen schriftlich zusammen. Ändert sich die Spannung, je nachdem in welche Frucht oder in welches Gemüse du die Nägel steckst?

2.5 Auswertung

Überprüfe deine Ergebnisse!

Bringe die im Versuch verwendeten drei Metalle entsprechend den gemessenen Spannungen in eine sinnvolle Reihe. Fange dazu mit dem Kupfer an.

Wovon hängt offensichtlich die Größe der Spannung einer Batterie grundsätzlich ab?

2.6 Fragen

- a) Erkläre, was das Experiment mit der Spannungsreihe der Metalle zu tun hat.
- b) Überlege dir, was an Stelle von Obst oder Gemüse den Stromkreis schließen könnte.
- c) Benenne, was jedem Obst oder Gemüse gemeinsam ist. Wie könntest du dieses „Gemeinsame“ ersetzen?

3 Die „Zitronen-Batterie“ ohne Zitrone

Wie du inzwischen weißt, schließen Zitrone, Gurke, Kartoffel, Orange usw. den Stromkreis zwischen den unterschiedlichen Metallnägeln. Du sollst jetzt untersuchen, was an Stelle von Obst oder Gemüse die Verbindung herstellen kann. Du hast sicher vermutet, dass Wasser dabei eine wichtige Rolle spielt, denn je saftiger ein Obst oder Gemüse ist, desto besser hat deine „Batterie“ funktioniert.

3.1 Benötigte Materialien

Material	Anzahl
Becher, 100 ml	2
Digitalmultimeter	1
Doppel-Propeller für Solarmotor klein	1
Kochsalz	1 kleiner Löffel
Kupfernagel (als Elektrode)	1
Messkabel-Set Banane/Kroko, je rot und schwarz	1
Pflanzencлип (als Ständer für den Motor)	1
Schutzbrille pro Schülerin/Schüler	1
Solarmotor klein, Glockenanker, 0,1 V/2 mA (durch die Gruppen tauschen!)	1
Verbindungskabel Kroko/Kroko	6
Wasser	nach Bedarf
Zinknagel (als Elektrode)	1
Zitronensäure	1 kleiner Löffel

Achtung: Nach Beendigung des Experiments sind die Materialien gemäß den Anweisungen der Lehrkraft zurückzugeben bzw. fachgerecht zu entsorgen.

3.2 Sicherheitshinweise

Die Materialien dürfen nur derart eingesetzt werden, wie es den Anweisungen der Lehrkraft bzw. der Versuchsanleitung entspricht.

- Am Arbeitsplatz dürfen keine wasserempfindlichen Materialien vorhanden sein.
- Trage während des ganzen Versuchs eine Schutzbrille! Gelangen dennoch Spritzer von der Zitronensäure ins Auge oder auf die Haut, wasche sie sofort mit viel klarem Wasser ab!

3.3 Versuchsdurchführung

- Setze die Schutzbrille auf!
- Verändere die „Zitronen-Batterie“ systematisch, indem du das Obst oder Gemüse durch einen Becher ersetzt, in dem sich eine der folgenden Flüssigkeiten befindet:
 - Nur Leitungswasser (Becher vorher spülen)
 - Leitungswasser, in dem du etwas Zitronensäure aufgelöst hast.
 - Leitungswasser, in dem du einen kleinen Löffel Kochsalz aufgelöst hast.
- Fülle den Becher zu dreiviertel mit einer dieser Flüssigkeiten.

- Stelle den Kupfer- und den Zinknagel hinein (ohne dass sie sich berühren!).
- Halte die Stromstärke für die verschiedenen Elektrolyte (reines Wasser, Säure, Salzwasser) in einer kleinen Tabelle fest.

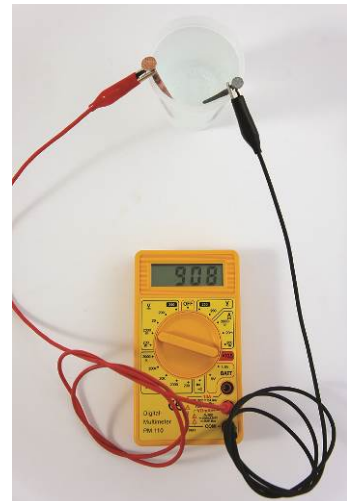


Abb. 6: Messanordnung.

- Untersuche, was passiert, wenn du den Motor parallel zum Voltmeter in den Stromkreis schaltest.
Hinweis: Wenn du alleine arbeitest, kannst du den Pflanzencлип zur Halterung des Motors einsetzen (siehe Foto).

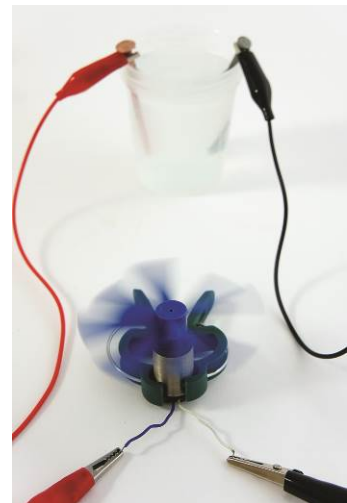


Abb. 7: Experiment mit Motor.

3.4 Beobachtungen

Fasse deine Beobachtungen schriftlich zusammen.

3.5 Auswertung

- Kannst du mit Leitungswasser eine Spannung zwischen den Metallnägeln messen?
- Beschreibe, was passiert ist, wenn man das Wasser durch Kochsalz- oder Zitronensäurelösung ersetzt. Welche Spannungen konntest du ablesen?
- Erkläre, wie sich ein Verbraucher im Stromkreis auf die Spannung auswirkt.

3.6 Fragen

- Viele meinen, man brauche Säure, um mit einer elektrochemischen Zelle Strom zu erzeugen. Erkläre, warum es auch mit einem Salz wie Kochsalz funktioniert.
- Die meist wässrige Lösung im Inneren jeder Batterie bzw. jedes Akkus nennt man Elektrolyt. Erkläre, was in jedem Elektrolyt vorhanden sein muss, damit er funktioniert.

4 Eine Batterie, die belastbar ist

Bei einer Batterie, die aus zwei Metallen aufgebaut ist, löst sich das unedlere Metall allmählich auf, indem es ein Salz bildet. Gleichzeitig muss sich aber das edlere Metall aus der Lösung seines Salzes abscheiden können. Dass du in diesem Fall auch mehr „Leistung“ entnehmen kannst, zeigen dir die folgenden Experimente:

4.1 Benötigte Materialien

Material	Anzahl
Becher, 100 ml	1
Digitalmultimeter	1
Doppel-Propeller für Solarmotor klein	1
Kaffeelöffel oder Spatel	1
Kupfernagel (als Elektrode)	1
Kupfersulfat	1 Kaffeelöffelstielspitze
Messkabel-Set Banane/Kroko, je rot und schwarz	1
Nagel (Stahl, „Eisen“)	1
Pflanzenclip (als Ständer für den Motor)	1
Schutzbrille pro Schülerin/Schüler	1
Solarmotor klein, Glockenanker, 0,1V/2mA (durch die Gruppen tauschen!)	1
Verbindungskabel Kroko/Kroko	6
Wasser	nach Bedarf
Zinknagel (als Elektrode)	1

Achtung: Nach Beendigung des Experiments sind die Materialien gemäß den Anweisungen der Lehrkraft zurückzugeben bzw. fachgerecht zu entsorgen.

4.2 Sicherheitshinweise

Die Materialien dürfen nur derart eingesetzt werden, wie es den Anweisungen der Lehrkraft bzw. der Versuchsanleitung entspricht.

- Am Arbeitsplatz dürfen keine wasserempfindlichen Materialien vorhanden sein.
- Trage während des ganzen Versuchs eine Schutzbrille! Vermeide Hautkontakt mit dem Kupfersulfat. Gelangen dennoch Spritzer von Kupfersulfat ins Auge oder auf die Haut, wasche sie sofort mit viel klarem Wasser ab!

4.3 Versuchsdurchführung

- Setze die Schutzbrille auf!
- Fülle einen Becher halb voll mit Wasser und löse darin eine „Kaffeelöffelstielspitze“ Kupfersulfat durch leichtes Schwenken auf.
- Stelle einen Nagel aus Kupfer und einen aus einem anderen Metall in die Lösung und ermittle mit dem Messgerät die Spannung.
- Schließe den Motor an. Evtl. musst du die Nägel etwas bewegen, damit der Motor anläuft.
- Schließe das Messgerät und den Motor in Reihenschaltung an die beiden Nägel an und messe die Stromstärke.

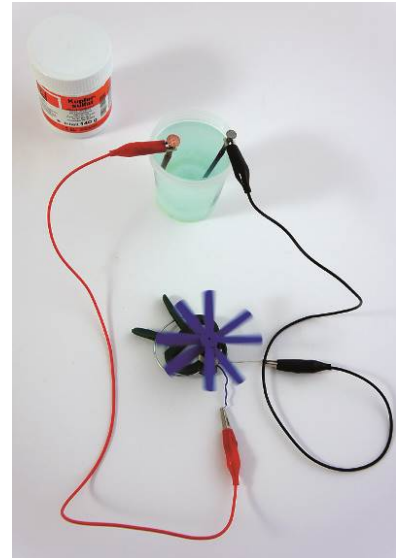


Abb. 8: Versuchsanordnung mit Motor.

4.4 Beobachtungen

Fasse deine Beobachtungen schriftlich zusammen.

4.5 Auswertung

- a) Welche Spannungen und welchen Strom kannst du messen?
- b) Wie groß ist die Leistung der Batterie, die du aus der gemessenen Spannung und Stromstärke ermittelt hast?
- c) Ist die Leistung jetzt größer als bei den Teilexperimenten 1 und 3?
- d) Welche Veränderungen kannst du am Nagel des unedleren Metalls erkennen? Offensichtlich scheidet sich etwas ab. Erläutere, aus was die Abscheidung bestehen könnte!
- e) Überlege, ob diese Abscheidung gut oder schlecht für die Leistung der Batterie ist, und halte deine Einschätzung schriftlich fest!

4.6 Fragen

- a) Hast du eine Idee, wie du diese Abscheidung am unedleren Metall verhindern könntest?
- b) Eigentlich sollte in einer Batterie das unedlere Metall in Lösung gehen, an der unedleren Elektrode also keine Abscheidung stattfinden. Kannst du dir vorstellen, wie die Abscheidung am unedleren Metall auch praktisch genutzt werden kann?

5 Ein Kupferüberzug ganz von selbst?

Edle Metalle werden aus ihren Salzlösungen abgeschieden, wenn unedlere in die Lösung eingetaucht werden. Wie das aussieht, zeigt dir dieses Experiment. Das edlere Metall ist bei den folgenden Experimenten immer Kupfer (bzw. Kupfersulfat als Salz des Kupfers).

5.1 Benötigte Materialien

Material	Anzahl
Alufolie	nach Bedarf
Becher, 100 ml	1
Kaffeelöffel oder Spatel	1
Kupfersulfat	1 Kaffeelöffelstielspitze
Messing- oder Nickelmünze	1
Schutzbrille pro Schülerin/Schüler	1
Wasser	nach Bedarf
Zitronensäure	nach Bedarf

Achtung: Nach Beendigung des Experiments sind die Materialien gemäß den Anweisungen der Lehrkraft zurückzugeben bzw. fachgerecht zu entsorgen.

5.2 Sicherheitshinweise

Die Materialien dürfen nur derart eingesetzt werden, wie es den Anweisungen der Lehrkraft bzw. der Versuchsanleitung entspricht.

- Am Arbeitsplatz dürfen keine wasserempfindlichen Materialien vorhanden sein.
- Trage während des ganzen Versuchs eine Schutzbrille! Vermeide Hautkontakt mit dem Kupfersulfat. Gelangen dennoch Spritzer von Kupfersulfat oder Zitronensäure ins Auge oder auf die Haut, wasche sie sofort mit viel klarem Wasser ab!

5.3 Versuchsdurchführung

- Setze die Schutzbrille auf!
- Fülle einen Becher halb voll mit Wasser und löse darin eine „Kaffeelöffelstielspitze“ Kupfersulfat und gib so viel Zitronensäure dazu, dass die Lösung nur noch wenig getrübt ist.
- Lege ein Stückchen Alufolie auf den Boden des Bechers und lege eine Messing- oder Nickelmünze auf die Alufolie. Achtung: Die Münze muss die Folie gut berühren!
- Falls du die nächsten 10 bis 45 Minuten noch nichts beobachten kannst, lässt du das Experiment über Nacht stehen und wertest erst dann aus.
- Nach Beendigung dieses Experiments, ggf. erst Tage später, müssen die Anweisungen der Lehrkraft zur Entsorgung der Kupfersulfatlösung befolgt werden!

5.4 Beobachtung

Fasse deine Beobachtungen schriftlich zusammen.

5.5 Auswertung

- a) Erkläre, warum sich offensichtlich an der Münze Kupfer abgeschieden hat!
- b) Erkläre, welche Rolle das Aluminium dabei spielt!

5.6 Fragen

- a) Erkläre, welche Bedeutung die Zitronensäure bei diesem Experiment hat.
(Tipp: Warum wird die Kupfersulfatlösung erst nach Zugabe der Zitronensäure klar?)
- b) Recherchiere, wo das Überziehen mit Metallen eine Rolle in der Technik spielt.

6 Eine professionelle Zink-Kupfer-Batterie

Um zu verhindern, dass sich ein Teil des Kupfersalzes im Kurzschluss am unedleren Metall abscheidet, muss man die beiden Metalle und die umgebenden Lösungen trennen. Trotzdem müssen beide Flüssigkeiten den Strom leiten und sie müssen miteinander auch leitend verbunden sein. Dazu wollen wir einen Versuch nachbauen, den Herr Daniell vor über 150 Jahren so ähnlich entwickelt hat. Daher heißt eine Batterie bzw. ein Akku, die/der aus Kupfer und Zink aufgebaut ist, auch „Daniell-Element“.

6.1 Benötigte Materialien

Material	Anzahl
Akku, 9 V	1
Becher, 100 ml	1
Digitalmultimeter	1
Doppel-Propeller für Solarmotor klein	1
Gummibänder	2
Kochsalz	1
Kupfernagel (als Elektrode)	1
Messkabel-Set Banane/Kroko, je rot und schwarz	1
Papiertaschentuch, -küchentuch oder Toilettenpapier	1
Schale	1
Schutzbrille pro Schülerin/Schüler	1
Solarmotor klein, Glockenanker, 0,1 V/2 mA	1
Verbindungskabel Kroko/Kroko	2
Wasser	nach Bedarf
Zinknagel (als Elektrode)	1

Achtung: Nach Beendigung des Experiments sind die Materialien gemäß den Anweisungen der Lehrkraft zurückzugeben bzw. fachgerecht zu entsorgen.

6.2 Sicherheitshinweise

Die Materialien dürfen nur derart eingesetzt werden, wie es den Anweisungen der Lehrkraft bzw. der Versuchsanleitung entspricht.

- Am Arbeitsplatz dürfen keine wasserempfindlichen Materialien vorhanden sein.
- Schließe den Akku auf keinen Fall kurz! Es besteht Explosions- und Brandgefahr!

6.3 Versuchsdurchführung

- Lege die beiden Metallnägeln bereit und reiße ein Stück von dem Papiertuch ab, das so breit ist, wie die Nägel lang sind.



Abb. 9: Einpacken der Elektroden in ein Papiertuch.

- Umwickle einen der beiden Nägel mit dem Papier, lege den zweiten in umgekehrter Richtung dazu und umwickle beide gemeinsam mit dem restlichen Papierstreifen. Jetzt muss an jedem Ende ein Nagelkopf heraussehen. (Die Nägel dürfen sich keinesfalls berühren, sie müssen durch das Papier sicher getrennt sein!)
- Fixiere den „Elektroden-Pack“ mit 2 Gummibändern!
- Fülle nun einen Becher dreiviertel voll mit Wasser und löse darin eine Löffelspitze Kochsalz durch Umrühren auf.
- Lege den „Elektroden-Pack“ in die Schale und tränke ihn mit der Kochsalzlösung. Nimm den „Elektroden-Pack“ dann wieder aus der Schale heraus.
- Schließe nun das Messgerät an und messe die Spannung.
- Verbinde die beiden Nagelköpfe mit je einem Kroko/Kroko-Verbindungskabel und die anderen Enden der Kabel mit den Anschlüssen des Motors.
- Messe die Spannung nach dem Anschließen des Motors.
- Lade nun den „Elektrodenpack“ ca. 5 Minuten durch Anschließen des 9-Volt-Akkus (Plus an Kupfer, Minus an Zink).
- Siehst du eine Verfärbung um den Kupfernagel?
- Verbinde nach Abklemmen des 9-Volt-Akkus den aufgeladenen „Elektroden-Pack“ wieder mit dem Motor.
- Messe auch hier wieder die Spannung!



Abb. 1: Fertiger, mit Kochsalzlösung getränkter Elektrodenpack.

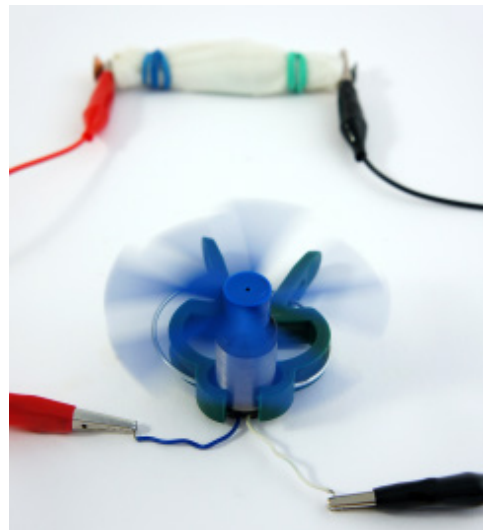


Abb. 2: Betrieb des Elektromotors mit unserem „Daniell-Element“.



Abb. 3: Aufladen des Elektrodenpacks.

6.4 Beobachtung

Fasse deine Beobachtungen schriftlich zusammen. Wie stark hat sich die Spannung beim Anschluss des Motors geändert?

6.5 Auswertung

- a) Erkläre, welche Funktion das Papiertuch in diesem Experiment übernimmt!
- b) Erkläre, warum deshalb die Leistung der Batterie meist größer ist als in den Telexperimenten 1, 3 und 4!

6.6 Fragen

- a) Recherchiere, woraus die Separatormembran in modernen Batterien und Akkus besteht! Übertrage deine Ergebnisse auf die Zitronen-Batterien in Telexperiment 1.
- b) Stelle die Reaktionsgleichungen für die beiden Elektroden und für den Gesamtprozess auf! Stelle zuerst eine Wortgleichung auf und versuche dann in einer Formelgleichung zu konkretisieren.