



**Photovoltaik-
System
SUSE**

**Solarthermiesystem
Wärme von der Sonne**

innovative Solarsysteme für Schule und Ausbildung



Experimente mit dem SUSE Solarflitzer turboSC

Experimente mit dem Solarfahrzeug und Photovoltaik- Experimente mit den Solarzellen



Der SUSE Solarflitzer turboSC

Auf dem Chassis des bewährten Solarfahrzeuges SUSE Solarflitzer befindet sich auf dem Distanzwürfel das Solarmodul mit 2 Solarzellen in integrierter Reihenschaltung ($U_{oc} = 1,26 \text{ V} / I_{sc} = 480 \text{ mA}$). Links erkennt man den Betriebsschalter mit den 3 Positionen Laden-Aus-Fahren.

Über dem Schalter ist der Speicherkondensator ($C = 5 \text{ F}$) angeordnet, er kann die vom Solarmodul gelieferte Energiemenge von $3,97 \text{ J}$ speichern und nach dem Umschalten zum Fahren nutzen.

Nach dem Umschalten fährt das Auto mit dieser Energie ca. 30 m , auch in lichtschwachen Räumen. Aufladen lässt sich der Speicherkondensator entweder Outdoor im Sonnenschein/ Tageslicht oder im Innenraum mit Halogen- oder Rotlichtlampe (LED- Lampen sind wegen des ungeeigneten Lichtspektrums nicht verwendbar). Das Fahrzeug ist das Modell eines autarken realen Elektrofahrzeuges mit eigenem Solarmodul.

Die Experimente zur Auswahl:

1. Tanken und Fahrbetrieb
2. Messung der Geschwindigkeit in m/s und in km/h
3. Experimente zum „Tanken“ (Aufladung des Speicherkondensators) des E-Fahrzeugs
4. Experimente zum Entladen des Speicherkondensators beim Fahren
5. Messung der Solarzellenspannung und des Kurzschlussstroms beider Solarmodule
6. Bestimmung der Stärke der Sonnenstrahlung/Lichtstrahlung in W/m^2
7. Weitere Experimente und die elektrische Schaltung des Solarfahrzeuges

Im Anhang: Elektrische Schaltung des Fahrzeugs und Datenblatt des Solarmoduls (QR-Code)

1. Tanken und Fahrbetrieb

Vor Beginn der Fahrt muss der Speicherkondensator mit Strom aus dem Solarmodul aufgeladen werden. Dazu geht man mit dem Fahrzeug ins Freie und richtet das Solarmodul zur Sonne oder bei bedecktem Himmel nach Süden aus. Je nach Lichtintensität dauert die Aufladung 20 Sekunden bis 2 Minuten.

Im Ruhemodus steht der Betriebsschalter in der Mitte auf **AUS**, zum Aufladen wird der Schalter auf **LADEN L** gestellt. Nach ca. 20 Sekunden bis 2 min. ist die Ladung vollendet, der Schalter wird wieder auf **AUS** gestellt.

Im Innenraum kann die Aufladung durch Bestrahlung mit einer Halogenlampe oder einer Rotlichtlampe aus ca. 40 cm Abstand durchgeführt werden, richte die Solarzelle zum Licht aus, die Ladung dauert ca. 1 Minute.

Nun wird das Fahrzeug auf eine ebene Fläche gestellt, anschließend der Schalter auf **FAHREN F** gestellt, das Fahrzeug flitzt davon!

2. Messung der Geschwindigkeit in m/s und in km/h

Markiere eine Messstrecke s von 2m und bestimme mit der Stoppuhr im Smartphone die **Zeit t für diese Strecke 2m**. Wenn Du nun die Messstrecke $s = 2m$ durch die gemessene Zeit t teilst, bekommst Du die Geschwindigkeit v in der Maßeinheit m/s.

Messstrecke s	Gemessene Zeit t in s	Geschwindigkeit v in m/s	Geschwindigkeit v in km/h
2m			
4m			

Wenn Du die Geschwindigkeit in m/s mit 3,6 multiplizierst, hast Du die Geschwindigkeit in km/h.

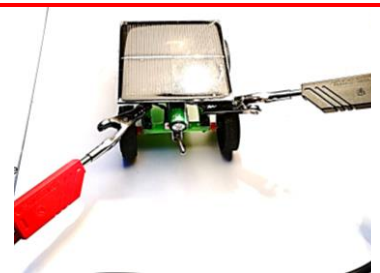
Wie kommt man auf diese Zahl 3,6? entdecke die Lösung und notiere hier:

3. Messungen zum Auftanken (Aufladung) des E- Fahrzeugs:

Die Aufladung kann mit einer Spannungsmessung beobachtet und gemessen werden.

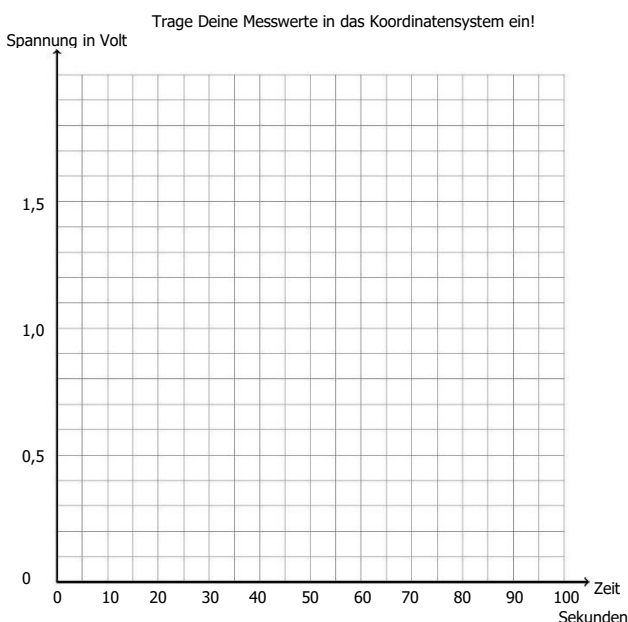
An den Speicherkondensator werden an den Lötösen **A(+)** und **C(-)** mit Krokodilklemmen 2 Laborkabel angeklemmt (siehe Foto), das Multimeter wird in Messbereich 20V DC geschaltet.

Vor dem Aufladen verbinde die beiden Kabel am Multimeter für 3 Sekunden miteinander, damit sich der Speicherkondensator vor der Messung vollständig entleert.



Mit dem Umschalten von **AUS** auf **LADEN** startet das Tanken, die Aufladung, die Spannungssteigerung kann nun beobachtet und gemessen werden. Für die Messung der Zeit verwendest Du wieder Dein Smartphone.

Zeit in s Ab dem Start	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Strahlender Sonnenschein oder sehr helles Licht, Abstand 20 cm zur Lampe Spannung in V									
Bedeckter Himmel oder größerer Abstand 40 cm zur Lampe Spannung in V									



Was fällt Dir auf, notiere Deine Beobachtungen und Entdeckungen hier!

- Welche Energieumwandlungen finden beim Aufladen statt?
- Wie lange dauert das vollständige Aufladen?

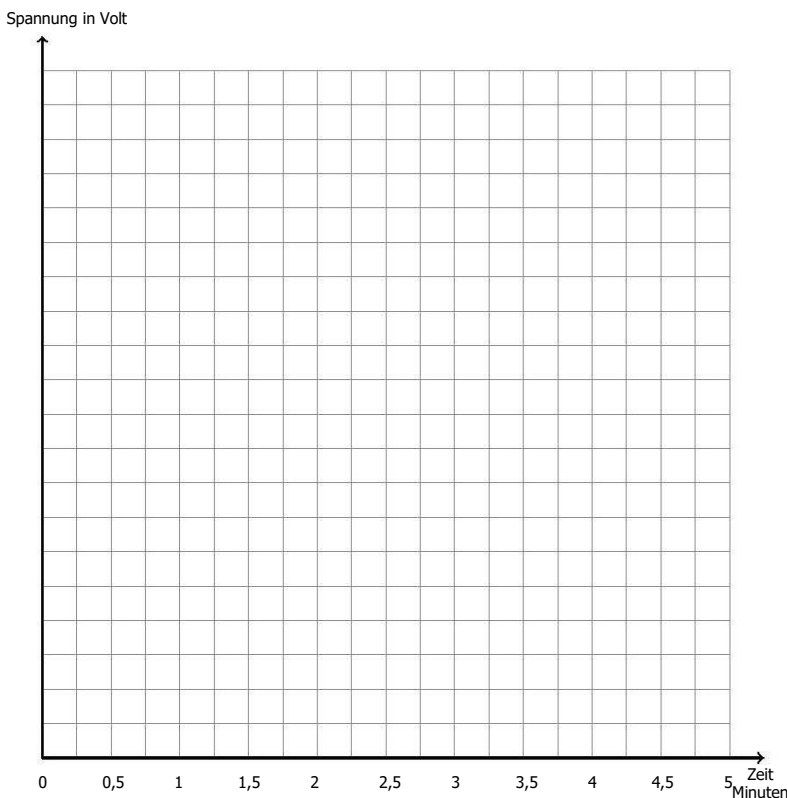
4. Experimente zum Entladen des Speicherkondensators des beim Fahren

Da wir beim Fahren selbst mit dem Multimeter keine Messungen durchführen können, greifen wir zu einem Trick, wir legen das Auto nach dem Aufladen auf den Kopf und lassen die Räder frei laufen, dabei können wir die Spannung beim Entladen gut messen.

Zuerst laden wir das Fahrzeug wie bisher auf und schalten danach den Schalter auf Mittelposition AUS. Nun legen wir das Fahrzeug auf den Kopf (Solarzelle nach unten) und klemmen wieder die Krokodilklemmen an, das **rote Pluskabel an die Lötöse A**, das **schwarze Minuskabel an die Lötöse C**. Zum Start stellen wir den Schalter auf **F Fahren** und messen die Spannung **jede halbe Minute!** Trage die Messwerte in die Tabelle ein:

Zeit in min ab dem Start	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8,0	8,5	9	
Spannung in Volt																				

Zeichne die Messwerte in das Koordinatensystem ein!



- Welche Energieumwandlungen finden beim Entladen statt?
- Wie lange dauert das vollständige Entladen?
- Der Energiespeicher ist ein Superkondensator, wie unterscheidet er sich von einem Akku?

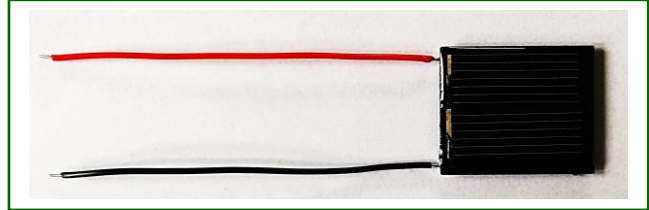
Was fällt Dir auf, notiere Deine Beobachtungen, Ideen und Entdeckungen hier!

5. Messung der Solarzellenspannung und des Kurzschlussstroms

Für diese Experimente benötigst Du ein Multimeter, 2 Messkabel mit Krokodilklemmen. Messpunkte sind die beiden Lötösen an den Seiten des Autos, die **Lötöse B mit dem roten Moduldraht ist +**, die **Lötöse C mit dem schwarzen Moduldraht ist -**. Der Schalter muss in Position **AUS** stehen. Am kleinen Solarmodul des Basisbausatzes müssen am Plus- und am Minuspol kurze Schaltdrähte rot (+) und schwarz (-) für die folgenden Versuche angelötet werden, hier können die Krokodilklemmen angeschlossen werden, siehe Foto:

Das konfigurierte kleine Solarmodul

Nach dem Ablöten des Motors werden an die Anschlusskontakte des kleinen Solarmoduls 2 Schaltdrähte angelötet, **rot an +** und schwarz an -
An die Enden der Drähte kann das Multimeter mit Krokodilklemmen angeschlossen werden.



5.1 Messung der Solarzellenspannung

Stelle das Multimeter in den Messbereich 20V DC und klemme beide Messkabel polrichtig an die Lötösen der Solarzelle C (-) und B(+), stelle den Schalter auf AUS! Nun bestimmst Du die Leerlaufspannung der Solarzelle. Bei der kleinen Solarzelle gehst Du genauso vor, hier klemmest Du die Krokodilklemmen der Messkabel an die Schaltdrähte der kleinen Solarzelle.

Messergebnisse: Trage Deine Messergebnisse in die folgende Tabelle ein!

Solarstrahlung oder Lichtstrahlung	Strahlender Sonnenschein	Leicht Bedeckter Himmel	stärker bedeckter Himmel	Schatten	40 cm vor Halogenlampe	40 cm vor Rotlichtlampe
Spannung in V Großes Solarmodul						
Kleines Solarmodul						

**Was fällt Dir auf? Notiere Deine Beobachtungen und Ideen hier:
Du kannst auch einen Teil der Solarzellenfläche mit der Hand abdecken, was fällt Dir auf?**

5.2 Messung des Kurzschlussstroms (Kurzschlussstrom = maximale Stromstärke)

Stelle das Multimeter in den Messbereich 10A DC, klemme die Messkabel polrichtig an die Lötösen B und C bzw. an die Schaltdrähte beim kleinen Solarmodul. Nun bestimmst Du den Kurzschlussstrom, das ist die maximale Stromstärke, die die Solarzelle abgeben kann, der Kurzschlussstrom ist proportional zur Lichtintensität = Bestrahlungsstärke S!

Trage Deine Messergebnisse in die nachfolgende Tabelle auf Seite 5 ein!

Solarstrahlung oder Lichtstrahlung	Strahlender Sonnenschein	Leicht Bedeckter Himmel	stärker bedeckter Himmel	Schatten	40 cm vor Halogenlampe	40 cm vor Rotlichtlampe
Stromstärke in A großes Solarmodul						
kleines Solarmodul						
Bestrahlungsstärke S in W/m² (Berechnung aus Exp. 6, nur großes Solarmodul)						

Was fällt Dir auf? Notiere Deine Beobachtungen und Ideen hier:
Du kannst auch einen Teil der Solarzellenfläche mit der Hand abdecken, was fällt Dir auf?

6. Bestimmung der Stärke der Sonnenstrahlung/Lichtstrahlung in W/m²

Experiment nur mit dem großen Solarmodul auf dem Fahrzeug! Der Kurzschlussstrom der Solarzelle ist proportional zur Stärke der Lichtstrahlung und hat bei strahlendem Sonnenschein bei blauem unbewölktem Himmel bei senkrechtem Lichteinfall den Wert 0,48 A. **Die Stärke der Lichtstrahlung heißt Bestrahlungsstärke S und wird in W/m² gemessen**, strahlender Sonnenschein im Sommer sind 1000 W/m², bewölkter Himmel ca. 100- 500 W/m², Dunkelheit 0 W/m². Aus der Proportionalität ergibt sich die Gleichung:

$$\text{Bestrahlungsstärke } S = \frac{\text{gemessener Kurzschlussstrom in A} \times 1000}{0,48 \text{ A}} \text{ W/m}^2$$

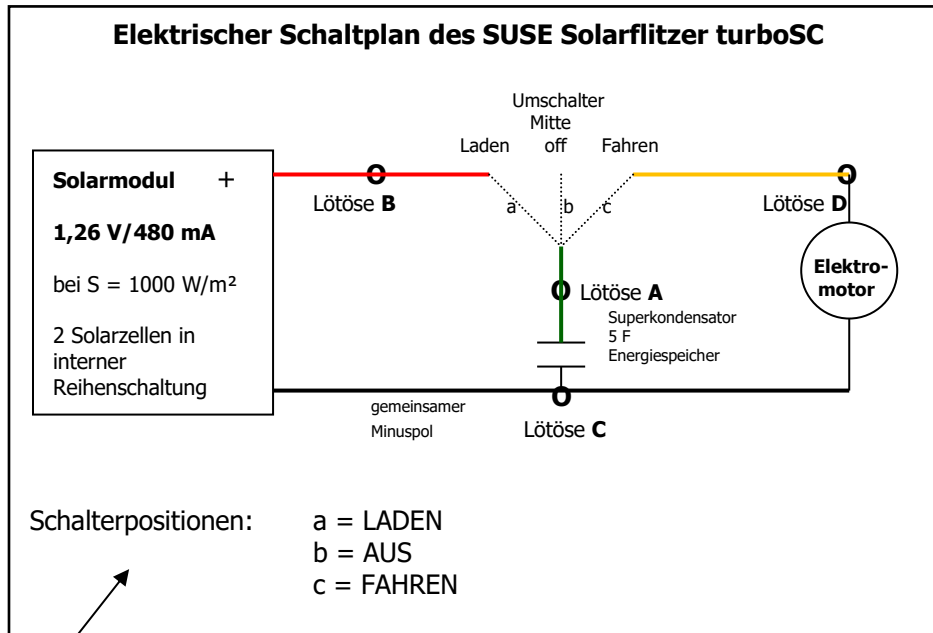
Berechne die Werte und trage sie in die Tabelle ein!

Was fällt Dir auf? Notiere Deine Beobachtungen und Ideen hier:

7. Weitere Experimente:

Mit dem kleinen Solarmodul kannst Du weitere Experimente zur Photovoltaik durchführen, z.B. Reihenschaltungen, Parallelschaltungen mehrerer Module oder auch eigene Ideen verwirklichen. Probiere Deine Ideen aus und berichte hier:

Notiere Deine Ideen und Experimente hier:



Der QR- Code führt Dich zu den technischen Daten des Solarmoduls auf dem Fahrzeug: SUSEmod8



Das Bild zeigt die elektrische Schaltung des SUSE Solarflitzers turboSC.

Vom Solarmodul geht die rote Plusleitung zur Lötöse B, ebenso die rote Leitung vom Umschalter. Die grüne Leitung vom Umschalter geht zur Lötöse A, ebenso die Plusleitung des Superkondensators. Vom Umschalter geht die gelbe Leitung zur Lötöse D, ebenso die schwarze Plusleitung vom Elektromotor. Zum gemeinsamen Minusanschluss bei Lötöse C gehen die Minusleitung des Solarmoduls, die Minusleitung des Superkondensators und die schwarze Minusleitung des Elektromotors.

Bei Schalterposition **a LADEN L** fließt der Ladestrom vom Solarmodul zum Speicherkondensator.
Bei Schalterposition **b AUS** sind Solarmodul, Superkondensator und Elektromotor elektrisch getrennt.
Bei Schalterposition **c FAHREN F** fließt der Strom aus dem Superkondensator zum Elektromotor, das Auto fährt.

Mit einem Multimeter kann an den Lötösen B und C die Modulspannung und der Kurzschlussstrom des Solarmoduls gemessen werden (Schalter AUS).

Mit einem Multimeter kann an den Lötösen A und C die Kondensatoraufladung und – Entladung beim Laden und Entladen gemessen werden.