



Name:

Schule:

Datum:

Solare Elektromobilität Der Solarflitzer turboSC

Dieses E- Fahrzeug tankt nur Licht

E- Solarfahrzeug mit Elektromotor, Solarmodul und Superkondensator 10F als Energiespeicher Gerätebeschreibung + Bauanleitung, Experimente

QR Solarflitzer turboSC



Auf der Oberseite befindet sich das Solarmodul 1,26V/ 480 mA bei $S = 1000 \text{ W/m}^2$.

Links ist der Speicherkondensator **10F**, darunter ist der Betriebsschalter Laden-Aus-Fahren, Rechts unten erkennt man den kleinen, leistungsstarken Elektromotor, darunter die weißen Zahnräder des Getriebes.

An den Lötösen lassen sich mit einem Multimeter Messungen durchführen.



Die Räder mit 30mm Durchmesser haben einen Gummireifen, damit ist der Solarflitzer spurtstark, die Räder sind damit sehr griffig und halten die Spur.



Messung der Ladespannung 1,20 V bei der Aufladung des Speicherkondensators im Sonnenlicht. Die Maximalspannung beträgt 1,26V.

QR turboSC Bauanleitung



QR turboSC Experimente



Das Solarfahrzeug 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 3-Positions-Schalter ist der **Speicherkondensator (Superkondensator 10F)** angeordnet, er kann die vom Solarmodul gelieferte Energiemenge von 8J speichern und nach Umschalten zum Fahren nutzen. Nach dem Umschalten fährt das Auto mit dieser Energie mit hoher Geschwindigkeit ca. 50m, 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). Zum Fahrzeug gibt es zusätzlich einen Bau- und eine Experimentieranleitung!

Technische Daten:

Fahrzeug

Fahrzeuglänge: 85 mm
Fahrzeugbreite: 65 mm
Fahrzeughöhe: 43 mm

Antrieb

Mini- Elektromotor mit Untersetzungsgetriebe

Solarmodul

Modulmaß 60 x 60 mm
2 Solarzellen in interner Reihenschaltung
 $U_{oc} = 1,26 \text{ V} \quad I_{sc} = 480 \text{ mA}$

Experimente mit Anleitung

1. Photovoltaik- Experimente mit dem Solarmodul
2. Experimente zur solaren Elektromobilität

Energiespeicher: Superkondensator 10F

Bauanleitung



Experimentier-Anleitung



Die Bedienungsanleitung: Im Normalfall ist der Schalter in Mittelposition AUS

Aufladen: Sie gehen mit dem Fahrzeug hinaus ins helle Tageslicht und richten die Solarzelle zur Sonne aus und schalten den Schalter nach **rechts zur Position L (= Laden)**, Ladezeit ca. 1-3 min. Lichtquellen im Innenraum: Halogenlampen, Overheadprojektor, Rotlichtlampe. Outdoor das normale Tageslicht, strahlender Sonnenschein oder bedeckter Himmel. **Nach dem Laden Schalter wieder auf Mittelposition stellen!**

Fahren: Das Fahrzeug wird auf eine ebene Boden- oder Tischfläche gestellt und der Schalter nach **links auf Position F (= Fahren)** gestellt, es fährt zügig davon!

Das Fahrzeug wird als Bausatz geliefert, für Anfänger nicht geeignet!

Notwendige Werkzeuge für den Bausatzbau:

Kreuzschlitzschraubendreher (in Bausatz enthalten), Spitzzange oder Pinzette, Lötstation mit bleifreiem Lötzinn. Für die Experimente der Experimentieranleitung wird ein Multimeter mit 2 Laborkabeln und 2 Krokodilklemmen benötigt. Optional: Steckschlüssel für Muttern M2, Spitzzange.

Der Solar- Streetscooter – Ein Forschungsprojekt des ISFH

Als Forschungsprojekt für die solare Elektromobilität wird am ISFH derzeit ein Solar- Streetscooter eingesetzt und im Fahrbetrieb mit vielen Sensoren vermessen. Die solare Modulleistung (15 Module!) liegt bei max. 2,18 kW, sie reicht nicht zum autarken Fahrbetrieb, sie dient zur Reichweitenverlängerung von derzeit ca. 20- 25% bei den solaren Strahlungsbedingungen in Norddeutschland.

PV- Module auf Tesla-Fahrzeug zum Ausklappen für 30km Reichweiterehöhung.



In der realen E- Auto- Welt gibt es zunehmend Fahrzeuge mit integrierten Solarmodulen zur Ladung der Fahrzeugbatterie. Durch die begrenzte Solarmodulfläche auf einem Fahrzeug kann das Auto am Tag ca. 10-25% der elektrischen Energie durch Solarladung bekommen.



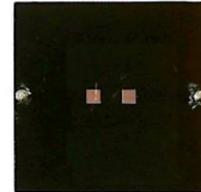
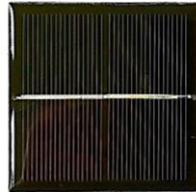
Der QR-Code führt zum wissenschaftlichen Abschlussbericht des ISFH zum Projekt Streetscooter



Das Solarmodul auf dem Solarflitzer turboSC SUSEmod8- ein leistungsstarkes und robustes 1,26 V- Solarmodul für Photovoltaik- Experimente

Das Solarmodul SUSEmod8 enthält 2 Solarzellen in interner Reihenschaltung.

Modulgröße 60mm x 60mm,
2 Solarzellen mit je 26mm x 52mm
Links: Vorderseite des Solarmoduls
Rechts: Rückseite des Solarmoduls



Das Solarmodul SUSEmod8 enthält 2 Solarzellen (1,26V/480mA) in interner Reihenschaltung. Die Solarzellen sind bruchsicher eingebettet in eine Kunststoffplatte der Größe 60mm x 60mm.

Die Oberseite über der Solarzelle ist hochtransparent mit Epoxidharz beschichtet. Auf der Rückseite befinden sich 2 Lötkontakte zum Anlöten der Plus- und Minusleiter.

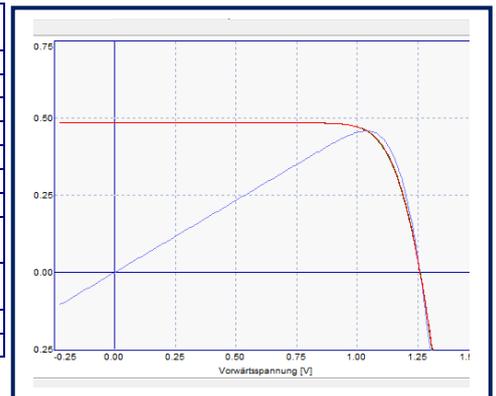
Das Solarmodul kann rückseitig mit doppelseitigem Klebeband oder mit Klebstoff auf glatte Oberflächen aufgeklebt werden. Im Lieferzustand ist die Vorderseite mit einer Schutzfolie bedeckt, diese wird vor Erstgebrauch entfernt.

Modul: Kunststoffträger 60mm x 60mm mit hochtransparenter Oberfläche, mechanisch sehr robust

Solarzellen: 2 hochwertige monokristalline Solarzellen 26mm x 52mm in interner Reihenschaltung

Technische Daten bei einer Einstrahlung von $S = 1000 \text{ W/m}^2$, $T = 25^\circ\text{C}$, $AM = 1,5$ gemessen im Flasher- Labor des ISFH

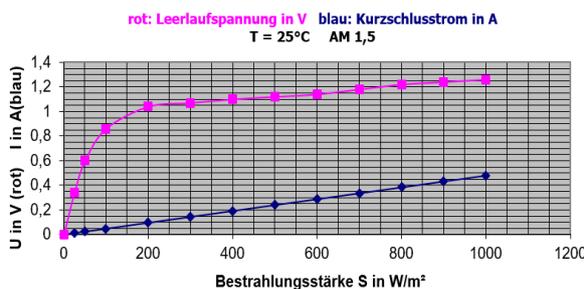
Physikalische Größe	Symbol	Zahlenwert	Physikalische Einheit	Bemerkungen
Maße der Solarzellen	s	2x 26 x 52	mm	2 Monokristalline Solarzellen
Leerlaufspannung	U_{oc}	1,26	V	Typisch für Silizium
Kurzschlussstrom	I_{sc}	0,48	A	Proportional zur Lichtintensität S
El. Leistung im MPP	P	0,475	W	bei Sonnenspektrum, AM 1,5
Wirkungsgrad (Zelle)	η	17,5	%	Wirkungsgrad der Energieumwandlung
Füllfaktor	FF	78,24	%	FF ist ein Qualitätsmerkmal
Stromdichte	j	35,6	mA/cm^2	j ist ein Qualitätsmerkmal
Temperaturverhalten Leerlaufspannung U_{oc}		- 0,36	% /K	Die Spannung mindert sich bei Erwärmung um 0,36% pro 1K
Temperaturverhalten Kurzschlussstrom I_{sc}		+ 0,06	% /K	Der Kurzschlussstrom vergrößert sich um 0,06 % pro 1K
Spannung im MPP	U_{MPP}	1,04	V	
Stromstärke im MPP	I_{MPP}	0,46	A	



Die U(S)- Kennlinie (rot) und die I(S)- Kennlinie (blau)

Die Kennlinien zeigen die Abhängigkeiten der Leerlaufspannung U (e- Funktion) und des Kurzschlussstroms I (lineare Funktion) von der Bestrahlungsstärke S (Intensität des Lichts) 0 = absolute Dunkelheit 1000 = strahlender Sonnenschein im Sommerhalbjahr bei tiefblauem Himmel

Kennlinien U(S) und I(S) des Solarmoduls SUSEmod8



Die I(U) und die P(U)- Kennlinie

Die rote I(U)- Kennlinie zeigt die Abhängigkeit des Solarzellenstroms von der Solarzellenspannung bei einer ohmschen Belastung der Solarzelle. Der Schnittpunkt mit der x- Achse ist die Leerlaufspannung U_{oc} der Solarzelle, der Schnittpunkt mit der 0.00- Achse ist die Kurzschlussstromstärke. Die Leistungskurve (blau) zeigt im Maximum den Punkt der maximalen Leistung, den Maximum-Power-Point MPP.

Experimentieranleitungen im Niveau für Klassenstufen 8 - 13 via nils@isfh.de oder info@sundidactics.de



Bauanleitung für den Solarflitzer turboSC

Elektrofahrzeug mit integriertem Solarmodul + Superkondensator-Speicher 10F



Der Selbstbau ist niveauvoll und für Anfänger nur mit Lehrkraft- Anleitung geeignet!



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 $C=10F$ angeordnet, er kann die vom Solarmodul gelieferte elektrische Energiemenge von 8J speichern und nach dem Umschalten zum Fahren nutzen.

Nach dem Umschalten fährt das Auto mit dieser Energie ca. 50m, 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 eigenen Solarmodulen als Energiequelle.

Fahrzeug

Fahrzeuglänge: 80 mm
Fahrzeugbreite: 65 mm
Fahrzeughöhe: 43 mm

Antrieb

Mini- Elektromotor mit
Untersetzungsgetriebe
Energiespeicher
Superkondensator 10F
= SuperCap

Solarmodul

Modulmaß 60 x 60 mm
2 Solarzellen in interner Reihenschaltung
 $U_{oc} = 1,26 \text{ V} \quad I_{sc} = 480 \text{ mA}$
Bei Standard- Testbedingungen
 $S = 1000 \text{ W/m}^2, T = 25^\circ\text{C}, AM = 1,5$



Die Bauanleitung

1. Notwendige Bauteile:

Tüte 1: 1x Basisbausatz Solarflitzer (incl. grüne Platine mit Betriebsschalter mit 3 Kabeln rot, grün, gelb + SuperCap 10F)

Tüte 2: 1x Solarmodul SUSEmod8 mit 2 Anschlusskabeln rot+, schwarz-, 1x Holzklötz 20 x 20 mm mit 2x Klebepad selbstklebend, 4x Lötösen + 4x silberne Schrauben M2 + 4x silberne Mutter M2.

2. Notwendige Werkzeuge:

Kreuzschlitzschraubendreher (im Bausatz enthalten),
Spitzzange, Pinzette, Lötstation mit bleifreiem Lötzinn,
optional Steckschlüssel M2

3. Der Selbstbau in 6 Arbeitsschritten:

Arbeitsschritt 1: Montage der Achsenwinkel, der 4 Lötösen und der Motorschelle (Foto 1).

Anschrauben der 4 Achsen- Winkel mit je 2 schwarzen Schrauben und Muttern. Schrauben fest anziehen, evtl. beim Anziehen Muttern mit Spitzzange oder Steckschlüssel festhalten! Die Motorschelle wird mit der inneren schwarzen Schraube **X** des Achsenwinkels vorne rechts gemeinsam mit dem Achsenwinkel verschraubt. Die 2. schwarze Schraube links kommt erst nach dem Motor- Einbau.

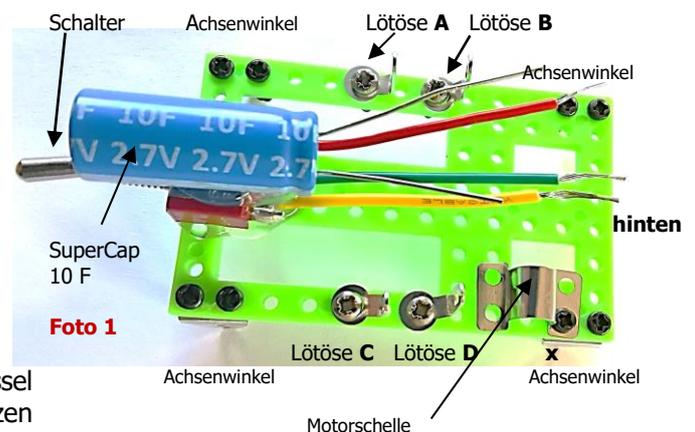
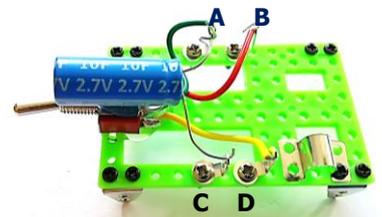


Foto 1: Die grüne Basisplatte mit den 4 Achsenwinkeln, Schalter, Superkondensator, 4 Lötösen, Motorschelle

Montage der 4 Lötösen A, B, C, D (siehe Foto 1!) Jeweils in das 5. und das 7. Loch am Rande des grünen Trägers wird eine Lötöse aufgelegt, von oben eine kleine silberne Schraube M2 durchgesteckt und von unten eine silberne Mutter aufgedreht, Schraube fest anziehen, die Lötösen **zeigen nach hinten und werden schräg hochgebogen.**

Arbeitsschritt 2: Kabelmontage (siehe Foto 2)

Nun werden die 3 Kabel des Schalters an die Lötösen montiert, blanke Kabelspitze durch Lötöse stecken und umbiegen! An Lötöse **B** das rote Kabel, an **D** das gelbe Kabel und an **A** das grüne Kabel. Anschließend werden die Drähte des Superkondensators montiert, durchstecken und umbiegen, **Pluspol an A**, **Minuspol an C**! **Der Minuspol ist auf dem Kondensator deutlich markiert!**



Arbeitsschritt 3: Montage der Vorderachse, Montage des Motors mit Schelle + Löten

Wie die Fotos 3/3a zeigen, wird die Vorderachse montiert, es ist auf leichten Lauf zu achten, der gelbe Achsenstopper sollte nicht zu eng am Winkel anliegen, die Achse soll sich immer leicht drehen! Der Solarmotor wird unter die Schelle geschoben und diese dann mit einer weiteren Schraube/Mutter durch Loch 9 verschraubt. Beide Schrauben werden fest angezogen der Motor lässt sich in der Schelle noch etwas justieren, **das kleine weiße Zahnrad soll gut in das große weiße Zahnrad eingreifen, die Vorderachse soll sich immer leicht drehen lassen!**

Nun wird das rote oder weiße Pluskabel des Motors zusammen mit dem gelben Kabel an Lötöse D gesteckt und umgebogen, das schwarze oder blaue Minuskabel wird in Lötöse C gesteckt und umgebogen. Nun können die Drähte in den Lötösen A und D verlötet werden, bei B und C kommt jeweils noch 1 Draht dazu, dann erst löten!

Foto 2: Montage der 3 Kabel- Drähte Superkondensator

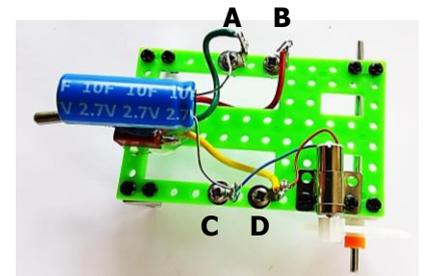
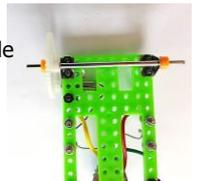


Foto 3 Motoreinbau mit Schelle

Foto 3a Vorderachse von unten



Arbeitsschritt 4: Montage des farbigen Holzwürfels und des Solarmoduls (Fotos 4+5)

Am farbigen Holzwürfel wird eine Schutzfolie abgezogen und der Würfel fest zwischen Motor und Schalter auf den Mittelsteg aufgeklebt, Kabel evtl. zur Seite schieben!

Nun wird die obere Schutzfolie abgezogen und das Solarmodul SUSEmod8 aufgeklebt (siehe Fotos 4/5). Das schwarze Minuskabel ist auf Seite der Zahnräder, das rote Pluskabel auf Seite der Lötöse B mit dem roten Schalterkabel. Das schwarze Minuskabel wird in die Lötöse C gesteckt und umgebogen, das rote Pluskabel in die Lötöse B. Die Kabel in Lötösen B und C können nun verlötet werden.

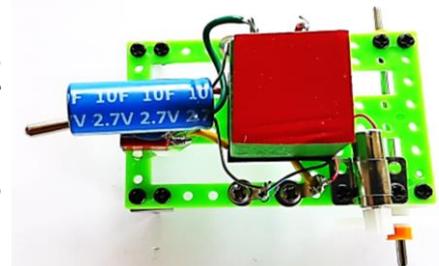


Foto 4

Arbeitsschritt 5:

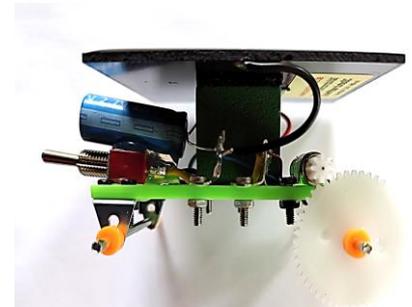
Montage der Hinterachse und der 4 Räder

Die Hinterachse wird durch die beiden Winkel gesteckt, anschließend von beiden Seiten die orangenen Achsenringe aufgesteckt, nicht zu eng aufstecken, ca. 0,5 mm Abstand lassen, die Achse muss sich immer leicht drehen!!

Nun werden auf alle 4 Achsenenden die Räder aufgedrückt.

Achtung: Die Achsen müssen sich auch nach Montage der Räder immer leicht drehen!! evtl. die orangenen Achsenstopper leicht korrigieren!

Foto 5 Seitenansicht



Arbeitsschritt 6: Test und Tipps

Schalterfunktion:

Schalter nach rechts, Position L: Aufladen des Speicherkondensators mit Licht
Schalter Mitte: AUS

Schalter nach links, Position F: Fahren des Fahrzeugs.

Testfahrt: Stelle das Fahrzeug Outdoor in den strahlenden Sonnenschein oder in das natürliche Tageslicht. Im Innenraum kann die Solarzelle mit einer Halogen-, Rotlichtlampe oder Overheadprojektor bestrahlt werden, LED Lampen sind ungeeignet!

Stelle nun den Schalter auf L Laden, der Ladevorgang dauert je nach Lichtintensität 1-2 Minuten. Stelle den Schalter nun auf Mitte **AUS**. Stelle das Fahrzeug auf eine glatte Boden- oder Tischfläche und **schalte auf F Fahren**, das Fahrzeug muss zügig davonfahren. Wenn es nicht zügig fährt, überprüfe die Leichtgängigkeit der Achsen, die elektrischen Kontakte oder der Sitz und Spiel der beiden Zahnräder! Die betreuende Lehrkraft hilft Dir bei Problemen!

Tipps: 1. An die 12 Muttern an der Unterseite je ein kleines Tröpfchen Klebstoff geben, dadurch werden sie fest fixiert! 2. Gib etwas Silikon- Öl an die 4 Achsendurchgänge durch die Winkel und an die Berührungstelle der beiden Zahnräder, das Auto fährt deutlich schneller!

3.7 Messungen und Experimente:

Mit dem Fahrzeug Solarflitzer turboSC, und den beiden Solarmodulen lassen sich mit der Experimentieranleitung umfangreiche Experimente zur Photovoltaik und zur Elektromobilität durchführen. Hierzu werden ein Multimeter und zwei Laborkabel mit Krokodilklemmen benötigt.

Das kleine Solarmodul wird für das Fahrzeug nicht benötigt, an seinen Pluspol wird der rote Leiter angelötet, an den Minuspol der schwarze Leiter, damit können weitere Experimente durchgeführt werden.

QR Experimentieranleitung





Experimente mit dem SUSE Solarflitzer turboSC

Experimente mit dem Solarfahrzeug und Photovoltaik- Experimente mit dem Solarmodul



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 Superkondensator 10F als Energiespeicher angeordnet, er kann die vom Solarmodul gelieferte Energiemenge von 8J speichern und nach dem Umschalten zum Fahren nutzen. Nach dem Umschalten fährt das Auto mit dieser Energie ca. 50m, 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:

Die 7 Experimente

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!

Wieviel Energie speichert der Superkondensator nach dem Auftanken?

Für die Energie W eines geladenen Kondensators gilt: $W = \frac{1}{2} CU^2$. Die Kapazität C ist auf dem Superkondensator aufgedruckt, die Spannung U ist 1,26 V, die max. Spannung der beiden Solarzellen.

Berechne die gespeicherte Energie W in J:.....

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 $s = 2\text{m}$ 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.

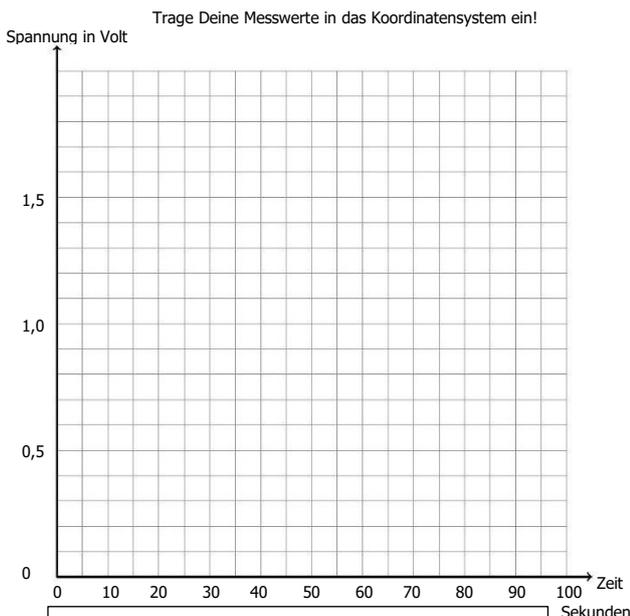
An den Speicherkondensator werden an den Lötösen **A(+)** und **C(-)** mit Krokodilklemmen 2 Laborkabel angeklemmt (siehe Foto), das Multimeter wird in Messbereich 20V DC geschaltet.

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									



Du kannst die Ladekurve auch mit einem Interface- System wie CassyLab oder Vernier aufnehmen! Über den QR- Code findest Du ein Foto der Kennlinienaufnahme

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

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

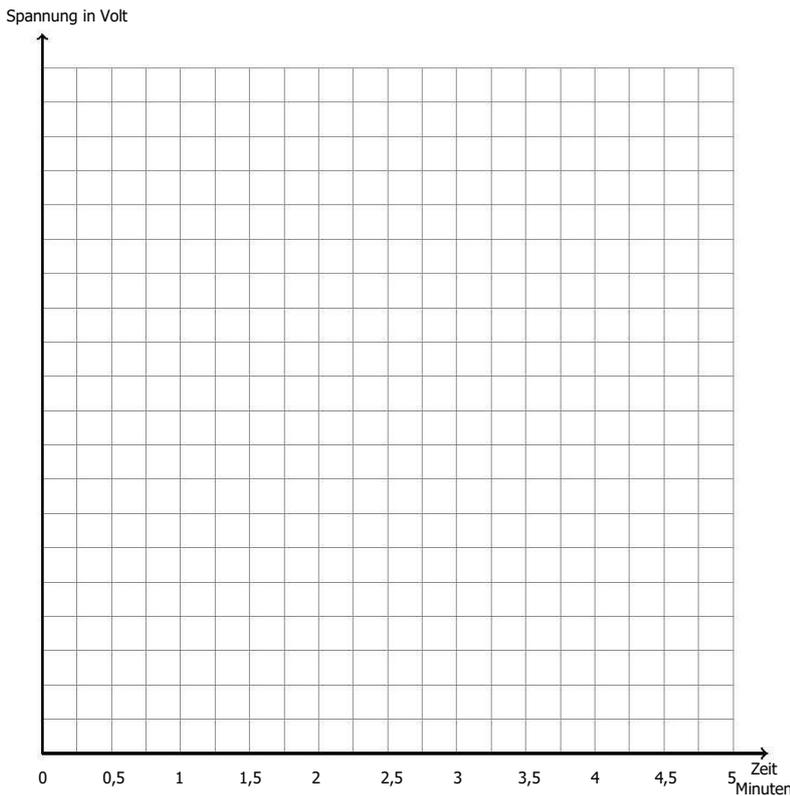
4. Experimente zum Entladen des Speicherkondensators beim Fahren

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!

Auch die Entladekurve kannst Du mit Cassylab oder Vernier aufnehmen, der QR- Code zeigt die Entladekurve.



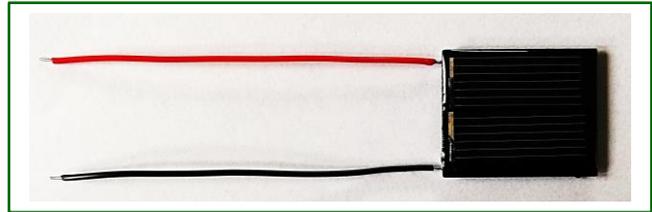
5. Messung der Solarzellenspannung und des Kurzschlussstroms

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!

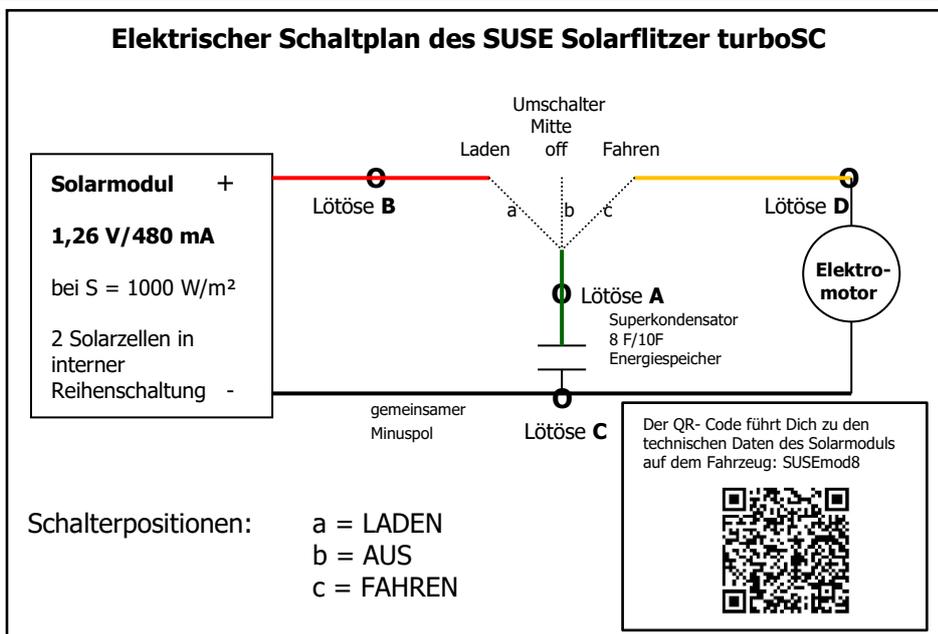
Was fällt Dir auf? Notiere Deine Beobachtungen und Ideen hier:

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.

Du kannst auch das kleine Solarmodul parallel zum großen Modul an das Fahrzeug anbauen, dann ist der Ladevorgang etwas schneller. Probiere Deine Ideen aus und berichte hier:

Notiere Deine Ideen und Experimente hier:



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** fließt der Ladestrom vom Solarmodul zum Speichercondensator.

Bei Schalterposition **b AUS** sind Solarmodul, Superkondensator und Elektromotor elektrisch getrennt.

Bei Schalterposition **c FAHREN** 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.

Aufladung des Solarflitzer turboSC auf einem Overheadprojektor als Lichtquelle. Die x- Achse ist die Zeit in s, die y- Achse die Spannung am Superkondensator. Bei $t = 3 \text{ s}$ wird der Schalter auf L gestellt, die Aufladung beginnt. Bei ca. 50s ist der Superkondensator voll aufgeladen mit $U = 1,2 \text{ V}$.

Aufgenommen mit Cassy- Lab im NILS-Labor des ISFH.

