SUNdidactics
SolarEnergyDidactics
SolarEducation
SolarEngineering
Photovoltaics + Solarthermal
innovative Solarsysteme für Schule und Ausbildung
innovative solar- systems for school, college, technical education

NILS ISFH
Kooperationspartner
cooperation partner
Lernwerkstatt NILS-ISFH
am Institut für Solarenergieforschung ISFH
An- Institut der Leibniz Universität Hannover
Solartechnik
Solardidaktik
Solare Wissenschaft
Solar technology Solar didactics Solar science

Photovoltaik-System
SUSE
Solartechnik
Experimentiergeräte
Solare Experimente
von der Grundschule bis zum Abitur
Solar technology Experimentation devices Solar experiments

BNE
Bildung für nachhaltige Entwicklung
Education for Sustainable Development

Solardidactic – Solarzellen - Solarmodule – PV- Experimentiergeräte – PV –Experimentieranleitungen - Solarthermie- Experimentiergeräte
didaktische Konzepte – Solarberatung – Fortbildung - solare Aus- und Weiterbildung - Solarspielzeug
Solardidactics + solar cells + solar modules + photovoltaic experiment devices + solar toys + solar education and training

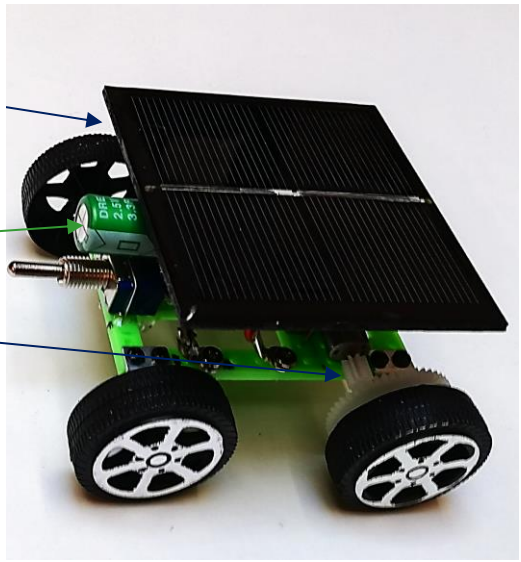
SUNdidactics Solar Systems Hildesheim, Germany
Phone: +49(0)5121 860730 Fax: +49(0)3222 3706689 Mail: info@sundidactics.de Mobile: +49(0)1757660607 Web: www.sundidactics.de skype: wolfschanz

Solare Elektromobilität Der Solarflitzer turboSC

Einsteiger- Solarfahrzeug mit Solarmodul und Speicherkondensator
Gerätebeschreibung und Betriebsanleitung

QR Solarflitzer turboSC

Auf der Oberseite Befindet sich das Solarmodul 1,26V/ 480 mA bei S = 1000 W/m². Links ist der Betriebsschalter Laden-Aus-Fahren, darüber der grüne Speicherkondensator, Kapazität 5F. Rechts unten erkennt man die weißen Zahnräder des Getriebes, dahinter den Elektromotor. An den Lötösen lassen sich mit einem Multimeter Messungen durchführen.



Mit einem Voltmeter lassen sich am Fahrzeug die Modulspannung, der Kurzschlussstrom sowie die Aufladung und die Entladung des Speicherkondensators messen und Messkurven erstellen. Hier wird bei der Aufladung der Messwert 1,20 V angezeigt.

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 V / I_{sc} = 480 mA). Links erkennt man den Betriebsschalter mit den 3 Positionen Laden-Aus-Fahren.

Über dem 3-Positions-Schalter ist der Speicherkondensator (Superkondensator 5F) angeordnet, er kann die vom Solarmodul gelieferte Energiemenge von 4 J speichern und nach Umschalten zum Fahren nutzen. Nach dem Umschalten fährt das Auto mit dieser Energie ca. 30m, 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 V I_{sc} = 480 mA

Energiespeicher: Superkondensator 5F

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

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**, Ladezeit ca. 2 min. Lichtquellen im Innenraum: Halogenlampen, Overheadproj, Rotlicht
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** gestellt, es fährt zügig davon!

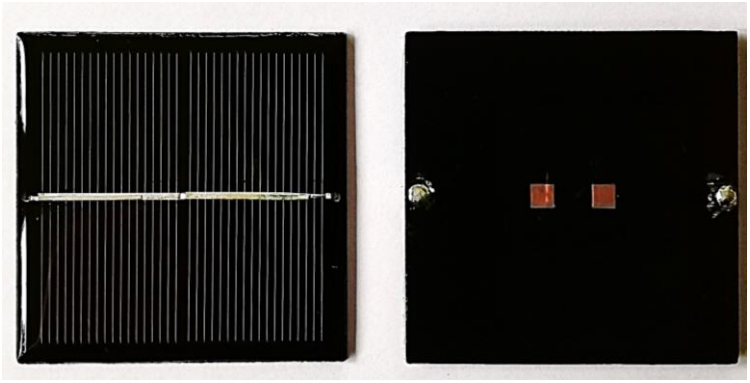
Das Fahrzeug wird als Bausatz geliefert, für Anfänger nicht geeignet! Notwendige Werkzeuge für den Bausatzbau:
Kreuzschlitzschraubendreher (in Bausatz enthalten), Spitzzange, Seitenschneider, Abisolierzange, Lötstation mit bleifreiem Lötzinn. Für die Experimente der Experimentieranleitung wird ein Multimeter mit 2 Laborkabeln und 2 Krokodilklemmen benötigt.

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%.

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

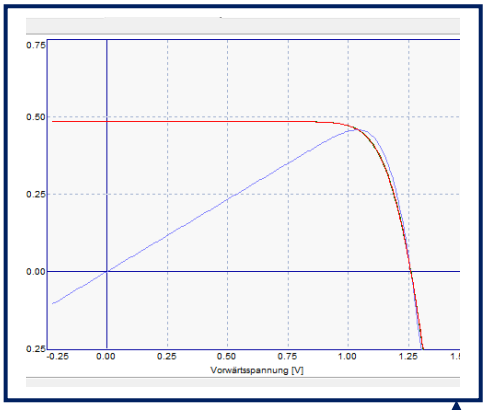


Technische Daten susemod8

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 W/m², T = 25°C, AM = 1,5 gemessen im Flasher- Labor des ISFH

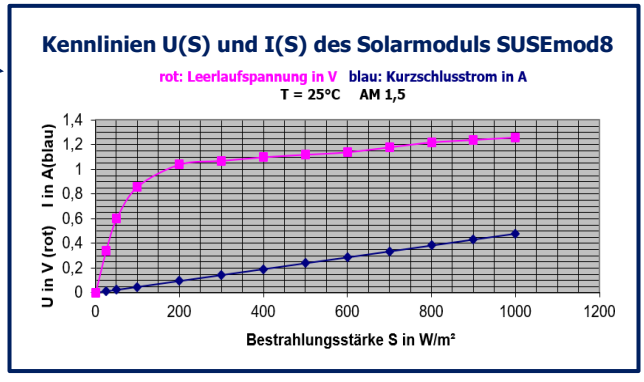
Physikalische Größe	Symbol	Zahlenwert	Physikalische Einheit	Bemerkungen
Maße der Solarzellen	s	2x 26 x 52	mm	2 Monokristalline Solarzellen
Leerlaufspannung	U_{oc}	1,26	V	Typisch für Silizium
Kurzschlussstrom	I_{sc}	0,48	A	Proportional zur Lichtintensität S
El. Leistung im MPP	P	0,475	W	bei Sonnenspektrum, AM 1,5
Wirkungsgrad (Zelle)	η	17,5	%	Wirkungsgrad der Energieumwandlung
Füllfaktor	FF	78,24	%	FF ist ein Qualitätsmerkmal
Stromdichte	j	35,6	mA/cm²	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 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.

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



NILS Niedersächsische Lernwerkstatt für solare Energiesysteme
am Institut für Solarenergieforschung ISFH Hameln Geschäftsführer Prof. Dr. R. Brendel
An- Institut der Leibniz Universität Hannover
Am Ohrberg 1 – D-31860 Emmerthal Tel.: 05151 999 100 Fax: 05151 999 400
email: nils@isfh.de web: www.nils-isfh.de www.isfh.de mobil: 0175 766 06 07 (W.R. Schanz)
Niedersachsen

Photovoltaik-System SUSE

Solarthermiesystem Wärme von der Sonne

innovative Solarsysteme für Schule und Ausbildung

Leibniz Universität Hannover

MINT Begabungsförderung in Hannover und Region www.mint-hannover-region.de

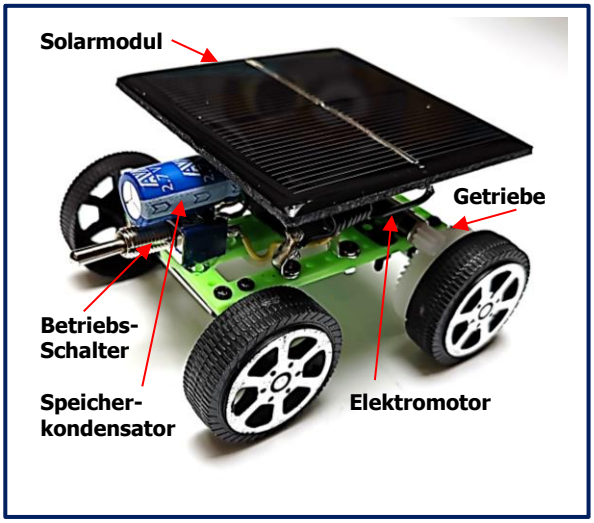
BNE Bildung für Nachhaltige Entwicklung

Bauanleitung für den Solarflitzer turboSCs

Elektrofahrzeug mit integriertem Solarmodul + Speicherkondensator

Einsteiger- Solarfahrzeug für SEKI und SEKII

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



Der Solarflitzer turbo SC

Versionen SCs und SCd

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 V / I_{sc} = 480 mA). Links erkennt man den Betriebsschalter mit den 3 Positionen Laden-Aus-Fahren.
Über dem Schalter ist der Speicherkondensator C= 5F angeordnet, er kann die vom Solarmodul gelieferte elektrische Energiemenge von 3,9 J speichern und nach dem Umschalten zum Fahren nutzen.
Nach dem Umschalten fährt das Auto mit dieser Energie ca. 30m, 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 als Energiequelle.

Technische Daten:

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

Antrieb
Mini- Elektromotor mit Untersetzungsgetriebe
Energiespeicher
Superkondensator 5F

odul
aß 60 x 60 mm
len in interner Reihenschaltung
:6 V I_{sc} = 480 mA
rd- Testbedingungen
V/m², T = 25°C, AM = 1,5

Technische Daten Solarmodul

Die Bauanleitung

1. **Notwendige Bauteile:** 1x Basisbausatz Solarflitzer (Platine mit angebautem Schalter mit 3 Kabeln), 1x Solarmodul SUSEmod8 mit 2 Anschlusskabeln rot+, schwarz-, 1x Holzklotz 20 x 20 mm mit 2x Klebepad selbstklebend, 4x Lötösen, 4x silberne Schrauben M2 + 4x silberne Mutter M2, 1 Speicherkondensator 5 F.

2. **Notwendige Werkzeuge:**
Kreuzschlitzschraubendreher (im Bausatz enthalten), Schraubendreher, Seitenschneider, Spitzzange, Lötstation mit bleifreiem Lötzinn, Pinzette

3. **Der Selbstbau in 6 Arbeitsschritten:**

3.1 **Arbeitsschritt 1: Montage der Winkel, 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 festhalten! Die Motorschelle wird mit der inneren schwarzen Schraube **X** des Achsenwinkels vorne rechts gemeinsam mit dem Achsenwinkel verschraubt.

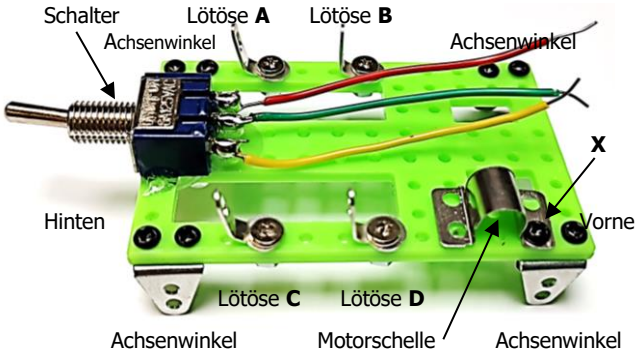


Foto 1: Die grüne Basisplatte mit den 4 Achsenwinkeln, Schalter und den 4 Lötösen

Montage der 4 Lötösen A, B, C, D (siehe Foto **1**!) Jeweils in das 4. 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 senkrecht hochgebogen.

Arbeitsschritt 2: Lötarbeiten 1 (siehe Foto **2**)
Nun werden die 3 Kabel des Schalters an die Lötösen gelötet, Kabel evtl. kürzen! An Lötöse **B das rote Kabel** löten, an **D das gelbe Kabel** und an **A das grüne Kabel**. Anschließend wird der Speicherkondensator verlötet, **Pluspol an A**, **Minuspol an C**, Pole nicht vertauschen, bei Falschpolung wird der Speicherkondensator zerstört, der Minuspol ist auf dem Kondensator deutlich markiert! Mit etwas Sekundenkleber o.ä. kann der Kondensator auf dem Schalter fixiert werden.

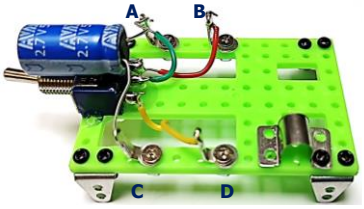


Foto 2: Montage der 3 Kabel an die zugehörigen Lötösen + Montage des Speicherkondensators

3.3 Arbeitsschritt 3: Montage der Vorderachse, Montage des Motors mit Schelle + Lötarbeiten 2
Wie die Fotos **3/3a** zeigen, wird die Vorderachse montiert, es ist auf leichten Lauf zu achten, die gelben Achsenstopper sollen nicht zu eng am Winkel anliegen, die Achse soll sich immer leicht drehen! Die beiden Kabel, die Solarmotor und Solarzelle verbinden, werden an der Solarzelle abgelötet, das Pluskabel ist rot markiert! Diese kleine Solarzelle wird dann hier nicht mehr benötigt und kann für weitere Experimente verwendet werden. 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 **Pluskabel des Motors an Lötöse D** gelötet und **das Minuskabel des Motors an Lötöse C**.

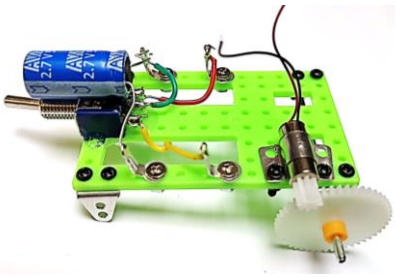


Foto **3**
Motoreinbau mit Schelle

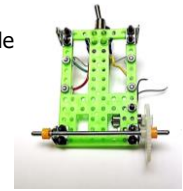


Foto **3a** Vorderachse

3.4 Arbeitsschritt 4: Montage des Holzwürfels und des Solarmoduls (Fotos **4+5**)
Der Holzwürfel kann an den 4 Seitenflächen bemalt werden, beim Musterauto wurde er schwarz bemalt. Unten wird die Schutzfolie abgezogen und der Würfel fest zwischen Motor und Schalter auf den Mittelsteg aufgeklebt.
Nun wird die obere Schutzfolie abgezogen und das Solarmodul SUSEmod8 aufgeklebt (siehe Fotos **4/5**). Das schwarze Minuskabel ist in Fahrtrichtung rechts auf Seite der Zahnräder, das rote Pluskabel in Fahrtrichtung links. Nach dem Aufkleben die transparente Schutzfolie auf dem Solarmodul entfernen! Das **schwarze Minuskabel** wird an die **Lötöse C gelötet,** das **rote Pluskabel** an die **Lötöse B.**

3.5 Arbeitsschritt 5:
Montage der Hinterachse und der 4 Räder
Die Hinterachse wird durch die beiden Winkel gesteckt, anschließend von beiden Seiten die orangen Achsenringe aufgesteckt, nicht zu eng aufstecken, die Achse muss sich immer leicht drehen!!
Nun werden auf alle 4 Achsenenden die Räder aufgedrückt, die Achsen müssen sich auch nach Montage der Räder leicht drehen!! Das kleine weiße Zahnrad darf den Reifen nicht berühren!

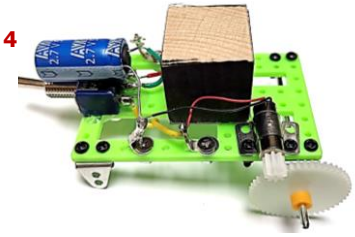
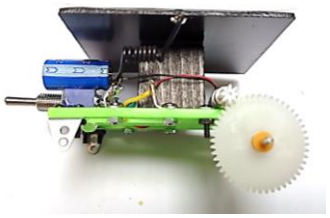
Foto **4**


Foto **5** Seitenansicht

3.6 Arbeitsschritt 6: Test
Schalterfunktion:
Schalter nach **rechts**, **Position L** : **Aufladen** des Speicherkondensators.
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- oder Rotlichtlampe bestrahlt werden**.**



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 nun auf eine glatte Boden- oder Tischfläche und **schalte auf F Fahren**, das Fahrzeug muss nun zügig davonfahren. Wenn es nicht zügig fährt, überprüfe die Leichtgängigkeit der Achsen, die elektrischen Kontakte oder der Sitz und Spiel der beiden Zahnräder!

3.7 Messungen und Experimente:
Mit dem Fahrzeug und dem Solarmodul lassen sich **mit der Experimentieranleitung** umfangreiche Experimente zur Photovoltaik und zur Elektromobilität durchführen. Hierzu werden ein Voltmeter und zwei Laborkabel mit Krokodilklemmen benötigt.

QR Experimentieranleitung

NILS Niedersächsische Lernwerkstatt für solare Energiesysteme
am Institut für Solarenergieforschung ISFH Hameln Geschäftsführer Prof. Dr. R. Brendel
An- Institut der Leibniz Universität Hannover
Am Ohrberg 1 – D-31860 Emmerthal Tel.: 05151 999 100 Fax: 05151 999 400
email: nils@isfh.de web: www.nils-isfh.de www.isfh.de mobil: 0175 766 06 07 (W.R. Schanz)

Niedersachsen

Photovoltaik-System SUSE

Solarthermiesystem Wärme von der Sonne

innovative Solarsysteme für Schule und Ausbildung

Leibniz Universität Hannover

MINT Begabungsförderung in Hannover und Region www.mint-hannover-region.de

BNE Bildung für Nachhaltige Entwicklung

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 V / I_{sc} = 480 mA). Links erkennt man den Betriebsschalter mit den 3 Positionen Laden-Aus-Fahren.
Über dem Schalter ist der Speicherkondensator (C= 5 F) angeordnet, er kann die vom Solarmodul gelieferte Energiemenge von 3,97 J speichern und nach dem Umschalten zum Fahren nutzen.
Nach dem Umschalten fährt das Auto mit dieser Energie ca. 30m, 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/m²**
7. **Weitere Experimente und die elektrische Schaltung des Solarfahrzeugs**

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

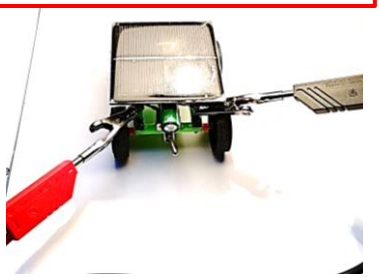
Markiere eine Messstrecke s von 2m und bestimme mit der Stoppuhr im Smartphone die **Zeit t für diese Strecke 2m.** Wenn Du nun die Messstrecke s = 2m durch die gemessene Zeit t teilst, bekommst Du die Geschwindigkeit v in der Maßeinheit m/s.

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:

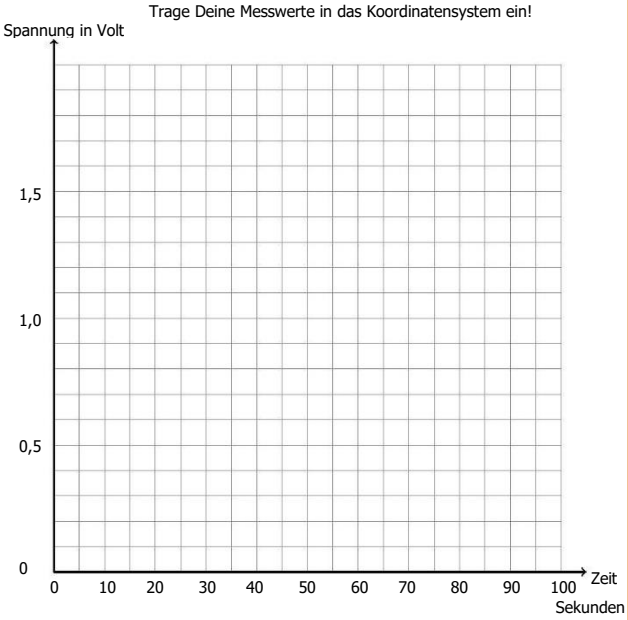


Die Aufladung kann mit einer Spannungsmessung beobachtet und gemessen werden.
An den Speicherkondensator werden an den Lötösen **A(+)** und **C(-)** mit Krokodilklemmen 2 Laborkabel angeklemmt (siehe Foto), das Multimeter wird in Messbereich 20V DC geschaltet.
Vor dem Aufladen verbinde die beiden Kabel 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**									

Trage Deine Messwerte in das Koordinatensystem ein!



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

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

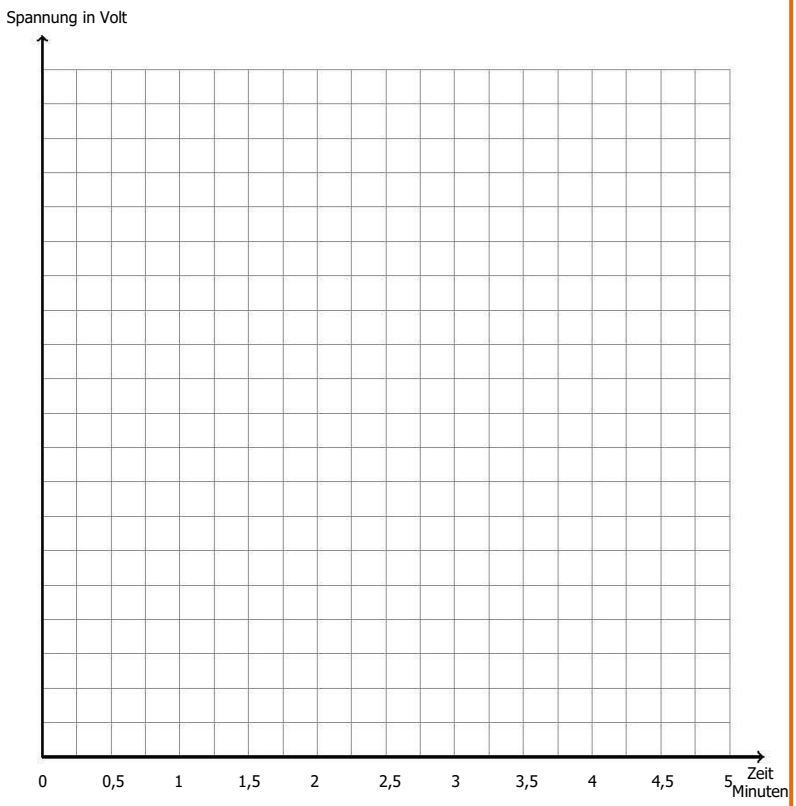
4. Experimente zum Entladen des Speicherkondensators des beim Fahren

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!



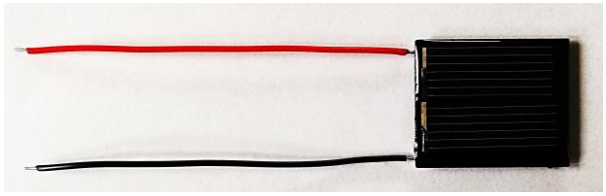
- Welche Energieumwandlungen finden beim Entladen statt?
- Wie lange dauert das vollständige Entladen?
- Der Energiespeicher ist ein Superkondensator, wie unterscheidet er sich von einem Akku?

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 den 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!

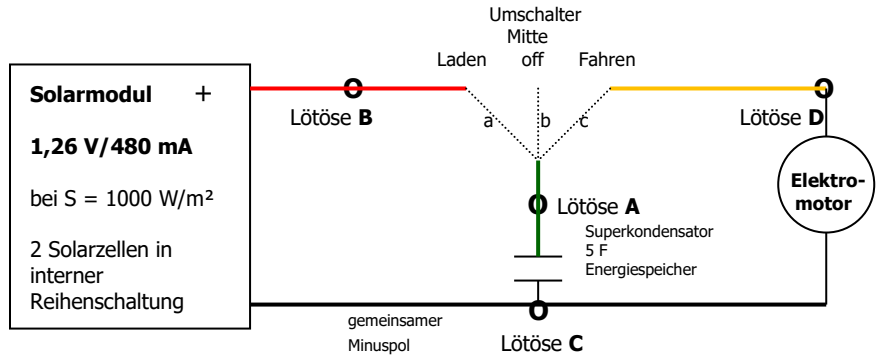
Was fällt Dir auf? Notiere Deine Beobachtungen und Ideen hier:

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:

Elektrischer Schaltplan des SUSE Solarflitzer turboSC



Schalterpositionen:
a = LADEN
b = AUS
c = FAHREN

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.