



**Photovoltaik-System**  
**SUSE**

innovative Solarsysteme für Schule und Ausbildung

**Solarthermiesystem**  
**Wärme von der Sonne**



# SUSE-E-Solarfahrzeuge 1 + 4

**E-Solarfahrzeuge mit GoldCap- Energiespeicher (ohne eigene Solarzelle) zum Aufladen an einer Solartankstelle**

**U<sub>max</sub> = 2,5 V Antrieb mit SUSE- Solarmotor und 1- stufigem Getriebe**

Lernstation  
**D13**

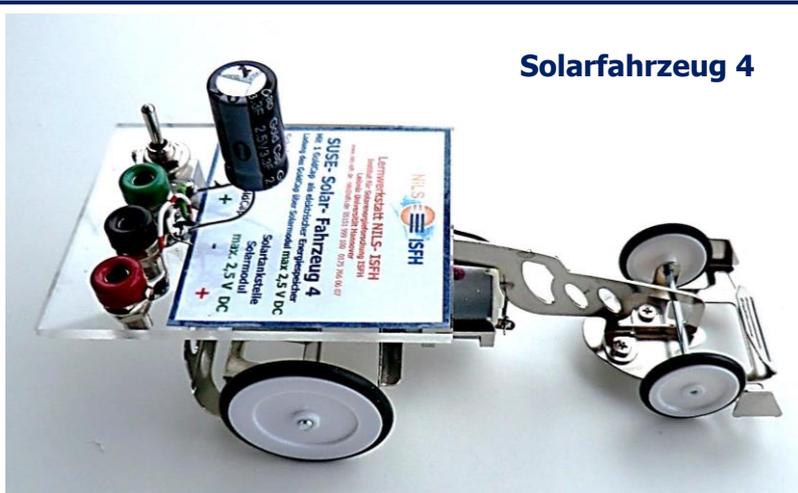
Experimentieranleitung DE



## Gerätebeschreibung und Experimente

**Besonders geeignet für Solartankstelle SUSE 4.34**

**Solarfahrzeug 4**



**Ansicht auf das Fahrzeug von oben:**

**Oben** befindet sich die Elektronik-Platine mit dem elektrischen Energiespeicher (GoldCap), dem Betriebsschalter und den 3 Buchsen.

An das rot (+)- schwarze(-) Buchsenpaar lassen sich zum Laden des GoldCaps Laborkabel einstecken, die grüne Buchse ist eine Messbuchse für die Messung der elektrischen Spannung am GoldCap.

Unter der Platine befindet sich der Solar- Elektromotor und das einstufige Getriebe zum Antrieb der Hinterachse.

**Der Schalter hat 3 Positionen:**

**Nach hinten geschaltet: Aufladen des GoldCap**

**Mitte: AUS**

**Nach vorne geschaltet: Fahren des Fahrzeugs**

**Solarfahrzeug 1**



**Solartankstelle SUSE 4.34**  
**2,4 V / 630 mA**

Das Fahrzeug hat keine eigene Solarzelle, sondern wird vor der Fahrt an einer Solartankstelle „getankt“, dabei wird der elektrische Energiespeicher GoldCap (Kondensator mit sehr hoher Kapazität) mit **max. 2,5 V DC aufgeladen** und elektrische **Energie bis zu 10 J** gespeichert.

Mit einer Ladung fährt das Auto mit **hoher Geschwindigkeit ca. 50 m**. Je nach Lichtintensität (= Bestrahlungsstärke S) dauert der Ladevorgang nur eine Minute bis wenige Minuten.

So kann das Fahrzeug auch bei sehr stark bedecktem Himmel geladen werden, ein reines Solarzellen-Fahrzeug würde bei diesen Lichtverhältnissen nicht mehr fahren. Mit dem Fahrzeug lassen sich umfangreiche Experimente (z.B. Kondensator- Auf und Entladung) durchführen.

Zum Aufladen des GoldCap werden an die Buchsen Laborkabel eingesteckt, die zum Solarmodul führen.

Der **Betriebsschalter hat 3 Positionen:**

**1. Laden** (Charge)

**2. AUS** (OFF)

**3. Fahren** (Drive)

Der Auflade- oder Entladevorgang am GoldCap lässt sich durch eine Spannungsmessung an der grünen Buchse (GoldCap +) oder durch eine Stromstärkemessung in der Zuleitung vom Solarmodul beobachten und messen. Das Fahrzeug kann auch mit einer 1,5 V Mignon- Batterie aufgeladen werden.

Für das **Aufladen** an bis zu **4 Solarzellen in Reihenschaltung** ist das Fahrzeug mit 1 GoldCap ausgestattet. Besonders geeignet als Solartankstelle 2,5 V ist das Solarmodul **SUSE 4.34** oder **4 Solarmodule SUSE CM6B** in Reihenschaltung.

Zum **Aufladen des GoldCap** werden an das rot-schwarze Buchsenpaar Laborkabel eingesteckt, die zum Solarmodul führen. Der Auflade- oder Entladevorgang an den GoldCaps lässt sich durch eine Spannungsmessung am GoldCap (grün- schwarzes Buchsenpaar) oder durch eine Stromstärkemessung in der Zuleitung vom Solarmodul beobachten und messen.

## Experimente mit den Solarfahrzeugen 1+4

Der GoldCap ist ein Energiespeicher, der auf maximal 2,5 V DC aufgeladen werden kann. Bei  $U = 2,5 \text{ V}$  ist die **gespeicherte Energie** nach  $W = \frac{1}{2} CU^2 = 10 \text{ J}$  und die gespeicherte Ladung  $Q=C*U = 4,125\text{As}$ .

In der **Praxis der realen Solarfahrzeuge** wird es nie Autos geben, die selbst mit Solarzellen oder Solarmodulen bestückt sind. Die Fahrzeuge werden immer einen elektrischen Energiespeicher an Bord haben, der mit elektrischer Energie aus dem Netz aufgeladen wird, idealerweise mit elektrischer Energie aus regenerativen Energiequellen.

**Mit dem SUSE- Solarfahrzeug 4 lässt sich im Modell diese Praxis durchführen:**

### Notwendige Experimentiergeräte für die Experimente

- 1 SUSE- Solarfahrzeug 4 oder Solarfahrzeug 1
- 1 Solarmodul mit 4 Solarzellen in Reihenschaltung oder Einzel- Solarzellen z.B. 1x SUSE 4.34 oder 4x SUSE- Solarmodule mit je 1 Solarzelle, z.B. SUSE CM6B oder CM6MS, **besonders geeignet: 2,5V- Solartankstelle SUSE 4.34** mit 2,5 V DC.
- 1 Lichtquelle, wenn der Versuch nicht im Freien mit natürlichem Licht durchgeführt wird: z.B. Grundgerät SUSE 4.0 oder Halogenstrahler 150 W oder Overheadprojektor
- 2 Laborkabel 1x rot + 1x schwarz
- 1 Multimeter für Messungen der Auf- und Entladung mit 2 Laborkabeln
- 1 Zollstock und 1 Stoppuhr (oder Stoppuhr im Smartphone) zur Bestimmung der Geschwindigkeit

### 1. Aufladen des GoldCap- Energiespeichers:

Mit einem Solarmodul mit max. 4 Solarzellen in Reihenschaltung oder mit der 2,5V- Solartankstelle SUSE 4.34 wird der GoldCap- Energiespeicher aufgeladen, dabei muss der **Schalter auf LADEN geschaltet** werden, dann ist der GoldCap- Energiespeicher elektrisch mit dem Polklemmenpaar verbunden. Vom Solarmodul wird das Pluskabel in die rote Buchse gesteckt, das Minuskabel in die schwarze Buchse des Fahrzeugs.

Je nach der Lichtintensität dauert der Auflade- Vorgang nur ca. 30 Sekunden bis wenige Minuten, der GoldCap- Energiespeicher lädt sich auf die Modulspannung auf. Mit einem Voltmeter am grün-schwarzen Buchsenpaar kann der Aufladevorgang beobachtet werden (Messbereich 20 V DC). Wenn die Spannung nicht mehr ansteigt, ist der GoldCap voll aufgeladen. Nun ist der Speicher aufgeladen, der Schalter wird auf die **Mittelposition AUS** geschaltet, damit sich der Energiespeicher nicht über das Modul entladen kann, wichtig! Die Kabel werden von den Buchsen wieder abgezogen.

## 2. Fahren des Fahrzeugs:

Das Fahrzeug wird auf den Boden gestellt, optimal wäre eine glatte Bodenfläche. Der Schalter wird auf **FAHREN** geschaltet, nun fährt das Fahrzeug mit hoher Geschwindigkeit los, wird allmählich langsamer und bleibt schließlich stehen. Die Fahrtstrecke beträgt je nach Bodenbeschaffenheit 50- ca.100 m.

## 3. Elektrische Messungen zur Ladung und Entladung:

**Achtung! Vor jeder Messung sollte der Kondensator vollständig entladen werden,**  
hierzu das grün- schwarze Buchsenpaar für **ca. 3 s kurzschließen!**

### 3.1 Spannungsmessung bei der Aufladung

Verwenden Sie ein Voltmeter im Messbereich 20 V DC.

Der GoldCap- Speicher sollte vor der Messung leer sein, schließen Sie ihn kurz (grün- schwarzes Buchsenpaar mit einem Kabel 3s verbinden!). Schalten Sie den Schalter anschließend in Mittelposition. Schließen Sie nun an das rot- schwarze Buchsenpaar (rot +, schwarz -) die beiden Kabel des Solarmoduls und die beiden Kabel des Voltmeters polrichtig an. Das Voltmeter zeigt nun die aktuelle Modulspannung an. Schalten Sie nun auf „Laden“ indem Sie den Schalter nach hinten kippen. Die Spannung wird sich minimieren und dann bei der Aufladung langsam erhöhen, bis die Modulspannung wieder erreicht ist, dann ist der Energiespeicher voll aufgeladen. Diese Spannungsänderung in Abhängigkeit zur Zeit lässt sich auch gut mit einem PC- Interface messen, um eine Ladekurve zu erhalten.

### Aufladung des GoldCap- Energiespeichers Messung der Ladespannung in V

**Die Experimentdaten können auch mit Excel o.ä. verarbeitet werden!**

t in s Zeit	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
U in V Spannung														

Der Graph kann auf das beigefügte mm- Papier gezeichnet oder mit Excel dargestellt werden.

**Erläutern Sie die Ergebnisse hier:**

### 3.2 Spannungsmessung bei der Entladung

Eigentlich müsste das Voltmeter mitfahren, das ist unpraktisch, daher bocken wir das Fahrzeug auf, so dass sich die Räder frei drehen können und schließen das Voltmeter mit Krokodilklemmen an das grün- schwarze Buchsenpaar des GoldCap- Energiespeichers.

Nun schalten wir den Schalter nach vorne, der GoldCap- Energiespeicher entlädt sich über den Elektromotor, die Spannung sinkt allmählich von der Modulspannung bis auf 0, bei ca. 0,4 V bleibt der Motor stehen, die Entladung geht aber über die Spule im Motor weiter bis auf 0V.

#### Entladespannung in V

t in s Zeit	0	30	60	90	120	180	240	300	360	420	480	540	600
U in V Spannung													

Der Graph kann auf das beigefügte mm- Papier gezeichnet oder mit Excel dargestellt werden.

**Erläutern Sie die Ergebnisse hier:**

### 3.3 Stromstärkemessung bei der Aufladung

Vor der Messung soll der GoldCap vollständig entladen werden. Dann wird in die Plusleitung vom Solarmodul ein Amperemeter im Messbereich 10A eingeschleift, schalten Sie den Schalter anschließend in Mittelposition. Schließen Sie an das rot- schwarze Buchsenpaar die beiden Kabel des Solarmoduls an. Das Amperemeter zeigt anfangs 0A an da die Ladung noch nicht begonnen hat. Schalten Sie nun auf „Ladung“ indem Sie den Schalter nach hinten schalten. Die Stromstärke ist sofort groß (zu Beginn der Kurzschlussstrom des Solarmoduls) und wird allmählich kleiner bis auf 0, dann ist der GoldCap Energiespeicher voll aufgeladen. Auch dieser Stromstärkeverlauf lässt sich gut mit einem PC- Interface messen und graphisch darstellen.

#### Auflade- Stromstärke in A

t in s Zeit	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
I in A Stromstärke													

Der Graph kann auf das beigefügte mm- Papier gezeichnet oder mit Excel dargestellt werden.

**Erläutern Sie die Ergebnisse hier:**

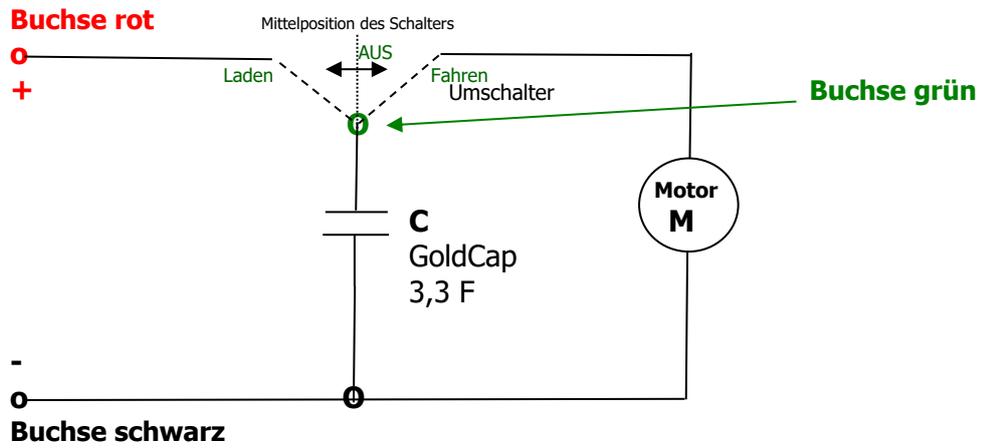
**Weitere Fragestellungen:**

1. Darstellung der Graphen zur Auf- und Entladung mit einem PC- Interface (Cassy oder Vernier), testen Sie diese Version im NILS – Labor, der NILS- Berater berät Sie gerne!
2. Wie lässt sich der Wirkungsgrad von der elektrischen Energie (im Speicher) zur mechanischen Energie (drehende Räder) bestimmen? Überlegen Sie einen Messaufbau! Bauen Sie einen Messstand auf und bestimmen Sie den Wirkungsgrad!
3. Wie lässt sich die Reichweite des Fahrzeugs verdoppeln? (Achtung, maximale Motorspannung 5 V DC!)  
Überlegen Sie sich eine Version. Bauen Sie nach Rücksprache mit einem NILS- Berater diese Version auf und testen Sie!
3. Wie lässt sich die Geschwindigkeit während der ersten 2m Testfahrt bestimmen? Überlegen Sie sich eine Version. Bauen Sie nach Rücksprache mit einem NILS- Berater diese Version auf und testen Sie!

**Erläutern Sie die Ergebnisse hier:**

**Achtung! Spannungen über 2,5 V DC oder falsche Polung zerstören den GoldCap Energiespeicher.**

## Die elektrische Schaltung des Fahrzeugs:



Auf den folgenden Seiten ist mm- Papier zum Zeichnen der Graphen

