



**Photovoltaik-
System
SUSE**

**Solarthermiesystem
Wärme von der Sonne**

innovative Solarsysteme für Schule und Ausbildung



Das SUSE- Solarfahrzeug 1.2- Experimente

Solarfahrzeug mit 2 Superkondensator- Energiespeicher
zum Aufladen an einer Solartankstelle



$U_{max} = 5\text{ V}$ Antrieb mit SUSE- Solarmotor und 2- stufigem Getriebe



Vorne erkennt man den Solarmotor mit dem 2- stufigen Getriebe an der Vorderachse.

Oben befindet sich die Elektronik- Platine mit den beiden elektrischen Energiespeichern (2 Superkondensators in Reihenschaltung), dem Betriebsschalter, den drei Buchsen (rot, schwarz, grün) und den elektrischen Schaltkontakten. An das rot- schwarze Buchsenpaar wird das Solarmodul als Solartankstelle angeschlossen, am grün- schwarzen Buchsenpaar lassen sich Kabel einstecken und Messungen am Superkondensator

Das SUSE- Solar- Fahrzeug 1.2 mit 2 Superkondensators für $U_{max} = 6\text{ V}$ Gerätebeschreibung und Experimente

Häufig liefern Solarmodule zum „Tanken“ des Superkondensator- Energiespeichers höhere Spannungen als 2,5 V, die maximale Spannung eines Superkondensators. So liefern z.B. Solarmodule der Serie SUSE 4.3 3,6 V Spannung. Für das **Aufladen** an bis zu **8 Solarzellen in Reihenschaltung** ist das Fahrzeug mit 2 Superkondensators ausgestattet, die in Reihe geschaltet sind und so mit einer Spannung bis zu 5 V aufgeladen werden können. Besonders geeignet als Solartankstelle 5 V sind die Solarmodule SUSE 4.34, SUSE 4.35 und SUSE 4.49.

Dadurch ist das Fahrzeug auch doppelt so schnell und speichert bis zu 20J Energie.

Das Fahrzeug hat keine eigene Solarzelle, sondern wird vor der Fahrt an einer Solartankstelle „getankt“, dabei wird der elektrische Energiespeicher Superkondensator mit max. 5 V DC aufgeladen, dabei wird eine elektrische Energie von bis zu 20 J gespeichert.

Mit einer Ladung fährt das Auto mit hoher Geschwindigkeit ca. 50- 100 m.

Je nach Lichtintensität = Bestrahlungsstärke S dauert der Ladevorgang nur 30s - 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 Superkondensators werden an das rot-schwarze Buchsenpaar Laborkabel eingesteckt, die zum Solarmodul führen. Der Betriebsschalter hat 3 Positionen: Laden (nach hinten)- AUS (Mitte)- Fahren (nach vorne).

Der Auflade- oder Entladevorgang am Superkondensator lässt sich durch eine Spannungsmessung am Superkondensator (grün- schwarzes Buchsenpaar) oder durch eine Stromstärkemessung in der Zuleitung vom Solarmodul beobachten und messen.

Experimente mit dem Solarfahrzeug 1.2

Die beiden Superkondensators (in Reihenschaltung) bilden einen Energiespeicher, de auf maximal 5 V DC aufgeladen werden kann. Bei $U = 5 \text{ V}$ ist die gespeicherte Energie nach $W = \frac{1}{2} CU^2 = 20,6 \text{ J}$

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 1.2 lässt sich im Modell diese Praxis durchführen.

Notwendige Experimentiergeräte:

- 1 SUSE- Solarfahrzeug 1.2
- 1 Solarmodul mit 6-8 Solarzellen in Reihenschaltung oder Einzel- Solarzellen z.B. 1x SUSE 4.3 oder 4.3A oder 4.3 RB oder 2x SUSE 4.33 oder 8x SUSE- Solarmodule mit je 1 Solarzelle oder SUSE 4.34
- 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. Aufladen des Superkondensator- Energiespeichers:

Mit einem Solarmodul mit max. 8 Solarzellen in Reihenschaltung oder mit der 5V- Solartankstelle SUSE 4.49 wird der Superkondensator- Energiespeicher aufgeladen, dabei muss der **Schalter nach hinten geschaltet** werden, dann ist der Superkondensator- 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 eine Minute bis wenige Minuten, der Superkondensator- 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 Superkondensator voll aufgeladen. Nun ist der Speicher aufgeladen, der Schalter wird auf die Mittelposition 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 nach vorne geschaltet, nun fährt das Fahrzeug mit hoher Geschwindigkeit los, wird allmählich langsamer und bleibt schließlich stehen. Die Fahrtstrecke beträgt je nach Bodenbeschaffenheit 50- >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 Superkondensator- Speicher sollte vor der Messung leer sein, schließen Sie den Superkondensator- Speicher kurz. Schalten Sie den Schalter anschließend in Mittelposition. Schließen Sie an die Polklemmen die beiden Kabel des Solarmoduls und die beiden Kabel des Voltmeters an. Das Voltmeter zeigt nun die aktuelle Modulspannung an. Schalten Sie nun auf „Ladung“ indem Sie den Schalter nach hinten schalten. 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.

Die Experimentdaten können auch mit excel o.ä. verarbeitet werden!

Aufladung des Superkondensator- Energiespeichers

Ladespannung

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

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 Superkondensator- Energiespeichers.

Nun schalten wir den Schalter nach vorne, der Superkondensator- 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

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

3.3 Stromstärkemessung bei der Aufladung

Vor der Messung soll der Superkondensator 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 Superkondensator Energiespeicher voll aufgeladen. Auch dieser Stromstärkeverlauf lässt sich gut mit einem PC- Interface messen und graphisch darstellen.

Auflade- Stromstärke

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 beigegefügte mm- Papier gezeichnet oder mit excel dargestellt werden.

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!
4. 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!

Achtung! Spannungen über 6 V DC oder falsche Polung zerstören den Superkondensator Energiespeicher.

Die elektrische Schaltung des Fahrzeugs:



