

**Photovoltaik-  
System  
SUSE**

**Solarthermiesystem  
Wärme von der Sonne**

innovative Solarsysteme für Schule und Ausbildung



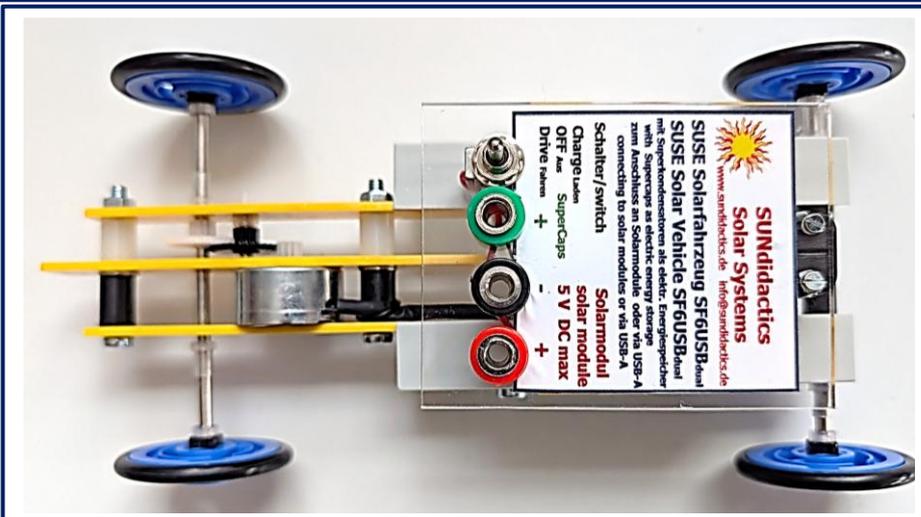
## Solare Elektromobilität

# Das SUSE- Solar- Fahrzeug 6USBdual



Leistungsstarkes Solarfahrzeug mit einem Superkondensator- Energiespeicher 2x 10F, Antrieb mit SUSE- Solarmotor und 2- stufigem Getriebe, 2 Messbuchsen für experimentelle Messungen.  
Aufladung vom Solarmodul über eine USB- Buchse mit 5V DC

## Gerätebeschreibung, Betriebsanleitung, Experimente



### Das Solarfahrzeug 6USBdual

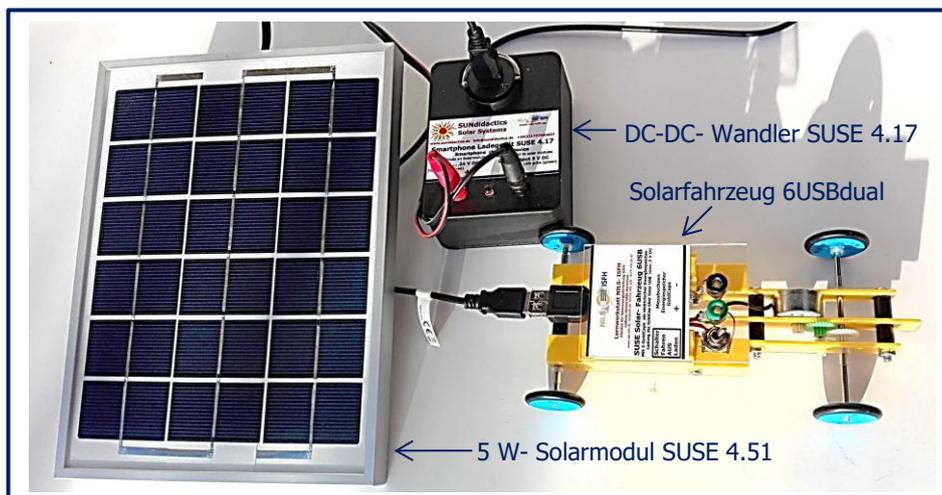
Vorne links befindet sich der Elektromotor mit dem 2- stufigen Getriebe, welches die Vorderachse antreibt.

Dahinter befindet sich die Plexiglas- Platine mit dem Betriebsschalter und den 3 Buchsen, Ladebuchse rot, Messbuchse grün, Minus schwarz.

Ganz hinten rechts erkennt man die USB- C- Buchse, über die der 2x 10F- Superkondensator- Energiespeicher alternativ zum rot- schwarzen Buchsenpaar aufgeladen werden kann.. Es kann eine maximale Energiemenge von 125 J gespeichert werden.

## Das SUSE- Solar- Fahrzeug 6USBdual

Das **Solarfahrzeug SF6USB** wird hier von einem Solarmodul aufgeladen, welches einen USB- Ausgang hat, z.B. das Solarmodul SUSE 4.50-10 oder mit den Solarmodulen 5W.....30W (SUSE 4.51, SUSE 4.52, SUSE 4.41, 4.42, 4.43) über den DC-DC- Wandler SUSE 4.17 oder 4.17M oder 4.17U. Bei strahlendem Sonnenschein dauert die Aufladung ca. 2 Minuten. Das nachfolgende Foto zeigt den Geräteaufbau:

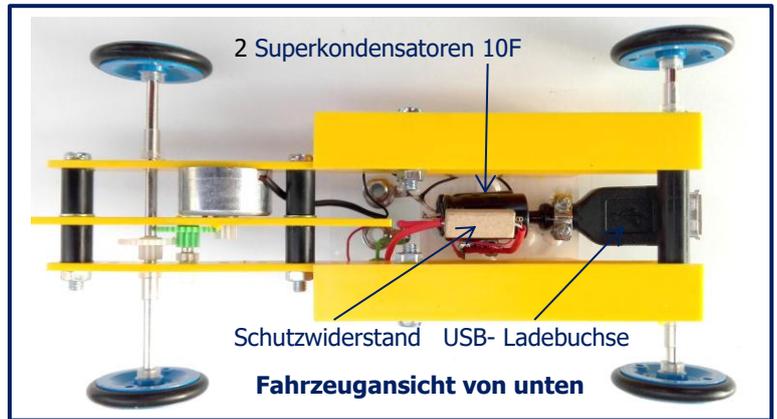


### „Auftanken“ des Solarfahrzeuges 6USB via USB

am 5W- Solarmodul SUSE 4.51 über den DC-DC- Wandler SUSE 4.17 mit USB- Ausgang. Das Ausgangskabel des Solarmoduls (rot- schwarzes Steckerpaar) ist unten in den DC-DC- Wandler eingesteckt, oben ist der USB- Ausgang, der mit einem USB-Kabel mit dem Fahrzeug verbunden wird.

Die 2 Superkondensatoren in Reihenschaltung befinden sich unter dem Fahrzeug, zum Schutz vor zu großen Ladestromstärken ist ein ohmscher Widerstand im Ladestromkreis eingebaut, der den Ladestrom auf maximal 1A begrenzt.

Zu Testzwecken kann das Fahrzeug auch an jedem beliebigen PC, Notebook oder Tablet aufgeladen werden.



#### Lichtquellen für alle Experimente

**Im Freien** Solarmodul zur Sonne ausrichten oder bei bedeckten Himmel nach oben ausrichten

**Im Innenraum** Solarmodul mit 400 W Halogenstrahler (kein LED- Strahler!!) bestrahlen oder Modul auf beleuchtete Glasplatte eines Overheadprojektors legen.

#### Experimentiergeräte für Experiment 1

1x Solarfahrzeug SF6USB  
 1x Solarmodul SUSE 4.51, 4.52 o.ä.  
 1x DC-DC- Wandler SUSE 4.17 oder 4.17M  
 1x USB- Kabel mit Stecker A-C  
 1x Multimeter mit 2 Laborkabeln  
 oder **1x USB- Messgerät** mit USB- Buchse und USB- Stecker zur Messung von Spannung U in V, Stromstärke I in A, Ladungsmenge Q in mAh

## Basis- Experiment 1:

### Die Betriebsanleitung Auftanken und zum Fahrbetrieb ohne Messungen

1. Der **Betriebsschalter** wird auf **Mittelposition AUS** geschaltet und das Fahrzeug mit einem handelsüblichen USB- Kabel (Kabel mit 2x USB-A-Stecker) mit dem DC- DC- Wandler SUSE 4.17 oder testweise mit einem PC/Notebook/Tablet verbunden.
2. Der **Betriebsschalter** wird nun **nach vorne (Laden)** geschaltet, der Aufladevorgang beginnt, er dauert ca. 1- 3 Minuten. Zur Beobachtung oder Messung der Aufladung kann am grün- schwarzen Buchsenpaar ein Multimeter (MB 20V DC) angeschlossen werden, max. Ladespannung 5V DC. Alternativ kann das USB- Messgerät in die USB- Leitung eingeschleift werden.
3. Nach Beendigung der Aufladung wird der **Betriebsschalter wieder auf die Mittelposition AUS** geschaltet und das USB- Ladekabel abgezogen.
4. Zum **Fahren** wird das Fahrzeug auf den Boden auf eine freie Fläche gestellt und der Betriebsschalter nach hinten auf „**Fahren**“ geschaltet, das Fahrzeug wird schnell davonfahren, Fahrtstrecke ca. 30->50 m.

### Weitere vertiefte Experimente 2 – 4 mit dem Solarfahrzeug 6USB

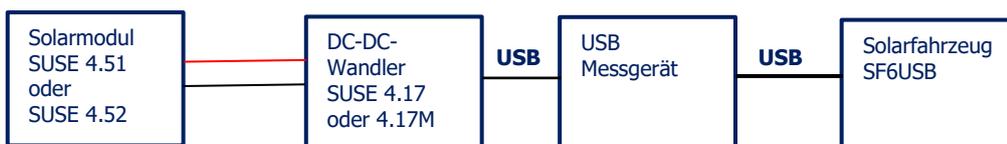
## Experiment 2:

### Fahrbetrieb mit Solarmodul als Solartankstelle mit Messungen mit einem USB Messgerät

#### Experimentiergeräte für Experiment 2

1x Solarfahrzeug SF6USBdual  
 1x Solarmodul SUSE 4.51, 4.52 o.ä.  
 1x DC-DC- Wandler SUSE 4.17 oder 4.17M  
 1x USB- Kabel mit Stecker A-C  
**1x USB- Messgerät** mit USB- Buchse und USB- Stecker zur Messung von Spannung U in V, Stromstärke I in A, Ladungsmenge Q in mAh

### Aufbau des Experiments 2:



Das USB- Messgerät misst gleichzeitig die Spannung U in V (oben links), die Stromstärke in A (oben rechts) und die seit dem Start geflossene Ladung in mAh. Die Werte werden für jeden Versuch gespeichert, die 2 unten rechts ist für Exp.2

Der Aufbau ist oben im Blockbild dargestellt. Das Solarmodul soll im Freien zur Sonne ausgerichtet werden, bei bedecktem Himmel schräg oben nach Süden, bei Versuchen im Innenraum sollte das Modul mit einem 400 W- Halogenstrahler aus ca. 50 cm Abstand bestrahlt werden (kein LED- Strahler!). Man kann das Modul auch mit den Solarzellen nach unten auf einen Overheadprojektor legen. Der Schalter

am Fahrzeug ist in **Mittelposition AUS**. Das USB- Messgerät sollte durch langes Drücken am weißen Knopf für eine neue Messung vorbereitet werden.  
 Nun wird der **Schalter auf Laden** geschaltet. Der Speicherkondensator lädt sich auf. Beobachte nun die **3 Anzeigen für Spannung U, Stromstärke I, Ladung Q** und beschreibe Deine Beobachtung im nachfolgenden Kasten:

**Notiere Deine Beobachtungen hier:**

**Woran erkennt man, dass das Auftanken beendet ist?**

**Notiere hier die Endwerte der 3 Messwerte:**

**Spannung U:.....V      Stromstärke I:.....A      Ladung Q:.....mAh**

Nun kannst Du das Fahrzeug fahren lassen, wie in Experiment 1 beschrieben.

- Experimentiergeräte für Experiment 3**
- 1x Solarfahrzeug SF6USB
  - 1x Solarmodul SUSE 4.51, 4.52 o.ä.
  - 1x DC-DC- Wandler SUSE 4.17 oder 4.17M
  - 1x USB- Kabel mit Stecker A-C
  - 1x USB- Messgerät** mit USB- Buchse und USB- Stecker zur Messung von Spannung U in V, Stromstärke I in A, Ladungsmenge Q in mAh
  - 1x Stoppuhr oder Stoppuhr im smartphone

### Experiment 3: Messungen zur Aufladung

**Aufladung des Super- Kondensators, Spannung, Stromstärke, Leistung in Abhängigkeit von der Zeit** mit Stoppuhr und USB- Messtechnik

**Der Aufbau des Experiments ist identisch mit Experiment 2.** Wir lesen jedoch ab dem Start alle 5 Sekunden die Messwerte von Spannung U, Stromstärke I und Ladung Q ab, in der 2. Minute alle 10 Sekunden

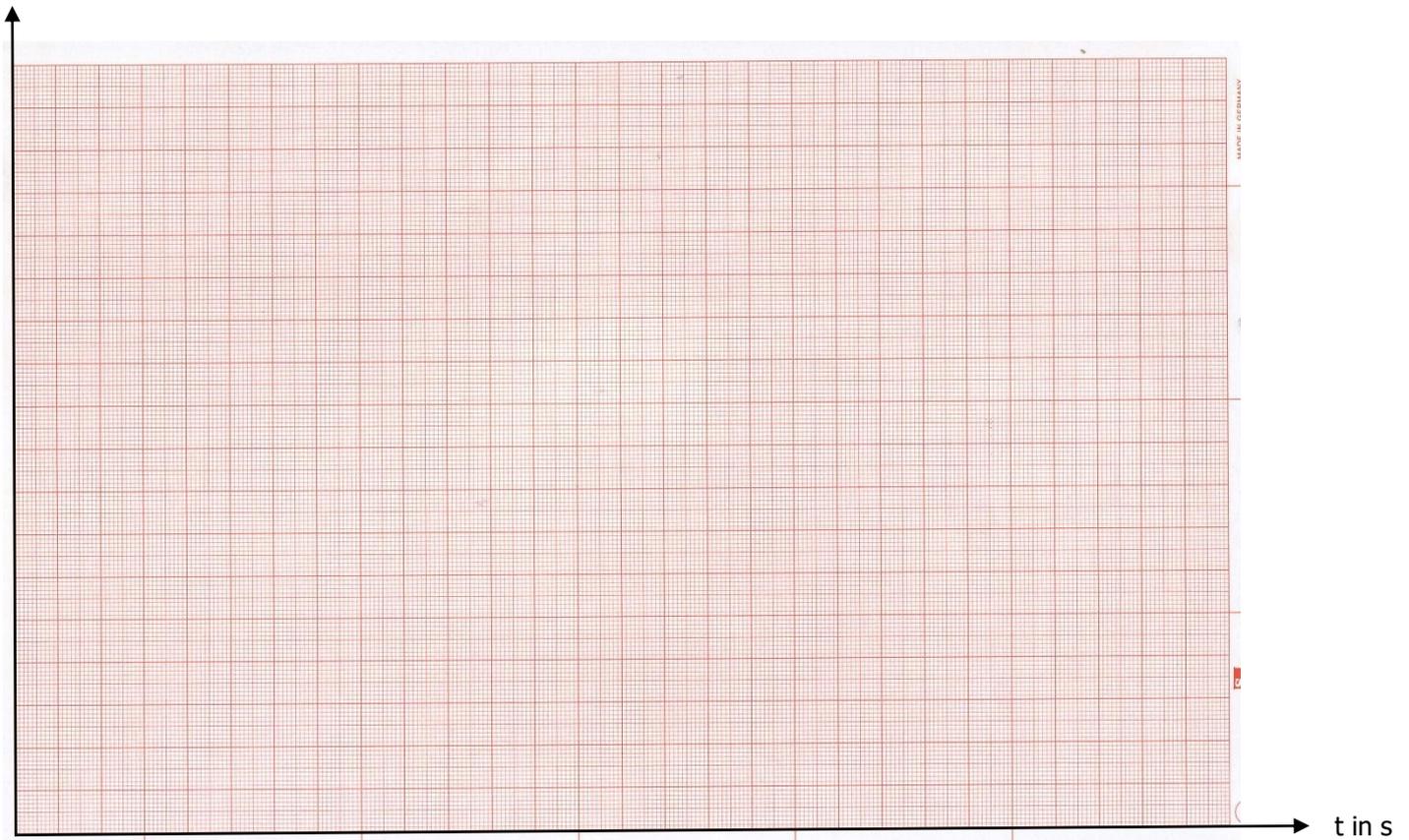
Tipp: Evtl. schauen 3 Personen auf das Messgerät, eine liest U, der zweite I, der 3. Q ab, Person 1 gibt zusätzlich den 5- Sekunden Takt vor

Trage die Messungen in die Tabelle ein:

Zeit s	0	5	10	15	20	25	30	40	45	50	55	60	70	80	90	100	110	120	130	
<b>Spannung V</b>																				
<b>Stromstärke A</b>																				
<b>Ladung mAh</b>																				

**Zeichne die 3 Kurven in 3 Farben auf mm- Papier oder gib sie in eine Excel- Tabelle ein und stelle die Graphen dar!**

U,I,Q



x- Achse ist die Zeit, 1 Kästchen = 5 Sekunden      3 y- Achsen nach eigener Einteilung!

**Erkläre und beurteile den Graphen und die hierbei abgelaufenen elektrischen Vorgänge:**

## Experiment 4: Experimente zur Entladung des Super- Kondensators über den Solarmotor, Entladespannung in Abhängigkeit von der Zeit, Energiespeicherung mit Stoppuhr und USB- Messgerät

### Experimentiergeräte für Experiment 4

1x Solarfahrzeug SF6USB  
1x Solarmodul SUSE 4.51, 4.52 o.ä.  
1x DC-DC- Wandler SUSE 4.17 oder 4.17M  
1x USB- Kabel mit Stecker A-C  
**1x USB- Messgerät** mit USB- Buchse und USB-  
Stecker zur Messung von Spannung U in V,  
Stromstärke I in A, Ladungsmenge Q in mAh  
1x Stoppuhr oder Stoppuhr im smartphone  
1x Multimeter im Messbereich 20V DC mit 2x  
Laborkabel

Zur **Messung der Entladung** müssen wir das Fahrzeug aufbocken, so dass sich die Antriebsräder frei drehen können. Der Aufbau ist wie in Experiment 3, zusätzlich wird ein Multimeter im Spannungsbereich 20 V DC an das grün-schwarze Buchsenpaar angeschlossen und misst die Spannung am Speicherkondensator.

Die Aufladung wird genauso vorgenommen wie in den Experimenten 2 und 3, Messungen werden hier nicht durchgeführt. Wenn sich die maximale Spannung am Multimeter eingestellt hat, wird der Schalter auf **Mittelposition AUS** gestellt.

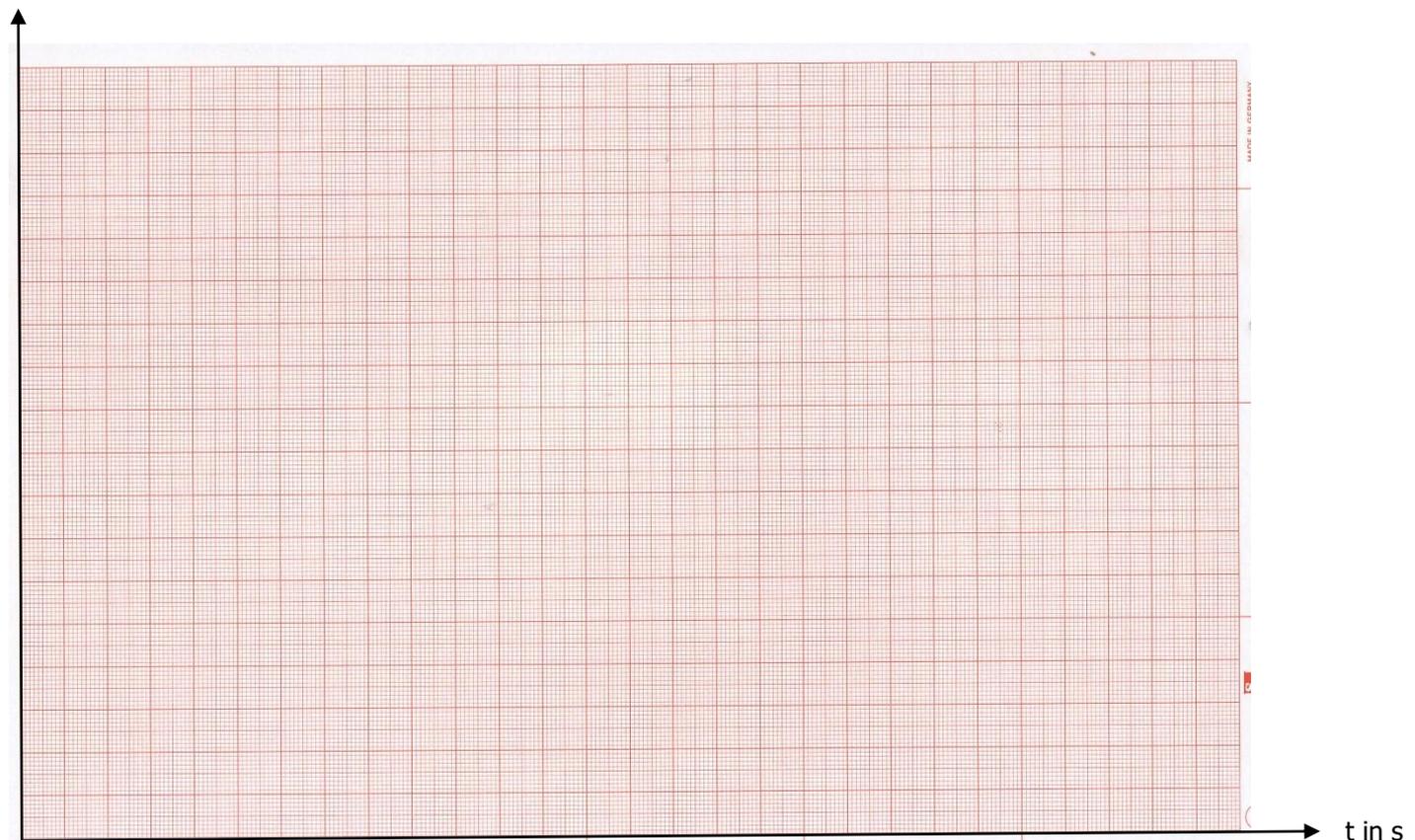
Die **Ladungsmenge Q am USB- Messgerät wird abgelesen:  $Q = \dots\dots\dots\text{mAh}$**

Nun wird der Betriebsschalter auf Fahren gestellt und gleichzeitig die Stoppuhr aktiviert, alle 15 bzw. 30 Sekunden wird die Spannung am Multimeter abgelesen und in die Tabelle eingetragen:

<b>Zeit in s</b>	0	15	30	35	60	90	120	150	180	210	240	270	300
<b>Spannung U in V</b>													
<b>Zeit in s</b>	330	360	390	420	450	480	510	540	570	600	630	660	690
<b>Spannung U in V</b>													

**Zeichne die U(t)- Kurve auf mm- Papier oder gib sie in eine Excel- Tabelle ein und stelle den Graphen dar!**

U in V 1 Kästchen = 0,5 V



x- Achse ist die Zeit, 1 Kästchen = 30 Sekunden

**Erkläre und beurteile den Graphen und die hierbei abgelaufenen elektrischen Vorgänge:**

**Die in den Superkondensator gespeicherte elektrische Ladung und Energie:**

**1. Elektrische Ladungsmenge Q:**

Das USB- Messgerät zeigt nach Ende der Aufladung die vom Kondensator aufgenommene elektrische Ladungsmenge Q in der Maßeinheit mAh an.

**Gemessener Wert Q:.....mAh**

Ein Akku in einem Smartphone hat eine gespeicherte Ladung von ca. 4000 mAh. Vergleiche mit der gespeicherten Ladung des Superkondensators und gib einen Faktor an!

Die Grundmaßeinheit für die Ladung Q ist in der Physik As (Amperesekunde) = C (Coulomb)

Rechne den Messwert in As um: **U = .....As**

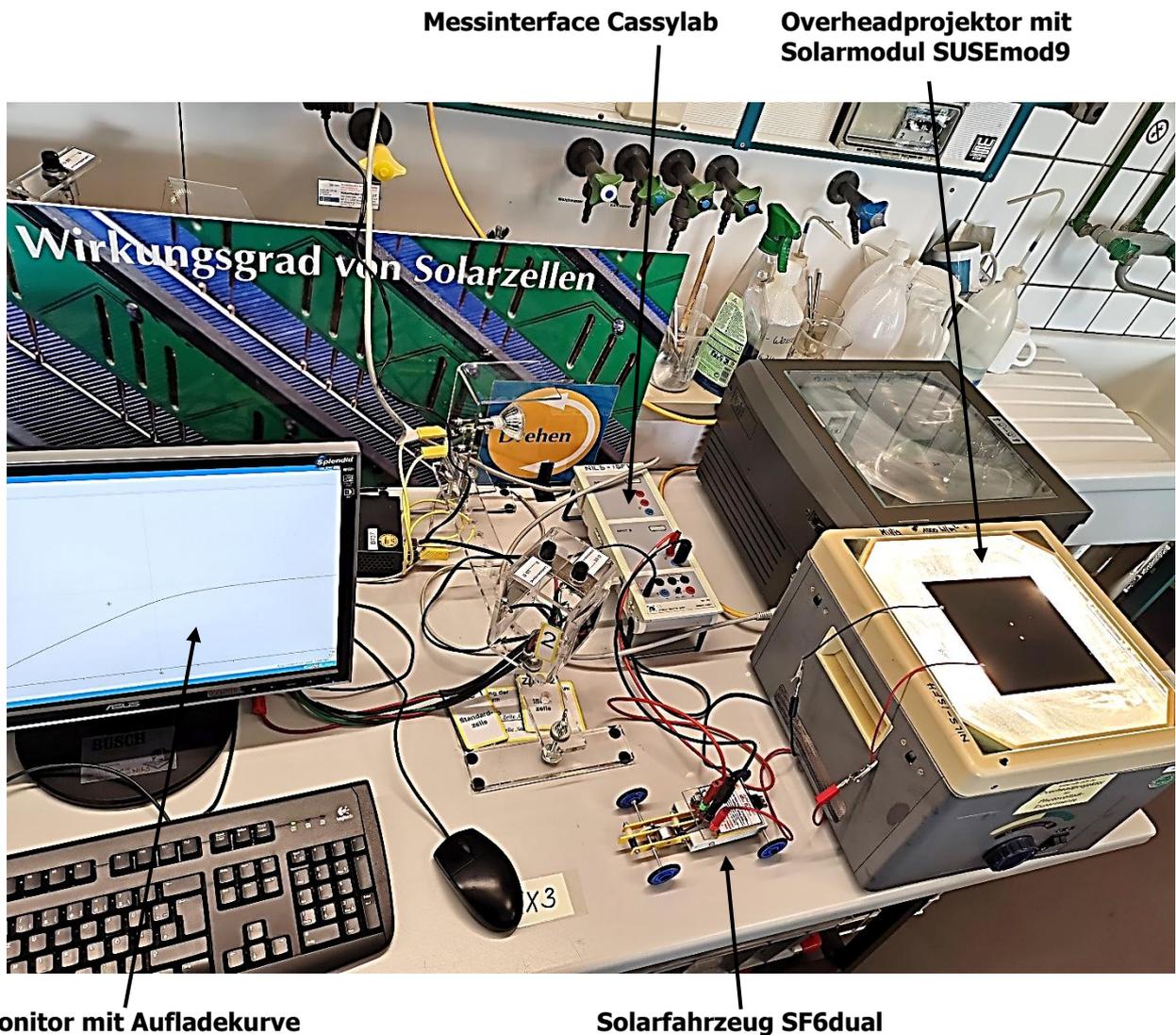
**2. Die gespeicherte elektrische Energie:**

**Für die gespeicherte elektrische Energie in einem Kondensator gilt:**

**$W = \frac{1}{2} CU^2$  in J (Joule)**

(C ist die Kapazität des Kondensators, hier sind 2 Kondensatoren 8F in Reihe geschaltet, U ist die volle Aufladespannung)

**Berechne die gespeicherte elektrische Energie:  $W = .....J$**



Monitor mit Aufladekurve

Solarfahrzeug SF6dual

### Experiment 3 mit CassyLab:

**Das Foto zeigt die Kennlinienaufnahme der Aufladung des Solarfahrzeugs mit CassyLab im NILSlabor des ISFH.**

Ganz rechts steht der Overheadprojektor als Lichtquelle, darauf liegt die „Solartankstelle“, ein Solarmodul SUSEmod 9 ( 8 Solarzellen in interner Reihenschaltung 5,2 V/900 mA).

Links daneben steht das Solarfahrzeug SF6USBdual.

Vom grün-schwarzen Messbuchsenpaar läuft ein Kabelpaar zum dahinterstehenden Messinterface CassyLab.

Mit dem Umschalten des Betriebsschalters am Fahrzeug von AUS auf LADEN startet die Aufladung, das Diagramm zeigt die Ladespannung am Superkondensator in Abhängigkeit von der Zeit.