

# Regenerative Energies: Wind Power Stations



“With the kind approval of Vestas Wind Systems A/S

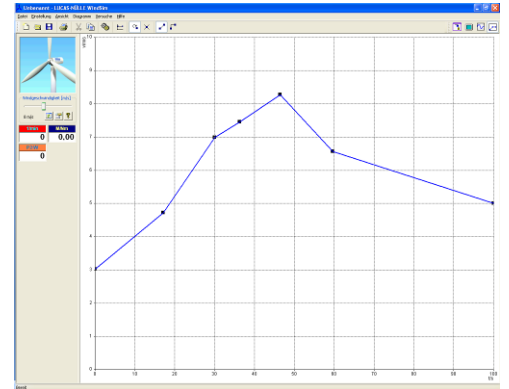
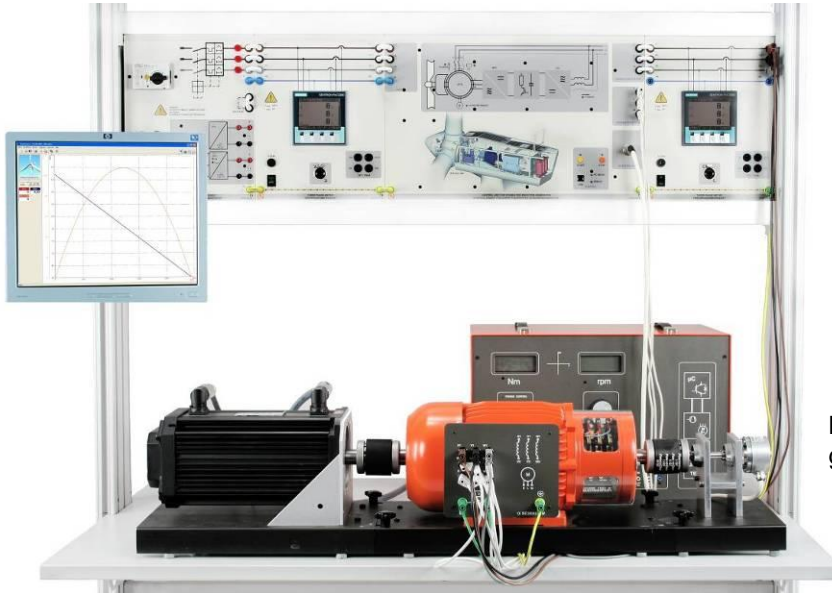


## Benefits to you

- Conveying theoretical knowledge and practical know-how using the Interactive Lab Assistant multimedia course
- The impact of wind power and mechanical design of wind power stations can be emulated with precision using the servo machine test stand and the WindSim software
- The microcontroller-operated control unit for the double-fed asynchronous machine permits user-friendly operation and visualisation during experimentation
- PC-supported evaluation of the measurement data
- Use of up-to-date technology with fault ride through

Equipment set: EWG

# Regenerative Energies: Wind Power Stations



**EWG 1** : Wind power stations with three phase generator and 1kW braking system + software WindSim



**EWG 2** : Small wind power stations with 12V generator and 300W braking system

## Training content

- Understanding the design and operation of modern wind power stations
- Explore the physical fundamentals "from the wind to the wave"
- Become familiar with various concepts of wind power systems
- Assemble and put into operation a double-fed asynchronous wind generator
- Operate the generator at varying wind strengths with output voltage and frequency control
- Determine the optimum operating points under varying wind conditions
- Examine the operating response to malfunctioning mains "fault ride through"

# Regenerative Energies: UniTrain-I Photovoltaics



“UniTrain-I Photovoltaics“ – equipment set SO4204-3A

## Benefits to you

- Theoretical knowledge and practical know-how is conveyed using the UniTrain multimedia course
- Basic equipment set contains all the components needed to simulate a standalone power network
- PC-supported evaluation of the measurement data
- System operates with 12 V
- System supports simulation of faults

Equipment set: UniTrain SO4204-3A

# Regenerative Energies: UniTrain-I Photovoltaics

**Die Sonne**

Die größte "unerschöpfliche" Energiequelle der Menschheit ist zur Zeit die Sonne, welche in Form der Sonnen- oder Solarstrahlung ausgesendet wird. Auf der Erde wird nahezu die gesamte Energie der Solarstrahlung in Wärme umgesetzt. Durch photovoltaische Anlagen lässt sie die Energie direkt nutzen oder speichern.

Die Zusammensetzung der Sonne ist wie folgt:

- ca. 80 % Wasserstoff
- ca. 20 % Helium
- 0,1 % andere Elemente

Kernfusionsprozesse in der Sonne erzeugen die Solarstrahlung. Sie besitzt eine gesamt Strahlungsleistung von ca.  $3,845 \cdot 10^{26}$  W. Bezieht man diese Leistung auf die Sonnenoberfläche erhält man die spezifische Ausstrahlung der Sonne von  $63.110 \text{ kW/m}^2$ .

Eine Fläche von 0,2 Quadratkilometern auf der Sonne würden im Jahr soviel Energie abstrahlen, um den gesamten Primärenergiebedarf der ganzen Erde zu decken. Allerdings erreicht nur ein kleiner Teil der abgestrahlten Energie der Sonne die Erde.

Betrachtet man eine Hüllkugel um die Sonne, mit einem Radius von 150 Mio km (mittlere Abstand zwischen Sonnen- und Erdmittelpunkt), so tritt durch die Oberfläche der Hüllkugel die gleiche Strahlungsleistung wie durch die Oberfläche der Sonne. Jedoch ist der Abstand zwischen Sonne und Erde nicht das ganze Jahr über konstant, wodurch die Bestrahlungsstärke auf der Erde schwankt. Bildet man den Mittelwert für die

Labsoft course: Photovoltaics

**Abstrahlungsverluste**

...is so gut wie keine komplett unbeschatteten Ebenen existieren muss die Abschattung bei der Berechnung der

...stärke berücksichtigt werden. Vorallem bei photovoltaischen-Anlagen können Abschattungen den Energieertrag erheblich

...ng wo Abschattungen auftreten und wie stark deren Wirkung ist, muss die Umgebung aufgenommen werden. Dazu legt man

...in Bezugspunkt fest, der liegt bei einer photovoltaischen-Anlage an der tiefsten Seite der Anlage dort wo die meiste Abschattung

... Von diesem Referenzpunkt aus müssen für alle Objekte, die eine Abschattung hervorrufen können, der Azimutwinkel  $\alpha$  und der

...y bestimmt werden.

...e Methode zur Bestimmung des Azimutwinkels ist die Verwendung eines Kompasses. Der Höhenwinkel kann über geometrische

...n ermittelt werden, wie die folgende Abbildung zeigt. Allerdings müssen hierzu der Abstand  $d$  und die Größe  $h_2$  der Objekte

Über folgende Beziehung lässt sich der Höhenwinkel berechnen:

## Training contents

- Learn about the operation and function of the solar cell
- Explain different types of solar cells
- Become familiar with different connection configurations of solar cells
- Recording the characteristic of a solar module
- How the current and voltage of a solar module depends on the temperature, light intensity and angle of incidence
- Explain how energy is stored in a solar battery
- Design of an isolated power network with solar battery

# Regenerative Energies: Advanced Photovoltaics



“Advanced Photovoltaics“ – equipment set EPH 2

## Benefits to you

- Theoretical knowledge and practical know-how is conveyed using the Interactive Lab Assistant multimedia course
- Realistic simulation of the solar cycle
- Functions with and without sun using photovoltaic emulators
- The use of emulators permits operation of real components like power inverters or mains power supplies in the laboratory
- Proven project work using industrial components
- PC-supported evaluation of measured data

Equipment set: EPH 2

# Regenerative Energies: Advanced Photovoltaics

geografischen Norden und dem Vertikalkreis durch den Sonnenmittelpunkt.

Horizont des Beobachters

Allerdings sind die Sonnenhöhe und das Sonnenazimut nicht nur vom Standort des Beobachters abhängig sondern auch vom Datum und Zeit der Betrachtung. Zur Bestimmung von Sonnenhöhe und Sonnenazimut wurden verschiedene Algorithmen (DIN-Algorithmus, SUNAE-Algorithmus, SOLPOS-Algorithmus) entwickelt, die in ihren Genauigkeiten leicht abweichen.

Jedoch sind die Algorithmen so komplex, dass der Sonnenverlauf über einen Tag kaum nachvollziehbar ist. Abhilfe schaffen hier Sonnenbahnprogramme. Für einen bestimmten Ort werden sowohl die Sonnenhöhe als auch das Sonnenazimut für verschiedene Tage im Jahr ermittelt und dargestellt.

	NO	O	SO	S	SW	W	NW
90°							
80°							
70°							
60°							
50°							
40°							
30°							

Mittteleuropäische Zeit (MEZ)

21. Juni  
21. April  
21. März  
21. Februar  
21. Dezember

7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

Interactive Lab Assistent  
Advanced Photovoltaics

Separator  
verdünnte Schwefelsäure

ators besitzt einen Nennspannung von 2V. Um eine Betriebsspannung von 12V zu erreichen werden 6

e (PbO<sub>2</sub>) und negative (Pb) Elektrode mit der verdünnten Schwefelsäure. Während der Reaktion entsteht an PbSO<sub>4</sub> und es werden Elektronen freigegeben. An der positiven Elektrode bildet sich unter der Aufnahme PbSO<sub>4</sub> und Wasser (H<sub>2</sub>O). In der folgenden Animation wird dieser Vorgang verdeutlicht.

$Pb + PbO_2 + 2H_2SO_4 = 2PbSO_4 + 2H_2O + 2e^-$

Mit dem anlegen einer Ladenspannung an den Akkumulator werden die Reaktionen des Entladens umgekehrt, d.h. die negative Elektrode nimmt Elektronen auf und das Bleisulfat (PbSO<sub>4</sub>) zerfällt an der Elektrode bleibt reines Blei zurück. An der positiven Elektrode zerfällt ebenfalls das Bleisulfat (PbSO<sub>4</sub>) und unter der freigabe von Elektronen bleibt das Bleioxid (PbO<sub>2</sub>) an der Elektrode zurück, wie in der folgenden Animation zu erkennen ist.

## Training content

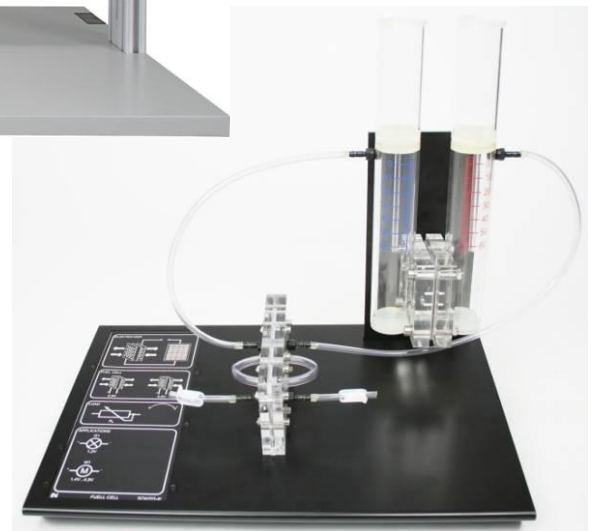
- Installation of photovoltaic systems
- Testing optimum alignment of solar modules
- Different solar module wiring configurations
- Design and testing of an isolated PV system in direct operation
- Design and testing of an isolated PV system in storage operation
- Design and testing of an isolated PV system for the generation of 230V AC voltage
- Design and testing of an isolated PV system with mains power feed

# Regenerative Energies: Fuel Cell Technology



“50 VA fuel cell stack with loads” – equipment set EHY1

The theme of fuel cell technology is also available as interactive UniTrain-I Course (Reference SO4204-3C)



## Benefits to you

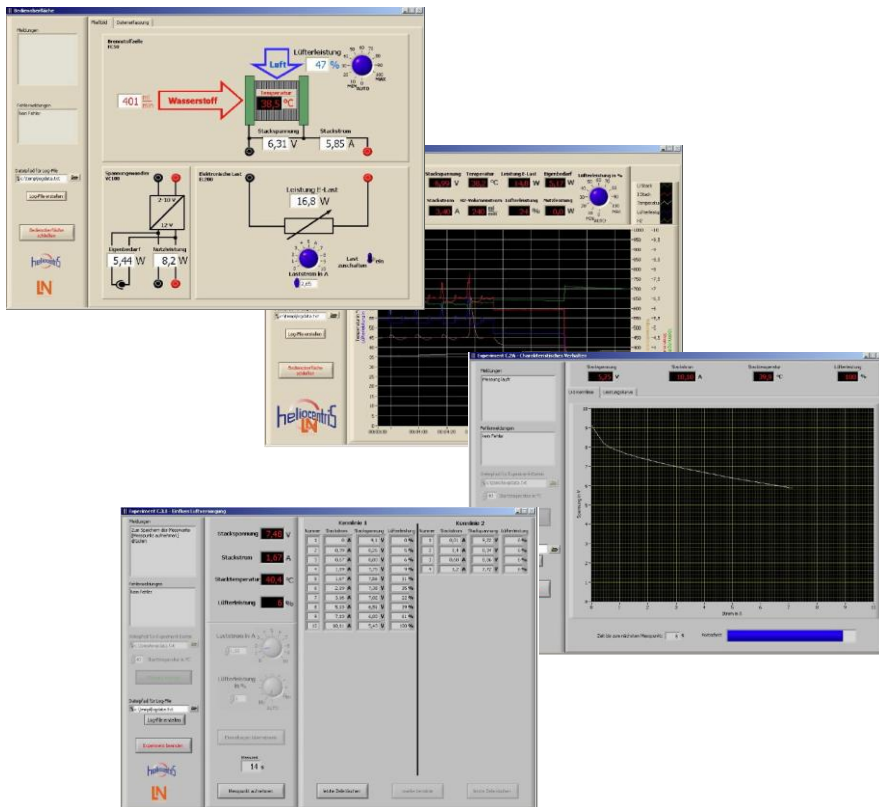
- Simple introduction to the subject of fuel cells
- Safe experiments using hydrogen
- 50 VA fuel cell stack
- Suitable for use in demonstrations or student experiments

## Including

- 50 VA fuel cell stack
- Metal hydride storage
- LED displays
- Electronic load
- Measurement of all system parameters (current , voltage, temperature, hydrogen and oxygen supply)
- Manual
- Software package for visualisation of measured data

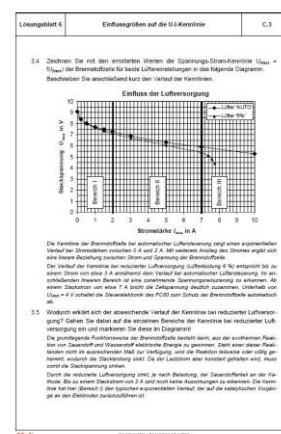
Equipment set: EHY1

# Regenerative Energies: Fuel Cell Technology



Visualisation and evaluation software

Tried and trusted experiment literature



3	Wasserstoffversorgung II Metallhydridspeicher	A.8
<b>Gefahrensymbole</b>	<b>Mögliche Folgen</b>	<b>Schutzmaßnahmen</b>
<p>Gasförmige Wasserstoff</p>	<p>Bei einer Gasentwicklung besteht Explosions- und Brandgefahr.</p> <p>Bei einer Gasentwicklung besteht Explosions- und Brandgefahr.</p> <p>Bei einer Gasentwicklung besteht Explosions- und Brandgefahr.</p>	<p>Bei einer Gasentwicklung besteht Explosions- und Brandgefahr.</p> <p>Bei einer Gasentwicklung besteht Explosions- und Brandgefahr.</p> <p>Bei einer Gasentwicklung besteht Explosions- und Brandgefahr.</p>
<p>Gasförmige Wasserstoff</p>	<p>Bei einer Gasentwicklung besteht Explosions- und Brandgefahr.</p> <p>Bei einer Gasentwicklung besteht Explosions- und Brandgefahr.</p> <p>Bei einer Gasentwicklung besteht Explosions- und Brandgefahr.</p>	<p>Bei einer Gasentwicklung besteht Explosions- und Brandgefahr.</p> <p>Bei einer Gasentwicklung besteht Explosions- und Brandgefahr.</p> <p>Bei einer Gasentwicklung besteht Explosions- und Brandgefahr.</p>
<p>Gasförmige Wasserstoff</p>	<p>Bei einer Gasentwicklung besteht Explosions- und Brandgefahr.</p> <p>Bei einer Gasentwicklung besteht Explosions- und Brandgefahr.</p> <p>Bei einer Gasentwicklung besteht Explosions- und Brandgefahr.</p>	<p>Bei einer Gasentwicklung besteht Explosions- und Brandgefahr.</p> <p>Bei einer Gasentwicklung besteht Explosions- und Brandgefahr.</p> <p>Bei einer Gasentwicklung besteht Explosions- und Brandgefahr.</p>

**Verhalten im Brandfall:**

- sofort die Feuerwehr benachrichtigen
- Entzündung und Gefährdung der Person / Gebäude
- Entzündetes Wasserstoffgas „abdecken“ lassen

**Beim Brand von Metallhydridspeicher:**

- Feuer mit Klasse D Feuerlöscher oder trockenem Sand löschen
- kein Wasser oder CO<sub>2</sub>-Löscher verwenden
- falls eine Ausbreitung des Brandes nicht möglich ist, Pulver ausgießen lassen

**Achtung: Wasserstoff brennt mit unsichtbaren Flammen!**

## Training content

- Design and operation of a fuel cell
- Design and operation of a metal hydride storage unit
- Thermodynamics of a fuel cell
- Characteristics and power curve of a fuel cell
- Efficiency
- Systems required for an autonomous power supply
- Power electronics and voltage conversion