

Optional mit integriertem Wasserstoff-generator (HG)

Neue Software mit API-Schnittstelle

# Hybrid Energy Lab-System

1,2 kW Brennstoffzellen-Batterie-Hybridsystem für Laboranwendungen



Ein Brennstoffzellen-Batterie-Hybridsystem, mit dem Anwender einzelne Komponenten und das Systemverhalten in verschiedenen Hybrid-Konfigurationen verstehen und erforschen können. Konzipiert als Labor zur Unterstützung ingenieurwissenschaftlicher Lehrveranstaltungen mit Fokus auf die Anwendung von Brennstoffzellen, Batterietechnik, Hybridsystemen, Energiemanagement und Energiespeicherung. Für die Ingenieurstudierenden von heute ist ein tieferes Verständnis der Anwendung elektrochemischer Energiewandlung und -speicherung entscheidend – insbesondere im Hinblick auf die schnell wachsenden Märkte stationärer, portabler und mobiler Hybrid-Energiesysteme.

Ideal für Lehrveranstaltungen mit Fokus auf:

- » Batterietechnik (Modellierung)
- » Batteriesysteme & Regelung
- » Angewandte Brennstoffzellentechnik
- » Batterie-Brennstoffzellen-Hybride
- » Elektrochemische Energiespeicherung & -wandlung
- » Speicherung erneuerbarer Energien
- » Elektro- & Hybridfahrzeuge (HEV/FCEV)
- » Notstromversorgungssysteme
- » Micro-Grids & Smart Grids

Das System bietet eine Experimentierplattform vom fortgeschrittenen Training bis zur angewandten Forschung:

- » Brennstoffzellen-Batterie-Hybride
- » Laden/Entladen von Batterien
- » Analyse & Vergleich von Batterie- und Brennstoffzellenmodellen
- » Berechnung & Auswertung elektrischer Kennwerte
- » Energiemanagement
- » Vom Nutzer entwickelte Regelalgorithmen
- » Validierung von Modellen am realen System
- » Hybrid-Systemkonfigurationen:  
USV, Inselstromversorgung, Notstromversorgung, HEV/FCEV

# Hybrid Energy Lab-System

1,2 kW Brennstoffzellen-Batterie-Hybridsystem für Laboranwendungen

## Systemübersicht

Das Hybrid Energy Lab-System ist ein umfassendes Lehr- und Forschungssystem für hybride Energiesysteme mit Schwerpunkt auf Batterien und Brennstoffzellen. Speziell für den Einsatz an Universitäten und Hochschulen konzipiert, bietet es ein breites Spektrum an theoretischen und praktischen Anwendungen für die Auslegungskriterien von Hybridsystemen mit Batterien und Brennstoffzellen.



### Steuerungs- und Experimentier-PC

- » Systemübersicht
- » Echtzeitanzeige & Datenerfassung
- » Durchführung von Experimenten

### Systemsteuerungsmodul

- » Mit Display für Systemparameter und Steuerung

### Elektronisches Lastmodul

- » Simulation elektrischer Lasten
- » Betriebsarten: CC, CV, CP, CR
- » Manuelle oder softwaregestützte Steuerung

### Batteriesystemmodul

- » Auswahl der Batteriekapazität
- » Anschluss externer Batterien möglich

### Power-Management-Modul

- » Konfiguration der Batterieładeregelung
- » Bereitstellung geregelter DC- oder AC-Spannung
- » Wechselrichter mit Durchleitung (Power-Through-Schaltung)
- » Sensorik

### Brennstoffzellenmodul

- » Bewährte Nexa-Brennstoffzelle mit 1200 W
- » Ungeregelter DC-Ausgang
- » Messung des Wasserstoffverbrauchs
- » Überwachung der Stack-Temperatur

### H<sub>2</sub>-Speichermodul

- » Heliocentris Metallhydridspeicher (3x 800NI)\*
- » Überwachung der Speichertemperatur


### Optional: H<sub>2</sub>-Generator

- » Wasserstoffgenerator mit PEM-Technologie
- » Integriertes Modul

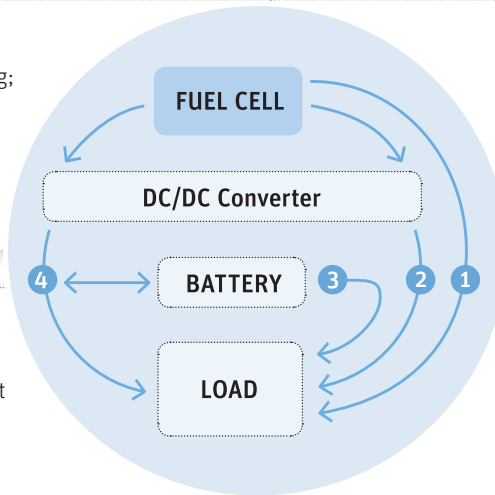
\* (0 °C, 1013,25 hPa nach DIN 1343)

# Praxisnahe Anwendung von Hybridsystemen


Das Hybrid Energy Lab-System ermöglicht verschiedene Hybrid-Aufbauten für die angewandte Forschung an Batterie- und Brennstoffzellen-/Dieselgenerator-Systemen:



**Range Extender**  
Planung der Systemumschaltung;  
Reichweitenberechnung des Gesamtsystems




**Hybrid-Elektrofahrzeuge**  
Der Systemaufbau ähnelt dem typischer Brennstoffzellen-Hybrid-Elektrofahrzeuge (FCEV).



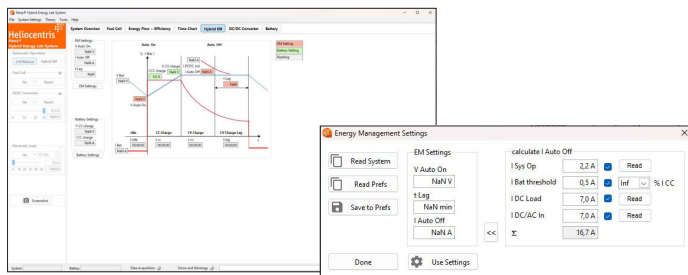
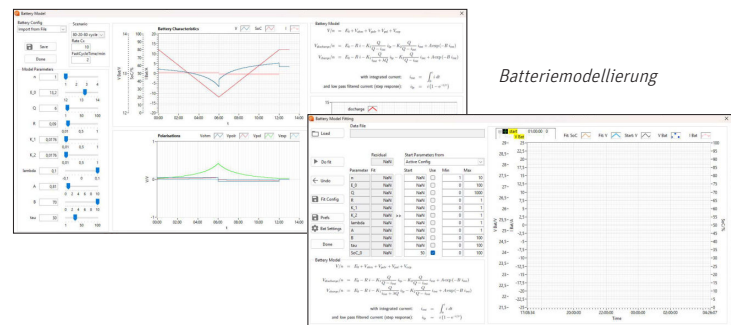
**Inselstromversorgung**  
Das System arbeitet netzunabhängig und muss so dimensioniert sein, dass es jederzeit autonom betrieben werden kann · Start aus der internen Energieversorgung

**Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV)**  
USV-Betrieb: unterbrechungsfreie Stromversorgung bei Netzausfall, mit automatischer Umschaltung zwischen Batterie und Brennstoffzelle.



## Batteriemodellierung & Daten-Fitting

Die Batterie kann durch Anpassung eines detaillierten Batteriemodells an die Messdaten weitergehend analysiert werden. Die ermittelten Parameter charakterisieren das dynamische Verhalten der Batterie und geben Einblick in die elektrochemischen Prozesse. Diese Analyse ist nahtlos in die Anwendungssoftware integriert. Sowohl integrierte als auch vom Nutzer bereitgestellte Batterien können analysiert und verglichen werden.



## Hybrid-Energiemanagement

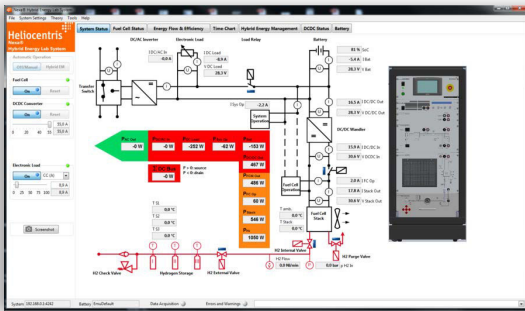
Das Hybrid Energy Management ermöglicht eine detaillierte, praxisnahe Untersuchung des Hybrid-Energiemanagement-Algorithmus in verschiedenen Phasen. Die Anbindung unterschiedlicher Quellen und Lasten ist vollständig konfigurierbar und erlaubt eine transparente Untersuchung des Prozesses.

## OPC UA Schnittstelle

Über den integrierten OPC-UA-Server stellt das System seine Live-Messwerte – etwa Spannung, Strom, Temperatur, Wasserstofffluss und Ladezustand (SoC) – als standardisierte OPC-UA-Knoten bereit und wird so zum Industrie-4.0-fähigen Gerät. So lässt es sich nahtlos in industrieübliche Werkzeuge wie SCADA-Systeme, SPS, MATLAB/Simulink und Node-RED einbinden – mit Multi-Client-Unterstützung, sodass mehrere Arbeitsplätze gleichzeitig zugreifen können.

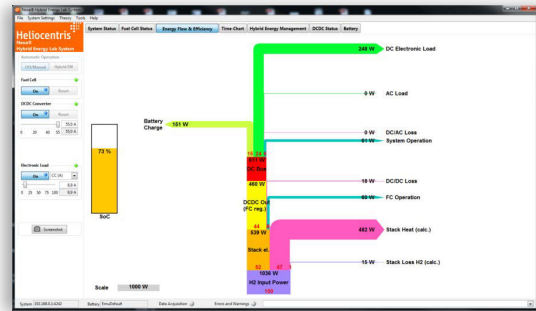
# Software-Funktionalität

Unsere auf LabVIEW™ basierende Software ermöglicht es Anwendern, die Hardware zu steuern, den Systembetrieb und die -konfiguration vorzunehmen, Daten in verschiedenen Formaten zu erfassen und darzustellen sowie Daten-Fitting für Forschung und Experimente durchzuführen. Anwender können ihre Modelle am realen System validieren, indem sie mit ihren Regelalgorithmen Systemparameter setzen und anschließend Echtzeitsimulationen ausführen. Erfasste Daten lassen sich in externe Anwendungen wie MATLAB™ und MS Excel exportieren und viele weitere.



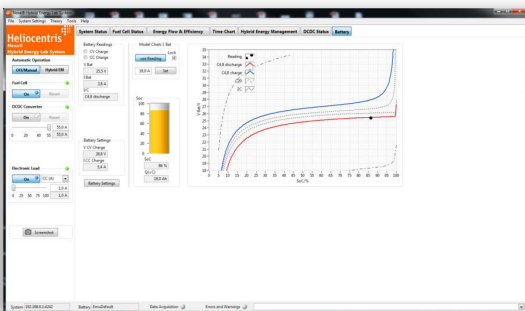
## System- & Sensorübersicht

- » Umfangreiche Datenpunkte für: DC/AC-Wechselrichter, E-Last, DC/DC-Wandler, Brennstoffzelle, H<sub>2</sub>-Fluss/-Ventile/-Speicher, Batterien, DC/AC-Bus



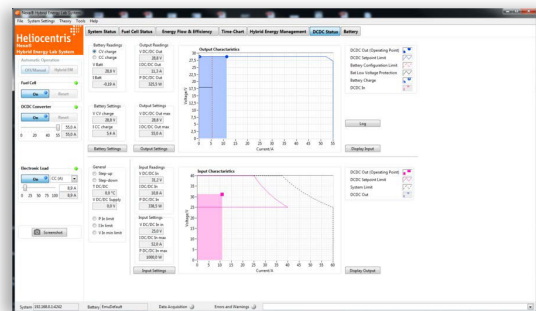
## Energiefluss & Wirkungsgrade

- » Echtzeit-Sankey-Diagramm der Ein-/Ausgangsleistung des Gesamtsystems & der Batterieladung (SoC)



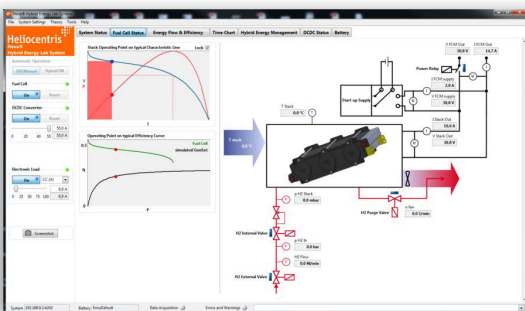
## Lade-/Entladeverhalten der Batterie

- » Echtzeitanzeige des Batteriebetriebs auf Basis des Batteriemodells (Lade- & Entladekurven), Messwerte V Bat/I Bat, Einstellungen V CV/CC, SoC



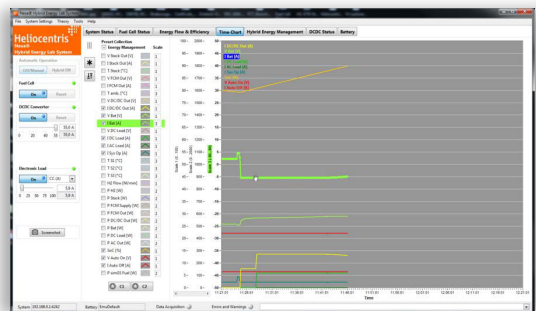
## DC/DC-Wandler

- » Echtzeitanzeige aller relevanten Daten: Ein- & Ausgangskennwerte des DC/DC-Wandlers (V, I, P), Step-Up/Down, Batteriemesswerte (CV, CC, V Bat, I Bat)



## Brennstoffzelle & H<sub>2</sub>-System

- » Echtzeitanzeige aller relevanten Brennstoffzellen- und H<sub>2</sub>-Datenpunkte: Stack-Temperatur, Start-up-Versorgung (I/V), FCM-Ausgang (I/V), H<sub>2</sub>-Fluss & -Druck, Lüfter
- » Integrierte Möglichkeit zum direkten Vergleich mit einem simulierten Diesel-Notstromaggregat



## Echtzeit-Grafikdarstellung

- » Darstellung von Komponentenparametern und Messwerten
- » Messwerte sind frei konfigurierbar
- » Einstellbare Skalen der Datenerfassung
- » Einfaches Hervorheben von Kurven per Klick

# Schulungs- und Experimentiermaterial

Umfangreiches Schulungsmaterial unterstützt Lehrende dabei, einen interaktiveren und spezialisierteren Unterricht zu gestalten. Vorbereitete Experimente und softwaregestützte Übungen vereinfachen die Nutzung des Systems.

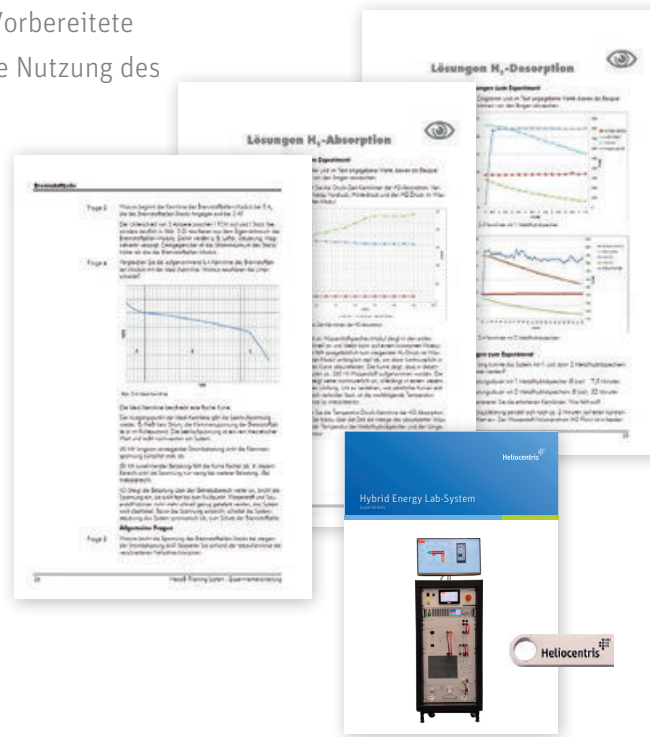
Experimente

## Experimentierhandbuch mit:

- » Lernziele und Inhalte
  - Anleitungen zur Durchführung der Experimente
  - Themenspezifische Fragen und Musterlösungen
- » Auswertungsvorlagen
- » Detailliertes Bedienungshandbuch

## Experimente unter anderem:

- » Systemauslegung für spezielle Anwendungen: *Backup, Notstromversorgung (USV), autonome Stromversorgung, Boost, Range Extender*
- » Untersuchung des Betriebsverhaltens von: *Batteriemodul, Brennstoffzellenmodul, DC-Wandler*
- » Bestimmung des Wirkungsgrads und der Energieumwandlung
- » Untersuchung von Laststufenänderungen bis zu 1,5 kW
- » Erstellung von Kennlinien



Ringordner und USB-Stick



## Lieferumfang des Hybrid Energy Lab-Systems

- » Brennstoffzellenmodul
- » Power-Management-Modul
- » Elektronisches Lastmodul
- » Batteriemodul
- » H<sub>2</sub>-Speichermodule (3x 800NI)\*\*
- » Systemsteuerungsmodul
- » Mess- und Experimentiersoftware
- » All-in-One-PC inkl. Tastatur, Maus
- » Schulungs- und Experimentiermaterial

Hybrid Energy Lab-System **Art.-Nr. 793\***

## Zubehör für die Wasserstoffversorgung

### Solar Hydrogen Extension

Kombinieren Sie das Hybrid Energy Lab-System mit der Solar Hydrogen Extension, um Ihr eigenes PV-betriebenes, autarkes Power-to-Gas-to-Power-Labor aufzubauen.

Solar Hydrogen Extension mit HG 72 **Art.-Nr. 812**



### H<sub>2</sub>-Anschluss-Kit mit Sicherheitsventil

Druckminderer für 200-bar-Standard-Druckgasflaschen zum Nachfüllen der Metallhydridspeicher oder zum direkten Betrieb des Hybrid Energy Lab-Systems bei 200 bar.

200 -> 15 bar H<sub>2</sub>-Anschluss-Kit **Art.-Nr. 736**



### Wasserstoffgenerator

Erzeugen Sie hochreinen Wasserstoff für den direkten Betrieb des Fuel Cell Trainers oder zum Nachfüllen der Metallhydridspeicher.

**Produktvarianten**  
HG 72 - HG 198 **Art.-Nr. 1303-04**



### Wasserstoffdetektor

Das tragbare Wasserstoff-Warngerät (0 – 100 ppm) zur Überwachung des Arbeitsplatzes sorgt in Kombination mit einem Lecksuchspray für Sicherheit beim Umgang mit Wasserstoff.

H<sub>2</sub>-Detektor **Art.-Nr. 731**



\* Nur in Kombination mit Wasserstoffkomponenten von Heliocentris erhältlich.

\*\* (0 °C, 1013,25 hPa nach DIN 1343)

# Technische Daten

Hybrid Energy Lab-System	
Abmessungen (B x H x T)	520 x 1330 x 600 mm ohne HG 72 600 x 1600 x 600 mm mit HG 72
Gewicht ca.	200 kg - 260 kg
Zulässige Umgebungstemperatur im Betrieb	+5 ... +35 °C
Anschlussnormen	DIN, CGA, BS
Netzanschluss	230 V <sub>AC</sub> (50 Hz), 115 V <sub>AC</sub> (60Hz)
Komm.-Schnittstelle	Ethernet
Brennstoffzellenmodul	
Brennstoffzellensystem	
Nennleistung	1200 W @ 5 ... 25 °C
Nennstrom	max. 60 A <sub>DC</sub>
Betriebsspannung	18 ... 36 V <sub>DC</sub>
Maximaler Wasserstoffverbrauch	15 NI/min
Wasserstoffreinheit für den Betrieb	min. 4.0
Zulässiger H <sub>2</sub> -Eingangsdruck	1 ... 15 bar
H <sub>2</sub> -Durchflussmesser	
Messbereich	0,83 ... 25 NI/min
Messgenauigkeit	± 1,5 % vom Endwert
H <sub>2</sub> -Sensor	
Messbereich (Standard)	0,00 ... 1,00 Vol. % H <sub>2</sub>
Power-Management-Modul	
DC-Wandler mit integriertem Lastregler	
Max. Ausgangsleistung	1500 W
Max. Ausgangsstrom	55 A <sub>DC</sub>
Nennausgangsspannung	24 V <sub>DC</sub>
Ausgangsspannungsbereich	21 ... 30 V <sub>DC</sub>
Max. Eingangsstrom	60 A <sub>DC</sub>
Eingangsspannungsbereich	18 ... 36 V <sub>DC</sub>
Wirkungsgrad	96 %

Wechselrichter	
Dauerausgangsleistung	1500 W <sub>AC</sub>
Eingangsspannung	21 ... 30 V <sub>DC</sub>
Ausgangsspannung	230 V <sub>AC</sub> (50 Hz), 115 V <sub>AC</sub> (60Hz)
Ausgangssignalform	Reine Sinuswelle (THD < 3 %)
Wirkungsgrad	91/93 % (110/230 V)
Elektronisches Lastmodul	
Max. Dauerleistung	1200 W
DC-Laststrom	0 ... 85 A <sub>DC</sub>
DC-Lastspannung	0 ... 80 V <sub>DC</sub>
Lastwiderstand	0.08...30 Ω
Batteriemodul	
Batteriesatz 1	Blei-Säure, 24 V, (2 x 12 V), 7,2 Ah
Batteriesatz 2	Blei-Säure, 24 V, (2 x 12 V), 18 Ah
Sicherungselemente	30 A, 80 A
H <sub>2</sub> -Speichermodule	
Wasserstoff-Manometer	0 ... 25 bar
Sicherungselemente	3 x Temperatursensoren, Druckentlastungsventil, Wasserstoff-Sicherheitsschalter, Manometer
Metallhydridspeicher	
Speicherkapazität	3x 800 NI @ 15 bar, 20°C
All-in-One-PC und Systemsteuerungsmodul	
All-in-One-PC, Tastatur, Maus und Anwendersoftware	
Systemsteuerung mit Touchscreen zur Messwertanzeige und -einstellung	

## Nexa® Integrationssystem

Von der Theorie zur angewandten Anwendung.  
Einfache Integration in verschiedene Systeme:

1200-W-Brennstoffzellenmodul

Art.-Nr. 1911

## Nexa® DC1200 Wandler

DC1200 DC-Wandler 24/48 V

Art.-Nr. 1610/1611



**Heliocentris Academia International GmbH**  
Rudower Chaussee 30  
12489 Berlin, Deutschland

Tel. + 49 (0) 30 340 601 600  
sales@heliocentrisacademia.com  
www.heliocentrisacademia.com