

PHYSIK

CHEMIE  
BIOLOGIE

TECHNIK



# SMART GRID MODULARES TRAININGSSYSTEM



- HANDLUNGSORIENTIERTES LERNEN MIT REALISTISCHEN SMART GRID SZENARIEN
- SMARTE ÜBERWACHUNG UND STEUERUNG MIT CASSY SCADA
- PRAKTISCHES TRAINING ALLER SMART GRID ELEMENTE: VERBRAUCH, ERZEUGUNG, ÜBERTRAGUNG UND SPEICHERUNG



# SMART GRID INTELLIGENTE STROMNETZE DER ZUKUNFT

## SMART GRID TRAININGSSYSTEME ZUR SICHERSTELLUNG DER ENERGIEVERSORGUNG

Der weltweite Energieverbrauch steigt aufgrund des Bevölkerungswachstums und des technologischen Fortschritts weiter an. Erneuerbare Energien bieten eine Lösung für die Unabhängigkeit von Energielieferanten, die Reduzierung von CO<sub>2</sub> und die Verringerung des Treibhauseffekts. Sie bringen aber auch Herausforderungen mit sich. So richtet sich die erzeugte Energiemenge nicht nach dem aktuellen Bedarf, sondern nach dem Wetter, und die dezentrale Einspeisung erfordert eine intelligente Steuerung.

## REIBUNGSLOSE ENERGIEVERSORGUNG & EFFIZIENTE ENERGIENUTZUNG

Smart Grids sind intelligente Stromnetze, in denen Stromerzeuger, Stromspeicher und Stromverbraucher miteinander vernetzt sind und kommunizieren. Diese Kommunikation muss in Echtzeit in beide Richtungen funktionieren. Dann kann in einem Smart Grid auf Schwankungen in der Stromerzeugung, den aktuellen Energiebedarf der Verbraucher oder den Ausfall von Übertragungsleitungen reagiert und dynamisch ausgeglichen werden.

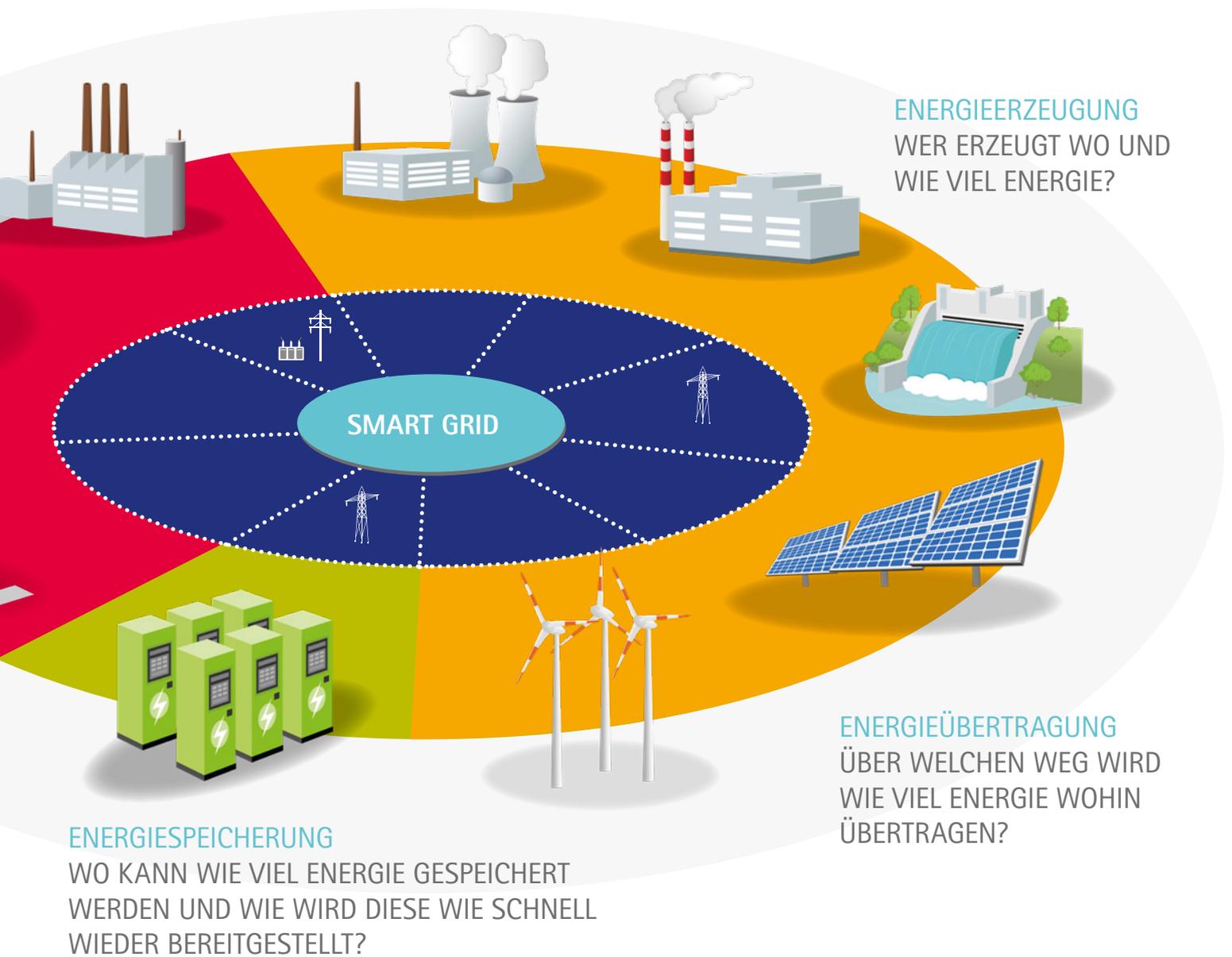
ENERGIEVERBRAUCH  
WIE VIEL LEISTUNG BENÖTIGEN  
DIE VERBAUCHER WANN?



## REAL-LIFE SZENARIEN LÖSEN & THEORIE VERSTEHEN

Sie möchten Ihren Studierenden praxisnahe Erfahrung im Smart Grid und mit den einzelnen Komponenten ermöglichen? Und die Studierenden selbst erfahren, was aufgrund ihrer Handlungen passiert? Und allgemeines, praktisches Wissen für den Ernstfall in der Realität vermitteln?

# SMART GRID ELEMENTE MODELLIEREN, ÜBERWACHEN UND STEUERN INTELLIGENT UND EFFIZIENT



## SMARTES, AKTIVES LERNEN MIT SZENARIEN

### HANDLUNGSORIENTIERTES LERNEN

Studierende lösen aktiv Aufgaben, um vorgegebene Szenarien aus dem echten Leben zu meistern. Die Studierenden lernen auf Basis von echten Messungen zu agieren und Fehler zu vermeiden.

### KREATIVES ANWENDEN

Ausprobieren verschiedener Lösungen und entwickeln eigener Vorgehensweisen im Szenario.

### PRAKTISCHE THEORIETEILE

Passende, fachtheoretische Inhalte als Grundlage oder zur Vertiefung erlernen Studierende durch Experimente mit interaktiven, digitalen Anleitungen.

# SMART METERING

## DIE BASIS DES SMART GRIDS

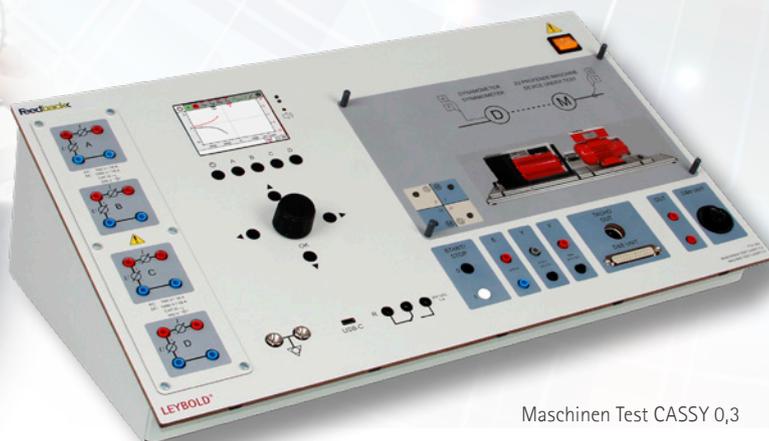
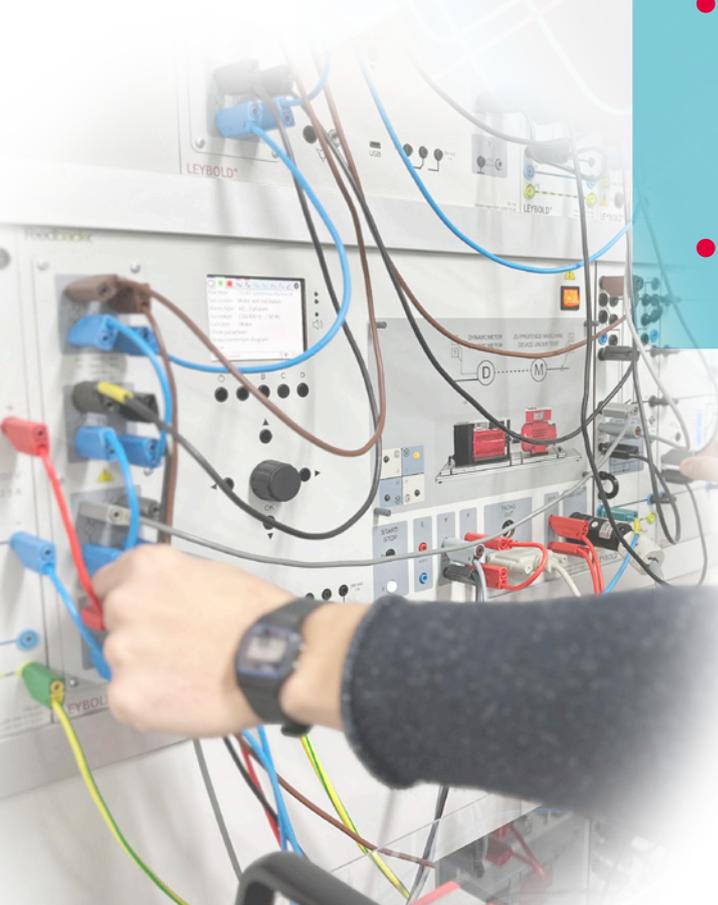
Eine Voraussetzung für ein intelligentes Stromnetz sind Smart Meter. Die intelligenten Stromzähler messen den aktuellen Stromverbrauch und kommunizieren die Daten an die Netzbetreiber, damit diese im Erzeugungsmanagement das Stromnetz und die Energiegeneration entsprechend steuern.



Power Analyser CASSY Plus

## DIE CASSY-GERÄTE

- die CASSY-Messgeräte stellen in den Smart Grid-Ausstattungen Smart Meter zur Messdatenerfassung dar
- Steuerung von intelligenten Verbrauchern über die CASSY-Geräte
- alle erhobenen Messdaten können für weitere Auswertungen gespeichert werden
- die Analyse von Messdaten und die Steuerung erfolgt über das CASSY SCADA oder über die digitalen Anleitungen Lab Docs
- für ein grundlegendes Verständnis von Kennzahlen, die im Smart Grid wichtig sind, sorgt ein extra Aufgabenkapitel zur Messtechnik mit Messübungen und Auswertungen der Messdaten (z.B. Frequenz, Wirk-, Schein- und Blindleistung, Phasenverschiebung, Vektordiagrammen von Spannungen und Strömen)
- alle CASSY-Geräte sind zuverlässig und genau, zudem sicher und einfach in der Handhabung durch Studierende



Maschinen Test CASSY 0,3



# SMARTE ÜBERWACHUNG & STEUERUNG

## DIDAKTISCH AUFBEREITETES CASSY SCADA

Im CASSY SCADA laufen alle Daten aus dem Netz, den Erzeugern und Verbrauchern zusammen. Alle Zustandsinformationen und Lastflüsse werden in Echtzeit in der Software angezeigt und verarbeitet.

## DAS CASSY SCADA

- ist die Software zur Überwachung einer Vielzahl an Parametern und zur Steuerung von Smart Grid Szenarios
- basiert auf der weltweit in Laboren eingesetzten Entwicklungsumgebung LabView, einfach zu nutzen
- dient der Anzeige und Regelung der einzelnen Elemente des Smart Grids und der CASSY-Geräte
- ist selbstständig konfigurier- und erweiterbar (eigene Experimente und Szenarien erstellen, eigene Hardware integrieren)
- ist an die jeweilige Lernsituation und die Zuhörer anpassbar
- lauffähig auf Windows, Linux und macOS



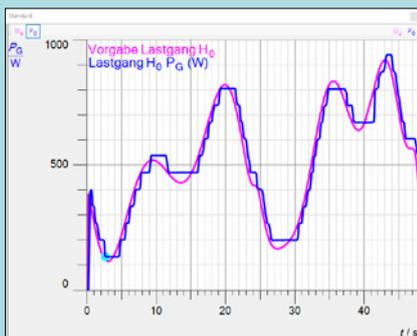
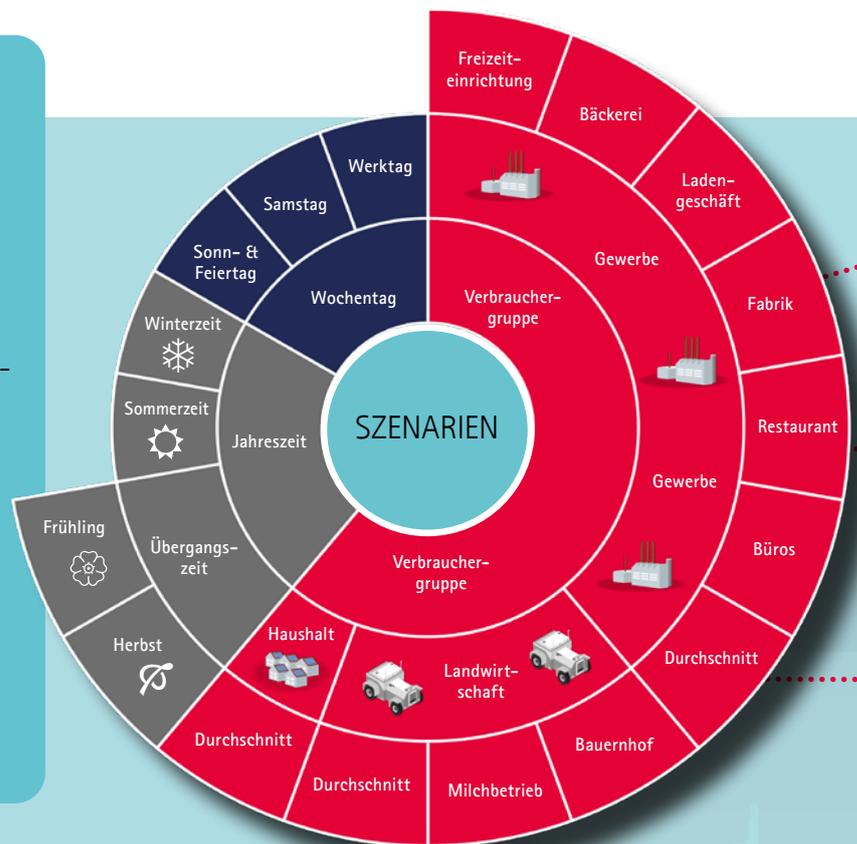
# ENERGIEVERBRAUCH

## LASTSZENARIOS UND VERBRAUCHERVERHALTEN

Robuste ohmsche, induktive und kapazitive Lasten können elektrische Verbraucher, wie Haushalte, Fabriken oder auch eine ganze Stadt, abbilden und zeitlich ändernde Lastsituationen erzeugen. Somit kann das Lastverhalten komplexer Verbraucher in Smart Grid Ausstattung simuliert werden.

### LASTPROFILE UND SIMULATION VON KOMPLEXEN LASTEN

- unterschiedlichste Verbraucherprofile bereits integriert
- über 21 verschiedene Verbraucherszenarien abspielbar
- Szenarien sind anpassbar, Einpflegen eigener lokalisierter Daten möglich
- eigene Szenarien können hinzugefügt werden
- Mischung der Szenarien für realistische Belastungen je nach Anwendungsfall möglich



Beispiel eines Lastprofils von einem Haushalt im Winter an einem Wochentag



## SZENARIEN-AUFGABEN

- Analyse und Identifikation von Verbrauchskurven
- Beurteilung kritischer Zeitpunkte, z.B. maximaler Energiebedarf
- Berechnung der verbrauchten Energie

## SZENARIEN-LERNINHALTE

- Messungen
- Charakteristika unterschiedlicher Verbraucherverhalten
- Leistungsumfang eines Stromnetzes und der Erzeuger
- Ausblick auf Laststeuerung (Demand-Side-Management)



## STUEBERBARE LASTEN VON LEYBOLD NACHBILDUNG UNTERSCHIEDLICHER VERBRAUCHER

### BEISPIELE FÜR VERBRAUCHERSZENARIEN

- Haushalt am Sonntag in der Winterzeit
- Landwirtschaftsbetrieb am Samstag in der Sommerzeit
- Industrieunternehmen, werktags im Frühling

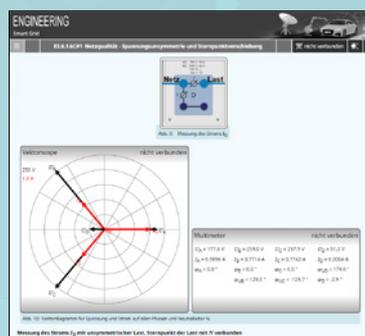
### SPEZIFISCHE VERBRAUCHERSZENARIEN

- Backstube am Samstag
- Landwirtschaftsbetrieb mit Milchwirtschaft
- Friseur

### SELBST ZUSAMMENSTELLBARE VERBRAUCHERSZENARIEN

- 20% Haushalte
- 20% Reserve
- 20% Industrie
- 20% weitere Grundlast
- 20% Landwirtschaft

- ohmsche, kapazitive und induktive Lasten
- fernsteuerbar oder direkt am Gerät manuell bedienbar
- triggerbar für synchrone Messung
- symmetrische und unsymmetrische Lasten möglich
- Stufen- und Statusanzeige über LED-Leisten
- Dauerbetrieb durch lastgeregelt Lüfter möglich
- Temperaturüberwachung und Abbrand-sichere Widerstände
- interne Phasenerkennung bestimmt den optimalen Schaltzeitpunkt und ermöglicht reproduzierbare Experimente



Live-Abbild der gemessenen Nullpunktverschiebung bei unsymmetrischer Belastung in digitaler Anleitung

## THEORIETEIL-EXPERIMENTE NETZANALYSE

- Grundlagen der Drehstromnetze
- Wechselspannung und Vektordiagramme
- Messung der Netzqualität nach EN 50160
  - Frequenz- und Spannungsstabilität
  - Symmetrische Komponenten
  - Oberschwingungen / THD
- Experimente an Dreiphasennetzen
  - Nullpunktverschiebung
  - Lastszenarien
  - Lastkompensation
  - Oberschwingungen

# ENERGIEERZEUGUNG

## KONVENTIONELLE & ERNEUERBARE ENERGIEQUELLEN

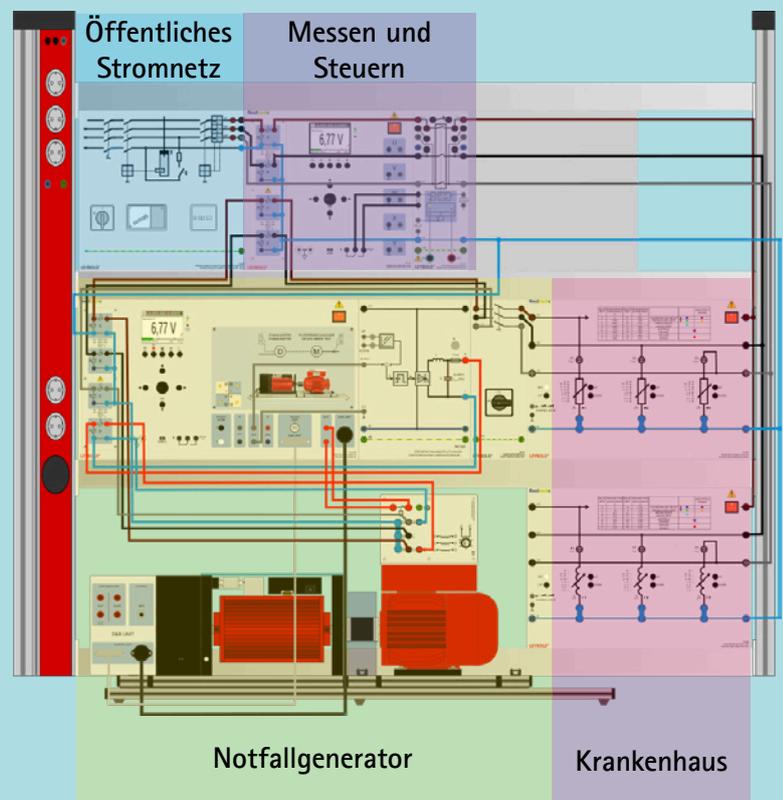
Mit dem LD Smart Grid wird die Energieerzeugung sowohl konventionell als auch mit erneuerbaren Energien trainiert.

### BEISPIELSZENARIO STROMAUSFALL IM KRANKENHAUS

Ein Stromausfall im Krankenhaus ist ein Katastrophenszenario, das ein zügiges und strukturiertes Handeln erfordert. In diesem Szenario muss die Notstromversorgung schnell und stabil laufen sowie das Krankenhaus nach dem Blackout wieder sicher an das Stromnetz genommen werden.



### SZENARIO SMART GRID HARDWARE

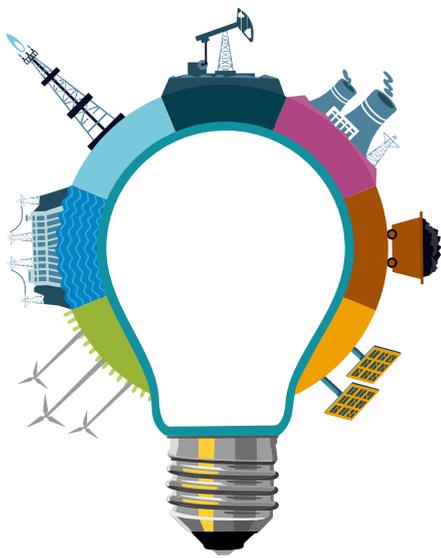


## SZENARIEN-AUFGABEN

- Blackout-Erkennung und Einleitung entsprechender Maßnahmen
- Versorgung mit Dieselgenerator bei variablem Lastbedarf
- Wiederverbindung des Krankenhauses mit öffentlichem Stromnetz
- Abschalten des Generators

## SZENARIEN-LERNINHALTE

- Stabiler Netzbetrieb
- Parametrisierung des Generators
- Synchronisierung von Netzen
- Frequenz- und Spannungsstatik
- Generator Lastbetrieb



## SZENARIEN FÜR KONVENTIONELLE ENERGIEERZEUGUNG

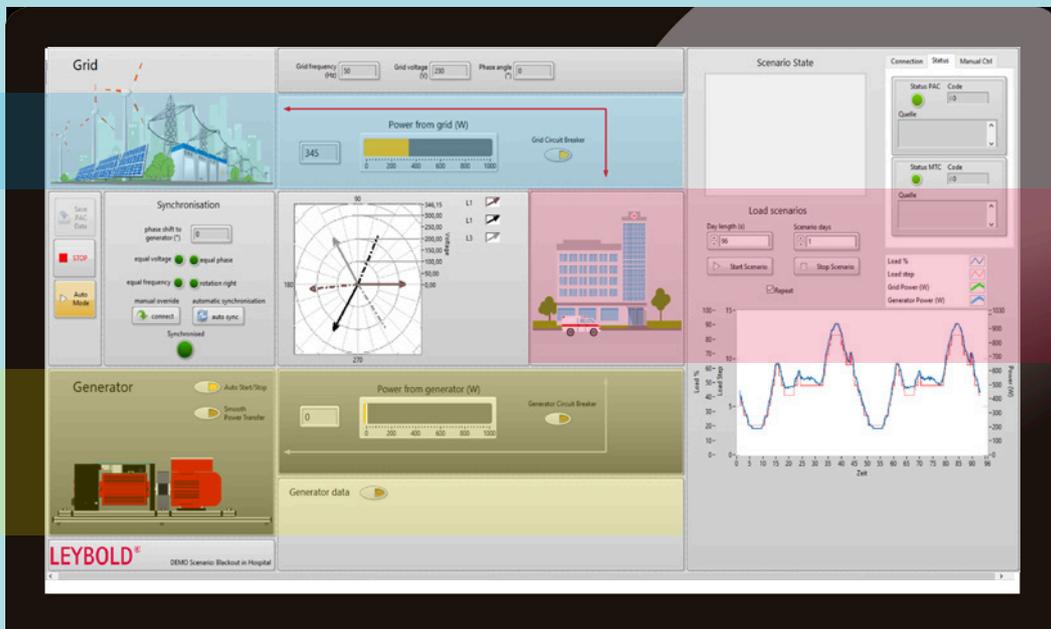
Vier didaktisch ausgearbeitete Szenarien erhältlich:

- Stromausfall im Krankenhaus
- Landanschluss von einem Schiff
- Off-Grid-Versorgung eines Dorfes
- Inbetriebnahme und Verhalten konventioneller Kraftwerke

Alle Szenarien können angepasst bzw. eigene Szenarien zusätzlich erstellt werden.

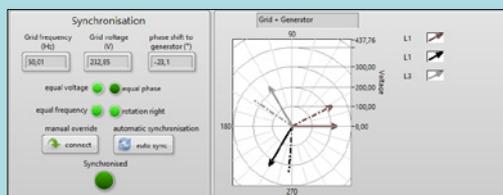
## CASSY SCADA - INTERFACE ZUR STEUERUNG DES SZENARIOS

Öffentliches  
Stromnetz

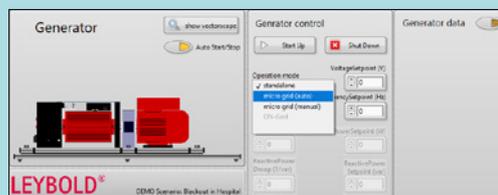


Krankenhaus

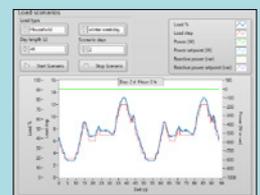
Notfall-  
generator



Bedienfeld Synchronisation mit Vektorskope, manuelle nach Werten und automatisch softwaregesteuerte Synchronisation möglich



Bedienfeld Generator mit Auswahl des Betriebsmodus, rechts können Generatorparameter eingeblendet werden



Kontrollbereich Lastszenarien, zweitägiges Lastprofil

## THEORIETEIL-EXPERIMENTE

- Generator-Grundlagen (E3.1.1)
- Verhalten im Inselbetrieb (E3.1.1)
  - Leerlauf
  - Kurzschluss
  - Mit RLC Belastung
  - Bestimmung des Wirkungsgrads
- Verhalten am starren Netz (E3.1.2)
  - V-Kurven
  - Phasenschieber
- Synchronisierung - manuell & automatisch (E3.1.2 & E3.1.3)
- Generatorregelung (E3.1.4)
  - Wirkleistungsregelung
  - Blindleistungsregelung (cos  $\phi$  Regelung)

Direkt zu den Aus-  
stattungen Theorieteil  
E3.1 - Energieerzeugung



<https://www.leybold-shop.de/technik/elektrotechnik/energietechnik-339/energieerzeugung.html>

# ENERGIEERZEUGUNG

## WÄHLEN SIE IHRE ERNEUERBARE ENERGIEQUELLE INDIVIDUELL

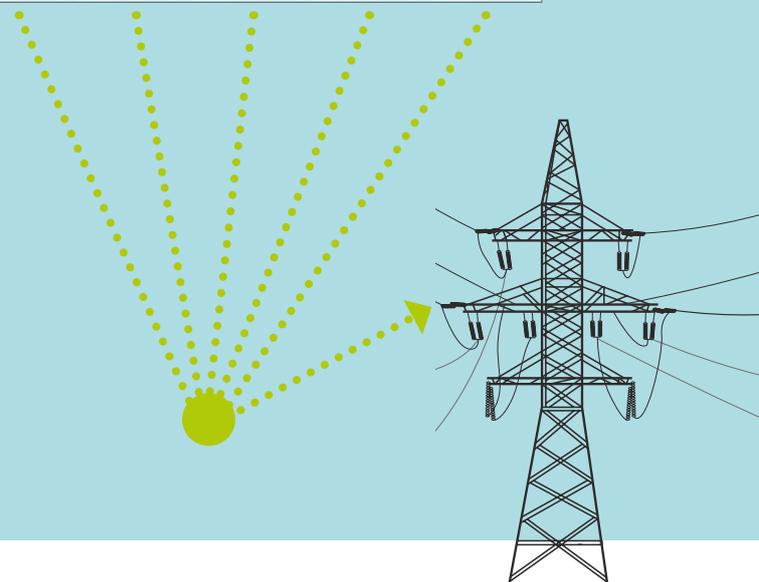
Untersuchen Sie den Einfluss erneuerbarer Energiequellen ganz flexibel. Ein ganzheitliches Smart Grid Training wird unabhängig vom Platz im Labor, Wetterverhältnissen oder auch finanziellen Voraussetzungen ermöglicht.



### ERZEUGUNG VARIABLER ENERGIEQUELLEN

- jegliche Energiequellen (Solar, Wind, Wasserstoff, konventionell)
- variable Anzahl und Konfiguration der Quellen
- einstellbare Wetterbedingungen
- Mix an Quellen möglich
- sehr anschaulich durch Module
- manuell konfigurierbar direkt an Geräten oder im CASSY SCADA
- Einspeisung der erzeugten Energiemenge in das Netz
- exakte Simulation durch präzise Berechnungen

### MIT ANSCHAULICHEN, KOMPAKTEN MODELLEN



### SZENARIEN

Didaktisch ausgearbeitete Szenarien erhältlich:

- Energieproduktion mit Solarkraft
- Energieproduktion mit Windkraft
- Universelle Erzeugerszenarien mit PCC

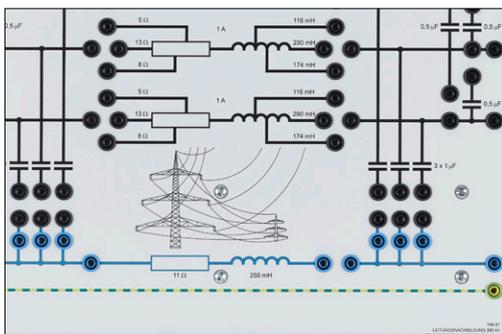
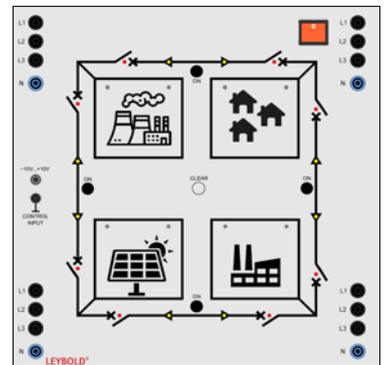
# ENERGIESPEICHERUNG FÜR DIE VERSORGUNGSSICHERHEIT

Die wetterabhängige und nicht an den Verbrauch anpassbare Stromproduktion der Erneuerbaren Energien macht es notwendig, zu viel erzeugte Energie zu speichern und bei Bedarf wieder ins Netz einzuspeisen. Ganze Speicherkraftwerke werden das in Zukunft übernehmen. Um auch hier das theoretische und praktische Wissen zu erlangen, können im Smart Grid zum Beispiel Batteriespeicher oder Pumpspeicherkraftwerke eingesetzt werden. Die Studierenden erlernen, auf Frequenzabweichungen im Smart Grid zu reagieren, um eine stabile Versorgung sicherzustellen.



# ENERGIEÜBERTRAGUNG ÜBERWACHUNG UND MANAGEMENT DER WEGE

Alle Energieerzeuger und Speicher sind über das Stromnetz mit den Verbrauchern verbunden und versorgen diese mit Elektrizität. Im Smart Grid muss der Energiefluss überwacht werden, um Überlastungen des Netzes zu vermeiden. Unzureichende Netzkapazitäten oder auch Störungen im Netz können die Versorgung entscheidend beeinflussen und müssen erkannt und beseitigt werden.



## EINBINDUNG DER ÜBERTRAGUNG IN SMART GRID SZENARIEN

- bis zu vier örtlich getrennte dreiphasige Stromerzeuger (Generatoren) oder Verbraucher (Lasten) können in einer Netzmasche zusammengeschaltet werden
- Skalierung des Stromnetzes durch hinzufügen weiterer Maschen möglich
- Verbindungen per CASSY SCADA fernsteuerbar
- Fehler im Netz können mit dem Power Analyser CASSY Plus eingestellt werden

## SZENARIEN- AUFGABEN

- Unterbrechungsfreie Versorgerwechsel
- Erkennen von Über- & Unterlast
- Schutzmaßnahmen für das Stromnetz

## SZENARIEN- LERNINHALTE

- Schaltvorgänge in Doppelsammelschienensystemen
- Parametrisierung und Testen von Relais
- Verhalten von Transformatoren

## THEORIETEIL- EXPERIMENTE

- Transformator im Leerlauf, Kurzschluss und Belastung (E3.2.1)
- Elektrische Eigenschaften von Übertragungsleitungen (E3.2.2)
- Funktion von Schutzrelais (E3.4.2)

### E3.1 ENERGIEERZEUGUNG

- E3.1.1 Synchrongenerator
- E3.1.2 Synchronisierschaltung
- E3.1.3 Automatische Synchronschaltung
- E3.1.4 Kraftwerksregelung



### E3.2 ENERGIEÜBERTRAGUNG- & VERTEILUNG

- E3.2.1 Dreiphasentransformator
- E3.2.2 Leitungsnachbildung 380 kV
- E3.2.3 Generatorgespeistes Übertragungssystem
- E3.2.4 Parallel- & Reihenschaltung von Hochspannungsleitungen
- E3.2.5 Dreiphasiges Doppelsammelschienenmodell



### E3.3 ENERGIEVERBRAUCH

- E3.3.1 Energieverbrauchmessung
- E3.3.2 Blindleistungskompensation
- E3.3.3 Netzanalyse



### E3.4 SCHUTZTECHNIK

- E3.4.1 Strom- & Spannungswandler
- E3.4.2 Schutzrelais
- E3.4.3 Schutz einer Hochspannungsleitung
- E3.4.4 Schutz von zwei Hochspannungsleitungen



### E3.5 STE MODELLE DER ENERGIETECHNIK

- E3.5.1 Solarenergie STE
- E3.5.2 Windenergie STE
- E3.5.3 Batterietechnologie STE
- E3.5.4 Smart Grid STE
- E3.5.5 Smart Grid STE mit SCADA (WinFact)



Weitere Informationen finden Sie in unserem Webshop unter:

[WWW.LEYBOLD-SHOP.DE](http://WWW.LEYBOLD-SHOP.DE)

130 8010DE 05.2023 LD  
Technische Änderungen vorbehalten

## E3.6 SMART GRID: SZENARIENBASIERTE EXPERIMENTE

#### 3.6.1 SMART METERING UND SCADA

- 3.6.1.1 LabView Guide for CASSY SCADA
- 3.6.1.2 Smart Meter

#### 3.6.2 VERBRAUCHER IM SMART GRID

- 3.6.2.1 Stromverbrauch im Haushalt
- 3.6.2.2 Stromverbrauch im Gewerbe
- 3.6.2.3 Load Management

#### 3.6.3 SZENARIEN ZUR ENERGIEERZEUGUNG

- 3.6.3.1 Blackout im Krankenhaus
- 3.6.3.2 Schiff legt im Hafen an
- 3.6.3.3 Inbetriebnahme & Verhalten von konventionellen Kraftwerken
- 3.6.3.4 Energieproduktion mit Solarkraft
- 3.6.3.5 Energieproduktion mit Windkraft
- 3.6.3.6 Universelle Erzeugerszenarien mit PCC

#### 3.6.4 ANWENDUNGEN FÜR ENERGIESPEICHERUNG

- 3.6.4.1 Energiespeicher im Smart Grid

#### 3.6.5 ENERGIEÜBERTRAGUNG IM SMART GRID

- 3.6.5.1 Energieflussrichtung im Mini Grid
- 3.6.5.2 Übertragungsleitung mit Energieflussumkehr

#### 3.6.6 MICRO GRID (AUTARKES NETZ, INSELNETZ)

- 3.6.6.1 Off-Grid Versorgung einer Insel
- 3.6.6.2 Derating bei Windkraft
- 3.6.6.3 Grid Codes für Erneuerbare Energien
- 3.6.6.4 Power Generation Management

#### 3.6.7 SMART GRID

- 3.6.7.1 Standardlabor
- 3.6.7.2 Schwarzstart des Stromnetzes

#### 3.6.8 ZUBEHÖR / ERWEITERUNGEN

- 3.6.8.1 Modelle der regenerativen Energieerzeugung und Verbrauch

