Versuchsfeld Intelligente Energie Netze
Einführung

Die Energiewende ist ein zentrales Thema unserer Gesellschaft. Sie umschreibt den Transformationsprozess von einem Energieversorgungssystem, das auf fossilen Energieträgern beruht, hin zu einem nachhaltigen System auf Basis erneuerbarer Energien.

Die damit einhergehende Ausbilanzierung eines anteilig zunehmend wetterabhängigen Stromangebots und schwankender Stromnachfrage wird immer komplexer.

Ein Ansatz zur Bewältigung dieser Herausforderung liegt in der Verbesserung der Steuerung und Automatisierung von Stromerzeugern, -speichern und -verbrauchern durch moderne Kommunikations- und Informationstechnik. So soll das Zusammenspiel zwischen einem fluktuierendem Angebot – bereitgestellt durch erneuerbare Einspeiser – und einer schwankenden Nachfrage besser abgestimmt und optimiert werden.

Das Stromnetz der Zukunft wird also zunehmend dezentraler und seine Energieflüsse müssen „intelligenter“ gesteuert werden. Ein solches Netz wird als „Smart Grid“ bezeichnet.

Genau daran forschen wir.

Dazu haben wir hier auf dem Campus unterschiedliche Stromerzeuger, -speicher und -verbraucher miteinander verknüpft. Ein solch lokal begrenztes **Smart Grid** nennt man **Micro-(Smart)-Grid**.

Ob Strom, Wärme oder Elektromobilität: Folgen Sie den Schildern des Versuchsfeldes „Intelligente Energie Netze“ und erhalten Sie einen Einblick in unsere Forschungsarbeit.

Viel Spaß dabei!

Test Field Smart Energy Grids
Introduction

Energy Transition is a central issue of our society. It involves the transformation process of an energy system based on fossil fuels towards a sustainable system that is relying on renewable energy sources.

One of the major tasks involved in this transition is how to balance an increasing weather-dependent electricity supply coming from renewable sources with a fluctuating demand. A way to solve this complex issue lies within linking up energy providers, storage facilities and consumers in terms of communication and controlling. This helps in coordinating and optimizing the interaction of fluctuating energy supply (from renewable sources) and demand.

The “grid of the future” becomes more decentralized and its energy flows have to be operated in a “smarter” way – it turns into an automatized grid, a so-called “Smart Grid”.

This is exactly what we are working on.

In order to do so, we have linked up different energy producers, storage facilities and consumers on campus.

Such a locally limited **Smart Grid** is referred to as a **Micro-(Smart)-Grid**.

Whether it is electric power, heat or mobility: Follow the signs of the test field “Smart Energy Grids” and get an insight into our research.

Enjoy!

Lageplan/Site Map

Start

1. Netzleitstelle/Grid Control Center
2. Smart Meter
3. Blockheizkraftwerk (BHKW)/Combined Heat and Power Plant (CHP)
4. Power to Heat (P2H)
5. Absorptionskälteanlage/Absorption Cooling Unit
6. Power to Gas (P2G)
7. Mess -, Steuer- und Regelungsraum (MSR)/Instrumentation & Control Room (I&C)
8. Photovoltaik-Anlage/Photovoltaic System
9. Stationäre Batterie/Stationary Battery

10. DC Ladestation/DC Charging Station
11. AC Ladesäulenpark/AC Charging Station Park
12. Elektrofahrzeuge/Electric Vehicles
13. EMV-Kammer/EMC Chamber

Micro-Grid
Elektromobilität/E-Mobility

QR-Code scannen und Prof. Dr.-Ing. Schwarz kennelernen /
scan QR code and meet Prof. Dr.-Ing. Schwarz

Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg

1. Netzleitstelle

Steckbrief

- 2 Bedien- und Systemarbeitsplätze
- Netzleittechnik-Plattform: Siemens „Spectrum Power 5“
- Online-Messung der elektrischen und thermischen Energieflüsse im Micro-Grid und Campus-Netz
- Steuerung und Automatisierung dieser Energieflüsse im Micro-Grid
- Zentrale Erfassung von Leistungsflüssen in den Netzen von 50Hertz Transmission, E.DIS, MITNETZ STROM und Stromnetz Berlin

Funktionsweise & Aufgabe im Micro-Grid

Die Messdaten aus Micro-Grid und Campus-Netz werden online analysiert und ausgewertet. Basierend darauf werden Visualisierungen und Vorgaben für die Energieflusssteuerung erstellt. Mit dem Netzleitsystem werden die Anlagen im Micro-Grid ferngesteuert und die Vorgaben für die Energieflüsse übermittelt und überwacht.

Unsere Akteure sind: PV-Anlage (8) und BHKW (3) als Erzeuger und Batteriespeicher (9), Elektroautos (12), Power to Gas (6) und Power to Heat (4) als steuerbare Abnehmer. Für diese sollen durch Software-Applikationen energieoptimierte Vorgaben automatisch erstellt und durch die Netzleittechnik abgefahren werden.

Forschungsschwerpunkte

- Anforderungen an netzdienliche Betriebsführung von Erzeugern, Verbrauchern und Speichern
- Regelkonzepte und Optimierungsstrategien für die Energieflusssteuerung im Micro-Grid
- Spartenübergreifender Verbundbetrieb von elektrischen und thermischen Erzeugern, Speichern und Abnehmern

1. Grid Control Center

Characteristics

- 2 operator and system workplaces
- Platform for network control technology: Siemens “Spectrum Power 5”
- Online measuring of electrical and thermic energy flows within our Micro-Grid and the Campus Grid
- Control and Automation of electrical and thermic energy flows of Micro-Grid
- Central recording of power flows from grids of network operators 50Hertz Transmission, E.DIS, MITNETZ STROM and Stromnetz Berlin

Mode of operation & task within Micro-Grid

The measured data of Micro-Grid and Campus Grid are analyzed and evaluated online. Based on this, visualizations and input requirements for the energy flow control are realized. The components of the Micro-Grid are remote controlled with the grid control system. The latter also transmits and supervises input requirements for the energy flows.

Our components are: PV System (8) and CHP (3), both are serving as energy producers, whereas Stationary Battery (9), E-Cars (12), Power to Gas (6) and Power to Heat (4) installations serve as controllable loads. In the future, software applications are expected to generate energy-optimized input requirements for all components automatically and will then be applied by the network control technology.

Research priorities

- Requirements for a network-beneficial operational management of energy producers, loads and storages
- Control concepts and optimization strategies for the control of energy flows within the Micro-Grid
- Cross-divisional interconnected network operation of electrical and thermal producers, storages and consumers

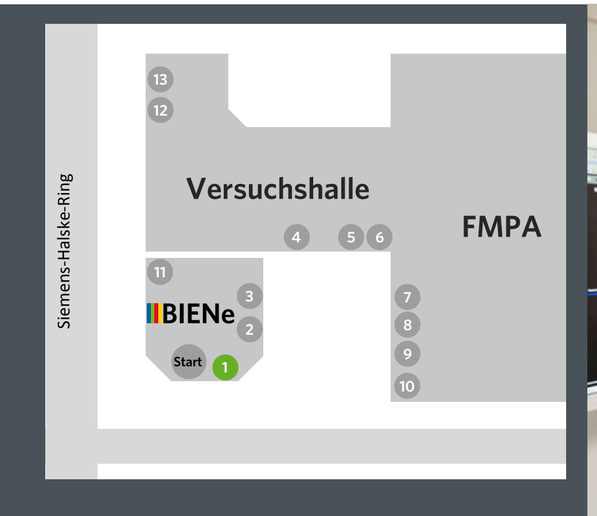


Foto I: **Netzleitstelle in BIENe / Grid Control Center in BIENe**

Foto II: **Netzleitstelle in Taucha / Grid Control Center in Taucha**

QR-Code scannen und mehr über die Netzleitstelle erfahren / scan QR code and learn more about the Grid Control Center

Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg

2. Smart Meter

Steckbrief

- 25 Smart Meter verteilt im Campus-Netz
- Zeitliche Messwerterfassung Δt = 30 s
- Messung von Strom, Spannung und Leistung
- Übertragung der Messwerte an die Netzleitstelle (1) zur Darstellung, Auswertung und Archivierung

Funktionsweise & Aufgabe im Micro-Grid

Smart Meter sind elektronische Messgeräte zur automatischen Erfassung von Energieflüssen. Im Gegensatz zu konventionellen Messgeräten erlauben sie eine bidirektionale Kommunikation zwischen Zähler und Energieverteilnetz.

Auf dem Zentralcampus der BTU Cottbus–Senftenberg werden durch Smart Meter die Lastprofile und Energieverbräuche wichtiger Büro- und Laborgebäude erfasst, zwischengespeichert und an die Netzleitstelle zur Archivierung übertragen.

Weiterhin können die Leistungsflüsse im Mittel- und Niederspannungsnetz des Campus-Netzes überwacht werden. Im Anschluss werden charakteristische Energieflussprofile erstellt. So besteht die Möglichkeit diese steuerbaren Lasten („Verbraucher") in ein übergeordnetes Managementsystem einzubinden.

Forschungsschwerpunkte

- Potentialanalyse für steuerbare Lasten auf dem Campus der BTU Cottbus–Senftenberg

2. Smart Meter

Characteristics

- 25 Smart Meter are distributed throughout the Campus Grid
- Temporal measurement value acquisition Δt = 30 s
- Measurement of electricity, voltage and demand
- Transfer of measured data towards the Grid Control Center (1) for purposes of vizualisation, evaluation and archiving

Mode of operation & task within Micro-Grid

Smart Meters are electronic measurement devices that automatically record energy flows. In contrast to conventional meters, they allow for a bidirectional communication between both: the meter and the energy distribution network.

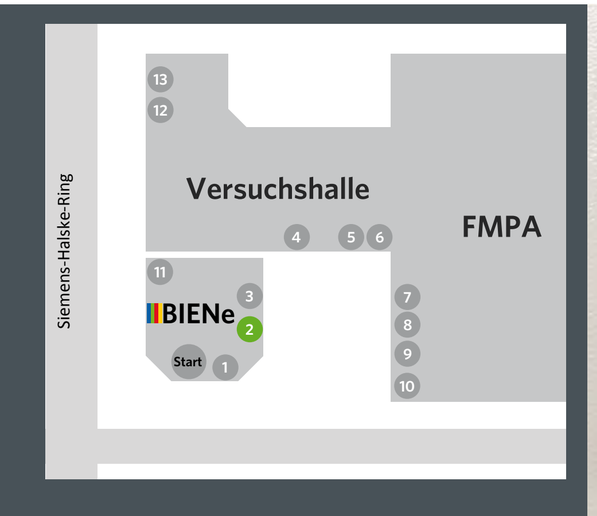
The Smart Meters installed on the central campus of BTU Cottbus–Senftenberg record the load profiles and energy consumptions of important office and laboratory buildings. They then buffer them and transfer the data to the Grid Control Center for archiving. The power flows of the medium- and low voltage network of the Campus Grid are also supervised this way.

Subsequently, characteristic power flow profiles are created. Thus, one is able to integrate them as controllable loads into a greater management system.

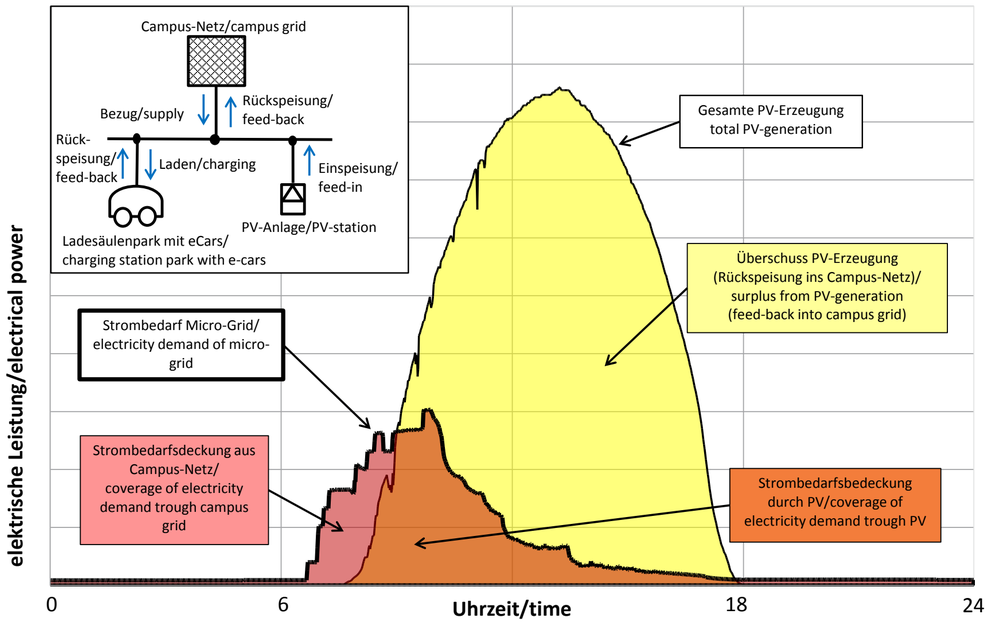
Research priorities

- Potential analyses for controllable loads on campus of BTU Cottbus–Senftenberg

Smart Meter auf dem Campus / Smart Meter on Campus



Durch Smart Meter erfasste Leistungsflüsse / Power Flows recorded by Smart Meter



QR-Code scannen und mehr über Smart Meter erfahren / scan QR code and learn more about Smart Meter

Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg

3. Blockheizkraftwerk (BHKW)

Steckbrief

- 30 kWmech Erdgasmotor
- 50 kVA direkt netzgekoppelter Drehstromsynchrongenerator
- 27 kW elektrische Wirkleistung
- -13 .. +24 kvar elektrische Blindleistung
- Elektroenergie-Abführung im Insel- oder Netzbetrieb
- 80 kW thermische Leistung
- Wärmenutzung zum Beheizen oder zur Kühlung der angrenzenden FMPA-Halle

Funktionsweise & Aufgabe im Micro-Grid

Blockheizkraftwerke (BHKWs) sind Erzeugungs-Allrounder, die mittels Verbrennungsmotor die chemische Energie im Gas oder im Biodiesel in Wärme und Elektrizität wandeln. Dazu erzeugt der Verbrennungsmotor eine mechanische Arbeit, die durch einen Generator in elektrische Energie gewandelt wird. Gleichzeitig wird die vom Verbrennungsmotor abgegebene Wärme genutzt.

BHKWs gehören damit zur Technologie der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK). Das BHKW in unserem Versuchsfeld „Intelligente Energie Netze“ nutzt Erdgas als Brennstoff und dient als Backup für die regenerative Wärme- und Stromerzeugung im Anlagenverbund.

Forschungsschwerpunkte

- Ausgleich von Leistungsfluktuationen durch regenerative Einspeisungsanlagen
- Bereitstellung von folgenden Systemdienstleistungen, die für den Betrieb elektrischer Netze erforderlich sind:
  - Beitrag zur Frequenzhaltung durch Wirkleistungsregelung
  - Beitrag zur Spannungshaltung durch Blindleistungsregelung
  - Beitrag zur Kurzschlussleistung durch separates Erregersystem

3. Combined Heat and Power Plant (CHP)

Characteristics

- 30 KWmech natural gas engine
- 50 kVA directly grid-connected AC synchronic generator
- 27 kW electrical active power
- -13.. +24kvar electrical reactive power
- Electrical energy eduction in isolated or grid operation
- 80 kW thermal output
- Use of produced heat for heating or cooling the nearby FMPA hall

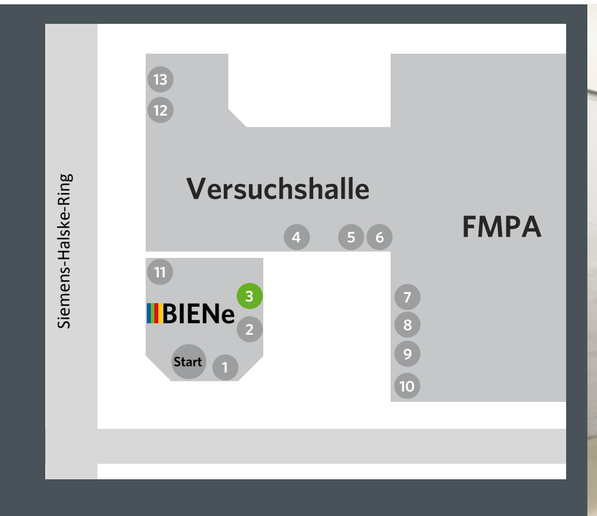
Mode of operation & task within Micro-Grid

Combined Heat and Power Plants (CHP) are called “production allrounders”: By using a combustion engine, they convert the chemical energy of gas or biodiesel into heat or electricity. To do so, the combustion engine produces mechanical work which is then converted into electrical energy by using a generator. The heat produced by the combustion engine is also used.

That is why CHPs belong to a technology referred to as cogeneration. The CHP that is part of our test field “Smart Energy Grids” is using natural gas as a fuel and serves as a backup for the regenerative heat and power generation within our plant network.

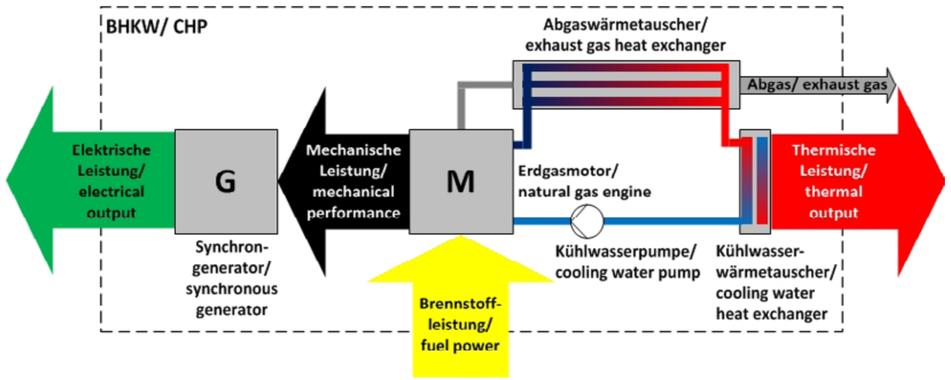
Research priorities

- Balancing the power fluctuation of regenerative feed-in plants
- Providing the following system services that are necessary to run electrical grids:
  - Contribution to frequency stability through active power
  - Contribution to voltage estability through reactive power
  - Contribution to short-circuit capacity through a separate excitation system



BHKW / CHP

Prozessschema BHKW / Process Scheme CHP



QR-Code scannen und mehr über das BHKW erfahren / scan QR code and learn more about CHP

Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg

4. Power to Heat (P2H)

Steckbrief
Wärmespeicher
• ca. 230 kWh Speicherkapazität (ΔT = 20K)
• Speichermedium Wasser: 10.000 Liter Speicherinhalt
Heizpatronen
• Regelbare Wärmezufuhr über 3 × 19 kW
Heizkonvektoren
• Regelbare Wärmenutzung durch 2 × 40 kW
Absorptionskältemaschine (5)
• Regelbare Wärmenutzung durch 15 kW

Funktionsweise & Aufgabe im Micro-Grid
Power to Heat (P2H) steht für „Strom zu Wärme" und bezeichnet eine direkte Wärmeerzeugung aus Strom (-überschüssen).

Beispiel: In unserem Versuchsfeld „Intelligente Energie Netze" entsteht ein Überschuss an elektrischer Energie, weil der Ladesäulenpark (11) nicht genügend abnimmt. Überschussenergie kann dann durch die elektrischen Heizpatronen in Wärme umgewandelt werden.

Aus Sicht des Stromnetzes stellen diese Heizpatronen steuerbare Verbraucher dar.

Die so im Micro-Grid erzeugte Wärme wird zur Gebäudeheizung bzw. -kühlung – über die Kältemaschine (5) – genutzt oder für eine spätere Verwendung im Wärmespeicher gepuffert.

Forschungsschwerpunkte
• Kopplung Strom- und Wärmenetze
• Praktische Erprobung von Power to Heat (P2H) als steuerbare Stromlast in Smart Grids

4. Power to Heat (P2H)

Characteristics
Thermal Energy Storage
• approx. 230 kWh storage capacity (ΔT = 20K)
• storage medium water: 10,000 liter storage capacity
Cartridge Heaters
• controllable heat supply with the help of 3 × 19 kW
Convector Heaters
• controllable heat use with the help of 2 × 40 kW
Absorption Cooling Unit (5)
• controllable heat use with the help of 15 kW

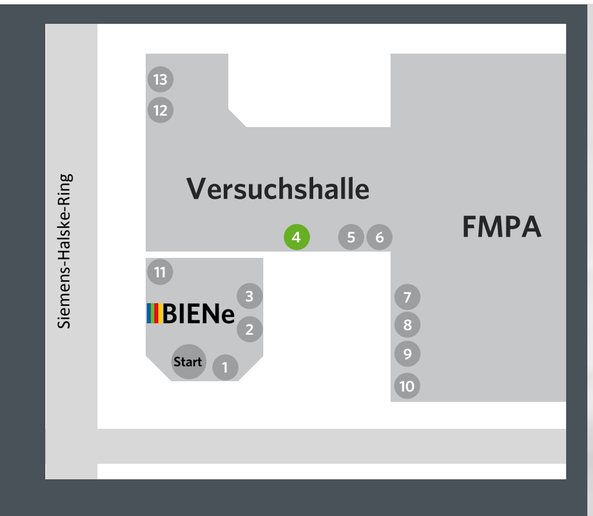
Mode of operation & task within Micro-Grid
Power to Heat (P2H) describes direct heat generation from power surpluses.

For example: If a power surplus occurs within our test field "Smart Energy Grids", which might be a result of the AC Charging Station Park (11) not consuming sufficient electrical energy, this surplus can be transformed into heat by using cartridge heaters.

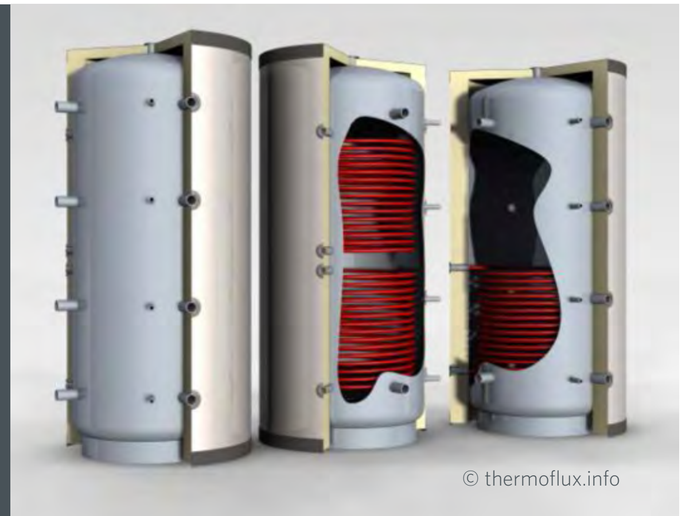
From the grid point of view these heaters are controllable loads.

The heat produced within the Micro-Grid can either be used for warming the nearby building or for cooling it with a Cooling Unit (5). It can also be stored within the thermal energy storage for a later use.

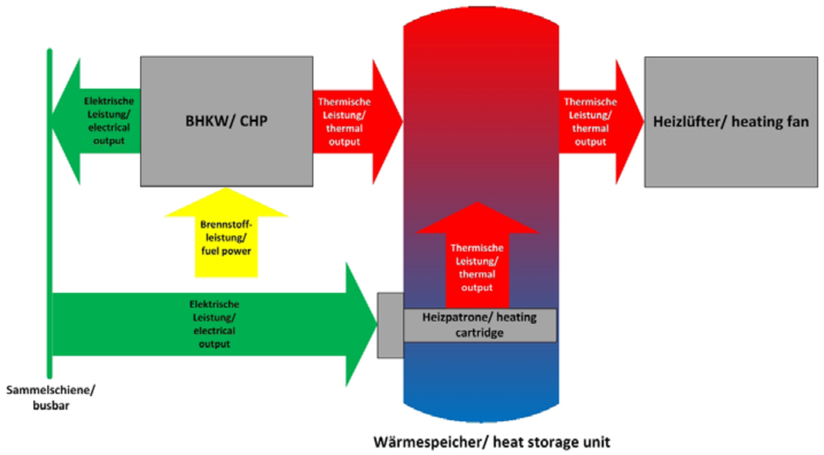
Research priorities
• Coupling of power and heat networks
• Practical use of Power to Heat (P2H) as a controllable load within Smart Grids



Wärmespeicher (Beispielanlage) / Thermal energy storage unit (example)



Prozessschema P2H / Process Scheme P2H



QR-Code scannen und mehr über P2H erfahren / scan QR code and learn more about P2H

Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg

5. Absorptionskälteanlage

Steckbrief
- 15 kW Kälteleistung
- 21 kW Heizleistung (Wärmelast)
- 35 kW Rückkühlleistung (Trockenrückkühler)
- Wärmeverhältnis (Coefficient of Performance, COP) 0,71

Funktionsweise & Aufgabe im Micro-Grid
Überschuss-Energie kann im Wärmespeicher (4) zwischengepuffert werden. Doch was passiert mit diesem Heizwasser, wenn z.B. im Sommer eine Kühlung notwendig wird? Hier kommt die Kälteanlage ins Spiel. In ihr entsteht in einem ständigen thermodynamischen Prozess aus Heizwasser Kaltwasser:

Dazu befinden sich in der Kälteanlage zwei Behälter. Darin sorgt ein kombinierter Lösungsmittel- und Kältemittelkreislauf für die thermische Verdichtung. Durch die Zufuhr von Wärme und unter hohem Druck wird im ersten Behälter das Kältemittel verdampft und so vom Lösungsmittel getrennt.

Nach der Kondensierung wird das Kältemittel in den zweiten Behälter geleitet und bei niedrigerem Temperaturniveau und im Vakuum verdampft. Durch die Verdampfung wird dem Kaltwasserkreislauf Wärme entzogen. Das verdampfte Kältemittel wird anschließend vom Lösungsmittel absorbiert und in den ersten Behälter gepumpt.
Von dort beginnt der Kreislauf wieder von vorn.

Forschungsschwerpunkte
- Untersuchung und praktische Erprobung von steuerbaren Wärmelasten in wärmebedarfsschwachen Zeiten

5. Absorption Cooling Unit

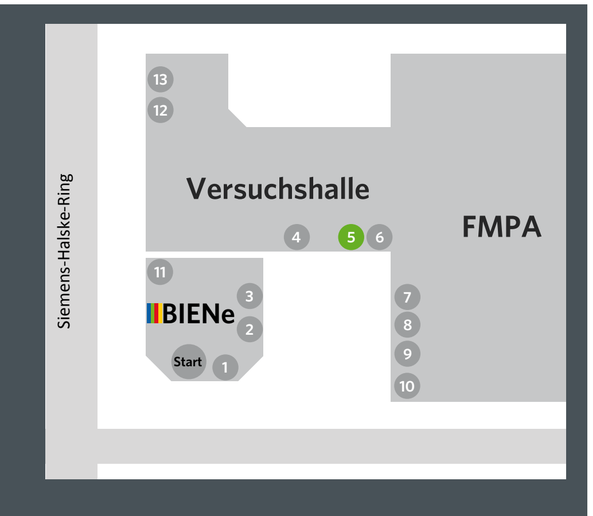
Characteristics
- 15 kW cooling capacity
- 21 kW thermal absorption capacity (thermal load)
- 35 kW re-cooling power (dry-cooler)
- Coefficient of Performance (COP) 0,71

Mode of operation & task within Micro-Grid
Power surpluses can temporary be stored in the thermal energy storage (4). However, what is the use of hot water, when for example during the summer months it becomes more necessary to cool the nearby building instead of heating it? For this very reason, we are using an Absorption Cooling Unit as well. In it, cold water is generated from hot water by applying a constant thermal-dynamic process:

The unit consists of two containers in which a combined solvent and refrigerant circuit leads to a thermal compression. Within the first container, heat is supplied and permanent pressure is used. Thus, the refrigerant is being evaporated and separated from the solvent.

After condensation is done, the refrigerant is lead into the second container where it is being vaporized under a vacuum and at a low temperature level. Due to the evaporation process, thermal energy is extracted from the cold water circuit. In a next step, the evaporated refrigerant is absorbed by the solvent and is being pumped into the first container from where the circuit starts all over again.

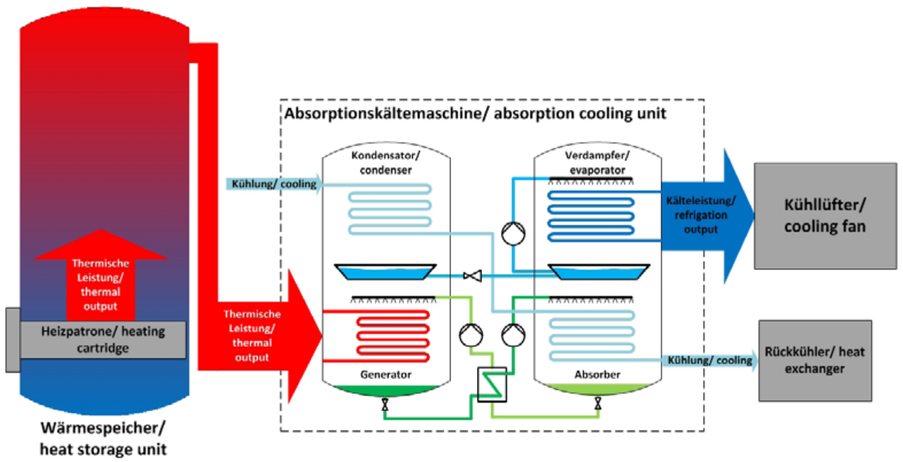
Research priorities
- Research and practical use of controllable thermal loads in times when heat is not required



Kältemaschine / Cooling Unit

© EAW Anlagenbau

Prozessschema Absorptionskältemaschine / Process Scheme Absorption Cooling Unit



QR-Code scannen und los geht´s mit der Animation/ scan QR code and start the computer animation

Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg

6. Power to Gas (P2G)

Steckbrief

- Installierte Leistung: 145 kW el
- Max. Gasproduktionsleistung: 30 Nm3/h
- Alkalische Druckelektrolyse-Anlage
- Speicherinhalt des Wasserstoffspeichers:
  2.000 Nm3 bei 43 bar Speicherdruck (entspricht ca. 6 MWh Energieinhalt)
- Maximaler Leistungsgradient: 2,3 kW/s
- Betriebsdruck: bis zu 60 bar
- Betriebstemperaturen: 70° C
- Betreuung und Forschung durch den Lehstuhl Kraftwerkstechnik

Funktionsweise & Aufgabe im Micro-Grid

Aus Sicht des Stromnetzes stellt eine Power to Gas Anlage eine steuerbare elektrische Last (Verbraucher) dar. Überschüssige, regenerativ erzeugte Energie wird hier durch einen Wasserelektrolyse-Prozess in Wasserstoff umgewandelt. Der Wasserstoff wird z.B. in Tanks oder in einem Gasnetz in Form von chemischer Energie gespeichert und kann dann entweder rückverstromt oder im Wärme- oder Mobilitätssektor verwendet werden. Power to Gas (P2G) ist ein Bindeglied zwischen Strom- und Gasnetz (Verbundbetrieb).

Forschungsschwerpunkte

Im Bereich der Smart Grids durch den Lehrstuhl Energieverteilung und Hochspannungstechnik:

- Verbundbetrieb der Anlage mit fluktuierend einspeisenden regenerativen Erzeugungsanlagen und weiteren steuerbaren Lasten (Verbrauchern)
- Untersuchung der Eignung der P2G-Technologie für eine dynamische Fahrweise entsprechend den Regelanforderungen für einen netzdienlichen Betrieb

6. Power to Gas (P2G)

Characteristics

- Installed capacity: 145 kW el
- Max. gas producing capacity: 30 Nm3/h
- Alkaline pressure elektrolysis apparatus
- Storage capacity of hydrogen storage:
  2,000 Nm 3 with 43 bar storage pressure (equivalent to 6 MWh energy content)
- Max. output gradient: 2,3 kW/s
- Operating pressure: up to 60 bar
- Operating temperature: 70° C
- Operation and research is carried out through the Chair of Power Plant Technology

Mode of operation & task within Micro-Grid

Considering the grid point of view, a Power to Gas plant represents as a controllable electrical load (consumer). It uses a water-electrolysis process to convert renewable energy surpluses to hydrogen, which can then be stored in tanks or in the form of chemical energy in a gas grid. Hydrogen can be re-converted into electrical power or it can be used in the heating or mobility sector. Power to Gas (P2G) technology is an important interface between electricity and gas sector (interconnected operation).

Research priorities

In the field of Smart Grids as carried out by the Chair of Power Distribution and High Voltage Engineering:

- Interconnected operation of plant with fluctuating power regeneration plants and further controllable loads (consumer)
- Investigation of whether P2G technology is suitable for a dynamic operation mode according to the standard requirements of grid-beneficial use

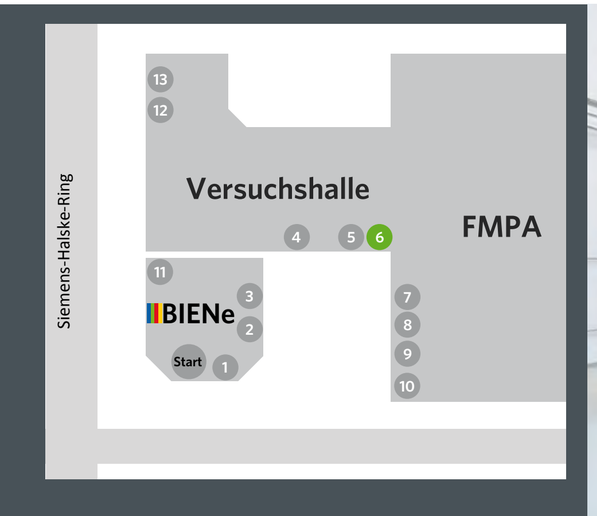


Foto I: **Elekrolyse-Anlage / Electrolysis Apparatus**

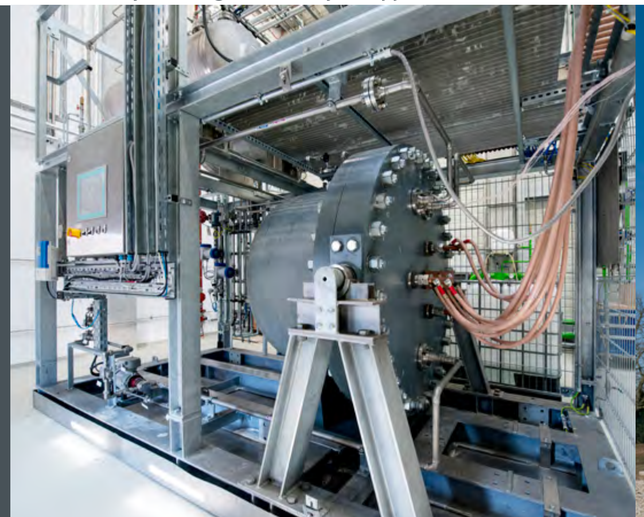


Foto II: **Wasserstoffzentrum / Hydrogen Center**

QR-Code scannen und Filmbeitrag zum Wasserstoffzentrum sehen/ scan QR code and watch a film about the hydrogen center

Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg

7. Stationärer Batteriespeicher

Steckbrief
- Lade-/Entladeleistung (dauer): 60 kW
- Nutzbare Batteriekapazität: 500 kWh
- Batterietyp: Blei-Säure Batterien
- Zellenzahl: 288 Stück
- 4 × 3 Umrichter

Funktionsweise & Aufgabe im Micro-Grid
Die Batterie dient als stationärer Speicher von überschüssiger Elektroenergie und für deren Rückverstromung in Zeiten von Energiemangel. Aufgrund der schnellen Umschaltbarkeit zwischen Laden und Entladen eignet sich die Batterie sehr gut zum Ausgleich von Energieschwankungen im Micro-Grid, die z.B. durch Wolkenzüge über der Photovoltaikanlage (8) oder aufgrund des Tag-Nacht-Zyklus entstehen.

Der Batteriespeicher kommt also als steuerbarer hochdynamischer Erzeuger (beim Entladen) bzw. Verbraucher (beim Laden) zum Einsatz.

Die installierte Speicherkapazität umfasst 2.000 kWh. Da eine vollständige Entladung die Batterie zu schnell altern lassen würde, werden nur 500 kWh genutzt. So kann eine Lebensdauer von ca. 4.000 Lade/Entladezyklen erreicht werden.

Zum Vergleich: Mit der Speicherkapazität von 500 kWh können alle 15 Elektroautos (12) 1,5-mal vollständig geladen werden.

Forschungsschwerpunkte
- Einbeziehung von Batteriespeichern zur Energieflussoptimierung in Micro-Grids
- Ausgleich von Energieflussschwankungen
- Ermittlung des Alterungsverhaltens stationärer Batterien

7. Stationary Battery

Characteristics
- Charging and discharging efficiency (duration): 60 kW
- Usable storage capacity: 500 kWh
- Battery type: lead acid battery
- Number of cells: 288
- 4 × 3 converters

Mode of operation & task within Micro-Grid
The battery serves as stationary storage for renewable surplus energy and for its reconversion in times of energy shortage. Due to its ability to rapidly switch between charging and discharging, the battery helps to balance the energy fluctuations of the Micro-Grid. This can be caused by cloudscapes over the Photovoltaic Station (8) or simply be a result of the day-night cycle.

The stationary battery serves as a controllable highly dynamic power producer when discharging or as a consumer (load) when charging.

The installed storage capacity is 2,000 kWh. However, completely discharging the battery would severely lower its performance and longevity resulting in short battery life. That is why only 500 kWh are used. Thus, a life-span of approx. 4,000 charge and discharge cycles can be reached.

In comparison: With a capacity of 500 kWh all 15 e-cars (12) could be charged to the maximum 1.5 times.

Research priorities
- Using battery storages to optimize energy flows in Micro-Grids
- Compensating energy flow fluctuations
- Aging behavior of stationary batteries

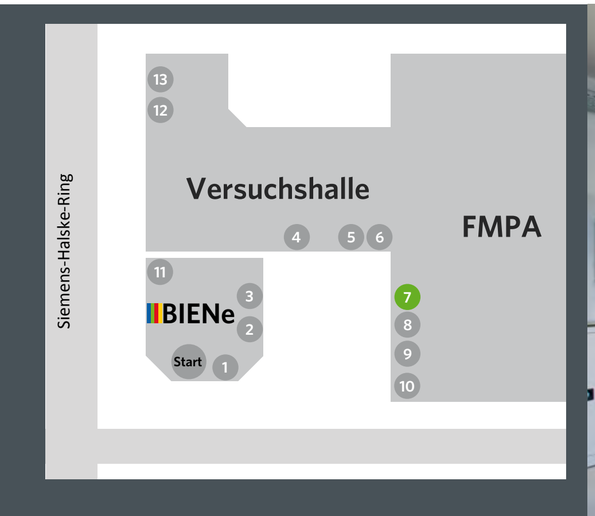


Foto I: **Umrichter / Converters**

Foto II: **Batteriespeicher / Stationary Battery**

QR-Code scannen und mehr über die Batterieanlage erfahren / scan QR code and learn more about the Stationary Battery

Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg

8. Photovoltaik-Anlage

Steckbrief
- Installierte elektrische Leistung: 110 kWpeak
- Gesamtfläche der Module: ~ 850 m2
- Modultyp: Algatec Solar ASMpoly1-6/220 (Pr =220W)
- 530 Module mit je 60 Zellen
- Wechselrichter: 7 Wechselrichter (12-17 kW)
- „Messpilz“: 33 Messzellen in einer Halbkugel ausgerichtet

Funktionsweise & Aufgabe im Micro-Grid
Die PV-Anlage wandelt solare Strahlungsenergie direkt in elektrische Energie um. Ihre Module sind mit unterschiedlichen Anstellwinkeln auf verschiedenen Dach- und Fassadenflächen der Forschungs- und Materialprüfanstalt (FMPA) verteilt.

Zur Anpassung der Spannungsform für das Energieversorgungsnetz, von Gleich- auf Wechselspannung, sind im Gebäude Wechselrichter installiert. Die PV-Anlage wird von der Netzleittechnik angesteuert und überwacht.

Um direkte und reflektierte Sonnenstrahlung zu erfassen, ist ein sogenannter „Messpilz“ installiert. Dabei handelt es sich um PV-Messzellen in Form einer Halbkugel. In zeitlich kurzen Abständen findet hier eine kontinuierliche Vermessung der Sonneneinstrahlung statt.

Forschungsschwerpunkte
- Steuerung und Optimierung der Energieerzeugung von PV-Anlagen
- Kontinuierliche Langzeitmessung (Messauflösung Δt = 1s) der PV-Einspeisung zur Schaffung einer umfangreichen Datenbasis
- „Messpilz“ dient der Erforschung des Einflusses von Ausrichtung, Neigung und Nutzbarmachung indirekter Sonneneinstrahlung am Standort

8. Photovoltaic System

Characteristics
- Installed charging capacity: 110 kWpeak
- Collector area of PV modules: ~ 850 m2
- Type of modules: Algatec Solar ASMpoly1-6/220 (Pr =220W)
- 530 modules, each with 60 cells
- Power inverters: 7 power inverter (12–17 kW)
- “Measuring Mushroom”: 33 measuring cells aligned in the shape of a hemisphere

Mode of operation & task within Micro-Grid
The PV System directly converts solar radiation energy into electrical energy. PV modules are placed in different attack angles on various parts of the roof and front of the Research and Material Testing Facility (FMPA).

To adapt the voltage waveform of the energy distribution network from direct current (DC) to alternating current (AC) power inverters are installed in the building. Grid control technology operates and monitors the PV System.

In order to measure direct and reflected solar radiation, a so called “measuring mushroom” has been installed. It consists of PV measuring cells shaped in a hemispherical way. Thus, a continuous measuring of solar radiation takes place in short intervals.

Research priorities
- Operation and optimization of energy generation through PV systems
- Continuous long-term measuring (measuring resolution Δt = 1s) of PV feed-ins to create an extensive data base
- “Measuring Mushroom” is used to research the influence of direction, inclination and utilization of indirect solar radiation on locations

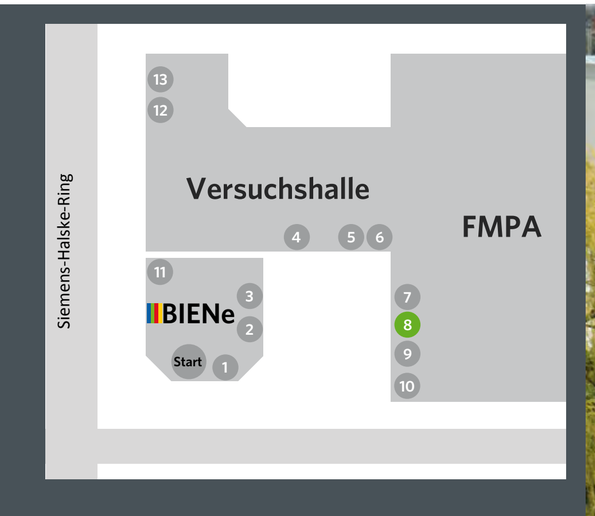


Foto I: **PV-Anlage** / **PV System**

Foto II: **„Messpilz“** / **„Measuring Mushroom“**

QR-Code scannen und über die PV Anlage fliegen / scan QR code take a flight up to the PV System

Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg

9. Mess-, Steuer- und Regelungsraum (MSR)

Steckbrief

- Schaltanlage zur Energiefllusssteuerung:
  SIEMENS Sivacon S8 (55 kA Kurzschlussfestigkeit)
- Schaltanlage:
  SMA Automatic Switchbox XL
- 12 Batterie-Umrichter:
  Sunny Backup 5000
- Steuerungseinheit und leittechnische Komponenten

Funktionsweise & Aufgabe im Micro-Grid

Im MSR-Raum sind die Schaltanlagen zur Steuerung und Verteilung der elektrischen Energieflüsse zwischen Campus-Netz, PV-Anlage (8), BHKW (3), Batterie-Speicher (9), Elektroautos (12), P2G (6) und P2H (4) untergebracht. Hier können die Akteure des Versuchsfeldes „Intelligente Energie Netze“ wahlweise ans Campus-Netz im Netzbetrieb oder als eigenständiges Inselnetz geschalten werden.

Die Verbindung zur Netzleittechnik wird über Messtechnik und über Schnittstellen zur Prozesserfassung hergestellt. Sie dienen der Überwachung und Steuerung der Anlagen. Ein entsprechendes Sicherungskonzept schützt Personen und elektrischen Anlagen, besonders im Inselbetrieb.

Forschungsschwerpunkte

- Minimierung der Residuallast, also der Restnachfrage an elektr. Energie, die nicht über Einspeisungen aus Erneuerbaren gedeckt wird und über konventionelle Kraftwerke erfolgt
- Harmonisierung zwischen steuerbaren Lasten und fluktuierenden Erzeugern
- Ausgleichsvorgänge bei Netzparallel- und Inselnetzbetrieb
- Optimierungsbedarf bei Massendaten

9. Instrumentation and Control Room (I&C)

Characteristics

- Switchboard for controlling energy flows:
  SIEMENS Sivacon S8 (55 kA short-circuit strength)
- Switchboard:
  SMA Automatic Switchbox XL
- 12 battery inverters:
  Sunny Backup 5000
- Control unit and instrumentation components

Mode of operation & task within Micro-Grid

The instrumentation and control room houses the switchboards to control and distribute the electrical energy flows between Campus Grid, PV Station (8), CHP (3), Battery (9), E-Cars (12), P2G (6) and P2H (4). All components of the test field “Smart Energy Grids” can be operated either connected to the Campus Grid in grid parallel operation or independently as an isolated grid.

The connection to the grid control technology is managed through measuring technology and with the help of interfaces for process mapping. They are used to monitor and control the components. An appropriate security concept assures the safety of people and technical components, especially during isolated grid operation.

Research priorities

- Minimization of residual load, which refers to the electrical energy that cannot be covered by feed-ins from renewable energy sources and has to be generated by conventional plants
- Harmonization between controllable loads and fluctuating producers
- Balancing processes during grid parallel operation and during isolated grid operation
- Need for optimization of mass data

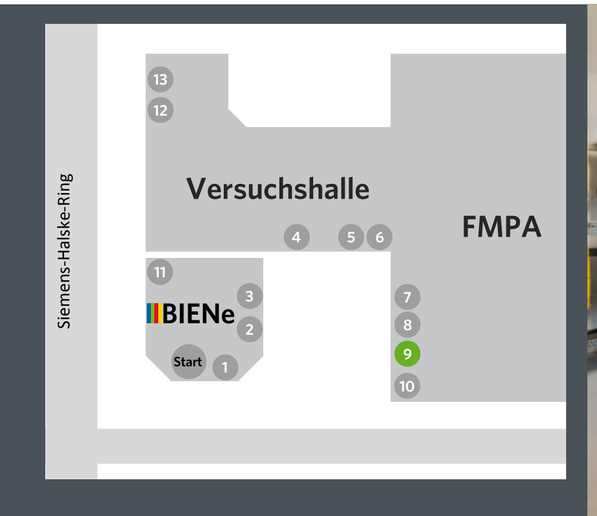
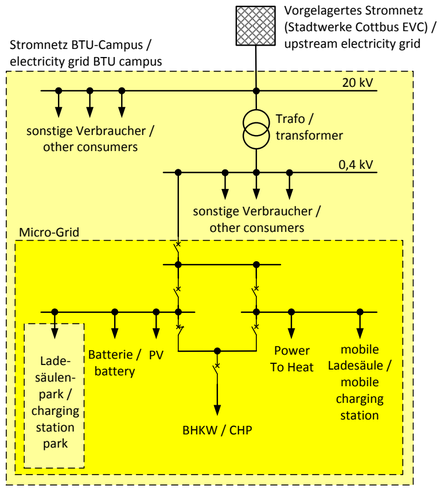


Foto I: **MSR-Raum / I&C Room**

Aufbau Micro-Grid / Set-Up Micro-Grid



QR-Code scannen und den MSR-Raum betreten / scan QR code and step inside the I&C Room

Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg

10. DC Ladestation: „Schnell-Ladesäule"

Steckbrief

- Nennausgangleistung: 75 kW
- Maximale DC-Ladeleistung: 60 kW
- Maximaler DC-Ladestrom: 125 A
- DC-Ladespannung: 225–760 V
- Wirkungsgrad: > 95%
- Rückspeisefähigkeit: Vehicle to Grid Technologie (V2G)
- Hersteller: Ekoenergetyka (Polen)

Funktionsweise & Aufgabe im Micro-Grid

In dieser Ladesäule sind drei Anschluss-Arten für Elektrofahrzeuge vereint: Das ein- und dreiphasige Laden mit Wechselstrom (AC) entspricht unseren AC Ladesäulen im Ladesäulenpark (11). Zudem können Fahrzeuge über einen DC-Anschlussstecker Typ Combo 2 auch mit Gleichstrom (DC) beladen werden. Das Besondere an der DC-Ladesäule: Im Gegensatz zu den Ladesäulen im Ladesäulenpark befindet sich der Umrichter für das Laden der Fahrzeugbatterien nicht im Auto, sondern in der Ladesäule selbst. Die daraus resultierende Platz- und Gewichtsersparnis kann für eine größere Batterie genutzt werden bzw. durch einen größeren Umrichter in der Ladesäule kann dem Auto mehr Strom zur Verfügung gestellt werden. Die Reichweite des Fahrzeuges wird so erhöht und die Ladezeit verkürzt („Schnell-Ladesäule").

Mit Gleichstrom aufgeladen wird hier z.B. ein Elektrobus, der im Rahmen des Projektes „Grüne Energie" zwischen der Universität Zielona Góra und der BTU Cottbus–Senftenberg pendelt. So ermöglicht die „Schnell-Ladesäule" nicht nur ein umweltfreundliches Fahren über große Reichweiten, sondern auch den Austausch zwischen deutschen und polnischen Studenten.

Forschungsschwerpunkte

- Erprobung der „Schnell-Ladetechnologie" (DC)
- Kommunikation zwischen Ladestation und Elektrofahrzeug

10. DC Charging Station: "Fast Charging Station"

Characteristics

- Power output: 75 kW
- Maximum DC charging capacity: 60 kW
- Maximum DC charging current: 125 A
- DC charging voltage: 225–760 V
- Efficiency: > 95%
- Bidirectional charging: Vehicle to Grid technology (V2G)
- Producer: Ekoenergetyka (Poland)

Mode of operation & task within Micro-Grid

The charging station combines three connection types for electronic vehicles: Single and three phase charging with alternating current (AC) which equals the charging type accessible at our AC Charging Station Park (11). Apart from that, vehicles can also be fueled with direct current (DC) through a DC connecting plug Combo 2. In contrast to the AC Charging Stations, the energy converter for charging the car battery is not part of the vehicle but placed within the DC Charging Station itself. Thus, weight is reduced and space is saved and can be used for a bigger battery. A bigger energy regeneration unit within the charging station also provides more power. Thus, the range can be extended and the charging time reduced ("Fast Charging Station").

An electric bus commuting between the University of Zielona Góra and BTU Cottbus–Senftenberg as part of the "Green Energy" project, is fueled here. Thus, the "Fast Charging" Station enables not only environmentally friendly journeys over large distances but also an exchange between German and Polish students.

Research priorities

- Testing of „fast charging technology" (DC)
- Communication between charging station and electric vehicles

Foto I: **„Schnell-Ladesäule" / "Fast Charging Station"**

Foto II: **E-Bus aus „Grüne Energie" / "Green Energie" E-Bus**

© Ekoenergetyka

QR-Code scannen und auf der Projekt-Webseite mehr erfahren / scan QR code to visit the "green energy" webside

Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg

11. AC Ladesäulenpark

Steckbrief

- 15 Ladesäulen: 15 × 22 kW Lade- und Entladeleistung
- Ungesteuertes und gesteuertes Laden und Entladen
- Kommunikationsverbindung zwischen Auto, Ladesäulensteuerung und Energiemanagement-System aller Ladesäulen

Funktionsweise & Aufgabe im Micro-Grid

Bei den Wechselstrom (AC) Ladesäulen befindet sich die Umrichter-Technik für das Laden der Batterie im Elektrofahrzeug. Die Anbindung an das öffentliche AC-Netz erfolgt über die Ladesäule. Zwei Anbindungsarten stehen zur Verfügung: Eine dreiphasige Drehstrom-Anbindung und eine einphasige Verbindung zum Not-Laden.

Das Besondere der Ladesäulen ist ihre Steuerbarkeit: Nicht kommunikationsfähigen Fahrzeugen kann durch ein übergeordnetes Energiemanagement, und in Abhängigkeit der Belastung aller Ladesäulen, ein maximaler Ladestrom zugewiesen werden. Kommunikationsfähige Fahrzeuge (12) können der Ladesäule mitteilen, wann sie wie viel Energie benötigen. Diese Vorgaben werden dann umgesetzt. So können Fahrzeugbatterien für ein gezieltes Entladen angesteuert werden. Im Projekt „e-SolCar“ gelang es erstmals eine Kommunikationsverbindung zwischen E-Car, Ladesäule und Energiemanagement herzustellen, Leistungsflüsse optimierter einzustellen und die eigentliche Ladesteuerung im Elektrofahrzeug stattfinden zu lassen. Die „e-SolCars“ wurden so zu „rollenden Energiespeichern“.

Forschungsschwerpunkte

- Anforderungen an Ladeinfrastruktur zur Nutzung von Elektrofahrzeugen als Kurzzeitspeicher im Stromnetz, Vehicle to Grid Technologie (V2G)
- Optimierung des Lade- und Entladeverhaltens
- Kommunikation zwischen Elektrofahrzeug und Ladesäule & zwischen Ladesäule und Energiemanagement

11. AC Charging Station Park

Characteristics

- 15 charging stations: 15 × 22 kW charging and discharging capacity
- Uncontrolled and controlled charging and discharging
- Connection of communication between e-car, charging station, control system and energy management system of all charging stations

Mode of operation & task within Micro-Grid

When using one of the alternating current (AC) charging stations, the energy regeneration unit for charging the battery has to be part of the car. Through the charging station, the vehicles are connected to the public AC network. Two types of connections are available: A three-phase AC connection and a single-phase connection for emergency charging.

What makes the AC charging stations unique is their controllability: Vehicles that are not able to communicate with them, will receive a max. charging current depending on the capacity used at all stations. This process is controlled by the higher-level energy management system. Vehicles capable of communicating with the charging station (12) inform the station at what time they will need which amount of energy. Those specifications are then processed. The batteries of the vehicle can also be discharged in a targeted way. The “e-SolCar“ project was the first one to succeed in establishing a communication connection between e-car, charging station and energy management in order to set-up more optimized power flows while the charge control takes place within the car itselfs. Thus, the cars turn into “rolling energy storages“.

Research priorities

- Requirements of charging infrastructure to use electronic vehicles as short-time energy storages, Vehicle to Grid technology (V2G)
- Optimization of charging and discharging behaviour
- Communication between e-car and charging station & between charging station and energy management system

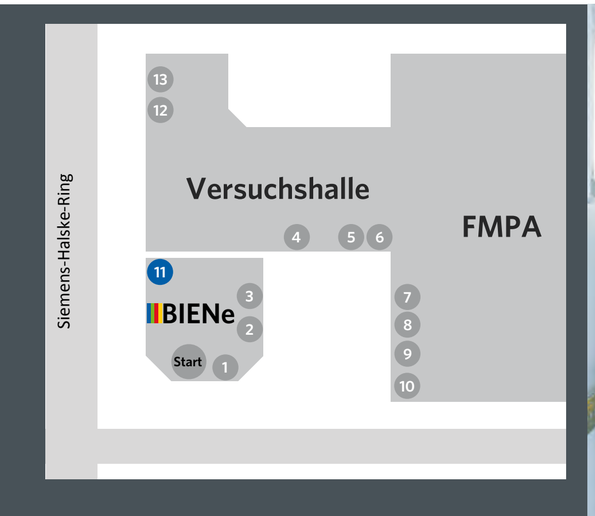


Foto I: **Energiemanagement-System / Energy Managment System**

Foto II: **e-SolCar beim Laden / e-SolCar during Charging**

QR-Code scannen:
Prof. Dr.-Ing. Schwarz zum Thema Elektromobilität / scan QR code and listen to Prof. Dr.-Ing. Schwarz talking about electro-mobility

Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg

12. Elektrofahrzeuge

Steckbrief

1 × German E-Cars Plantos
(Basis Mercedes Sprinter)
- Batteriekapazität: 38,8 kWh
- Leistung: 85 kW
- Reichweite: 120 km
- Höchstgeschwindigkeit: 130 km/h

15 × German E-Cars Cetos
(Basis Opel Corsa)
- Batteriekapazität: 21,4 kWh
- Leistung: 60 kW
- Reichweite: 120 km
- Höchstgeschwindigkeit: 130 km/h

Alle Fahrzeuge sind kommunikations- und rückspeisefähig zur Ladesäule, d.h. sie können bei Bedarf elektrische Energie ins Netz zurückgeben, Vehicle to Grid Technologie (V2G).

Funktionsweise & Aufgabe im Micro-Grid

Die Autos stammen aus dem „e-SolCar" Verbundprojekt zwischen BTU Cottbus-Senftenberg, Vattenfall Europe Generation und German E-Cars R&D. German E-Cars entwickelte das uni- und bidirektionale Laden für die Fahrzeuge sowie die Kommunikation zwischen Autos und Ladesäule. Alle 16 Fahrzeuge wurden von Verbrennungs- auf Elektroantrieb umgerüstet und in einem anschließenden zweijährigen Feldversuch getestet. Zusammen mit den kommunikationsfähigen Ladesäulen (11) und dem Energiemanagement-System ist der BTU-Fuhrpark der erste seiner Art. Durch die übergeordnete Prozesssteuerung werden Lade- und Entladebefehle an das Batteriemanagementsystem übermittelt und die Autos so zu Kurzzeitspeichern im Stromnetz.

Forschungsschwerpunkte
- Kommunikationsinfrastruktur im Elektrofahrzeug
- Ladeinfrastruktur
- Analyse des Nutzerverhaltens und Ableitung typischer Ladeprofile für Elektrofahrzeuge
- Hardware- und Softwaretests

12. E-Cars

Characteristics

1 × German E-Cars Plantos
(based on Mercedes Sprinter)
- Battery capacity: 38,8kWh
- Output: 85 kW
- Range: 120 km
- Maximum speed: 130 km/h

15 × German E-Cars Cetos
(based on Opel Corsa)
- Battery capacity: 21,4 kWh
- Output: 60 kW
- Range: 120 km
- Maximum speed: 130 km/h

All vehicles are able to communicate with the charging station and are capable of feeding energy back into the grid if needed, Vehicle to Grid technology (V2G).

Mode of operation & task within Micro-Grid

The cars were developed within the "e-SolCar" project: a joint research project between BTU Cottbus-Senftenberg, Vattenfall Europe Generation and German E-Cars R&D. German E-Cars developed the uni- and bidirectional charging of the e-cars, as well as, the communication between e-car and charging station. All 16 cars were converted from combustion to electric drive and were tested within a two year fleet test. The vehicle fleet, the charging stations capable of communication and the energy managements system have turned the BTU AC Charging Station Park (11) into one of a kind. The higher-level process control makes it possible to give out charging and discharging commands to the battery management system. Thus, the cars turn into rolling energy storages within the grid.

Research priorities
- Communication infrastructure within the electronic vehicle
- Charging infrastructure
- Analysis of user behavior and deduction of typical charging profiles for electronic vehicles
- Hardware and software test

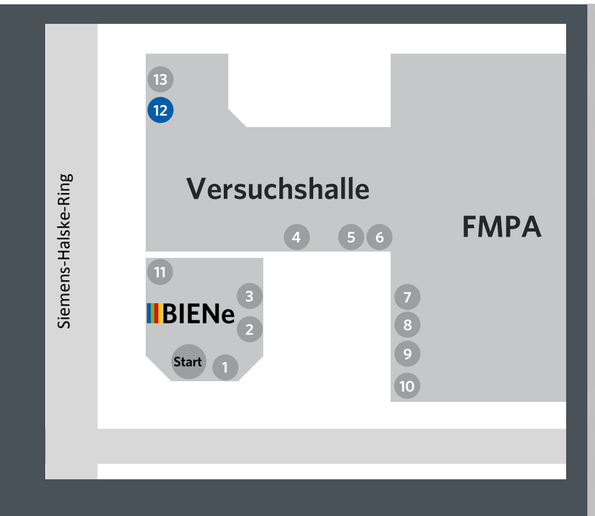


Foto II: **Kommunikationweg / Way of Communication**

Foto I: **Blick unter die Motorhaube (e-SolCar) / View under the hood (e-SolCar)**

QR-Code scannen und Vattenfall-Film zu „e-SolCar" sehen / scan QR code and watch a Vattenfall film about "e-SolCar"

Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg

13. EMV-Prüfanlage

Steckbrief

- Abmaße: 13.2 × 4.6 × 5.7m³ [L × W × H]
- elektrische Feldstärke: 150 V/m
- Frequenzbereich: 100MHz–1 GHz
- Schirmdämpfung: U40 dB
- Test Volume: 5 × 3 × 3m³
- Prinzip der *Modenverwirbelung* mit beweglichen Wänden. Eine *Mode* ist eine Eigenwelle, die sich durch die Überlagerung mehrerer Wellen, sogenannter Interferenzen, verstärkt.

Funktionsweise & Aufgabe im Micro-Grid

Die „Modenverwirbelungskammer" ist eine Prüfanlage im Bereich der Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV). Es handelt sich dabei um einen Raum mit leitfähigen Wänden, welche aus einem metallischen Gewebe bestehen.

Funktionsweise: Mit Hilfe einer Antenne mit Sendeanlage wird eine stehende elektromagnetische Welle im Raum erzeugt. Um für eine gleichmäßige Feldstärke im gesamten Versuchsraum zu sorgen, wird die stehende Welle durch die Bewegung der Wände verschoben. So verteilt sich das elektromagnetische Feld gleichmäßig im Raum und es können auch größere Prüfobjekte (z.B. Elektroautos) getestet werden, ohne dass diese neu ausgerichtet werden müssen. Das Objekt wird – wie auch unter realen Bedingungen – aus verschiedenen Richtungen gleichzeitig beeinflusst. Die Quaderform der Kammer ermöglicht zudem die Vergleichbarkeit mit anderen Prüfräumen und -verfahren. Ziel ist es, das elektromagnetische Abstrahlungsverhalten der Autos zu erfassen bzw. die Auswirkung einer elektromagnetisch Bestrahlung auf die Fahrzeugelektronik zur untersuchen.

Forschungsschwerpunkte

- Grundlagenforschung EMV
- Vergleich EMV-Testräume (Absorberkabine vs. MV-Kammer)
- EMV-Störfestigkeit und EMV-Störaussendung von Elektrofahrzeugen

13. EMC Testing Facility

Characteristics

- Dimensions: 13.2 × 4.6 × 5.7m³ [L × W × H]
- Achievable E-Field strength: 150 V/m
- Frequency range: 100MHz ÷ 1 GHz
- Shielding damping: U40 dB
- Test Volume: 5 × 3 × 3m³
- Principle of *mode stiring* through vibrating walls. A *mode* is an "Eigenwelle" which is amplified due to the superposition of several waves, a so called interference.

Mode of operation & task within Micro-Grid

The "mode-stirred chamber" is a test facility for Electromagnetic Compartibility (EMC). It consits of a room with conductive walls that are made of a fleixible, metallized fabric. Mode of operation: The room is irradiated with an electromagnetic wave by means of an antenna and transmittion system. Due to multiple reflections, the elecromagnetic energy is stored in the room. This causes standing waves. In order to achieve a uniformly distributed electromagnetic field within the chamber, the standing waves are set in motion ("mode-stirring", MS). The motion is carried out by the vibrating walls. MS allows for a uniform coating of large scale test objects, such as cars, without having to rotate them during the test. The equipment being tested is affected simultaneously from different directions. This also increases the similarity of the test procedure with real conditions. The rectangular shape of the testing chamber makes it possible to compare it with other test rooms and test procedures. The chamber is used to test EMC-emission as well as EMC-immunity (impact of electromagnetic radiation on the vehicle electronics).

Research priorities

- Fundamental studies of Electromagnetic Compatibility (EMC).
- Comparison of EMC testing chambers (Anechoic chamber vs. MS chamber)
- EMC-immunity & EMC-emission of electric vehicles

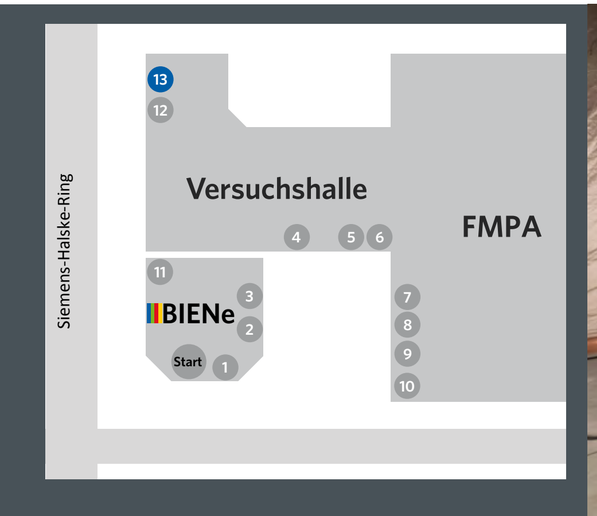
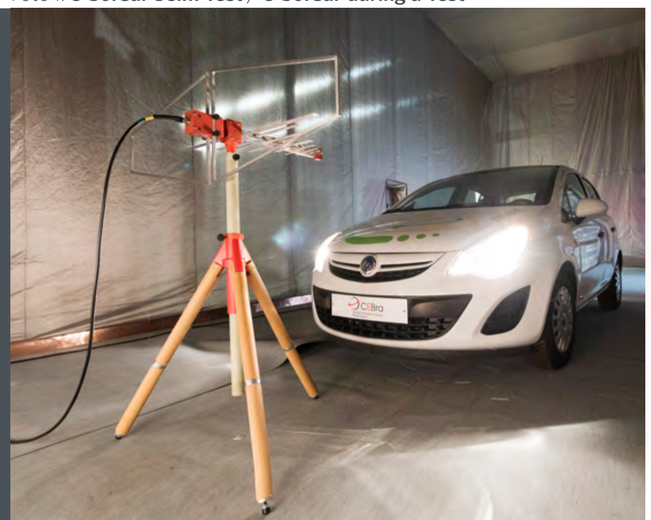


Foto I: **e-SolCar beim Test / e-SolCar during a Test**



Prinzip der Modenverwirbelungskammer / Principle of Mode-Stirring Chamber

QR-Code scannen: Was passiert in der Kammer? / scan QR code: What happens inside the chamber?

Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg