

**Modulname: Speichertechnologien (ST2)****Modulübersicht**EDV-Bezeichnung: **GTMB620ST / GTMB630ST**Modulverantwortliche(r): **Prof. Dr.-Ing. Karsten Pinkwart**Modulumfang (SWS / ECTS): **6 SWS / 7 CP**Einordnung (Semester): **6. Semester**

Inhaltliche Voraussetzungen:

Grundkenntnisse der Chemie, Physik und Elektrotechnik

Voraussetzungen nach SPO: keine

Kompetenzen:

Mit dem Besuch dieses Moduls werden den Studierenden die Auswirkungen des zunehmenden Anteils regenerativer Energiesysteme auf die Strom- und Gasnetze vermittelt. Es wird ein Überblick zu den verschiedenen Möglichkeiten zur Energiespeicherung sowie der sektorenübergreifenden Vernetzung der verschiedenen Technologien geben. Ferner wird das Zusammenspiel von regenerativer Energiewandlung mittels Photovoltaik und anschließender elektrochemischer Speicherung und Wandlung im Labor untersucht.

Nach erfolgreichem Abschluss sind die Studierenden in der Lage:

- Verständnis der Funktionsweise von elektrischen Energiespeichern
- Erklärung der Techniken zur Bereitstellung von elektrischer Energie aus erneuerbaren Energien.
- Energiespeichersysteme zu bewerten in Bezug auf ihre Anwendungsmöglichkeiten
- Eine einfache Auslegung verschiedener Energiespeicher vorzunehmen

Prüfungsleistungen:

GTMB621ST: Die Kenntnisse der Studierenden werden anhand einer benoteten schriftlichen Prüfung von 60 min Dauer über den Stoff der Vorlesung bewertet.

GTMB623ST: Die Kenntnisse der Studierenden werden anhand einer benoteten schriftlichen Prüfung von 60 min Dauer über den Stoff der Vorlesung bewertet.

Verwendbarkeit:

In diesem Modul werden die theoretischen Grundlagen für den Einsatz von Speichertechnologien für elektrische Energie gelegt. Das Modul ergänzt wesentlich die Vorlesungsinhalte des Lehrveranstaltungsmodul „Wasserstoff und Brennstoffzellen“ sowie „Erneuerbare Energien“.

**Lehrveranstaltung: Techniken zur elektrischen Energiespeicherung**EDV-Bezeichnung LV: **GTMB621ST / GTMB631ST**

EDV-Bezeichnung PL:

Dozent/in: Prof. Dr. rer. nat. Karsten Pinkwart

Umfang (SWS / ECTS): **2 SWS / 3 CP**

Turnus: jedes Semester

Art und Modus: Vorlesung

Lehrsprache: deutsch

Inhalte:

- Energiespeicher (Definition, Klassifizierung)
- Elektrischer Speicherbedarf (Übersicht und Kenngrößen, Technische Betrachtung)
- Wirtschaftliche und ökonomische Betrachtungen (Netzdienstleistungen,
- Speichernutzung, Investitionskosten, Betriebskosten)
- Qualitative Beurteilung (Relevanz / State of the Art / Marktverfügbarkeit, SWOT-Analyse)
- Elektrische Energiespeicher (Kondensatoren, SuperCaps, Supraleitung)
- Mechanische Energiespeicher (Pumpspeicher, Druckluftspeicher, Schwungrad)
- Technologien zur Speicherung in Form stofflicher Energie – Chemische (Power-to-X)
- Technologien zur Speicherung in Form elektrochemischer Energie -

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrochemische Energiespeicher (Blei-Säure, Lithium-Ionen, Natrium-Schwefel, Redox-Flow)</li> <li>• Vergleich der Speichersysteme (Technische und ökonomische Parameter, Stärken und Schwächen, Perspektiven)</li> </ul>
<p>Empfohlene Literatur:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• P. Kurzweil, O.K. Dietlmeier: Elektrochemische Speicher, 1.Auflage, Wiesbaden, Springer Vieweg, 2015</li> <li>• P. Kurzweil: Brennstoffzellentechnik, 2.Auflage, Wiesbaden, Springer Vieweg, 2013</li> <li>• D. Pelte: Die Zukunft unserer Energieversorgung, 2. Auflage, Wiesbaden, Springer Vieweg, 2014</li> <li>• J. Töpler, J. Lehmann: Wasserstoff und Brennstoffzelle, 1. Auflage, Heidelberg, Springer Vieweg, 2013</li> <li>• H. Watter: Regenerative Energiesysteme, 4. Auflage, Wiesbaden, Springer Vieweg, 2015</li> <li>• P.T. Moseley, J. Garche: Electrochemical Energy Storage for Renewable Sources and Grid Balancing, Elsevier Science,</li> <li>• J. Garche, C. K. Dyer, P.T. Moseley: Encyclopedia of Electrochemical Power Sources, Elsevier Science,</li> <li>• R. Korthauer: Handbuch Lithium-Ionen-Batterien, 1. Auflage, Heidelberg, Springer Vieweg, 2013</li> </ul>
<p>Anmerkungen: -</p>

<p><b>Lehrveranstaltung: Labor Techniken zur elektrischen Energiespeicherung</b></p>
<p>EDV-Bezeichnung LV: GTMB622ST / GTMB632ST</p>
<p>EDV-Bezeichnung PL:</p>
<p>Dozent/in: Prof. Dr. rer. nat. Karsten Pinkwart</p>
<p>Umfang (SWS / ECTS): 2 SWS / 2 CP</p>
<p>Turnus: jedes Semester</p>
<p>Art und Modus: Vorlesung</p>
<p>Lehrsprache: deutsch</p>
<p>Inhalte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrochemische Energiespeicherung <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bau einer Lithium-Ionen Zelle und deren messtechnische Charakterisierung</li> </ul> </li> <li>• Elektrochemische Energiewandlung und -speicherung</li> <li>• Demonstration und messtechnische Erfassung der Funktionsweisen eines PEM-Elektrolyseurs, der Wasserstoffspeicherung und der anschließenden Verstromung in einer PEM-Brennstoffzelle (PEM = Proton Exchange Membrane = Protonen-Austausch-Membran)</li> </ul>
<p>Empfohlene Literatur:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• V. Quaschnig: Regenerative Energiesysteme, 1. Auflage, München, Hanser-Verlag, 2011</li> <li>• P. Kurzweil, O.K. Dietlmeier: Elektrochemische Speicher, 1.Auflage, Wiesbaden, Springer Vieweg, 2015</li> <li>• P. Kurzweil: Brennstoffzellentechnik, 2.Auflage, Wiesbaden, Springer Vieweg, 2013</li> <li>• J. Töpler, J. Lehmann: Wasserstoff und Brennstoffzelle, 1. Auflage, Heidelberg, Springer Vieweg, 2013</li> <li>• P.T. Moseley, J. Garche: Electrochemical Energy Storage for Renewable Sources and Grid Balancing, Elsevier Science,</li> <li>• J. Garche, C. K. Dyer, P.T. Moseley: Encyclopedia of Electrochemical Power Sources, Elsevier Science,</li> <li>• R. Korthauer: Handbuch Lithium-Ionen-Batterien, 1. Auflage, Heidelberg, Springer Vieweg, 2013</li> </ul>

**Anmerkungen:**

Das Labor gilt als bestanden, wenn vor Antritt der Versuche in einem Eingangskolloquium die theoretischen Inhalte geprüft, alle Versuche durchgeführt und die Ergebnisse im Rahmen einer 15 minutigen Abschlusspräsentation mit Befragung präsentiert wurden.

**Lehrveranstaltung: Power-to-X**

EDV-Bezeichnung LV: GTMB623ST / GTMB633ST

EDV-Bezeichnung PL:

Dozent/in: N.N. oder Lehrbeauftragte

Umfang (SWS / ECTS): 2 SWS / 2 CP

Turnus: Sommersemester

Art und Modus: Vorlesung

Lehrsprache: deutsch

**Inhalte:**

Mittels Power-to-X-Verfahren kann erneuerbare elektrische Energie durch chemische Umwandlung in z.B. gasförmige oder flüssige Kraftstoffe langfristig gespeichert und nach Bedarf in verschiedenen Sektoren (Mobilität, Industrie, Gebäude...) verwendet werden.

In der Vorlesung werden die unterschiedlichen Prozesse (PtX-Pfade) zur Umwandlung von erneuerbarem Strom über Wasserstoff in wasserstoffbasierte, synthetische Kraftstoffe und Grundstoffe vorgestellt. Diese sind u.a.:

Produktion von flüssigen Kraftstoffen ("eFuels") wie:

- synthetische Kerosine und Diesel nach dem Fischer-Tropsch Prozess
- Oxymethylene Ether (OMeX) als Dieseleratz
- Otto-Kraftstoffe über die Herstellung von synthetischem Methanol und der Weiterverarbeitung zu Methanol-to-Gasoline (MtG)
- Liquid Organic Hydrogen Carriers (LOHC)
- Langkettige Alkohole

Die Herstellung von gasförmigen Kraftstoffen wie Wasserstoff und daraus folgend

- synthetischem Erdgas
- Ammoniak via Haber-Bosch-Verfahren

Produktion von chemischen Grundstoffen – unterschiedliche Synthesegase

Einfluss unterschiedlicher eFuels auf die Verbrennung und Schadstoffbildung.

Neben der technischen Betrachtung, wird auch die energetische und ökonomische Bewertung sowie die CO<sub>2</sub>-Bilanzen behandelt.

**Empfohlene Literatur:**

- Wolfgang Maus, Zukünftige Kraftstoffe - Energiewende des Transports als ein weltweites Klimaziel, Buchreihe: ATZ/MTZ-Fachbuch, Springer Berlin Heidelberg, Print ISBN: 978-3-662-58005-9, Electronic ISBN: 978-3-662-58006-6
- Johannes Töpler, Prof. Dr. Jochen Lehmann, Wasserstoff und Brennstoffzelle - Technologien und Marktperspektiven, Springer Berlin Heidelberg, Print ISBN: 978-3-662-53359-8, Electronic ISBN: 978-3-662-53360-4

Anmerkungen: -