

Schweizer Kompetenzzentrum für Energie Forschung

## Wärme– und Elektrizitätsspeicherung

# Unsere Mission

Das Kompetenzzentrum für Wärme- und Elektrizitätsspeicherung ist eines von acht virtuellen Zentren (engl. Swiss Competence Center for Energy Research SCCER), die zu den Themen Mobilität (SCCER Mobility), Effizienz (SCCER FEED+D, SCCER EIP), Energieversorgung (SCCER SoE), Netze (SCCER Furies), Biomasse (SCCER Biosweet) und Ökonomie & Umwelt (SCCER CREST), im Rahmen der Energiestrategie des Bundes 2050 in der Schweiz eingerichtet wurden. Ausgewiesenes Ziel der Energiestrategie 2050 ist der Umbau des Schweizer Energiesystems weg von der Kernenergie hin zu einer Versorgung aus regenerativen Quellen. Ein wichtiger Baustein ist es, die Kapazitäten an Fachwissen im Energiebereich auszubauen, indem die Anzahl der im Energieforschungsbereich tätigen Wissenschaftler, Ingenieure und Techniker deutlich erhöht und Technologien entwickelt werden. Um einen möglichst nachhaltigen Einfluss auf die Schweizer Energieversorgung zu erzielen, sind die Kompetenzzentren auf zwei Förderperioden über acht Jahre, bis 2020 ausgelegt.

Bei diesem Unterfangen kommt der Energiespeicherung eine Schlüsselrolle zu. Die erneuerbaren Energiequellen Sonne und Wind sind naturgemäss abhängig von den herrschenden Wetterbedingungen und unregelmässig verfügbar. Die aus diesen Quellen erzeugte, aber zu diesem Zeitpunkt nicht benötigte Elektrizität muss gespeichert und bei Bedarf wieder bereitgestellt werden können. Mit der stärkeren Verbreitung der erneuerbaren Energiequellen gewinnt die Speicherung immer mehr an Bedeutung. Das zeigt sich beispielsweise besonders deutlich in Ländern, in denen grosse Windkraftkapazitäten installiert wurden, wie in Deutschland oder Dänemark. Zeitweise lassen sich dort deutliche Abweichungen zwischen der Stromproduktion und dem Strombedarf beobachten. Diese Unterschiede sind eine Herausforderung für die Stabilität des Stromnetzes, umso mehr, als dieses oft nicht auf dem neuesten Stand der Technik ist. Um das Stromnetz zu stabilisieren, sind zusätzliche Kurzzeit-Speicherkapazitäten (Stunden) mit schnellem Ansprechverhalten innerhalb der nächs-

ten Jahre notwendig. Langfristig ist mit einem Bedarf an saisonalen Speichern zu rechnen um die benötigte Elektrizität auch ohne konventionelle, fossile oder nukleare Erzeugung bereitstellen zu können.

Die Wärme ist neben der Elektrizität eine der am häufigsten benötigten Energieformen. In modernen Industriegesellschaften werden ca. 50% der Primärenergieträger zur Erzeugung von Wärme (Raumheizung, Brauchwasser, Prozesswärme) eingesetzt. Ein verantwortungsvoller Umgang mit Energie darf folglich den Bereich Wärme nicht vernachlässigen.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Energiespeicherung (Elektrizität und Wärme) im Zusammenhang der Energiewende und dem Klimawandel in der Zukunft sehr wichtig sein wird.

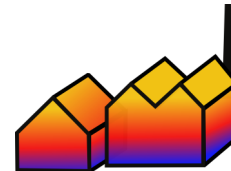
Innerhalb des Kompetenzzentrums Wärme- und Elektrizitätsspeicherung werden in fünf verschiedenen Feldern Forschungs- und Entwicklungsarbeiten durchgeführt. Dabei sind 24 Forschergruppen von zehn Einrichtungen sowie namhafte Unternehmen aus der Privatwirtschaft beteiligt (siehe Rückseite). Der Fokus der Arbeiten liegt dabei, sowohl auf klassischen Lösungen, wie der Weiterentwicklung von Batteriespeichern, als auch auf nicht etablierten Speicherlösungen wie Wärmespeicherung und Umwandlung von Elektrizität in Brennstoffe wie Methan.

Sie sind herzlich eingeladen, weitere Details über die Forschungsfelder auf den folgenden Seiten zu erfahren. Auf unserer Internetseite [www.sccer-hae.ch](http://www.sccer-hae.ch) finden Sie weitere Nachrichten und Veranstaltungshinweise.

Wenn Sie darüber hinaus weitere Informationen wünschen oder an einer Zusammenarbeit auf diesem Gebiet interessiert sind, stehen wir Ihnen gerne jederzeit zur Verfügung. Auf der Rückseite dieser Broschüre finden Sie unsere Kontaktdaten.

Prof. Dr. Thomas J. Schmidt  
Leiter des Kompetenzzentrums  
Wärme- und Elektrizitätsspeicherung

# Wärmespeicher



Wie Eingangs erwähnt ist der Anteil der Primärenergie der in Form von Wärme genutzt wird erheblich, und keinesfalls zu vernachlässigen.

Die Arbeiten zielen auf industrielle Anwendungen mit einem Temperaturniveau unter 100°C, sowie oberhalb 400°C ab. Bei den Anwendungen im Bereich der Haustechnik liegt die Obergrenze des betrachteten Temperaturniveaus bei 250°C.

## Advanced Adiabatic Compressed Air Storage (AA-CAES)

Hinter dieser Bezeichnung verbirgt sich die Speicherung von Energie in Form komprimierter Luft, wobei die bei der Kompression erzeugte Wärme separat gespeichert werden soll. In Zeiten überschüssiger Elektrizität wird Luft in einen Speicher gepresst, die dabei freigesetzte Wärme wird in einen Wärmespeicher abgeführt. In Zeiten erhöhter Nachfrage nach Elektrizität kann die in der Druckluft gespeicherte Energie wieder über eine Turbinen-Generator Konfiguration gewandelt werden. Der zu erwartende Gesamtwirkungsgrad bei optimierter Wärmenutzung eines solchen Systems liegt bei 75% und damit im Bereich eines typischen Pumpspeicherkraftwerks. Hier wird das Konzept der Kombination einer Gesteinsschüttung mit einem Latentwärmespeicher (Speicherung der Phasenumwandlungswärme) verfolgt.

Die dabei betrachteten Drücke und Temperaturen liegen bei 500-600°C bei 10-60 bar.

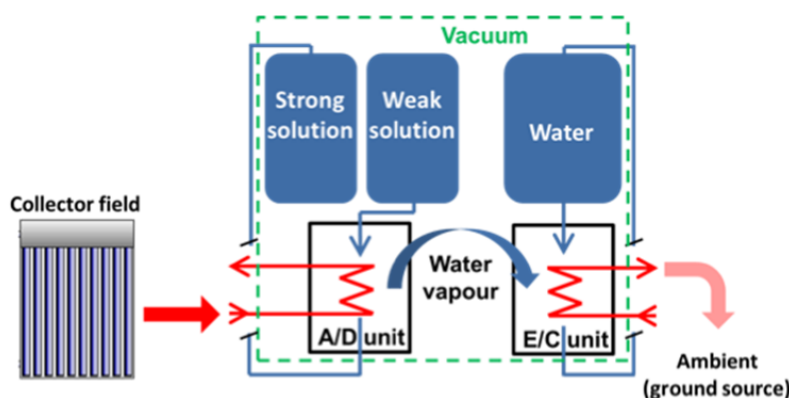
## Hochtemperatur Prozesswärme:

Prozesse wie Glas Recycling, Zementherstellung, und Metallaufbereitung können mittels Wärmespeichertechnologie auf einem Temperaturniveau von 400°C effizienter werden.

Vor diesem Hintergrund findet eine Untersuchung von Latentwärmespeichern sowie Speichern auf der Grundlage von fühlbarer Wärme statt. Damit sollen kompakte und preiswerte Lösungen zur Speicherung von Hochtemperaturwärme aus fluktuierenden Quellen gefunden werden.

**Gebäudetechnik:** Wärmespeicher für Warmwasserbereitung und Gebäudeklimatisierung im privaten und industriellen Umfeld. Für die Raumklimatisierung in Gebäuden ist es günstig Wärme und Kälte zu speichern. Dabei kommen Latentwärmespeicher, Sorptionswärmespeicher (basierend auf Verdünnungs- und Kondensationsvorgängen, siehe Abbildung) und die Speicherung in fühlbarer Wärme in Betracht. Das Temperaturniveau in diesem Bereich liegt zwischen -10 und 250°C.

In diesem, sehr angewandten Arbeitsgebiet, steht der Gewinn praktischer Erfahrung im Vordergrund. Das Ziel ist es, die im Labor existierenden Systeme in Gebäude zu integrieren und weiter zu optimieren (siehe Schema).



Fachexperte:

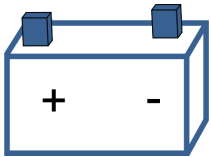
Dr. Andreas Haselbacher

Institute of Energy Technology

ETHZ

<http://www.prec.ethz.ch/staff/management-administration.html>





# Batteriespeicher

Im vergangenen Jahrzehnt hat sich die Lithium-Ionentechnologie bei vielen Anwendungen (Laptop, Mobiltelefon, Elektromobilität) etabliert, weist aber besonders in Bezug auf Lebensdauer, Kosten und Speichervermögen noch Verbesserungspotenzial auf. Basierend auf den Erkenntnissen der Lithium-Ionen Batterien rücken auch Alternativen wie Natrium-Ionen Batterien mit analogen Kenndaten in Reichweite. Die wesentlichen Ziele der Forschung im SCCER sind:

**Die Weiterentwicklung der Li-Ionen Technologie** mit dem Ziel die Leistungsdichte um 50 %-100 % zu steigern. Hierfür werden *nanostrukturierten Kathoden oder Anoden für Lithium-Ionen Zellen* entwickelt. Eine weitere Möglichkeit die Leistungsdichte zu steigern ist es, die Zellspannung anzuheben. Dafür werden neue Materialien benötigt die unter grösseren Zellspannungen Langzeit stabil sind. Dabei unterstützen Computermodelle, basierend auf der „Density Function Theory“ (DFT) die experimentellen Arbeiten.

**Kostenreduktion** durch Technologiefortschreibung: Gegenstand der Entwicklung sind die Grundlagen von neuen *Elektrodenmaterialien*, die auf Alternativen zu Lithium basieren. Materialien für *Natrium- oder Magnesium Ionen Batterie*,

die dafür in Betracht kommen sind deutlich häufiger als für Lithium-Ionen Batterien, was mittelfristig einen Kostenvorteil erwarten lässt. Dabei sollen die Leistungsdaten der Natrium-Ionen Zellen mit dem heutigen Stand der Technik bei Lithium-Ionen Zellen vergleichbar sein.

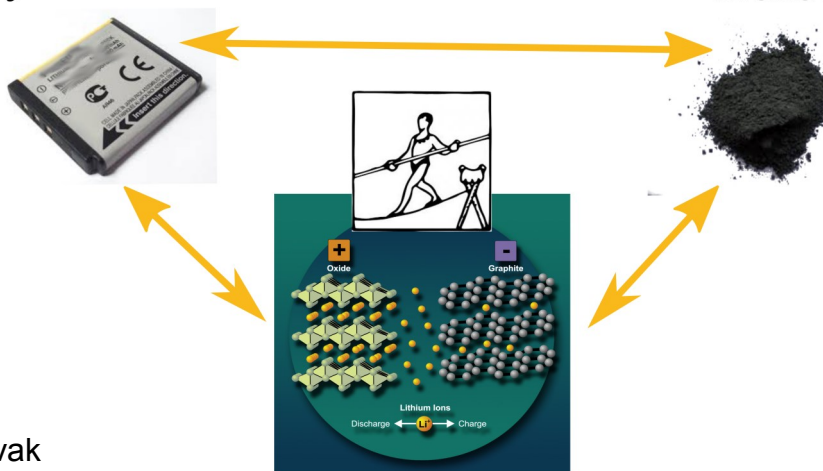
**Entwicklung von Fertigungstechnologie** für Kleinserien zur Charakterisierung: Um neue Materialien im Zusammenspiel einer kompletten Zelle zu untersuchen werden reproduzierbar hergestellte Zellen benötigt. Die dazu notwendige, möglichst vollautomatische Kleinserienfertigung wird im Rahmen des Kompetenzzentrums ausgelegt und aufgebaut.

**Zuverlässigkeits- und Lebensdaueruntersuchungen** an Batterien werden durchgeführt um den Einfluss von Betriebsparametern zu verstehen und Batteriemanagementsysteme zu optimieren.

**Die Kernkompetenzen** sind: Theoretische Voraussagen über das physikalisch-chemische Verhalten von Elektrodenmaterialien, Materialsynthese und elektrochemische Charakterisierung im Labor- und Anwendungsmaßstab. Ebenso wie die Analyse und Optimierung von Fertigungsprozessen.

System

Material



Fachexperte:

Prof. Dr. Petr Novak

Labor für Elektrochemie

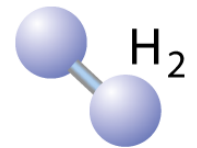
Paul Scherrer Institut

<http://www.psi.ch/lec/electrochemical-energy-storage>

(Electro)- Chemistry



# Wasserstoff

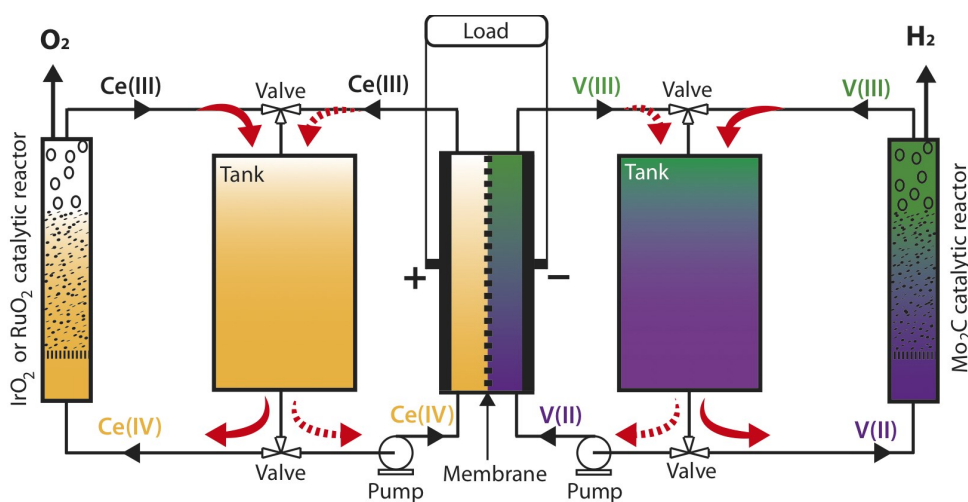


Mit einem zunehmenden Anteil an erneuerbaren Energien nimmt auch der Bedeutung von Wasserstoffherzeugung und Speicherung zu. Neue und wettbewerbsfähige Erzeugungs- und Speichersysteme im Masstab von Pilot- und Demonstrationsanlagen werden entwickelt um den Übergang von einer fossilen zu einer erneuerbaren Energiewirtschaft zu ermöglichen.

**H<sub>2</sub> Erzeugung** durch Elektrolyse ist ein wichtiger und erster Schritt bei der Synthese von synthetischen Treibstoffen aus Elektrizität und ermöglicht den Ringschluss von Energie zum Rohstoff. Die kostengünstige und sichere Wasserstoffspeicherung ist aber auch eine Schlüsselkomponente der Wasserstoffwirtschaft. Die Komponenten an der Schwelle zur Kommerzialisierung, wie Redox-Flow Batterien, preiswerte Katalysatoren, und flüssig Speicher mit einer hohen Energiedichte stehen im Zentrum der Aktivitäten in diesem Arbeitspaket. Die Wasserstoffherzeugung mittels Redox-Flow Batterie arbeitet bereits zuverlässig im Labormasstab (siehe Schema) und bildet die Basis eines Technologiedemonstrators der an der

Kläranlage in Martigny (Schweiz) installiert wird. Der auf diese Weise erzeugte Wasserstoff wird zusammen mit dem Biogas der Kläranlage bei der Hydrierung von CO<sub>2</sub> zu Methan eingesetzt. In einem weiteren Schritt könnte der geladenen Elektrolyt der Redox Flow Battery auch direkt zur Reduktion von CO<sub>2</sub> eingesetzt werden.

**Wasserstoff Speicherung** in chemischen Verbindungen: Die Speicherung von Wasserstoff nach dem heutigen Stand der Technik findet in tieferer flüssiger Form, oder in Druckbehältern (70 MPa) statt. Beide Techniken sind energieintensiv und haben entsprechend geringere Wirkungsgrade. Ein alternativer Weg ist die Synthese von einfachen Wasserstoffverbindungen, die leicht aus Wasserstoff herzustellen und leicht zu Wasserstoff zerlegt werden können. Solche Verbindungen können unbegrenzt in flüssiger oder fester Form gelagert werden. Die dafür in Frage kommenden Aluminium- oder Bor-, aber auch organische Verbindungen wie Formaldehyd, Methanol oder Ameisensäure werden in diesem Projekt näher untersucht.



- ⋯→ Ce-V redox flow battery : conventional electrochemical discharge
- Dual-circuit system : discharge via two catalysed chemical reactions

Fachexperte:

Prof. Dr. Andreas Züttel

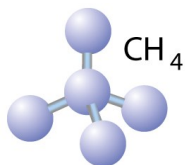
Laboratory of Materials for Renewable Energy

EPFL

<http://sb.epfl.ch/chemistry>







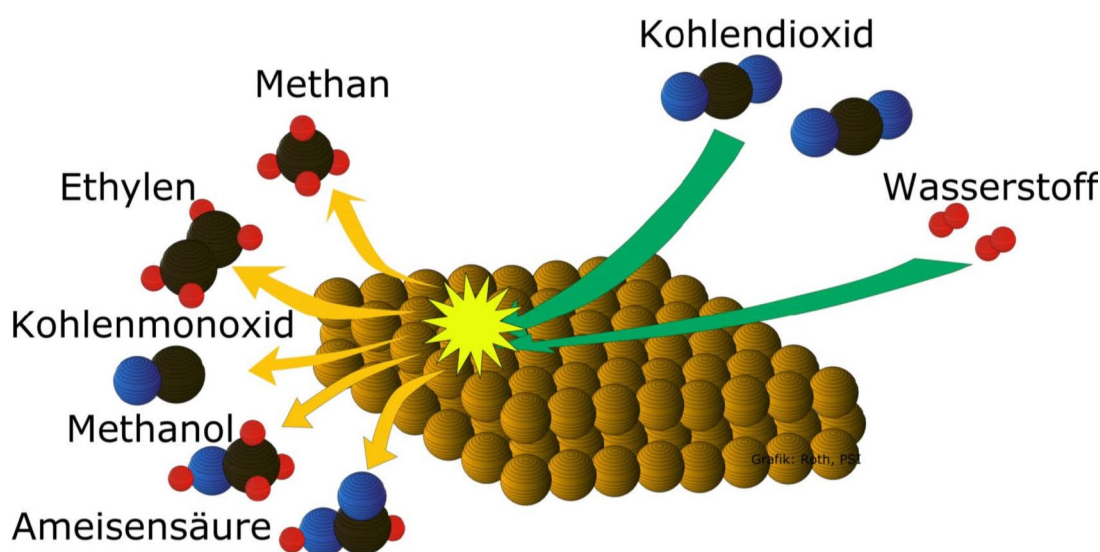
# Synthetische Brennstoffe

Um den CO<sub>2</sub> Ausstoss zu reduzieren, wie es von der Politik für den Klimaschutz gefordert wird, bietet die Hydrierung von CO<sub>2</sub> einen interessanten Weg. Damit kann dieses Treibhausgas im Kreislauf geführt und gleichzeitig überschüssige Energie aus erneuerbaren Quellen gespeichert werden. Auf Island und sogar in Deutschland sind bereits Methanierungsanlagen zu diesem Zweck in Betrieb.

Die Schweiz hat auf der einen Seite einen Energieüberschuss aus Wasserkraft, auf der anderen Seite muss die Industrie aber 25 CHF für jede freigesetzte Tonne CO<sub>2</sub> bezahlen. Diese Umstände bieten einen Anreiz nach Wegen zu suchen, das CO<sub>2</sub> zu binden und gewünschte Rohstoffe wie

Formaldehyd, Methanol oder anderer Kohlenwasserstoffe zu erzeugen. Die katalytische und elektrokatalytische Reduktion von CO<sub>2</sub> zu Synthesegas oder Kohlenwasserstoffen stellt eine Herausforderung bezüglich der katalytischen Selektivität und Aktivität dar.

Die Arbeiten in dieser Projektperiode zielen hauptsächlich auf die Katalysatorentwicklung. Das längerfristige Ziel ist der Beweis der Machbarkeit im Labormassstab (für katalytische CO<sub>2</sub> Reduktion) und auf dem Niveau der elektrischen Vollzelle im Bereich der co-elektrolyse (elektrokatalytische CO<sub>2</sub> Reduktion). Dabei werden Wirkungsgrade von >30% bei einer Selektivität von >60% für Synthesegas/Kohlenwasserstoffen angestrebt.



Fachexperte:

Prof. Dr. Christophe Copéret

ccoperet@inorg.chem.ethz.ch

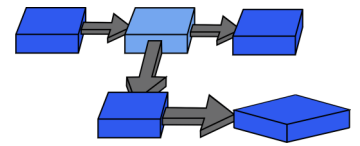
Laboratory of Organometallic and Medicinal Chemistry

Department of Chemistry and Applied Biosciences, ETHZ

<http://www.coperetgroup.ethz.ch/>



# Systemanalyse



Um das volle Potential des Kompetenzzentrums Wärme- und Elektrizitätsspeicherung auszuschöpfen, müssen die unterschiedlichen Arbeiten in einem weiter gefassten Zusammenhang betrachtet werden. Das Zusammenspiel der Speichertechnologien ist daher Teil der Arbeiten in diesem SCCER. Hierbei werden ökonomisch-gesellschaftliche Aspekte, Systemintegration und Systemmodellierung auf allen Ebenen in die Betrachtungen mit einbezogen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf folgenden Bereichen:

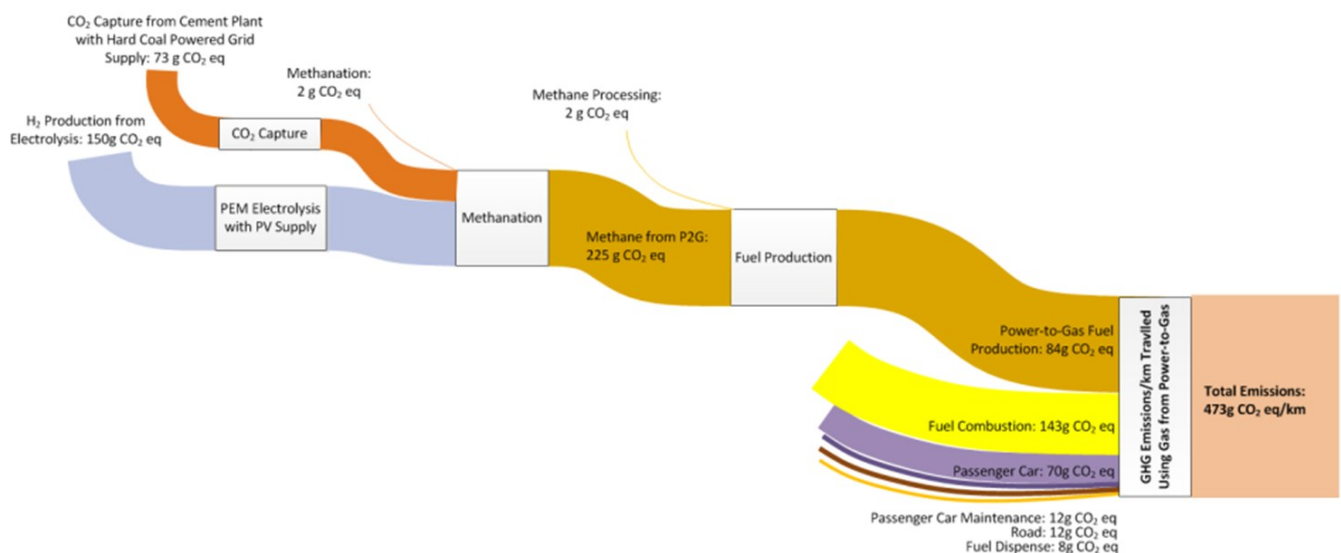
Die Bewertung der **Entwicklungsszenarien der zukünftigen Energienutzung**, in Bezug auf Speichertechnologien als Teil des Energienetzes (Wärme-, Elektrizitätserzeugung, Verteilung und Verbrauch). Aus der Bewertung werden Empfehlungen für die Angewandte- und Grundlagenforschung auf dem Gebiet Speicherung abgegeben.

Eine umfassende **Nachhaltigkeitsanalyse** mit der Betonung auf Umweltaspekten und der Wirtschaftlichkeit. An dieser Stelle wird der Kontakt mit dem SCCER CREST gesucht.

**Flexibilisierung von Elektrizität, Wärme, Brennstoff und Mobilität**; dies ist für die Schweiz notwendig. Aus diesem Grund werden innerhalb dieses SCCER Arbeitstreffen zur Ideenfindung durchgeführt, mit dem Ziel neue Speicherkonzepte auf der Basis unterschiedlicher Speichertechnologien zu entwickeln.

Neben den Aspekten der Nachhaltigkeit werden auch **ökonomische Fragestellungen** der Energiespeicher in einem zukünftigen Energiesystem betrachtet um Hilfestellung bei der Ausgestaltung zukünftiger Gesetzgebung zu geben.

Wie bereits angedeutet, ist hier eine starke Überlappung mit den Themen anderer SCCERs, daher wird an dieser Stelle auch der Kontakt gesucht und gepflegt damit doppelte Arbeiten rechtzeitig erkannt und vermieden werden können. Insbesondere SCCER CREST, Effizienz, Mobility und Netze sind hier zu nennen.



Fachexperte:

Prof. Dr. Jörg Worlitschek

Thermische Energiesysteme & Verfahrenstechnik

Hochschule Luzern - Technik & Architektur

<https://www.hslu.ch/technik-architektur>



## Ihre Ansprechpartner:



**Prof. Dr. Thomas J. Schmidt**  
Leiter des Kompetenzzentrum  
Wärme- und Elektrizitätsspeicherung

Professor für Elektrochemie,  
ETH Zürich, Physikalische Chemie

Leiter Forschungsbereich  
Energie und Umwelt  
Paul Scherrer Institut



**Dr. Jörg Roth**  
Geschäftsführer



**Ursula Ludgate**  
Sekretariat

SCCER Heat and Electricity Storage

info@sccer-hae.ch

c/o Paul Scherrer Institut OVGA 101

5232 Villigen PSI, Switzerland

+41 (0)56 310-2092

www.sccer-hae.ch



## Unsere Partner:

