

BiFlow

Hybridspeichersystem für die Wärme- und Stromversorgung

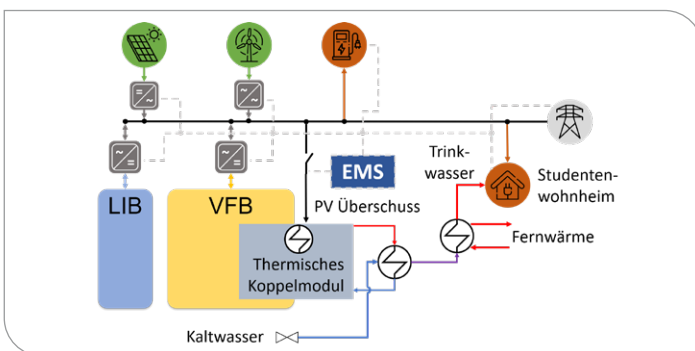
Vorteile der Redox-Flow-Batterie und der Lithium-Ionen-Batterie vereint

Im Projekt BiFlow wird ein neuartiges Hybridspeichersystem in einem Studierendenwohnheim in Bruchsal, Deutschland, getestet. Es vereint die Vorteile der Redox-Flow-Batterie mit denen der Lithium-Ionen-Batterie und weist folgende Merkmale auf:

Ein Hybridspeichersystem im Test: Eine Vanadium-basierte Redox-Flow-Batterie (VFB) wird mit einer Lithium-Ionen-Batterie (LIB) zu einem Hybridspeichersystem kombiniert. Bei optimaler Betriebssteuerung erreicht es höhere Wirkungsgrade als seine einzelnen Komponenten zusammengenommen.

Erhöhter Wirkungsgrad der VFB: Bei zyklischem Betrieb erreicht die VFB einen geringeren Wirkungsgrad (etwa 70 %) als die LIB. Mit Hilfe eines vom KIT entwickelten neuartigen thermischen Koppelmodul können die Wärmeverluste jedoch größtenteils zurückgewonnen und Gesamtwirkungsgrade von über 80 % erzielt werden.

Innovative zweite Nutzung des VFB als Wärmespeichersystem: Aufgrund der Stabilität des Elektrolyts bei höheren Temperaturen kann die VFB auch als Wärmespeicher eingesetzt werden. Dies ermöglicht eine kosten- und raumeffiziente Sektorkopplung im Rahmen der Energiewende.



Aufbau zum Test des Hybridspeichersystems.
(KIT/Lakshmi Narayanan Palaniswamy)

VFB-Demonstrator

Die Vanadium-basierte Redox-Flow-Batterie von 1st Flow Energy Solutions GmbH verfügt über eine Nominalleistung von 21 kW und Kapazität von 120 kWh. Aufgrund der modifizierten Elektrolytzusammensetzung kann die VFB in einem erweiterten Temperaturbereich von 10 – 50 °C betrieben werden.

Jeder Elektrolyttank ist mit einem 35 kW-Wärmetauscher ausgestattet, über den die überschüssige Wärme von der VFB an die gebäudeeigene Warmwasserversorgung abgeführt wird.

Eigenschaften:

- Lebensdauer > 20 000 Zyklen
- Produktlebensdauer > 20 Jahre
- Elektrolyt und Batteriekomponenten sind wiederverwertbar
- Nicht entflammbar und nicht explosiv
- Das Leistungs/Energie-Verhältnis ist frei wählbar
- Keine Minderung der Speicherleistung während des Betriebs



Vanadium-basierte Redox-Flow-Batterie mit Isolierung. (KIT/Felix Schofer)

Anpassung des Elektrolyts für die Wärmespeicherung

Um das Elektrolyt der Vanadium-basierten Redox-Flow-Batterie im Temperaturbereich von 10 – 50 °C sowohl elektrochemisch als auch thermisch nutzen zu können, wurde der Zusammenhang zwischen der Elektrolytzusammensetzung und den Betriebsgrößen bei höherer Temperatur vom Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT untersucht.

Herausforderung: Standardmäßig können VFB-Elektrolyte im Temperaturbereich von 0 - 35 °C betrieben werden. Bei etwa 40 °C neigt Vanadium dazu, irreversibel zu Vanadiumpentoxid zu kondensieren. Folgende Lösungen werden untersucht:

1. Nutzung von Zusätzen, die die pentavalenten Vanadiumlösungen stabilisieren und eine Ausflockung von Vanadiumoxiden verhindern.

2. Verwendung von Mischungen mit Schwefelsäure und Anpassung der Vanadium-/Schwefelsäurekonzentrationen.

Verfahren: Durch Verdünnung des Elektrolyts mit Säure lässt sich die thermische Stabilität des Elektrolyts auf Kosten der Batteriekapazität erhöhen. Dabei muss ein Kompromiss zwischen Stabilität und Kapazität gefunden werden.

Thermisches Koppelmodul

Mit Hilfe eines innovativen thermischen Koppelmodul (TCM) wird Wärmeenergie zur VFB geleitet oder von ihr abgeführt. Dies geschieht mit Hilfe der beiden oben erwähnten Wärmetauscher aus den Elektrolyttank. Die Wärmetauscher verfügen über eine Nominalleistung von jeweils 35 kW bei einem ΔT -Wert von 20 °C. Ein dritter Wärmetauscher mit einer Nominalleistung von 75 kW bei einem ΔT -Wert von 20 °C leitet die Wärme vom TCM zur Warmwasserversorgung des Gebäudes. Zusätzlich zu den Wärmetauschern kann ein elektrisches Heizelement genutzt werden, um die VFB-Tanks oder die Warmwasserversorgung mit überschüssiger photovoltaischer Energie zu beheizen. Mittels Ventilen zur Kontrolle des Wärmeenergieflusses lassen sich drei Betriebsarten des TCM einstellen:

- Aufheizen von einem oder beiden Elektrolyttanks mit Hilfe des Heizelements
- Übertragung von Wärme zur Warmwasserversorgung mit Hilfe des Heizelements
- Übertragung der Wärme von einem oder beiden Elektrolyttanks zur Warmwasserversorgung



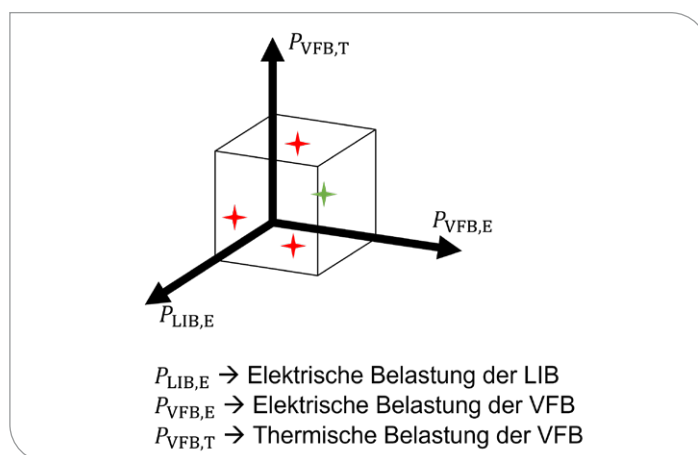
Thermisches Koppelmodul mit Heizelement und Wärmetauscher für die Warmwasserversorgung. (KIT/Felix Schofer)

Echtzeitoptimierung der Anlage

Die gesamte Anlage wird mit Hilfe eines zentralen Energiemanagementsystems (EMS) in Intervallen von 250 ms gesteuert. Das EMS dient folgenden Zwecken:

- Verbesserung der Wirtschaftlichkeit beider Batterietypen
- Verringerung von Betriebsverlusten und des Stand-by-Verbrauchs
- Maximale Nutzung der Abwärme aus der Redox-Flow-Batterie
- Verringerung der Alterungsprozesse beider Batterietypen
- Verbesserung des Selbstversorgungsgrads bezüglich Strom und Warmwasser

Herausforderung: Die Betriebseffizienz der Redox-Flow-Batterie ist nicht nur abhängig vom elektrischen, sondern auch vom thermischen Zustand. Die zweifache Nutzung der Redox-Flow-Batterie resultiert in einem dreidimensionalen Optimierungsproblem: Das EMS muss den optimalen Betriebspunkt im Betriebsvolumen finden, bei dem das Hybridspeichersystem elektrisch und die VFB thermisch optimiert ist.



Dreidimensionales Optimierungsproblem. (KIT/Lakshimi Narayanan Palaniswamy)

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Elektrotechnisches Institut (ETI) –
Energiespeichersysteme

Dr. Ing. Christian Kupper
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen
Telefon: +49 721 608-26844
E-Mail: office@batterietechnikum.kit.edu

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

