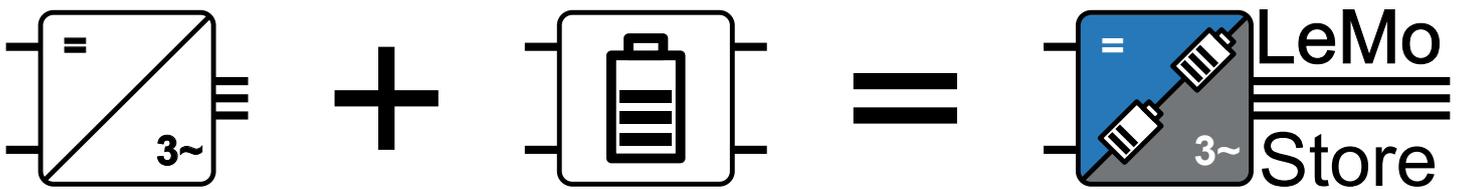


## LeMoStore

Entwicklung eines modularen Energiespeichers, der zeitgleich als Umrichter für das Stromnetz dient



### Wozu Umrichter?

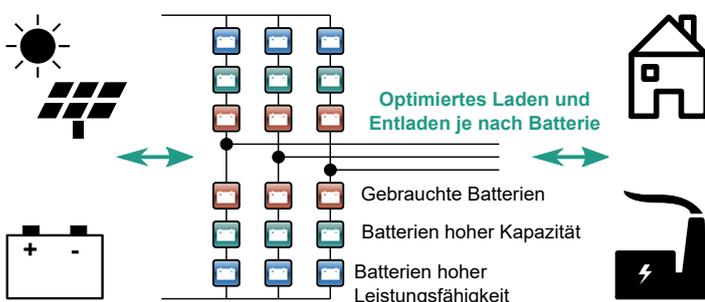
Für das Stromnetz sind Umrichter notwendig, die Gleich- in Wechsel- oder Drehstrom wandeln (und umgekehrt). Das ist zum Beispiel für Photovoltaikanlagen relevant, die Gleichstrom bereitstellen. Im Stromnetz ist jedoch dreiphasiger Wechselstrom üblich, sodass die Umwandlung notwendig ist.

### Wozu Energiespeicher?

Insbesondere Erneuerbare Energien haben außerdem die Eigenschaft, dass ihre elektrische Leistung meist wetterabhängig ist. Zum Ausgleich sind Energiespeicher im Stromnetz ein wichtiger Bestandteil.

### Wozu Umrichter und Speicher kombinieren?

Für LeMoStore werden deshalb Lithium-Ionen-Batterien in die Struktur eines modularen Multilevel-Umrichters (Modular Multi-level Converter, MMC) integriert. Durch die Struktur des MMC können qualitativ hochwertiger dreiphasiger Wechselstrom bereitgestellt sowie weitere Gleichstromquellen und -speicher an das Stromnetz angebunden werden. Die Leistungselektronik des Umrichters kann außerdem für den optimalen Betrieb der integrierten Energiespeicher genutzt werden. Einflussfaktoren auf die Alterung wie die Zyklenzahl, längerfristige Ladestände und maximale Ströme können so beeinflusst werden.

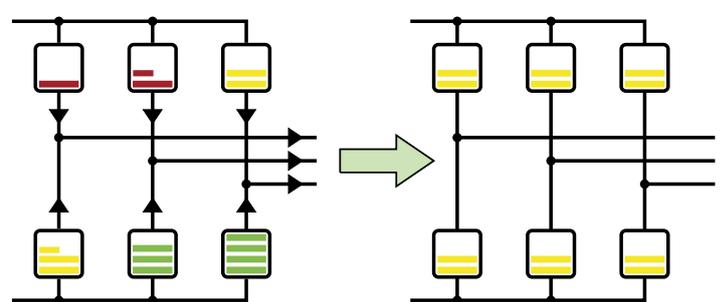


### Second-Life und Lebensdaueroptimierung

Um die Lebensdauer der Batteriemodule zu maximieren, werden bei LeMoStore neuartige Modellierungsansätze angewendet, mithilfe derer Batterien unterschiedlichen Typs und Alters im MMC betrieben werden sollen. Durch strategische Aufteilung der Lade- und Entladeleistung wird die maximale Lebensdauer erreicht und auch bereits genutzte Batteriezellen können so individuell belastet und damit noch länger verwendet werden. Darüber hinaus ermöglicht der optimierte Betrieb die Reduzierung der verbauten Speicherkapazität und dadurch die Realisierung wirtschaftlich günstigerer Systeme mit identischen Eigenschaften. Das entwickelte System soll als Demonstrator im Power-Hardware-in-the-Loop Labor des Energy Lab 2.0 am KIT erprobt werden.

### Flexibilität

Ein MMC verfügt über sechs Arme, von denen je zwei eine Phase bilden. In jedem dieser Arme können sich Batteriemodule in unterschiedlichen Ladeständen befinden, die während des laufenden Umrichterbetriebs mit unterschiedliche Energiemengen ge- und entladen werden müssen. Das ist möglich, indem wie unten dargestellt, die Leistung zwischen den Armen so geregelt wird, dass eine Umladung stattfindet. Das kann genutzt werden, um die Ladestände der Batterien anzugleichen. Auch die Module innerhalb eines Arms können flexibel ge- und entladen werden, solange die Randbedingungen des Betriebs erfüllt sind.



## Technische Umsetzung

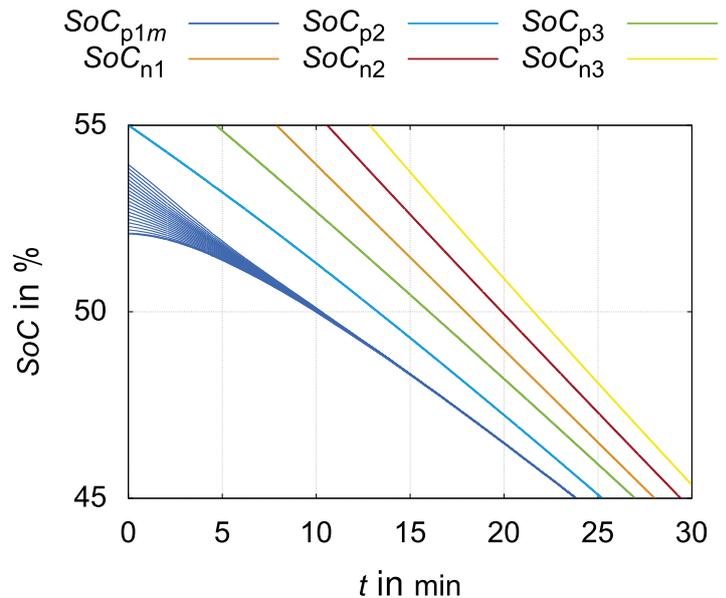
Der MMC ist DC-seitig auf eine Spannung von 700 V ausgelegt und AC-seitig für den Anschluss an das dreiphasige Niederspannungsnetz vorgesehen. Der Demonstrator verfügt über eine maximale Leistung von 100 kW, die sowohl auf der AC- als auch auf der DC-Seite möglich ist. Innerhalb der Topologie werden pro Arm 20 identische Module eingesetzt, die jeweils aus einer Leistungselektronik basierend auf einer Vollbrücke sowie einer Lithium-Ionen-Batterie bestehen. Der Betrieb wird durch eine hierarchische Kommunikationsstruktur gewährleistet, die sich aus einer Kombination von FPGAs und Microcontrollern zusammensetzt.

### Eckdaten Demonstrator

Leistung (max):	100 kW
Energie (max):	400 kWh
Batteriemodule (max):	120 Stück

## Hardware-in-the-Loop

Der Entwurf und Test eines Speicher-Umrichtersystems ist komplex, Hardware-in-the-Loop vereinfacht dabei die Entwicklung der Regelung und des Energiemanagements. Hierzu wird eine möglichst realitätsnahe Nachbildung der Leistungselektronik und der Batterien in einer Simulation aufgebaut. Diese wird mit den Schnittstellen des realen Systems ausgestattet, sodass die Plattform des Reglers und Energiemanagements damit verbunden werden kann. Dies wird im Projekt genutzt, um bereits vor Inbetriebnahme des Demonstrators das Verhalten des Systems zu analysieren und die Entwicklung zu vereinfachen. In der Abbildung auf dieser Seite ist eine solche Hardware-in-the-Loop Auswertung dargestellt. Zu sehen sind die Ladestände verschiedener Batteriemodule über der Zeit. Sowohl innerhalb eines Arms als auch zwischen den Armen ist erkennbar, dass die Ladestände der Batterien sich mit der Zeit annähern, was in diesem exemplarischen Szenario das Ziel war.



Ein mögliches Szenario: Die Ladestände der Batterien gleichen sich nach und nach an. Das Besondere: Es funktioniert auch, wenn nicht alle Batterien identisch sind, wie es bei Second-Life Batterien der Fall ist.

## Die Projektpartner

[www.eti.kit.edu](http://www.eti.kit.edu)  
[www.itep.kit.edu](http://www.itep.kit.edu)  
[www.th-ab.de](http://www.th-ab.de)  
[www.bmz-group.com](http://www.bmz-group.com)  
[www.batemo.de](http://www.batemo.de)

Alle Informationen finden Sie unter [lemostore.de](http://lemostore.de) und einfach hier:



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

Hermann-von-Helmholtz-Platz 1  
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

E-Mail: [office@batterietechnikum.kit.edu](mailto:office@batterietechnikum.kit.edu)  
Web: [www.batterietechnikum.kit.edu](http://www.batterietechnikum.kit.edu)



Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Karlsruher Institut für Technologie (KIT) · Präsident Professor Dr.-Ing. Holger Hanselka · Kaiserstraße 12 · 76131 Karlsruhe

Karlsruhe © KIT 2023