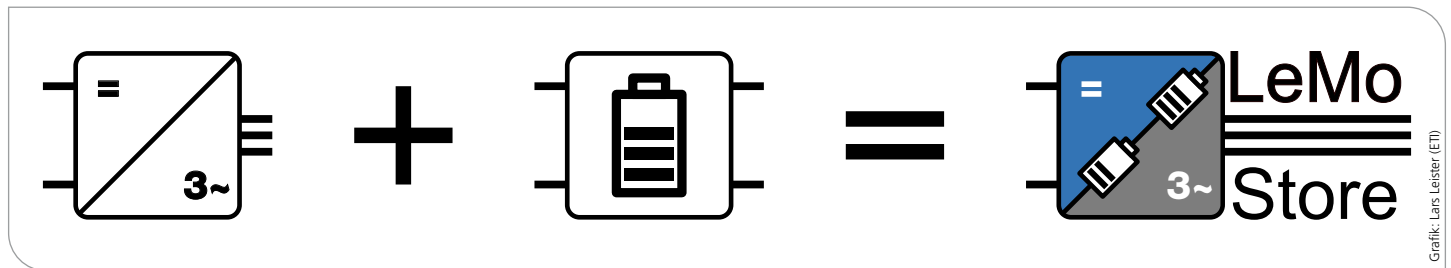


# Netzdienlicher Umrichter mit integrierten Batteriemodulen

LeMoStore – Umrichter und Energiespeicher



Im Stromnetz sind Umrichter notwendig, um beispielsweise Gleichstrom aus Photovoltaikanlagen in das Wechselstromnetz einzuspeisen. Ebenso sind Energiespeicher für das Netz notwendig, um Leistungsschwankungen der Energieerzeuger und -verbraucher auszugleichen. Die Kombination beider Anforderungen in einem System bringt eine Reihe von Vorteilen mit sich. Dazu müssen jedoch die Freiheitsgrade und Möglichkeiten des Systems sinnvoll genutzt werden.

Im Projekt LeMoStore liegt der Fokus auf der Lebensdaueroptimierung der Batterien, insbesondere auch, um Second-Life Batterien einsetzen zu können. Außerdem wird der Nutzen für das Stromnetz durch sogenannte Netzdienstleistungen untersucht.

## Vorteile durch kombinierten Speicher und Umrichter

Ein Modularer Multilevel-Umrichter (Modular Multi-level Converter, MMC) besteht aus vielen identisch aufgebauten Einheiten. Jede dieser Einheiten umfasst leistungselektronische Schalter (Transistoren), sodass durch deren Zusammenspiel eine Ausgangsspannung mit hoher Qualität erreichbar ist. In jeder Einheit wird hier außerdem ein Batteriemodul integriert. Einflussfaktoren auf die Alterung wie die Zyklenzahl, längerfristige Ladestände und maximale Ströme können so individuell je Batteriemodul durch die Leistungselektronik beeinflusst werden. Dies bringt einen entscheidenden Vorteil: Die Batteriemodule müssen nicht identisch sein, es können also auch gebrauchte Batterien verwendet werden.

## Eckdaten Demonstrator

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| ■ Maximale Leistung              | 100 kW    |
| ■ Maximale Energie               | 400 kWh   |
| ■ Maximale Anzahl Batteriemodule | 120 Stück |

## Second-Life und Lebensdaueroptimierung

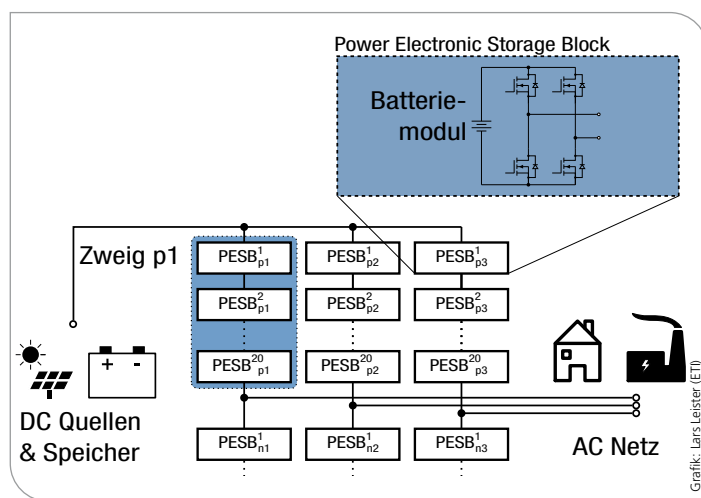
Um Batterien unterschiedlichen Typs und Alters im MMC betreiben zu können und deren Lebensdauer zu optimieren, wird die Lade- und Entladeleistung strategisch aufgeteilt. So wird ein älteres Batteriemodul beispielsweise weniger belastet als ein fabrikneues Modul des gleichen Typs. Darüber hinaus ermöglicht der optimierte Betrieb die Reduzierung der verbauten Speicherkapazität und dadurch die Realisierung wirtschaftlich günstigerer Systeme mit identischen Eigenschaften.



Ein Schaltschrank (Zweig) des insgesamt sechs Zweige umfassenden Gesamtsystems.

## Zielsetzung und Fragestellungen

Mit oberster Priorität dient das System als Umrichter, sodass jederzeit die Umwandlung von Gleich- in Wechselstrom und umgekehrt gewährleistet ist. Dies ist unabhängig vom Ladezustand möglich. Zusätzlich sind verschiedene Netzdienstleistungen möglich, die zur Stabilität des Stromnetzes beitragen. Dem Umrichterbetrieb untergeordnet sind die Anforderungen des Energiemanagementsystems. Dieses entscheidet anhand wirtschaftlicher Kriterien, wann Energie eingespeichert werden soll und wann die Nutzung oder der Verkauf der gespeicherten Energie sinnvoll ist. Zwischen diesen Randbedingungen findet die Verteilung der notwendigen Leistung auf die einzelnen Batteriemodule statt. Hierfür werden im Betrieb laufend Spannungen, Ströme und Temperaturen erfasst und Größen wie Ladezustand oder Alterung daraus abgeleitet.



Struktur des Modulen Multilevel-Umrichters mit Batterien.

## Technische Umsetzung

Der LeMoStore-MMC ist gleichspannungsseitig auf eine Spannung von 700 V ausgelegt und netzseitig für den Anschluss an das dreiphasige 230 V-Netz vorgesehen. Der Demonstrator verfügt über eine maximale Leistung von 100 kW. Innerhalb der Topologie werden pro Zweig 20 identische Module eingesetzt, die jeweils aus einer Vollbrücke (Leistungselektronische Schaltung) sowie einem Lithium-Ionen-Batteriemodul mit einer Maximalspannung unter 60 V bestehen. Der Betrieb wird durch eine hierarchische Kommunikationsstruktur gewährleistet.

## Power-Hardware-in-the-Loop

Um verschiedene Betriebsszenarien zu erproben, wird das System in einer realitätsnahen Simulationsumgebung getestet. Damit ist es möglich, verschiedene Netzzustände und Szenarien in einer kontrollierbaren Umgebung zu untersuchen. Das Stromnetz wird dabei durch Emulatoren im Energy Lab des KIT nachgebildet.

## Entwicklungsstand und Kommerzialisierung

Das Projekt LeMoStore verfolgt den Ansatz, eine große Vielfalt von Anwendungsgebieten und Szenarien abzudecken. Daher sind die Komponenten so ausgewählt, dass möglichst viele Daten erfasst werden und viele Freiheitsgrade in der Ansteuerung bestehen. Insofern ist es nicht das Ziel des Projekts, den vorgestellten Hardware-Aufbau zu kommerzialisieren, sondern vielmehr aufzuzeigen und zu untersuchen, was notwendig ist und worauf vielleicht auch verzichtet werden kann. Dies trägt dazu bei, ähnliche kommerzielle Systeme wirtschaftlich auszulegen und die Möglichkeiten eines solchen Ansatzes durch einen optimierten Betrieb besser zu nutzen.

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

Prof. Dr.-Ing. Marc Hiller  
Engelbert-Arnold-Str. 5  
76131 Karlsruhe  
Tel.: +49 721 608-42474  
E-Mail: marc.hiller@kit.edu  
Web: www.eti.kit.edu

Lars Leister  
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1  
76344 Eggenstein-Leopoldshafen  
Tel.: +49 721 608-28168  
E-Mail: lars.leister@kit.edu  
Web: www.batterietechnikum.kit.edu

**ETI**  
Elektrotechnisches Institut

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Die Verantwortung für den Inhalt dieser  
Veröffentlichung liegt beim Autor.

Karlsruher Institut für Technologie (KIT) · Präsident Professor Dr. Jan S. Hesthaven · Kaiserstraße 12 · 76131 Karlsruhe

Karlsruhe © KIT 2025