



Vollelektrische Fähren

Elektrische Fähren mit Batteriespeicher für den vollelektrischen Fährbetrieb

Spezifikationen und Anforderungen

- Ca. 34000 kW Leistung für 21 kn Fahrt
- Größe des Batteriespeichers ca. 4300 kWh
- Der Batteriespeicher soll bei Stopps in Häfen zwischengeladen und über Nacht vollgeladen werden
- Erreichen des geforderten Fahrprofils mit einem initialen SOC von 50%
- Lebensdauer des Batteriespeichers idealerweise 30 Jahre

Ausgangssituation

Innerhalb der EU ist der Schiffsverkehr für drei bis vier Prozent der CO₂-Emissionen verantwortlich. Gleichzeitig wurde auf UN Ebene das Ziel der Netto-Null-Emissionen für den Schiffsverkehr bis 2050 vereinbart. Wegen häufig kürzerer Fahrstrecken eignen sich Fähren sehr gut zur Elektrifizierung. Dies trägt signifikant zur Senkung des Ausstoßes von Treibhausgasen bei. Bereits heute sind ca. 600 batteriebetriebene Schiffe im Einsatz und es wird mit einem deutlichen Anstieg dieser Zahl in den nächsten Jahren gerechnet. Auch ist damit zu rechnen, dass die Größe der mit einer Batterie betriebenen Schiffe deutlich zunimmt.

Ziel der Anwendungsanalyse

In der Anwendungsanalyse soll die technische und wirtschaftliche Machbarkeit des Einsatzes von Batterien als Speicher für vollelektrisch angetriebene Fähren betrachtet und mögliche Batteriesysteme analysiert werden.

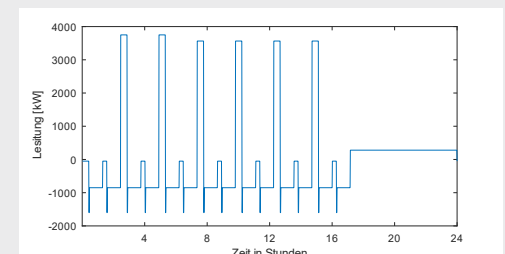
Methodik

Zur Analyse wird die im Projekt SimBAS entwickelte Toolchain verwendet. Die Toolchain besteht aus drei aufeinander aufbauenden Tools, welche über Schnittstellen die jeweiligen Inputs des vorhergehenden Tools verarbeiten können. Kurz zusammengefasst handelt es sich bei der Toolchain um die ISEA Cell & Pack Database (ICPD) der RWTH Aachen welches Zellmodelle für die Simulation erstellt, den Battery System Designer (BaSD) des Fraunhofer IISB, welches die geometrische Auslegung von Batteriespeichern für einen geforderten Bauraum vornimmt, und das Tool Simulation of stationary energy storage systems (SimSES) der TUM, welches den ausgelegten Speicher

importiert und gegen die geforderte Applikation simuliert, um zu berechnen, ob der Speicher die Anforderungen erfüllt. So können verschiedene Speichertechnologien systematisch für die Verwendung getestet werden.

Anforderungen

Als Basis für die Betrachtung von vollelektrisch angetriebenen Fähren dient hier eine an die Fähre "Cote d'Opale" angelehnte elektrisch betriebene Fähre, welche die Route zwischen Dover - Calais bedient. Es soll hierbei ausdrücklich kein hybrides Konzept zum Einsatz kommen.



Die obige Grafik zeigt das angestrebte Lastprofil des Batteriespeichers der Fähre über den Zeitraum von 24 Stunden im Rahmen eines Regelbetriebs zwischen den beiden Häfen. Die Fähre startet morgens aus der Nacht kommend mit einem vollgeladenen Speicher. Nach jeder absolvierten Fahrt wird der Speicher in den Häfen zwischengeladen. Es wird davon ausgegangen, dass das Zwischenladen nicht zum vollständigen Laden reicht. Auch nimmt über den Tag hinweg die mögliche Ladeleistung durch den Betrieb im Hafen ab. Daher wird von einer nicht vollständigen Ladung des Speichers über den Tag hinweg ausgegangen, weshalb der Speicher überdimensioniert werden muss. Die



Vollelektrische Fahren

vollständige Ladung des Speichers geschieht über Nacht, so dass am nächsten Tag ein vollständig aufgeladener Speicher zur Verfügung steht.

Batterieauswahl

Für die Speicherauslegung werden zwei verschiedene kommerziell verfügbare Zellen des Herstellers EVE betrachtet. Diese sind aktuell nicht Teil der Datenbank von SimSES und werden daher über die ICPD nachgebildet und in SimSES importiert. Es handelt sich um die Typen LF560K und M12. Beide Typen besitzen ein prismatisches Gehäuse. Die LF560K setzt dabei auf LFP und die M12 auf NMC als Aktivmaterial.

Typ	EVE LF560K	EVE M12
Technologie	LFP	NMC
Dimensionen [mm]	71,7 x 352,3 x 207,2 (L x B x H)	88,6 x 301,3 x 50,6 (L x B x H)
Energie [Wh]	1792	703
Preis [€]	95	88

Da es sich um eine Fähre handelt sollte, die Batterie so leicht wie möglich sein, um eine hohe Zuladung zu ermöglichen. Mit einer Energiedichte von 242 Wh/kg ist die NMC Zelle der LFP Zelle mit 167 Wh/kg deutlich überlegen. Gleichzeitig ist die zu erwartende Lebensdauer der LFP Zelle jedoch deutlich höher. Durch den hohen Integrationsgrad der Batterien in den Schiffskörper wäre ein damit verbundener seltener Austausch der Zellen von Vorteil.

Gesamtspeicher

Eine mit Diesel betriebene Fähre in der Größenordnung führt ca. 1000 t Diesel für einen mehrtägigen Betrieb mit sich. Da sich dieses Konzept grundlegend unterscheidet, steht mehr als genug Bauraum für einen Batteriespeicher zur Verfügung, welcher mehrmals am Tag zwischengeladen wird.

Typ	Nominal Voltage [V]	Serielle Zellen	Parallele Zellen
EVE LF560K	1100	344	7
EVE M12	1100	295	21

Die obige Tabelle zeigt die notwendigen Speicherkonfigurationen mit dem Fokus auf Erreichen der geforderten Nominalspannung sowie Kapazität von 4300 kWh des Speichers. Dies lässt sich mit beiden Zelltypen erreichen.

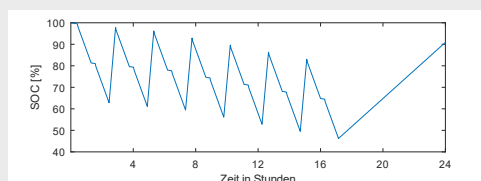
Ein solcher Speicher ist mit einem Gewicht von ca. 30-50 t deutlich leichter als der klassisch mitgeführte Diesel. Über das Bauraumtool BaSD lassen sich nun verschiedene Speicherbauten überprüfen. Insbesondere bei größeren Fähren hat es sich als vorteilhaft herausgestellt den Batteriespeicher aufzuteilen und gleichmäßig in zwei bis drei Speicherblöcke über die Schiffslänge zu verteilen.

Speichersimulation

Nun werden noch mittels SimSES die erarbeiteten Speicherkonzepte gegen das vorgestellte Lastprofil simuliert, um die Eignung der Konzepte hinsichtlich des konkreten Einsatzzwecks zu evaluieren. Im Zusammenspiel mit der ICPD können dabei auch notwendige Anpassungen am Zelldesign durchgespielt werden, was sich hier als nützlich erweist. Für die einzelnen Speicherkonzepte haben sich zusammengefasst folgende Ergebnisse bei der Simulation ergeben:

EVE M12

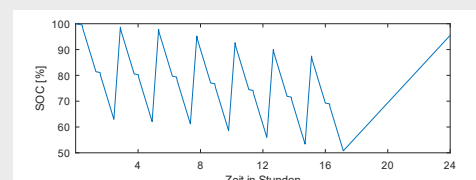
Das Speicherkonzept basierend auf der EVE M12 Batterie konnte das geforderte Lastprofil zu 100% erfüllen. Der vergleichbar hohe Innenwiderstand der Zellen führt jedoch beim Zwischenladen zu Verlustleistungen, sodass der Speicher über den Tag hinweg relativ tief entladen wird.



Diese tiefe Entladung kann durch das vorgegebene Profil nicht über den Ladeschritt in der Nacht ausgeglichen werden, weshalb am nächsten Tag nur ein zu ca. 90% SOC geladener Speicher zur Verfügung steht.

EVE LF560K

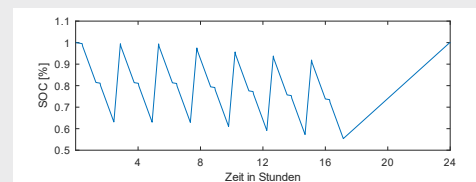
Die LF560K erfüllt das Lastprofil ebenfalls zu 100%. Es besteht allerdings das Problem der nur unzureichenden Zwischenladung bedingt durch hohe Innenwiderstände.



So steht nach einem Tag Betrieb am Folgetag nur ein zu ca. 95% SOC geladener Speicher zur Verfügung.

Zellanpassung

EVE bietet an, ihre Zellen an die Anforderungen ihrer Kunden anzupassen. In Rücksprache mit EVE wurden daher für beide Zelltypen angepasste Versionen mit niedrigerem Innenwiderstand im ICPD angenommen.



Dies steigert den SOC der NMC Zelle am Ende auf ca. 98% und den der LFP Zelle auf 100%. Der SOC Verlauf der optimierten LFP Zelle wird in der vorherigen Grafik dargestellt. Dies zeigt, wie mit der Tool-Chain eine zielgerichtete Entwicklung von Zelle und Speicher erfolgen kann.

Vergleich zu herkömmlicher Lösung

Im Vergleich zur herkömmlichen Lösung ergibt sich durch eine vollständige Umstellung des Antriebs durch einen Batteriespeicher ein völlig neues Nutzungsszenario. Durch das Zwischenladen verringert sich das Gesamtgewicht deutlich und ermöglicht somit eine sehr viel höhere Zuladung und Nutzungseffizienz. Darüber hinaus ist im Vergleich zur klassischen Lösung mit keiner Einschränkung zu rechnen.

Kontakt

Andreas Würsig

Tel.: +49 4821 17 4336

andreas.wuersig@isit.fraunhofer.de