

Sachbericht zum Verwendungsnachweis

Teil 1 – Kurzbericht (max. 2 Seiten)

Vorhabenbezeichnung: BetterBat - Bewertung der technischen und systemischen Passfähigkeit von Batterietechnologien für batterierelevante Anwendungen	
Zuwendungsempfänger: RWTH Aachen	Förderkennzeichen 03XP0362B
Projektleiter*in Prof. Dr. Dirk Uwe Sauer	Laufzeit 01. März 2021 – 29. Februar 2024

1. Ursprüngliche Aufgabenstellung

- Definition und Vorabbewertung von batterierelevanten Anwendungen: Vorabauswahl von Anwendungen die im Rahmen des Projektes genauer analysiert werden sollten und Definition der konkreten Anforderungen einer Anwendung
- Analyse und Abgleich von Anwendungsanforderungen und Technologieangebot: Detaillierte Betrachtung und Priorisierung notwendiger Zellparameter sowie Analyse verfügbarer Zelltechnologien und deren Vorselektion
- Bewertung der aktuellen Eignung der Zelltechnologien für die Anwendungen: Quantifizierung der Eignung der Zelltechnologien in den ausgewählten Anwendungen sowie vertiefende systemische Betrachtung der Anwendung
- GAP-Analyse nach Nutzungsszenarien: Entwicklung eines Verfahrens zur Darstellung technologischer Passfähigkeit und Vorteilhaftigkeit verschiedener Batterietechnologien und Ermittlung von Verbesserungspotentialen.
- Erstellung von Lösungskonzepten und Handlungsempfehlungen: Erarbeitung von konkreten Lösungsvorschlägen und Handlungsempfehlungen für Fälle großer Defizite und Potentiale bei der GAP-Analyse
- Entwicklung einer Methodik zur Standardisierung des Vorgehens: Zusammenführen der Arbeiten der APs 1-4 und Entwicklung eines standardisierten Vorgehens zur Ermittlung und zur Ableitung von Zellspezifikationen und Nutzungsprofilen.

2. Ablauf des Vorhabens

Das Vorhaben unterteilte sich in sechs Arbeitstakte die jeweils eine der zuvor genannten Aufgabenstellungen adressierten. Der Ablauf und Zusammenhang der einzelnen Arbeitspakete sind in der nachfolgenden Grafik dargestellt. Die wichtigsten Ergebnisse als Stichpunkte vermerkt.

Sachbericht zum Verwendungsnachweis

Teil 2 – Eingehende Darstellung (max. 20 Seiten)

Vorhabenbezeichnung: BetterBat - Bewertung der technischen und systemischen Passfähigkeit von Batterietechnologien für batterierelevante Anwendungen	
Zuwendungsempfänger: RWTH Aachen	Förderkennzeichen 03XP0362B
Projektleiter*in Prof. Dr. Dirk Uwe Sauer	Laufzeit 01. März 2021 – 29. Februar 2024

1. Durchgeführte Arbeiten und erzielte Ergebnisse des Teilvorhabens

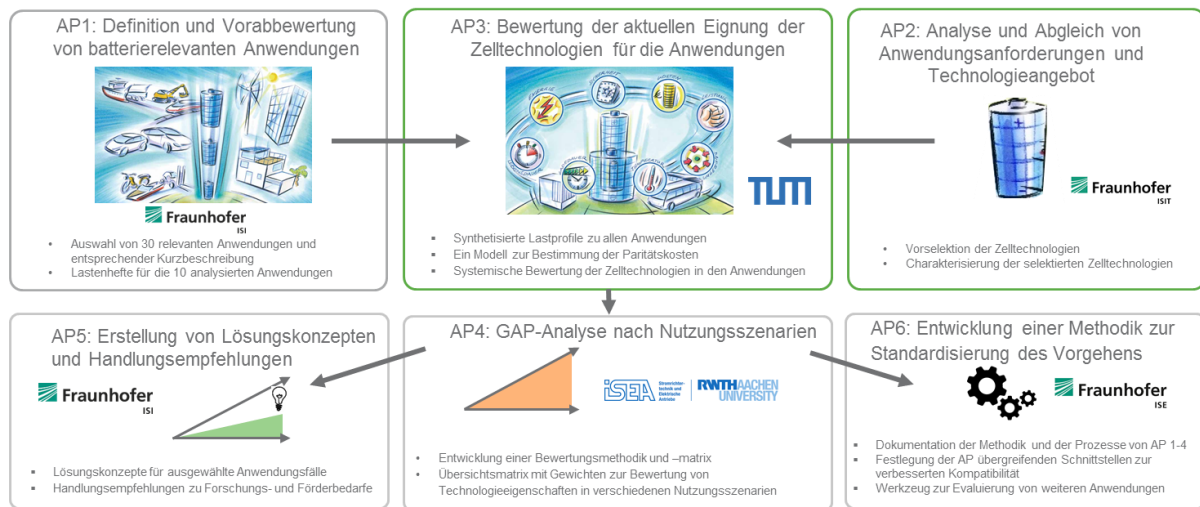
Eingehende Darstellung der Aufgaben gemäß der ursprünglichen Aufgabenstellung (gem. UAP der TVB).

Das Vorhaben adressierte sechs Hauptaufgabenstellungen die sich in sechs Arbeitspakete unterteilten. Dabei handelte es sich um die:

- Definition und Vorabbewertung von batterierelevanten Anwendungen: Vorabauswahl von Anwendungen die im Rahmen des Projektes genauer analysiert werden sollten und Definition der konkreten Anforderungen einer Anwendung
- Analyse und Abgleich von Anwendungsanforderungen und Technologieangebot: Detaillierte Betrachtung und Priorisierung notwendiger Zellparameter sowie Analyse verfügbarer Zelltechnologien und deren Vorselektion
- Bewertung der aktuellen Eignung der Zelltechnologien für die Anwendungen: Quantifizierung der Eignung der Zelltechnologien in den ausgewählten Anwendungen sowie vertiefende systemische Betrachtung der Anwendung
- GAP-Analyse nach Nutzungsszenarien: Entwicklung eines Verfahrens zur Darstellung technologischer Passfähigkeit und Vorteilhaftigkeit verschiedener Batterietechnologien und Ermittlung von Verbesserungspotentialen.
- Erstellung von Lösungskonzepten und Handlungsempfehlungen: Erarbeitung von konkreten Lösungsvorschlägen und Handlungsempfehlungen für Fälle großer Defizite und Potentiale bei der GAP-Analyse
- Entwicklung einer Methodik zur Standardisierung des Vorgehens: Zusammenführen der Arbeiten der APs 1-4 und Entwicklung eines standardisierten Vorgehens zur Ermittlung und zur Ableitung von Zellspezifikationen und Nutzungsprofilen.

Um diese Ziele zu erreichen, wurde die nachfolgende Projektstruktur gewählt, die die genannten Aufgabestellungen in den jeweiligen Arbeitspaketen abbildet. Es ist dabei hervorzuheben,

dass die einzelnen APs sequentiell und doch sehr stark miteinander verzahnt und sind, wobei AP6 als flankierendes AP während der gesamten Projektlaufzeit stattfindet.

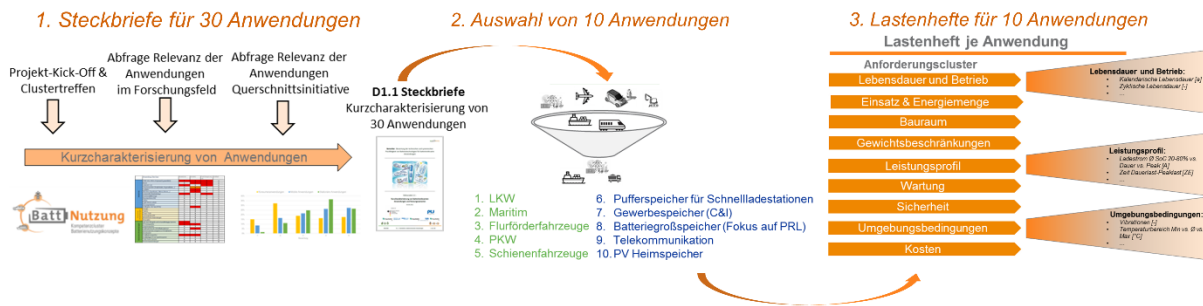


Wie aus der Grafik zu entnehmen ist, wurden vier der Arbeitspakete von der Fraunhofer Gesellschaft geleitet (AP1, AP2, AP5 & AP6), während AP 3 von der TUM und AP 4 von der RWTH als Zuwendungsempfänger geleitet wurden. Aufgrund des Projektdesigns und der durchgehenden Analyse von 10 Anwendungen über die APs hinweg, waren in jedem der genannten APs alle Zuwendungsempfänger eingebunden.

Im ersten Projektjahr und dem Zeitraum dieses Zwischenberichts (03/21-12/21) lag der Fokus der Tätigkeiten auf dem AP1: Definition und Vorabbewertung von batterierelevanten Anwendungen.

Die Definition und Vorabbewertung von batterierelevanten Anwendungen umfasste dabei die Identifikation von batterierelevanten Anwendungen und die Erstellung eines Bewertungsschemas (z.B. Technologie, Umwelt, Markt, Akteure, ...) für eine erste Filterung von vielversprechenden Anwendungen. Zunächst wurde eine Übersicht von ca. 30 Anwendungen erstellt, welche anschließend jeweils auf 2-3 Seiten in Bezug auf das Bewertungsschema charakterisiert wurden. Aus diesen werden letztlich die 10 relevantesten Anwendungen für eine vertiefende Analyse ausgewählt. Im Antrag waren ursprünglich 7 Anwendungen vorgesehen, wobei die Betrachtung jedoch nach Absprache mit dem Managementkreis um 3 weitere Anwendungen erweitert wurden.

Das konkrete Vorgehen zur Auswahl der Anwendungen ist nochmals in nachfolgender Grafik unter Punkt 1 dargestellt. Hierbei handelte es sich um einen mehrstufigen Prozess, bei dem auch die Kompetenz und Erfahrung der Clusterteilnehmer mitberücksichtigt wurden. So wurden sowohl während dem 1. Forschungsfeldtreffen, dem 1. Treffen der Querschnittsinitiative sowie dem Industrietag Umfragen bzgl. der Relevanz von Anwendungen getätigt.



Basierend auf diesen Einschätzungen und der Vorabbewertung mittels der erstellten Steckbriefe, wurden die 10 Anwendungen für die detaillierte Analyse und Erstellung von Lastenheften zusammen mit dem Managementkreis ausgewählt (Punkt 2 in der Grafik). Dabei wurden 5 mobile Anwendungen und 5 stationäre Anwendungen betrachtet und in den UAP 1.2: Definition von Anforderungsprofilen für nicht-stationäre Anwendungen sowie UAP 1.3: Definition von Anforderungsprofilen für stationäre Anwendungen detaillierter in Bezug auf deren Anforderungen und Nutzungsprofile bestimmt. In UAP 1.4 wurde anschließend auf Basis dieser Ergebnisse die 10 Lastenhefte erstellt (Punkt 3 in der Grafik).

Nachfolgend wird nochmals etwas genauer auf die Inhalte und Tätigkeiten in den UPAs eingegangen, wobei die beiden UAPs 1.2 und UAP 1.3 gemeinsam betrachtet werden.

AP1: Definition und Vorabbewertung von batterierelevanten Anwendungen.

Ziel von AP 1.1 ist die Identifikation von batterierelevanten Anwendungen und deren Kurzcharakterisierung anhand von Steckbriefen.

Hierzu wurde ein Screening von potentiell relevanten Anwendungsfällen für Batterien unternommen. Dies erfolgte auf Basis von Desk-Research und der Expertise innerhalb des Konsortiums. In einer ersten Filterstufe wurden somit 30 Anwendungen für eine nähere Charakterisierung ausgewählt. Die Steckbriefe umfassen jeweils 3-5 Seiten und beinhalten eine Beschreibung und Bewertung der Technologie, des Marktpotentials, der Wettbewerbsfähigkeit einer Batterie-Elektrifizierung, des ökologischen bzw. sozialen Beitrags sowie von Herausforderungen und Forschungsbedarfen.

Die betrachteten Anwendungen kommen dabei aus dem mobilen-, dem stationären und dem Konsumerbereich. Um die Anwendungen in einem adäquaten Umfang zu beschreiben, werden für die Steckbriefe teils unterschiedliche „Flughöhen“ eingenommen. So werden beispielsweise im Fall der stationären Anwendungen bereits explizit einzelne Use Cases bzw. Nutzungsszenarien in den Steckbriefen dargestellt, während diese für den mobilen Bereich eher auf Ebene der Anwendungen beschrieben werden, um die Fülle an Nutzungsszenarien besser zu erfassen. Nachfolgend ist eine Tabelle mit einer Übersicht zu den Steckbriefen dargestellt:

Mobiler Bereich	Stationärer Bereich	Konsumer Bereich
PKW	Off-grid Systeme: Stand-alone und Mini-grids	Mobiltelefone
Busse	PV-Heimspeicher	Tablets
LKW	Gewerbespeicher	Gartengeräte
Schienerverkehr	Quartierspeicher	Medizinische Anwendungen
Luftfahrt	Pufferspeicher für Schnellladestationen	Wearables
Maritim	Großbatteriespeicher - Netzbooster	Power Tools
Flurförderfahrzeuge	Großbatteriespeicher - Regelleistung	
Kommunalfahrzeuge	Großanlagen EE mit Speichersystem	
Baumaschinen	Solar-Home-Systeme	
Light Electric Vehicles	Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV)	
eBikes	Telekommunikation & 5G	
Rüstungsindustrie		
Helikopter / Air Taxi (VTOL)		

Die Leitung des UAP 1.1 hatte Fraunhofer inne. Auf inhaltlicher Ebene wurden zudem das Bewertungstemplate für die Anwendungen erstellt sowie das Screening und Desk Research zu pot. Anwendungen durchgeführt. Anschließend wurden für relevante Anwendungen Steckbriefe erstellt. Von Seiten des ISEAs der RWTH Aachen aus wurden dabei für folgende Anwendungen Steckbriefe verfasst:

Stationäre Anwendungen/ Use Cases

Batteriegroßspeicher (Fokus auf PRL)	RWTH-ISEA
PV-Heimspeicher	RWTH-ISEA
Netzbooster	RWTH-ISEA
Unterbrechungsfreie Stromversorgung	RWTH-ISEA

UAP 1.2 und UAP 1.3 widmeten sich der vertiefenden Analyse ausgewählter mobiler und stationärer Anwendungen. Im Kern ging es darum herauszufinden, welche Anforderungen und Rahmenbedingungen mit der jeweiligen Anwendung einhergehen und durch eine batterieelektrische Alternative erfüllt werden müssten. Konkret handelte es sich dabei um Faktoren wie z.B. Außentemperatur und -druck, Ladezeiten, Sicherheitsanforderungen, aber auch um Informationen zum Betrieb der Anwendungen, wie erwartete Lebensdauer oder spezifische Lastprofile. Welche Anforderungen dabei konkret von Relevanz für eine Anwendung sind ist jedoch von Anwendungen zu Anwendungen unterschiedliche und musste vorab noch bestimmt werden. Diese Informationen wurden durch Verwendung bestehender Nutzungsdaten und Modelle sowie von Desk Research ermittelt werden. Dabei wurden auch explizit Daten bzgl. Lastzyklen der Anwendungen ermittelt/recherchiert. Ein wesentlicher Aspekt dieses AP und des gesamten Projekts war daher auch die enge Kommunikation mit Stakeholdern aus der Wirtschaft, welche über Anwenderwissen verfügen. Die erhobenen Daten wurden daher

mit den Vertretern des Managementkreiseses nochmals bzgl. deren Passfähigkeit diskutiert und anschließend in UAP 1.4 in konkrete Lastenhefte für die Anwendungen überführt.

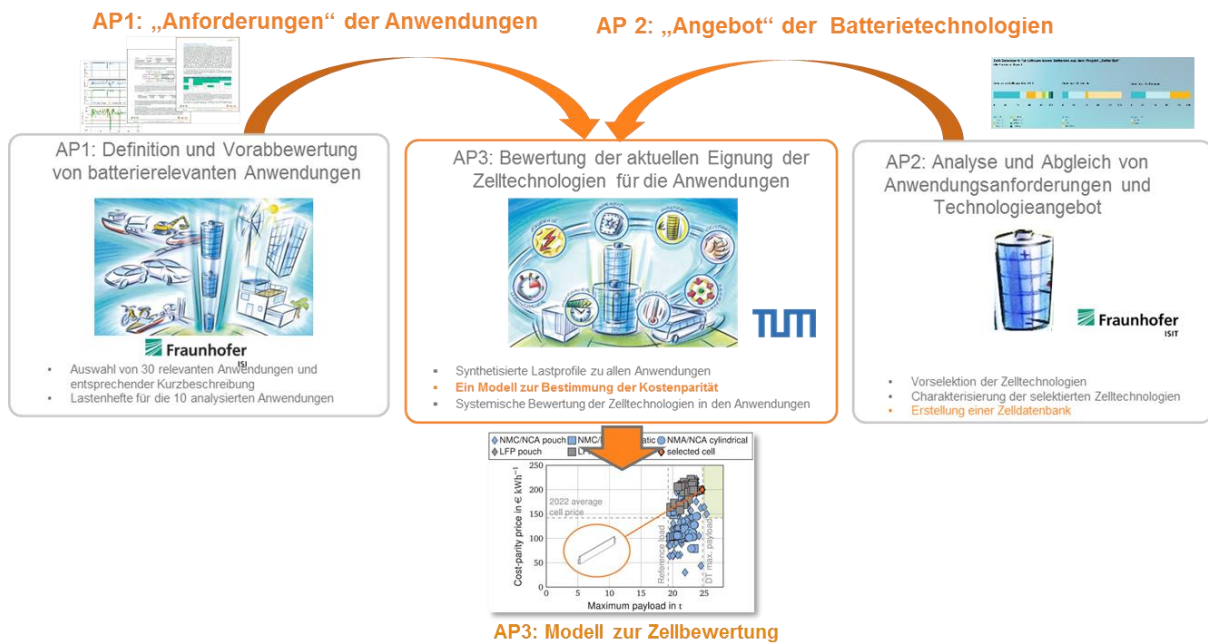
Da diese Anforderungen jedoch auch innerhalb einer Anwendung sehr stark variieren können, wurden im Rahmen der Lastenhefte ein bis zwei repräsentative Use Cases bzw. Nutzungsszenarien betrachtet. Die Lastenhefte stellten im weiteren Projektverlauf eine Zusammenfassung der Parameter und Rahmenbedingungen dar, die von einer ggf. passenden Batterie(zell)technologie erfüllt werden müssen. Der Aufbau des Lastenheftes orientiert sich an der Struktur von Lastenheften für das Projektmanagement und zielt insbesondere darauf hin ab, einen zusammenfassenden Überblick über die Anforderungen sowohl technischer als auch nicht-technischer Art für den Einsatz einer batterieelektrischen Lösung für einen Use Case zu bieten. Die Erstellung des Lastenheftes als Deliverable 1.2, erfolgte bereits sehr früh im Projekt und zu einem Zeitpunkt, zu dem aufgrund noch ausstehender Arbeiten noch nicht alle relevanten Daten verfügbar waren. Das Lastenheft wurde somit als „lebendes“ Dokument aufgefasst und bis zum Ende von AP3 (Q4/22) stetig ergänzt. Die Lastenhefte adressieren dabei folgende Aspekte:

Beschreibung des Ist-Zustands und des Soll-Zustands

- > Hierbei erfolgte eine Beschreibung des zugrundeliegenden Use Cases und der etwaigen derzeitigen Erfüllung durch den aktuellen Status quo (Ist-Zustand) sowie die Beschreibung der unterstellten batterieelektrischen Umsetzung des Use Cases (Soll-Zustand).
- > Übersicht und Bewertung der für die Use Cases relevanten Kriterien
- > Kriterien die im Lastenheft zwingend betrachtet werden sollten (must-have) oder ergänzend mitbetrachtet werden sollten (nice-to-have).
- > Funktionale und nichtfunktionale Anforderungen
- > Hierrunter erfolgt die Erörterung der funktionalen, zumeist technischen, Eigenschaften des Use Cases die zu dessen Erfüllung geleistet werden müssen. Ebenso werden auch die nichtfunktionalen Eigenschaften aufgelistet und definiert, die für den Use Case von zentraler Rolle sind.
- > Systemische Rahmenbedingungen

Während insbesondere die Punkte 1 und 2 sowie die mit dem Ist-Zustand verbundenen funktionalen Aspekte aus Punkt 3 Bestandteil von D 1.2 darstellten, wurden die nicht-funktionalen Aspekte sowie die systemischen Rahmenbedingungen erst nach dem Vorliegen der Ergebnisse aus AP3 ergänzt. Zudem kam es aufgrund der unterschiedlichen Ausgangssituation bei mobilen und stationären Use Cases zu einer Verschiebung bei der Ergebniserarbeitung. Während es bei den mobilen Anwendungen bereits eine, zumeist mit Verbrennungsmotor ausgestattete, Umsetzung eines Use Cases gibt, ist dies bei den stationären Anwendungen eher nicht die Regel. Entsprechend musste im Falle der mobilen Anwendungen zuerst eine Betrachtung des Status quo erfolgen und bestimmt werden inwiefern die dort geforderten und bereits geleisteten Anforderungen (z.B. Leistung oder Nutzungsdauer) durch eine batterieelektrische Lösung umgesetzt werden können.

Ausgehend von der Definition und Charakterisierung der Anwendungen wurde im zweiten Projektjahr komplementär die Zellseite ergänzt und anschließend eine Bewertung der Passfähigkeit von Zellen zu Anwendungen vorgenommen. Nachfolgende Abbildung verdeutlicht nochmals, wie die Ergebnisse aus den jeweiligen APs ineinander übergehen.



Wie bereits in AP 1, war auch hier eine enge Einbindung der Expertise der unterschiedlichen Projektpartner zielführend, wobei sich jeder Zuwendungsempfänger mit der Ausarbeitung konkreter Anwendungen befasste. Aufgrund dessen fanden oftmals Arbeiten parallel, mit identischem Vorgehen, jedoch für unterschiedliche Anwendungen statt, wodurch sich entsprechend nur bedingt einzelne Aktivitäten und Aufgaben spezifisch einzelnen Projektpartnern zuordnen lassen. Vom Zuwendungsempfänger wurden dabei insbesondere folgende Anwendungen bearbeitet:

Stationäre Anwendungen/ Use Cases	
Batteriegroßspeicher (Fokus auf PRL)	RWTH-ISEA
PV-Heimspeicher	RWTH-ISEA

Nachfolgend wird nochmals etwas genauer auf die Inhalte und Tätigkeiten in den APs 2 und 3 sowie den zugehörigen UAPs eingegangen.

AP 2: Analyse und Abgleich von Anwendungsanforderungen und Technologieangebot

Die Leitung von UAP 2.1 hatte Fraunhofer inne. Der inhaltliche Kern von UAP 2.1 bestand darin für die in AP 1 ausgewählten 10 Anwendungen Leistungsindikatoren der elektrifizierten Anwendungen aus den Lastenheften abzuleiten und zusammenzufassen. Daraus ergeben sich letztlich Anforderungsprofile die eine erste Selektion der benötigten Zelltechnologie ermöglichen, z.B. in Bezug auf Zellformate, Kapazitäten usw. Wichtig in diesem Zusammenhang ist die Untersuchung der Bandbreiten der Anforderungsindikatoren und inwiefern verschiedene Nutzungskonzepte überlappende Anforderungen aufweisen.

In dem anschließenden UAP 2.2 erfolgte eine Charakterisierung der in UAP 2.1 vorselektierten Zelltechnologien. Zu diesem Zweck wurde eine umfassende Zelldatenbank aufgebaut, die auf öffentlich zugänglichen Quellen beruht. Es wurde dabei auf Dantebblätter oder andere Herstellerinformationen zurückgegriffen. Weiterhin wurden bestehende Informationen von den verschiedenen Zuwendungsempfängern eingesammelt. Auch wurden Ergebnisse etwa aus an-

deren Quellen wie z.B. dem Webscraping von Handelsplattformen betrachtet. In Summe umfasste die Datenbank mehr als 1000 kommerziell verfügbare Zellen. Nach mehreren Filterungen in Bezug auf Informationsgehalt und -belastbarkeit, umfasst die finale Datenbank nun immer noch mehr als 300 Zellen. Von einer zusätzlichen Vermessung der Zellen wurde aufgrund des singulären Informationsgehalts zugute einer umfangreicheren Zelldatenbank abgesehen. Enthalten sind u.a. Angaben zu deren Gewicht, Volumen, spezifische Energie und Energiedichte oder auch Lebensdauer. Eine Auswertung der Inhalte der Datenbank wird in nachfolgender Grafik dargestellt. Obwohl dies nicht im Antrag vorgesehen war, wurde die Zelldatenbank der Öffentlichkeit open-access zugänglich gemacht (<https://github.com/TUMFTM/TechnoEconomicCellSelection>). Die Zelldatenbank wurde zudem auf der Webplattform (www.BetterBat.de) implementiert.



AP3: Bewertung der aktuellen Eignung der Zelltechnologien für die Anwendungen

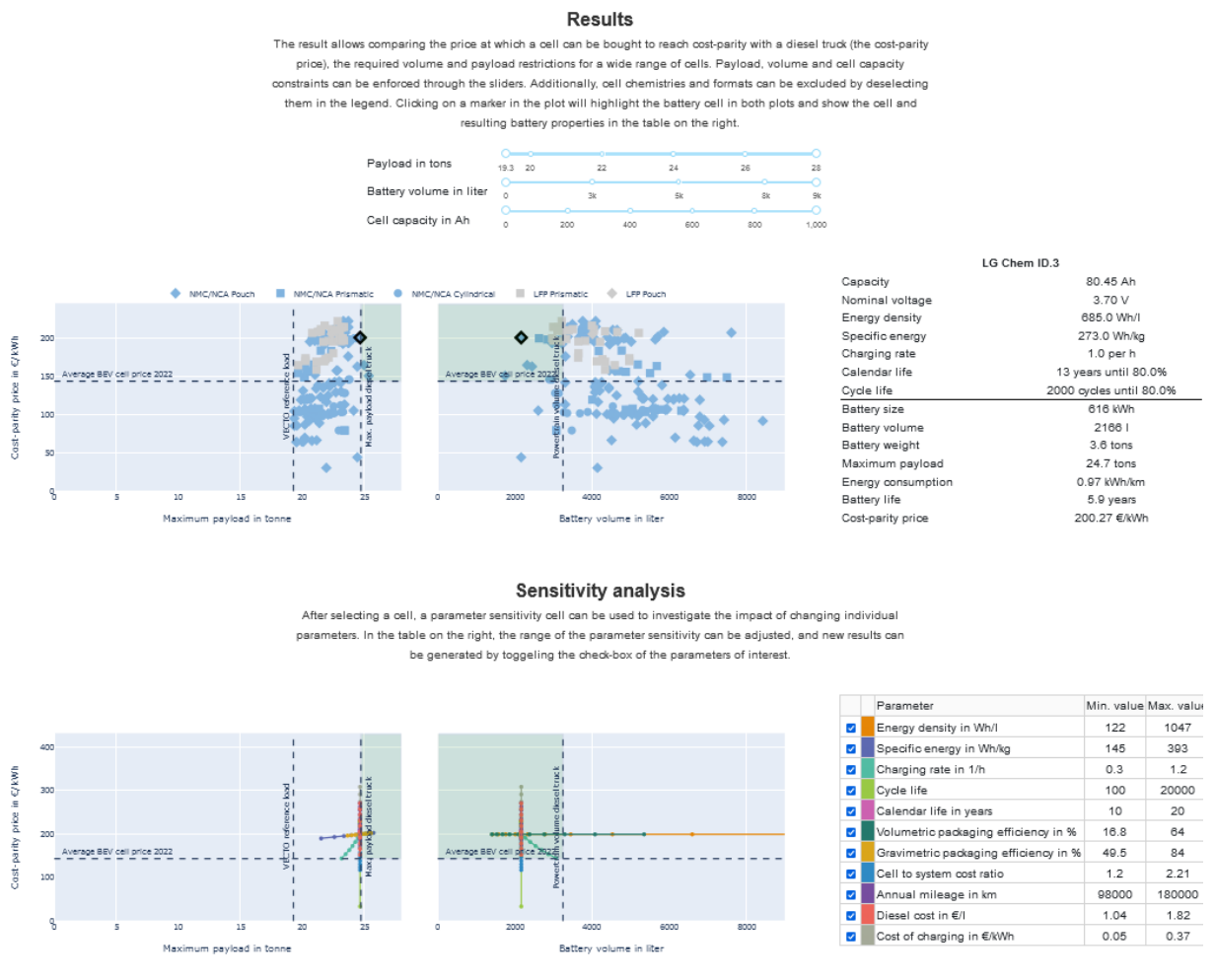
Die Ergebnisse aus den AP1 und AP2 konnten anschließend genutzt werden um in AP 3 die Anforderungsseite der Anwendungen mit dem Angebot der Zelltechnologien abzugleichen und eine Ableitung der Passfähigkeit von einzelnen Zellen zu Anwendungen vorzunehmen.

UAP 3.1 befasste sich hierzu unter Leitung des Fraunhofer ISE mit der Synthetisierung und Validierung von Lastprofilen für die in AP 1 selektierten Anwendungsfälle. Dafür wurde in einem ersten Schritt die Datenlage sowie die eingesetzten Methoden zur Erzeugung synthetischer Lastprofile bei allen Projektpartnern geprüft. Relevante Daten wurden gesammelt und aufbereitet. Aufgrund der Neuartigkeit einiger Anwendungsfälle waren nicht ausreichenden Daten für die Synthetisierung vorhanden, weshalb eine Literaturrecherche sowie eine Suche nach öffentlich verfügbaren Datensätzen durchgeführt wurden. Wo möglich, wurden Lastprofile aus offiziellen Prüfverfahren wie dem WLTP (Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure) benutzt. Verschiedene Open Source Tools zur Erzeugung und Synthetisierung von Lastprofilen wurden betrachtet und getestet. Insgesamt konnten so Lastprofile für 7 der 10 Anwendungsfälle bereitgestellt werden.

Zur Bewertung der Passfähigkeit von Status-Quo Zellen wurde in UAP 3.2 und 3.3 eine Methodik entwickelt und angewendet, welche die in AP2 erstellte Zelldatenbank mit den in AP1 charakterisierten Anwendungen verknüpft. Es handelt sich dabei um eine technisch-wirtschaftliche Zellauswahl nach dem Kostenparitätsprinzip. Die technisch-wirtschaftliche Zellauswahl quantifiziert den Einfluss einzelner Zelleigenschaften auf die Systemeigenschaften. Die relevanten Systemeigenschaften sind von Anwendung zu Anwendung unterschiedlich und können

für einen LKW z.B. die maximale ermöglichte Zuladung oder den Bauraumbedarf beschreiben, oder für einen PKW die maximale Ladegeschwindigkeit. Alle Anwendungen verbindet allerdings die Kostenparitätsrechnung, in der für jede Zelle bestimmt wird, wie teuer diese sein darf, damit auf Systemebene Kostenparität mit dem Status quo erreicht wird. Der Status-quo ist wiederum anwendungsspezifisch, z.B. für LKW ein LKW mit Diesel-Antrieb, oder für PV-Heimspeicher ein System ohne Batterie. Jeder Zuwendungsempfänger war dabei für die Adaption der von der TUM entwickelten Methode auf die eingangs dargestellten Anwendungen verantwortlich. Dies umfasste neben der Datenerhebung und Adaption des Vorgehens, die Überführung und Automatisierung. Somit wurden für sieben der zehn in AP1 charakterisierten Anwendungen zuerst ein typisches Lastprofil vorgestellt, und im Anschluss die technisch-wirtschaftliche Zellauswahl angewendet. Die Ergebnisse zeigen auf wie geeignet heutige Batteriezellen für die Anwendungen bereits sind, und wie teuer Zellen sein dürfen, um Kostenparität zu erreichen.

Zusätzlich wurde unter Federführung der TUM und unter Unterstützung aller Projektpartner eine erste Version der interaktiven Web-Plattform entwickelt. Diese erste Version ist nachfolgend nochmals dargestellt.



This work was sponsored by the Federal Ministry of Education and Research Germany within the project "BetterBat" under grant number 03XP0362C.

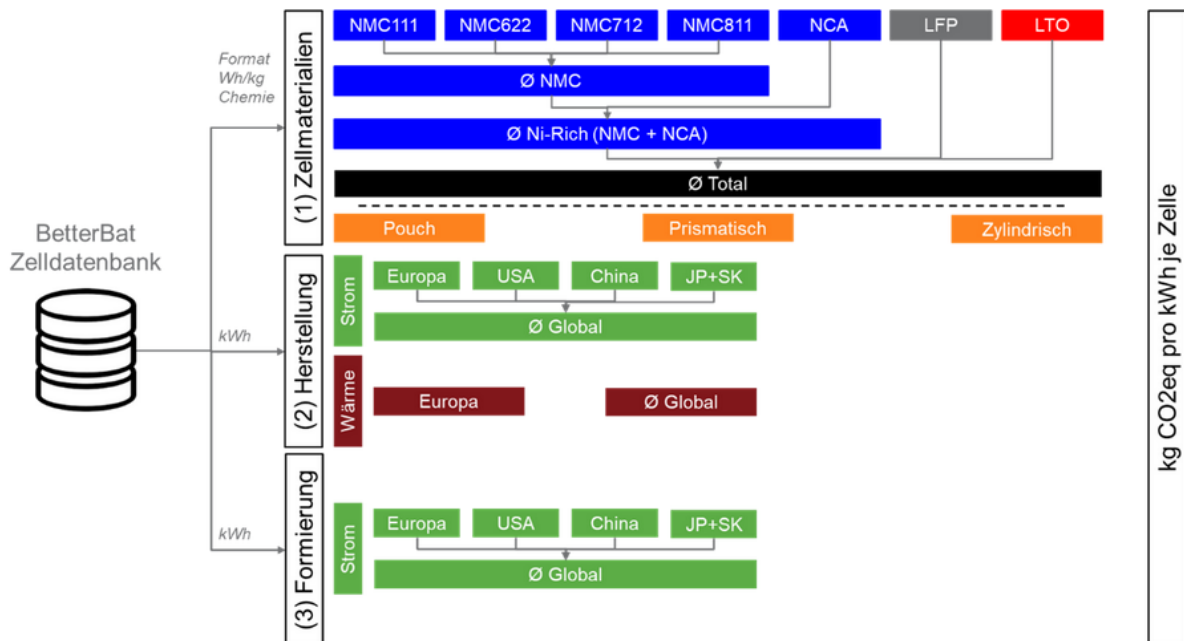
We thank Nerea Grube Doiz and Georg Balke for their help developing the web-app, and thank Jakob Schneider, Sebastian Wolff and Markus Lienkamp for their contributions to the methodology



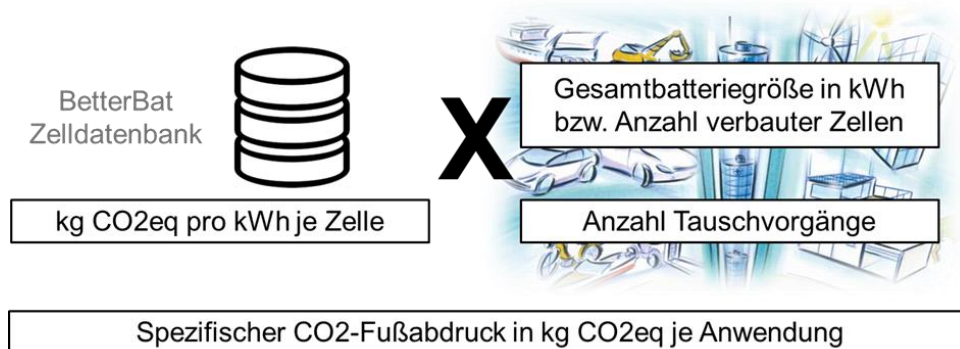
UAP 3.4 unter Leitung von Fraunhofer und unterstützt durch die weiteren Zuwendungsempfänger in Bezug auf deren Anwendungen, ergänzt die bisherige techno-ökonomische Zellauswahl um weitere Entscheidungsdimensionen. Dabei wurden konkret folgende systemischen Aspekte betrachtet: Akteur bzw. Hersteller, Produktionsort, Produktionskapazitäten und CO₂-Footprint erweitert. Um den Produktionsstandort sowie die Unternehmensgröße (bzw. Produktionskapazitäten) der Zellhersteller zu ergänzen, wurden diese Informationen in der Zelldatenbank entsprechend ergänzt. Die Produktionskapazitäten wurden auf Basis bestehender Informationen oder ihrer Ankündigungen eingeordnet. Hierbei konnte rund für die Hälfte der Zellen eine Angabe zu den Produktionskapazitäten der Zellhersteller vorgenommen werden. Aufgrund der Anzahl und Größe einzelner Hersteller konnte diese Information jedoch nicht für alle auffindig gemacht werden. Die Zuordnung der Produktionsorte zu den einzelnen Zellmodellen kann ebenfalls als nicht trivial angesehen werden. Aus diesem Grund wurde, sofern verfügbar, vermerkt ob das Unternehmen Produktionskapazitäten in Deutschland oder der EU hat und falls nicht, wo sich dessen Unternehmenssitz befindet. Zur Bestimmung des CO₂-Footprint wurden auf Basis einer Literaturrecherche Durchschnittswerte für die einzelnen Zellchemien und -formate ermittelt. Es zeigte sich jedoch, dass sich hierbei kein einheitliches Bild ableiten lässt und eine fallbasierte Betrachtung unter einheitlichen Rahmenbedingungen notwendig ist. Um diesen Aspekt inhaltlich abzudecken wurde von Seiten Fraunhofers eine Mittelumwidmung vorgenommen, um diesen Aspekt durch externe Expertise zu adressieren. Die weiteren im Antrag angedachten Kriterien, wurden vor dem Hintergrund der letztlichen Anwendungsauswahl als nicht zielführend erachtet und daher nicht umgesetzt. Eine Akzeptanzanalyse beispielsweise, macht vor dem Hintergrund, dass alle Anwendungen bereits kommerziell verfügbar sind wenig Sinn. Das Thema Sicherheit wurde im Rahmen einer Onlinebefragung adressiert und hängt sehr stark von der Modul- und Packgestaltung ab, weshalb es nicht als allein-stehendes Kriterium zur Zellauswahl herangezogen werden sollte. Die operative Umsetzung der ermittelten Informationen geschieht letztlich im Rahmen des webbasierten Zellbewertungstools, wo die techno-ökonomische Bewertung um diese systemische Bewertung erweitert wird. Auf Grundlage der technisch-wirtschaftlichen Zellauswahl lassen sich die Ergebnisse nach Zellen z.B. von europäischen Herstellern mit einer hohen Produktionskapazität filtern. Für die verbleibenden Zellen kann zudem ein weiterer Filter im Sinne eines CO₂-Grenzwertes einge-zogen werden oder eine farbliche Einordnung der Zellen entsprechend ihres CO₂-Footprints vorgenommen werden.

Der in AP 3 ursprünglich vorgesehene Weg, die CO₂ Emissionen über eine Literaturrecherche für die jeweiligen Anwendungen einordnen zu können war nicht erfolgreich, weshalb diese mittels Modellierung bestimmt werden mussten.

Dabei wurde die CO₂-Bilanz der Batterien in Abhängigkeit der technischen Eigenschaften der Einzelzellen sowie der Spezifikation für die Gesamtbatterie je Anwendung berechnet. Zunächst wurde jeder Zelle der BetterBat Zelldatenbank ein spezifischer CO₂-Fußabdruck pro kWh zugewiesen. Dieser umfasst Treibhausgas(THG)-Emissionen in Abhängigkeit von (1) Zellmaterialien, (2) Zellherstellung und (3) Zellformierung. THG-Emissionen während der Nutzung und am Lebensende werden nicht betrachtet. Je Einzelzelle ergibt sich der CO₂-Fußabdruck (in kg CO₂eq pro kWh) in Abhängigkeit von Zellchemie, Zellformat, gravimetrischer Energiedichte (in Wh/kg) bzw. Zellgewicht (in kg) und Kapazität (in Ah). Die folgende Abbildung verdeutlicht das Schema.



Für die Gesamtanwendung ergibt sich der CO₂-Fußabdruck (in kg CO_{2eq}) in Abhängigkeit von der Gesamtbatteriegröße (in kWh) bzw. der Anzahl verbauter Zellen sowie möglicher Ersatzbatterien, insofern ein Batterietausch notwendig wird. Die folgende Abbildung stellt dieses Vorgehen vereinfacht dar.



Unter Nutzung des Modells zur Berechnung des CO₂-Fußabdrucks konnte dieser anschließend für alle Zellen der Zelldatenbank unter Berücksichtigung des jeweiligen Anwendungsszenarios und damit ggf. einhergehender Batterietausche, ermittelt werden. Die Ergebnisse wurden als eigenständige Grafik für alle Zellen und jede Anwendung in der interaktiven Webplattform ergänzt.

Das Tool wurde im Unterauftrag durch das ifeu Institut erstellt und durch das Fraunhofer ISI in die Gesamtmethodik integriert. Die Projektpartner haben anschließend die für ihre Anwendungen relevanten Daten aufbereitet und an das Fraunhofer ISI zur Verarbeitung übermittelt. In nachfolgender Tabelle sind nochmals die Verantwortlichkeiten der Projektpartner für die jeweiligen Anwendungen aufgeführt.

Mobile Anwendungen	
Privatgenutzte Pkw	TUM-FTM
Sattelzugmaschinen	TUM-FTM
Schiene	Fraunhofer ISI
Maritim	Fraunhofer ISIT
Flurförderzeuge	Fraunhofer ISI

Stationäre Anwendungen/ Use Cases	
PV-Heimspeicher	RWTH-ISEA
Industrie- und Gewerbespeicher (C&I)	Fraunhofer ISE
Pufferspeicher für Schnelladestationen	Fraunhofer ISIT
Batteriegroßspeicher (Fokus auf PRL)	RWTH-ISEA
Telekommunikation	Fraunhofer ISE

AP 4: Entwicklung einer multikriteriellen GAP-Analyse

Die entwickelte Zellbewertungsmethodik in AP 3 rückt sehr stark den Kostenparitätspreis in den Fokus der Bewertung, während andere relevante KPIs eher als Randbedingung fungieren. Als solche können sie jedoch auch dazu führen, dass eine Zelle etwa nicht für den Einsatz in einer Anwendung geeignet ist und daher nicht in Bewertung auftaucht.

In UAP 4.1 wurde das Verfahren der Technologie-GAP-Analyse auf das konkrete Problem der Passgenauigkeit zwischen den Nutzungsszenarien und den Batterie-technologien übertragen. Dabei wurde die klassische eindimensionale GAP-Analyse auf ein multikriterielles Verfahren erweitert, das sowohl verschiedene technische Parameter als auch zeitliche Entwicklungsperspektiven berücksichtigt.

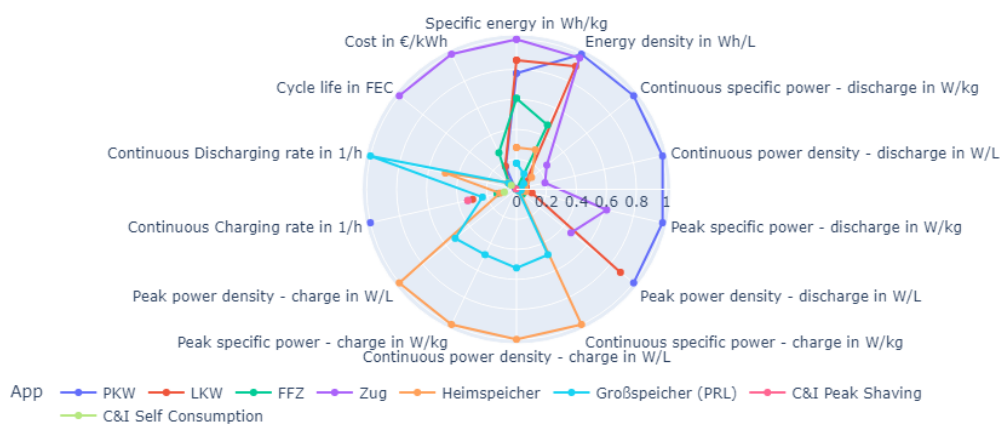
Zunächst erfolgte eine Definition der Bewertungskriterien, anhand derer die Eignung einer Batterietechnologie für die verschiedenen Nutzungskriterien bewertet werden soll. Dabei wurden die Anforderungen der Nutzungsszenarien und die Parameter der Zelltechnologien in einer Bewertungsmatrix zusammengefasst und in Bezug auf deren Relevanz für die Anwendung gewichtet. Bei den dabei berücksichtigten Kriterien handelt es sich um: Mechanische Belastbarkeit & Stabilität, Temperaturmanagement, Batteriemanagementsystem & Regelung, Sicherheit, Zertifizierung, Umgebungseinflüsse, Zyklfestigkeit, Kalendarische Alterung, Kostensensitivität, Batteriegewicht, Batterievolumen, Leistungsdichte, Kosten, Gewicht, Platzbedarf und Leistungsdichte.

Anschließend wurde von der RWTH eine Methodik entwickelt und in Form eines pythonbasiertes Tool umgesetzt, mit der die multikriteriellen GAP-Analysen vorgenommen werden konnten. Dieses Vorgehen soll es erlauben sowohl eine eher übergeordnete Bewertung einzelner Zelltechnologien in Bezug auf ein einzelnes Kriterium, als auch die Bewertung einzelner Zellen auf deren Erfüllungsgrad in Bezug auf mehrere essentielle Kriterien (multikriteriell) vorzunehmen.

Im daran anschließenden UAP 4.2 erfolgte unter Leitung der TUM die Anwendung des zuvor entwickelten GAP-Analyseverfahrens. Hierbei waren die Projektpartner für die Datenaufbereitung, Durchführung und Dokumentation der Analyse mittels des bereitgestellten Tools verantwortlich. Dazu werden die in AP 2 gesammelten Charakterisierungen der Zelltechnologien und die in AP 3 erarbeiteten Steckbriefe der Nutzungsszenarien mithilfe des Verfahrens zusam-

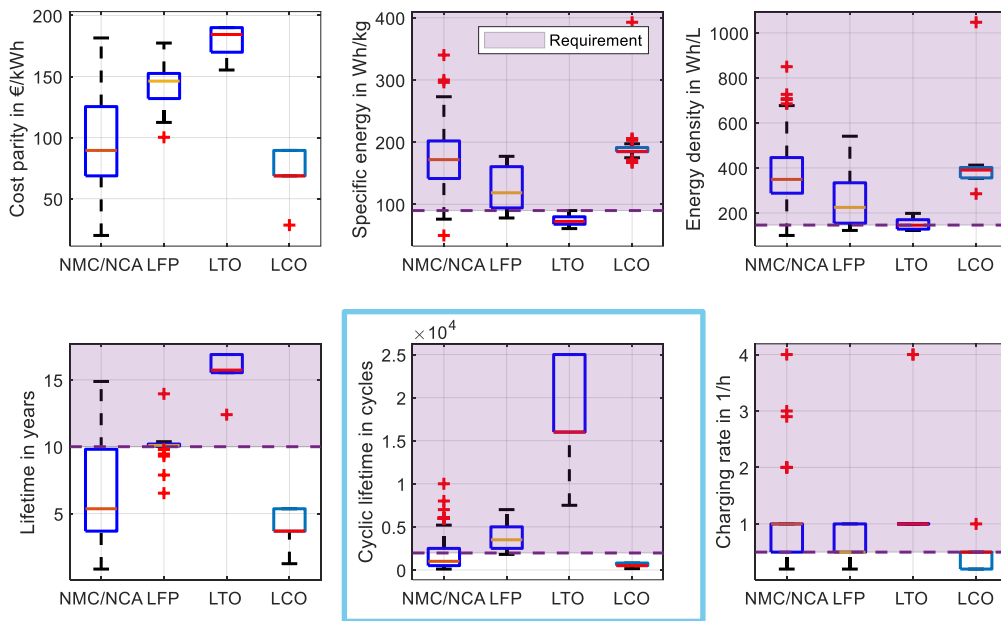
mengeführt. Es erfolgt daraufhin die Quantifizierung der aktuellen Lücke zwischen ausgewählten Zelltechnologien und Nutzungsszenarien in Form eines Spinnendiagramms. Neben der Betrachtung der Kosten wurde eine Auswahl weiterer relevanter Kriterien analysiert.

Basierend auf den in AP1 entwickelten Steckbriefen wurden allgemeine Zielgrößen auf Zellebene angeleitet. Die Anzahl der Zielgrößen kann sich dabei von Anwendung zu Anwendung unterscheiden. Ebenso sind diese für verschiedene Anwendungen von unterschiedlicher Relevanz. Für die PV-Heimspeicher beispielsweise und allgemein für die stationären Anwendungen hat die Zyklenfestigkeit einen erheblichen Einfluss auf die Kostenparität einzelner Zellen. Energie- und Leistungsdichten sind dem untergeordnet. Nachfolgende Abbildung verdeutlicht die Relevanz einzelner Kriterien für die jeweiligen Anwendungen. Die Zielgrößen sind auf den jeweiligen (quantitativen) Maximalwert über alle Anwendungen normiert.

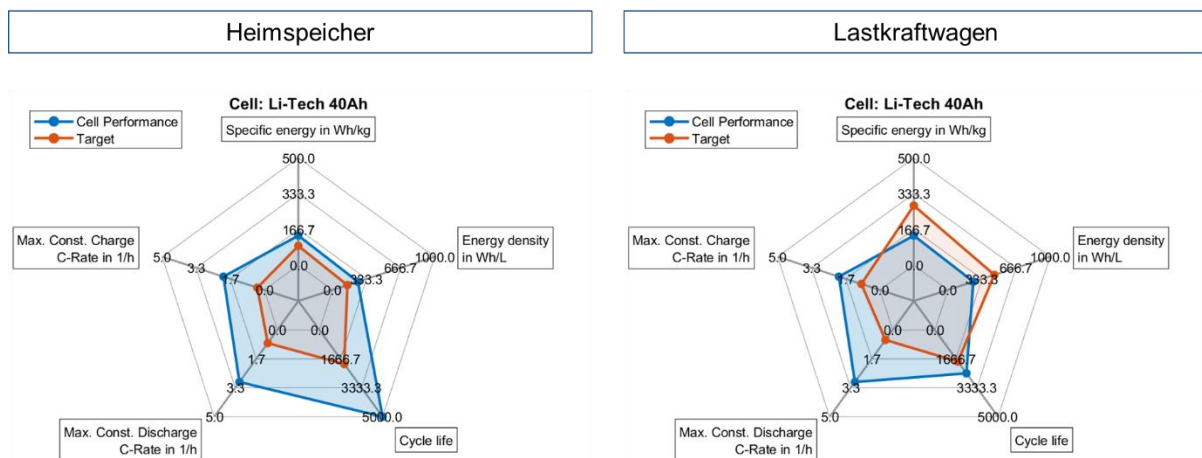


Neben der Relevanz einzelner Kriterien für die jeweiligen Anwendungen sollte zudem analysiert werden, inwiefern einzelne Zelltechnologien die jeweiligen technischen Anforderungen der jeweiligen Anwendungen erfüllen können oder auch nicht. Zu diesem Zweck wurden die Zellen nach Zellchemien über die Kriterien in Form von Box-Plot-Diagrammen aufgetragen.

So spielt beispielsweise wiederum für die Heimspeicher die Zyklenfestigkeit die wichtigste Rolle. Lebensdauer garantien von 10 Jahren bedeuten, dass sich der Speicher spätestens nach diesem Zeitraum gerechnet haben sollte, um teure Austauschmaßnahmen zu vermeiden. Über 10 Jahre sind in dem gewählten typischen Szenario ca. 2000 äquivalenten Vollzyklen zu erwarten. Nachfolgende Abbildung zeigt in dem umrandeten Diagramm die GAP-Analyse nach Zelltechnologien. Es zeigt sich etwa, dass gerade LTO Zellen, aber auch LFP diese Voraussetzung erfüllen, während bei der Wahl der NMC-Zellen genau auf die Eigenschaften der Zelle geachtet werden sollte.



Weiterhin sollte auch eine GAP-Analyse der einzelnen Zellen ermöglicht werden, um Optimierungspotenziale (z.B. für AP 5) zu identifizieren. Die Analyse erlaubt zudem die Stärken und Schwächen der Zelle gegenüber Anwendungskriterien offenzulegen und aus Sicht der Zelle eine Einordnung für welche Anwendung diese am besten geeignet ist. Nachfolgend ist die zellbasierte GAP-Analyse für eine Li-Tech 40 Ah Zelle aufgezeigt in Bezug auf 5 Kriterien und im Vergleich zwischen den Anwendungen Heimspeicher und LKW dargestellt.



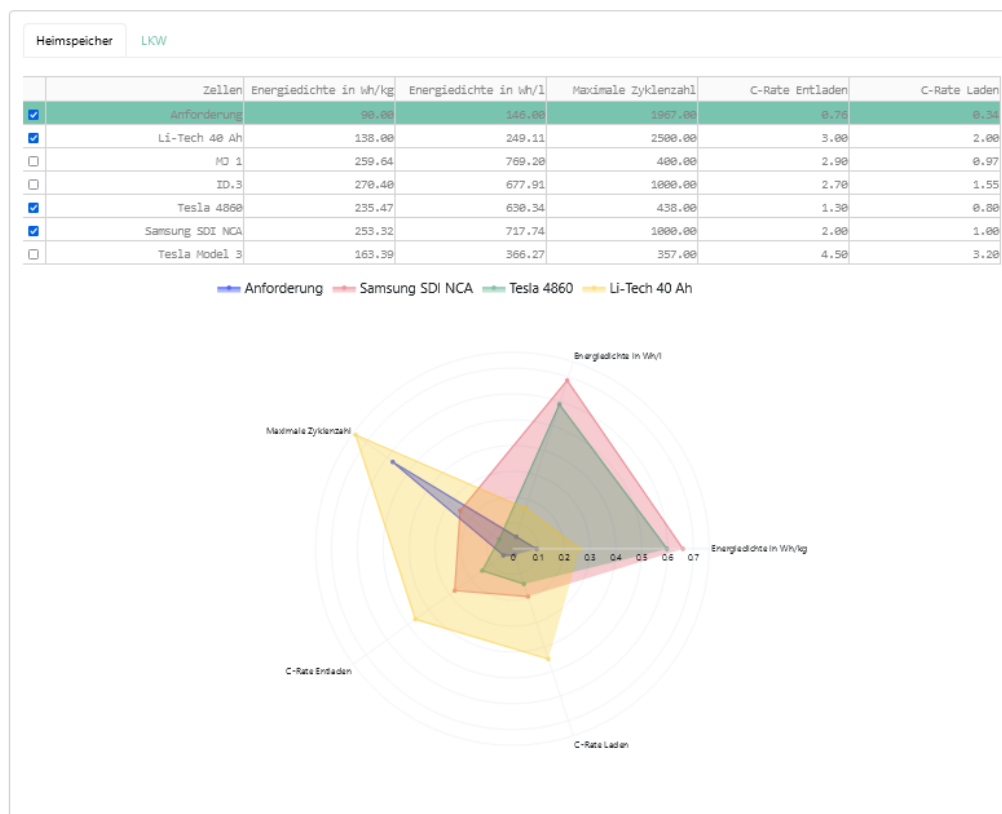
Es zeigt sich deutlich, wie die Anforderungen zwischen den Anwendungen voneinander abweichen. Darüber hinaus zeigt sich auch die Abhängigkeit der Zyklenlebensdauer von den Anforderungen der jeweiligen Anwendung. Während die betrachtete Zelle etwa für die Heimspeicheranwendung gut geeignet ist, weist deren Performance unter den Anforderungen eines LKW, Defizite im Bereich der Energiedichte und Leistung auf.

UAP 4.3 entstand wiederum unter Leitung der RWTH und unter Mitwirkung von Fraunhofer ISE und der TUM. Ziel dieses UAP ist die Ermöglichung einer automatisierten Durchführung des Verfahrens der multikriteriellen GAP-Analyse in AP 6. Hierzu wurden Schnittstellen für die

Auswertungsroutine definiert, die Kennzahlen und Profile der Nutzungsszenarien berücksichtigen. Zudem wurden Automatisierungsanforderungen aufgestellt und an AP 6 übergeben. Nachfolgende Abbildung zeigt die Umsetzung der automatisierten GAP-Analyse in der in AP6 entwickelten open-source Webplattform.

GAP Analyse

Die Zielsetzung der GAP Analyse besteht in der Entwicklung eines Verfahrens zur Darstellung technologischer Passfähigkeit und Vorteilhaftigkeit verschiedener Batterietechnologien bzw. -Systemen zu den festgelegten Anwendungen und Ermittlung von Verbesserungspotentialen auf Basis prognostizierter Entwicklungskorridore. Basierend auf den in AP1 entwickelten Steckbriefen wurden für die Anwendungen allgemeine Zielgrößen auf Zellebene abgeleitet. Die Kennzahlen der Batteriezellen wurden der entwickelten Datenbank entnommen. Ein Abgleich der Kennzahlen der Batteriezellen mit den Zielgrößen der Anwendungen liefert Ergebnisse für die Passfähigkeit der Zellen. Die Auswahl der Referenzzellen basiert auf der Diversität der Zelltechnologien, Zellformate und Popularität der Zellen. Die GAP-Analyse verdeutlicht die Notwendigkeit, einzelne Zellen geringfügig anzupassen, um die Zielgrößen der Anforderungen zu treffen.



Impressum Datenschutz Kontakt



Die Durchführung wurde dort für sechs repräsentative Zellen und jeweils eine Anwendung aus dem Bereich der stationären und mobilen Anwendungen implementiert. Eine Implementierung weiterer Zellen und Anwendungen wäre mit den entwickelten Ressourcen ebenfalls machbar. Damit die Webseite jedoch auch für Einsteiger handhabbar bleibt wurde von einer umfassenden Implementierung abgesehen und eine exemplarische Darstellung mit reduziertem Umfang bevorzugt. Bei Bedarf können jedoch auch weitere Analysen durchgeführt werden.

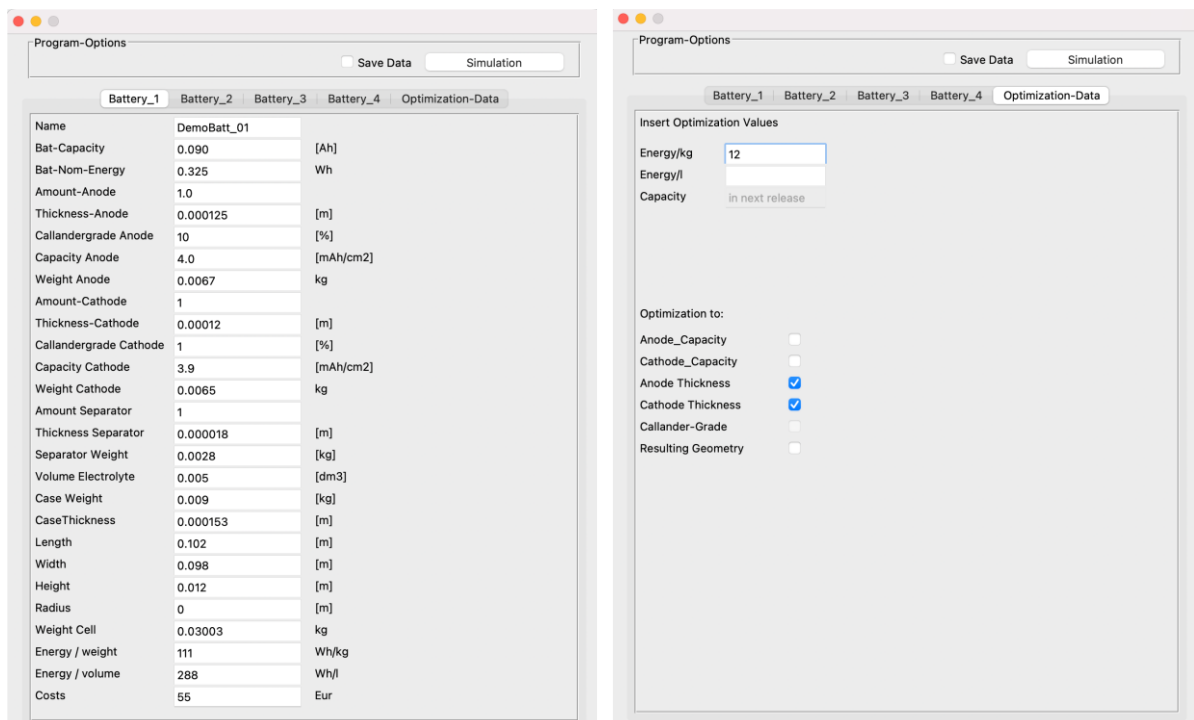
AP 5: Lösungskonzepte und Handlungsempfehlungen

In dem ersten UAP von AP5 wurden auf Basis der GAP-Analyse federführend von der RWTH und unterstützt durch Fraunhofer, solche Fälle identifiziert, die große Defizite aufweisen. Aus-

gangsbasis hierfür stellte die GAP-Analyse aus AP4 dar, mittels dieser die quantitativen Abweichungen zwischen einzelnen Zellen und den spezifischen Anforderungen der Anwendungen bestimmt werden können.

In UAP 5.2 war ursprünglich vorgesehen, dass Fraunhofer in Absprache mit Experten für diese Fälle erste Lösungsansätze zur Verringerung des GAP entwickelt, wobei anschließend die aussichtsreichsten Ansätze weiterverfolgt werden sollen. Die Projektpartner sollten dann in ähnlicher Weise für ausgewählte Zellen in Bezug auf ihre Anwendungsfälle vorgehen. Um hier jedoch von dem exemplarischen Ansatz wegzukommen und eine Optimierung weiterer Zellen und Anwendungsfälle zu erlauben, wurde durch Fraunhofer ein Zelloptimierungstool entwickelt, das es ermöglicht genau solche Variationen des Zelldesigns für alle Zellen der Datenbank vorzunehmen. Die Software optimiert Batteriezellen für importierte Batteriezellen. Auf Basis der Zielwerte können die Zellen theoretisch hinsichtlich speziellen Kapazitäten, der Geometrie oder der Elektrodendicken optimiert werden, um höhere spezifische Energien im Verhältnis zum Volumen oder zum Gewicht erhalten.

Das Programm startet dabei mit der Ansicht der ersten Zelle als Reiter in der Übersicht, wie in der nachfolgenden linken Abbildung zu sehen ist. Die Werte der Zellen können in der Oberfläche beliebig verändert und angepasst werden. Als Berechnungsgrundlage dienen ausschließlich die Werte der Oberfläche. Der Reiter „Optimization-Data“ (rechte Abbildung) bietet die Option die spezifische Energie pro Volumen oder pro kg aller Zellen auf den Zielwert zu optimieren.



Die Gesamtheit der im Rahmen des Projekts entwickelten Tools ermöglicht es somit nicht nur passende Zellen für Anwendungen und spezielle Nutzungsfälle zu identifizieren, sondern auch für solche Zellen, die ggf. nicht in Frage kommen, die Gründe hierfür zu erkennen und die Abweichung zu quantifizieren (GAP-Analysen) und Verbesserungspotentiale auszuloten (AP5).

Darauf aufbauend wurden für die Anwendungen Handlungsempfehlungen verfasst. Die RWTH hat die Anwendungsfälle Batteriegroßspeicher (Fokus auf PRL) und PV-Heimspeicher bearbeitet.

Batteriegroßspeicher (Fokus auf PRL):

Durch eine gesättigte Marktsituation verringert sich die Nachfrage nach Primärregelleistungsspeichern (PRL-Speichern). Aufgrund des hohen Anteils von Batteriespeichern im Regelleistungsmarkt kann der Einsatz von Batteriespeichersystemen den Anteil erneuerbarer Energien an der Regelleistungsbereitstellung erhöhen. Die Anzahl der Lade- und Entladezyklen variiert je nach Abrufhäufigkeit. Es wird angestrebt, eine lange Nutzungsdauer durch die Auswahl der Zelltechnologie zu gewährleisten. Dank höherer C-Raten kann ein PRL-Speicher, der auf der Zellchemie LTO basiert, mit geringerer Kapazität im Vergleich zu LFP- und NMC/NCA-Speichern ausgelegt werden.

Die techno-ökonomische Analyse deutet darauf hin, dass insbesondere LFP- und LTO-Zellen vielversprechende Zellchemien sind und entsprechend kostenintensiver sein dürfen. Angesichts einer angenommenen Lebensdauer des PRL-Speichers von 10 Jahren muss die Batterie je nach Zelltechnologie unterschiedlich oft ausgetauscht werden. LTO-Batterien müssen aufgrund ihrer Zyklenfestigkeit nicht ausgetauscht werden. LFP-Batterien müssen höchstens einmal ausgetauscht werden. Die Zellchemie NMC/NCA erfordert häufigere Austauschvorgänge. Bei Betrachtung der CO₂-Emissionen über die gesamte Lebensdauer wird deutlich, dass LTO- und LFP-Speicher besser abschneiden, da die Batterie seltener ausgetauscht werden muss, was Ressourcen spart.

Die Flexibilität in der Nutzung durch das sogenannte "Value-Stacking" ermöglicht eine höhere Auslastung der Speicher, was die Wirtschaftlichkeit der Anlagen verbessern kann. Hierbei sind unter anderem die Erbringung von Sekundärregelleistung, Peak-Shaving, Netzentlastung oder die Integration großer Wind- oder Solarparks denkbar. Die Qualität der Zellen zeigt sich insbesondere in ihren Alterungseigenschaften. Eine robuste Zelle ermöglicht es, über einen längeren Zeitraum Energiekosten zu sparen und somit die Attraktivität des Energiespeichers zu erhöhen.

PV-Heimspeicher:

Die Nachfrage nach PV-Heimspeichern erlebt einen stetigen Anstieg. Die Eigenverbrauchsoptimierung, die aus der Energieerzeugung durch das PV-System resultiert, eröffnet Möglichkeiten für wirtschaftliche Einsparungen, indem der Netzbezug erheblich reduziert wird. PV-Heimspeicher ermöglichen es, den Strom zu Zeiten hoher Sonneneinstrahlung zu erzeugen und ihn zu Zeiten mit geringerer Eigenproduktion zu nutzen. Die Anzahl der Lade- und Entladezyklen variiert je nach Nutzungsprofil. Eine lange Nutzungsdauer, die durch die Auswahl der Zelltechnologie bedingt ist, wird angestrebt. Dank höherer C-Raten kann ein PV-Heimspeicher, der auf der Zellchemie LTO basiert, mit geringerer Kapazität ausgelegt werden.

Die techno-ökonomische Analyse deutet darauf hin, dass insbesondere LFP- und LTO-Zellen vielversprechende Zellchemien sind und entsprechend kostenintensiver sein dürfen. Angesichts einer angenommenen Lebensdauer des PV-Systems von 20 Jahren muss die Batterie unabhängig von der Zellchemie ausgetauscht werden. LTO- und LFP-Batterien müssen jedoch größtenteils nur einmalig gewechselt werden. Bei Betrachtung der CO₂-Emissionen über die gesamte Lebensdauer wird deutlich, dass LTO- und LFP-Speicher besser abschneiden,

da die Batterie seltener ausgetauscht werden muss, wodurch Ressourcen gespart werden können. Die Sicherheit von PV-Heimspeichern ist von besonderer Bedeutung, da der Großteil der Speicher in Wohngebäuden installiert ist.

Die Qualität der Zellen zeigt sich insbesondere in ihren Alterungseigenschaften. Eine robuste Zelle ermöglicht es, über einen längeren Zeitraum Energiekosten zu sparen und somit die Attraktivität des Energiespeichers zu erhöhen.

AP6: Entwicklung einer Methodik zur Standardisierung des Vorgehens

Das Ziel dieses Arbeitspakets war es zusammenfassend die Methodik, die Werkzeuge und die Ergebnisse der einzelnen vorlaufenden Arbeitspakete (AP 1-5) zusammenzuführen und in einer Art und Weise aufzubereiten, dass diese auch von Dritten genutzt werden können. War ursprünglich hierzu ein eine papierbasierte Dokumentation vorgesehen, erschien im Laufe des Projekts zunehmend eine webbasierte Lösung als am vorteilhaftesten. Zu diesem Zweck wurden alle Dokumente und Methoden so angepasst, dass diese auf der Webseite implementiert werden konnten. Die Ergebnisse sind nun für alle Interessierten über die Adresse: www.BetterBat.de erreichbar. Die Webseite kann somit zur Information oder auch zur Durchführungen individueller Analysen genutzt werden. Nachfolgend ist die Landingpage der Webseite dargestellt.

BetterBat

Anwendungen - Ergebnisse und Methoden -

Zelldatenbank
Kostenparitätsanalyse
GAP-Analyse
CO2-Bilanzierung

BetterBat

Bewertung der technischen und systemischen Passfähigkeit von Batterietechnologien für batterierelevante Anwendungen

Über das Projekt

2021-2024
BetterBat wurde im Zeitraum von 03/2021 bis 02/2024 umgesetzt.

Projektziel
Das Projekt BetterBat befasst sich mit der Schnittstelle zwischen der Batterietechnologie und deren potenzieller Nutzung in einer Anwendung. Im Fokus steht explizit die Anwendersseite und deren systemische anwendungsspezifische Anforderungen, wodurch eine zielorientierte Forschung und Entwicklung ermöglicht, die time-to-market entsprechend verkürzt und das Risiko eines Verfehlens von Marktanforderungen reduziert werden sollen.

BMBF gefördert
Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) ist Geldgeber von BetterBat, an dem die RWTH Aachen, die TUM und die Fraunhofer Institute ISE, ISI und ISIT beteiligt sind. Die Fördernummer lautet 03XP0362C.

Anwendungen

C&I
Speicher zur Lastspitzenkappung und Eigenverbrauchserhöhung im Industrie- und Gewerbeumfeld

Telekommunikation
Zellauswahl für Off-Grid Telekommunikationstürme
[Mehr Erfahren >](#)

PV-Heimspeicher
Zellauswahl für PV-Heimspeicher
[Mehr Erfahren >](#)

Im Annex, sind noch weitere Screenshots der Webseite und deren Inhalte zu finden.

2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Es gab dabei keine größeren Abweichungen vom geplanten Budget. Für weitere Details sei auf den Verwendungsnachweis verwiesen.

3. Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die Ergebnisse des Projektes können in verschiedener Weise und von verschiedenen Interessenten weitergenutzt werden:

Das entwickelte Vorgehen zur Bewertung der Passfähigkeit von Zellen für verschiedene Anwendungen, wurde im Rahmen von Journal-Papers und Konferenzpapieren veröffentlicht. Zudem wurden alle relevanten Ergebnisse in Form der Webplattform der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Sodass das Vorgehen und die Ergebnisse auch niedrighschwellig genutzt werden können. Dabei können insbesondere folgende Aspekte für unterschiedliche Nutzergruppen von Interesse sein:

Industrie: Nutzung der Webplattform zur Bewertung der Passfähigkeit eigener Zellen für eine Zielanwendung. Identifikation passender Zellen (oder Zellchemien) für eine Anwendung. Bewertung der wirtschaftlichen Umsetzbarkeit einer elektrifizierten Anwendung auf Basis der Kostenparitätsrechnung. Nutzung der Zelldatenbank um einen Überblick über die Verfügbarkeit und technischen KPIs von Zellen auf dem Markt zu erhalten und pot. Lieferanten zu identifizieren.

Wissenschaft: Dokumentation des Vorgehens in den nachfolgend aufgelisteten Publikationen. Nutzung der open-source Zelldatenbank zur Durchführung eigener Auswertungen und Analysen. Nutzung der Webplattform sowohl als Informationsbasis für einzelne Anwendungen (Anwendungssteckbriefe und Lastenhefte) als auch zur interaktiven Durchführung eigener Auswertungen.

Politik: Nutzung der Ergebnisse zur Identifikation von Forschungslücken und Förderbedarfen. Die GAP-Analyse liefert Aufschluss über bestehende Forschungslücken einzelner Zelltechnologien in Bezug auf einzelne Anwendungen. Für strategisch relevante Anwendungen lässt sich somit bestimmen, wie groß die aktuelle Forschungslücke ist und welche Forschungsziele erreicht werden müssten.

Der Umfang und die Qualität der Projektergebnisse ermöglichen es zudem die Option die Webplattform weiterzuentwickeln und als kommerzielles Produkt anzubieten.

4. Während der Laufzeit bekannt gewordene, relevante Ergebnisse Dritter

Während der Laufzeit sind keine weiteren in diesem Kontext relevanten Ergebnisse bekannt geworden.

5. Erfolgte und geplante Veröffentlichungen

Fachartikel

Lfd. Nr.	Autoren	Titel	Journal, Volume, Issue, Page	DOI	Datum
1	Jan Figgener, Christopher Hecht, Jakob Bors, Kai Spreuer, Kai-Philipp Kairies, Peter Stenzel, Dirk Uwe Sauer	The development of battery storage systems in Germany: A market review 10.48550/arXiv.2203.06762.		10.48550/arXiv.2203.06762. (Preprint)	2023

Konferenzbeitrag

Lfd. Nr.	Autoren	Titel	Typ (Poster, Präsentation)	Konferenz/Tagung	Datum
1	David Haberschusz	Find the most suitable battery cell for different applications: A pre-filter cell selection method based on cost-parity analysis and publically available data.	Präsentation	Advanced Battery Power Conference, Aachen	2023

ANNEX:

Zelldatenbank:

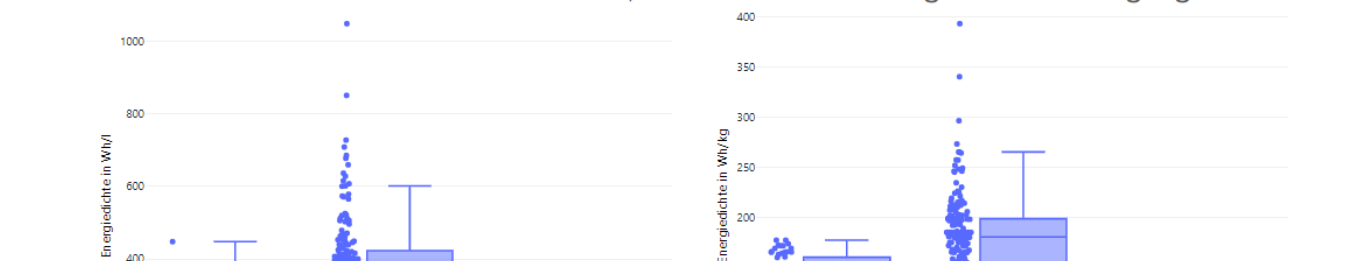
Zelldatenbank

Unsere Zelldatenbank enthält die Eigenschaften von 160 Zellen in Bezug auf Energiedichte, spezifische Energie, Ladegeschwindigkeit und Zyklusdauer. Die Verteilung dieser Eigenschaften ist in den Abbildungen unter der Tabelle dargestellt, wobei die ausgewählte Zelle hervorgehoben ist. Die Eigenschaften von Lithium-Ionen-Zellen sind sehr unterschiedlich, und die Zellen zeichnen sich im Allgemeinen nur durch einen Bruchteil dieser Eigenschaften aus.

Download Zelldatenbank
↓

	Company	Name	Chemistry	Format	Capacity	Nominal voltage	Energy density	Specific energy	Charging rate	
	filter data...									
○	A123	AMP20M1HD-A	LFP	Pouch	19.6	3.30	247	131	1.0	
○	ATL - Amperex Technology	5048168	NMC/NCA	Pouch	3.8	3.70	340	165	0.2	
○	ATL - Amperex Technology	5080122	NMC/NCA	Pouch	4.53	3.70	330	158	0.5	
○	ATL - Amperex Technology	6048168	NMC/NCA	Pouch	4.2	3.70	313	155	0.2	
○	ATL - Amperex Technology	7048168	NMC/NCA	Pouch	5.5	3.70	323	180	0.2	
○	ATL - Amperex Technology	8045135	NMC/NCA	Pouch	4.4	3.70	335	171	0.2	
○	ATL - Amperex Technology	8235138	NMC/NCA	Pouch	3.8	3.70	342	165	0.2	
○	ATL - Amperex Technology	8845135	NMC/NCA	Pouch	4.75	3.70	321	167	0.2	
○	Advanced Electronics Energy	AE8867220PMHRE	NMC/NCA	Pouch	10.5	3.70	300	151	0.5	
○	Amita Technologies	120155250L-AL40	LTO	Prismatic	42	2.20	198	90	1.0	
○	Amita Technologies	120155250N-AM44E	NMC/NCA	Prismatic	49	3.65	385	202	1.0	
○	Amita Technologies	120155250N-AM44E	NMC/NCA	Prismatic	49	3.65	385	202	1.0	
○	Amita Technologies	120155250NH-NH04	NMC/NCA	Prismatic	50	3.70	398	199	3.0	

Wähle eine Zelle aus der Datenbank, aus um sie in den Diagrammen zu highlighten

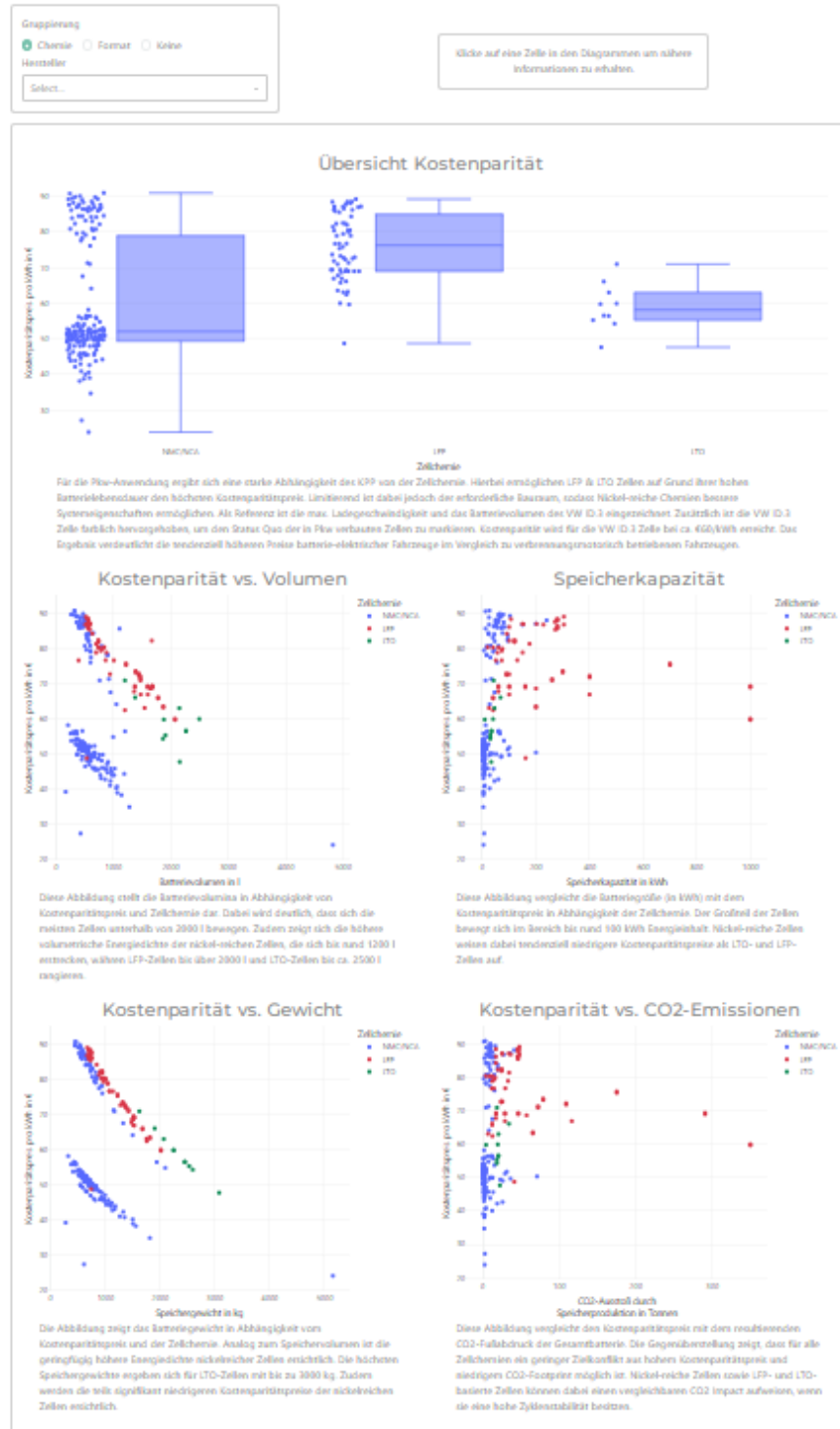


Kostenparitätsberechnung und weitere Ergebnisse:

Zellauswahl

Die Zellauswahl ermöglicht einen Vergleich des Preises, zu dem eine Zelle unter Kostenparität gekauft werden kann. Sobald dieser Preis überschritten wird, ist der Einsatz im betrachteten Anwendungsfall nicht mehr profitabel. Je höher der Kostenparitätspreis, desto besser ist die Zelle für diese Anwendung geeignet. Durch Klicken auf eine Markierung in einem der Diagramme wird die Batteriezelle hervorgehoben und die Zelle und deren Eigenschaften angezeigt.

Im vorliegenden Beispiel wird ein ein batterie-elektrischer Pkw mit einem Diesel-Pkw verglichen.



Impressum Datenschutz Kontakt

