

Batteriezellfertigung Deutschland

Die geförderten Projekte der Fördermaßnahmen zur Batteriezellfertigung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWE)

Zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit, der Beschäftigung im Automobil- und Energiesektor, und für den erfolgreichen Aufbau einer nachhaltigen Batterieindustrie in Deutschland sind Innovationen auf allen Ebenen der Wertschöpfungskette, in allen Detailstufen und allen Umsetzungsdimensionen wertvoll. Zu diesem Zweck hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) im November 2018 die Initiative „Batteriezellfertigung Deutschland“ gestartet und bündelt in dieser seine Batterie-Aktivitäten am Standort Deutschland. Ziel des BMWE ist es, über die Förderung von industriellen Vorhaben hinaus auch die Forschungs-, Weiterbildungs- und Unternehmenslandschaft miteinander zu vernetzen.

Unter dem Dach der Batterie-IPCEIs fördert das BMWE industrielle Vorhaben mit Investitionen in die Forschung und Produktion von Batterien. Die IPCEI-Förderung ist eine europäische Initiative, die einen wichtigen Beitrag zu Wachstum, Beschäftigung und Wettbewerbsfähigkeit der Europäischen Union leistet. Dieser Gedanke findet sich im Akronym IPCEI („Important Project of Common European Interest“ – „Wichtiges Vorhaben gemeinsamen europäischen Interesses“) wieder. In den IPCEIs arbeiten die Projekte an Aktivitäten entlang der gesamten Batteriewertschöpfungskette. Dies spiegelt sich in den vier Förderschwerpunkten wider: Rohstoffe und moderne Werkstoffe, Zellen und Module, Batteriesysteme und Umnutzung, Recycling und Nachhaltigkeit.

Weiterhin unterstützt das BMWE mit seiner Batterie-Initiative dabei, dass Kompetenzen entlang der kompletten Wertschöpfungskette der Batterie kontinuierlich ausgebaut werden und Ergebnisse aus der Forschung noch effizienter in die industrielle Umsetzung gelangen. Mit der Förderinitiative "Forschung in der Schwerpunktförderung Batteriezellfertigung" werden Projektkonsortien unterstützt, an denen sich kleine und mittelständische Unternehmen, Großunternehmen sowie Forschungs- und Bildungseinrichtungen beteiligen. Diese Projekte bilden eine Innovationsbasis, um die industrielle Produktion von Batteriezellen in Deutschland zu unterstützen. Förderschwerpunkte liegen in der Nachhaltigkeit von Batterien inkl. Recycling, in der Digitalisierung der Produktion sowie des Lebenszyklus, in innovativen Prüf- und Zertifizierungsverfahren und in der Anwendung von Batteriezelltechnologien der nächsten Generation. Zudem unterstützt das BMWE auch die Entwicklung von Qualifizierungsmaßnahmen und bindet insbesondere dafür regionale Cluster und Bildungsträger in das Batterie-Ökosystem ein.

Inhalt

Batteriezellfertigung Deutschland	1
Die geförderten Projekte der Fördermaßnahmen zur Batteriezellfertigung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWE)	1
1 Projekte in der Förderinitiative "Forschung in der Schwerpunktförderung Batteriezellfertigung.....	3
1. Nachhaltigkeit von Batterien inkl. Recycling.....	3
2. Digitalisierung der Produktion sowie des Lebenszyklus	21
3. Innovative Prüf- und Zertifizierungsverfahren.....	26
4. Anwendung von Batteriezelltechnologien der nächsten Generation	36
5. Qualifizierungs- und Ausbildungsmaßnahmen	41
2 Nationale Projekte in den Industriellen Fördermaßnahmen im europäischen Rahmen – IPCEI und TCTF.....	48
1. Zellen & Module.....	48
2. Batteriesysteme	51
3. Wiederverwendung.....	53
4. Materialien	54
3 Liste der Unternehmen & Institutionen.....	57

1 Projekte in der Förderinitiative "Forschung in der Schwerpunktförderung Batteriezellfertigung"

1. Nachhaltigkeit von Batterien inkl. Recycling

1.1.1 Batteriepass - Batteriepass „Made with Germany“ Umsetzung einer neuen Generation digitaler Produkthandhabung (abgeschlossen)

Das Battery Pass Konsortium leistet bis Anfang 2025 vielseitige Beiträge auf dem Weg hin zur Implementierung des von der EU Battery Regulation bis Februar 2027 geforderten digitalen Batteriepasses. Das Projekt analysiert die von der Europäischen Kommission formulierten inhaltlichen und technischen Anforderungen, untersucht existierende Standards und Architekturlösungen, entwickelt einen virtuellen sowie physischen Demonstrator, und bewertet den für Stakeholder individuellen als auch systemischen Nutzen qualitativ sowie quantitativ. Mit der Entwicklung wissenschaftlich fundierter, durch industrielle Partner unterstützte und zivilgesellschaftliche Akteure validierte Ergebnisse wird maximale Akzeptanz und Nutzen sichergestellt.

Das Projekt wurde in 2025 abgeschlossen.

Konsortialführer	Partner:
SystemiQ Deutschland GmbH Mühldorfstr. 8 81671 München https://www.systemiq.earth/	• Fraunhofer IPK • acatech e.V. • Circulor GmbH • BASF SE • FIWARE Foundation e.V. • Audi AG • BMW AG • UMICORE AG & Co. KG • TWAICE Technologies

Das Konsortium beabsichtigt, industrieübergreifend inhaltliche und technische Standards für einen Batteriepass zu entwerfen und in einem Pilotprojekt zu demonstrieren (TRL 5 – 7). Der Batteriepass unterstützt das nachhaltige und zirkuläre Management von Fahrzeug-Traktionsbatterien durch die Bereitstellung einer digitalen Infrastruktur für die Dokumentation und den Austausch grundlegender Informationen und aktualisierungsrelevanter technischer Daten. Insbesondere Daten, die die Nachhaltigkeit und Verantwortlichkeit der Lieferkette umfassend beschreiben wie zum Beispiel THG-Fußabdruck, Arbeitsbedingungen in der Rohstoffextraktion und Bestimmung des Batteriezustandes werden dokumentiert.

Durch die Kombination der Projektteilnehmer wird sichergestellt, dass die Ergebnisse wissenschaftlich-technisch fundiert, industriell relevant und für die Entwicklung einer globalen nachhaltigen Batteriewertschöpfungskette geeignet sind. Unter den Mitgliedern des Konsortiums sind führende Industrieunternehmen aus relevanten Industrien, Forschungseinrichtungen und -Akademien sowie Anbieter digitaler Services in Open Source Standards, Batterieanalytik und Tracking und Tracing. Die

Koordination erfolgt durch ein anerkanntes Unternehmen für Systemwandel hin zu nachhaltigeren Wirtschaftsformen.

Die Projektgruppe unterstützt ausdrücklich die von der Global Battery Alliance (GBA) formulierten Prinzipien für nachhaltige Batteriewertschöpfungsketten. Durch die Beteiligung der GBA als assoziierter Partner wird deren Vorarbeit integriert, ihr breites Mitgliedernetzwerk inklusive Umwelt- und Sozialorganisationen und globalen Regierungsorganisationen einbezogen und die globale Anwendbarkeit der Ergebnisse sichergestellt.

Die Arbeitspakete umfassen:

- Entwicklung und Abstimmung inhaltlicher Standards u.a. zu CO₂-Fußabdruck, nachhaltige Lieferketten, Zirkularität, Batteriezustandsbestimmung, Haftungsübergang, und Auditierbarkeit
- Entwicklung und Abstimmung technischer Standards für Open Standard und Open Source Anwendbarkeit der Ergebnisse
- Praktische Pilotierung der Ergebnisse in einem Demonstrator (Software und/oder physisch)
- Analyse der Mehrwerte des Batteriepasses in speziellen Anwendungsfällen und insgesamt
- Abstimmung mit nationalen, EU- und globalen Interessensgruppen (Standardisierungsorganisationen, Industrie- und Wissenschaftsverbände, sowie Regierungen)

1.1.2 BatteryPass-Ready Testumgebung zur Realisierung des Batteriepasses in der Praxis

Batterypass-ready entwickelt eine Testumgebung mit dessen Hilfe Unternehmen die Konformität ihres digitalen Produktpass-Systems entsprechend der geforderten Datenvollständigkeit, -struktur und -formate sowie hinsichtlich der Interaktion zwischen den Komponenten des Inverkehrbringers, des IT-Dienstleisters und denen der Europäischen Kommission testen und nachweisen können.

Konsortialführer Fraunhofer IPK Pascalstraße 8 – 9 10587 Berlin https://www.ipk.fraunhofer.de	Partner: • acatech • GEFEG • TU Berlin
---	--

Mit dem Inkrafttreten der EU Batterieverordnung No. 2023/1542 sind ab Februar 2027 Digitale Produktpässe (DPP) für alle Batterien zum Antrieb von Elektrofahrzeugen und leichten Verkehrsmitteln sowie für Industriebatterien ab 2 kWh verpflichtend. Dazu ist ein dezentrales System vorgesehen, dessen miteinander verknüpfte Komponenten durch die Europäische Kommission (Registrierung), den Inverkehrbringer (dezentrale Datenhaltung und -bereitstellung) sowie IT-Dienstleister (Backup) betrieben werden.

Vor dem Hintergrund der Komplexität des Gesamtvorhabens und dessen Neuigkeitsgrades entwickelt das Battery-pass-ready Konsortium eine Testumgebung. Diese ermöglicht es Inverkehrbringern und Dienstleistern bereits in der Entwicklungsphase, ihre individuellen Lösungen auf Konformität zu Standards zu überprüfen und eine anforderungsgerechte Anbindung an das EU-System sicherzustellen.

Die Umgebung soll folgende Kernfunktionalitäten abdecken, die sonst von jedem einzelnen Anbieter selbst erstellt werden müssten:

- Definition von Testverfahren
- Analyse laufender Entwicklungen zu verpflichtenden Datenpunkten und Erzeugung von Testdaten oder die Einbeziehung vom Nutzer bereitgestellter Testdaten
- Durchführung, Monitoring und Logging von Tests
- Schaffung von Emulationsumgebungen, insbesondere für Komponenten, welche durch die Europäische Kommission bereitgestellt und betrieben werden (z.B. Registry)
- Technische Anbindung der zu testenden Systeme sowie der Datenquellen Schnittstellen des EU DPP Systems.

Die Testumgebung wird aus technischer Sicht benutzt (z. B. für die Interaktionstests), für die Erstentwicklung und für die Wartung und Erweiterung. Weiterhin erfolgt das Testen zur Konformität der DPP für neue oder aktualisierte Lösungen. Darüber hinaus soll die Umgebung für die Anbindung von Partnern im Wertschöpfungssystem (z.B. Reparaturwerkstätten) verwendet werden.

Die Arbeiten erfolgen in enger Abstimmung mit relevanten Stakeholdern wie den assoziierten Verbänden VDA, VDMA, ZIV und BITKOM.

1.1.3 COBALT-P - Circular Open Battery Lifecycle Trading-Platform

Durch die Entwicklung einer Kreislaufwirtschaftsplattform mit angebundener Handelsplattform sollen die aktuellen Herausforderungen der Batterienutzung und Batteriewirtschaft angegangen werden. Ziel des Vorhabens ist die Erhöhung der Lieferkettentransparenz und der Nutzungsdauer von Batterien durch Second-Life-Einsatz sowie die Realisierung eines effizienten Recyclings.

Konsortialführer Circunomics GmbH Große Bleiche 15 55116 Mainz https://www.circunomics.com/	Partner: • TES-AMM Central Europe GmbH • RWTH Aachen, Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe ISEA • Energy Web DevHub GmbH
--	---

Der Anstieg der Batterie-Nachfrage aufgrund der Elektromobilität und der erneuerbaren Energien bringt die Herausforderung eines nachhaltigen Ressourcenumgangs mit sich. Als wertvollste und gleichzeitig emissionsstarke Komponente eines Elektrofahrzeugs sind die Wiederverwendung und das Recycling der

Batterie grundlegend für eine grüne Energiewende. Gebrauchte E-Auto-Batterien bergen großes Potenzial für die Wiederverwendung in stationären Energiespeichern, resultierend in einer bis zu 15 Jahre längeren Nutzungsdauer. Die effiziente Umsetzung und Profitabilität von Second-Life-Energiespeichersystemen sowie Recyclingverfahren benötigt jedoch bessere Planbarkeit und Risikosenkung durch Datenerfassung und -auswertung.

Das Projekt COBALT-P zielt darauf ab, mit einer Kreislaufwirtschaftsplattform basierend auf prädiktiven Analysen, Entscheidungs-Algorithmen und digitalen Zwillingen mit Blockchain-Technologie sowie angebundener Handelsplattform die momentanen Herausforderungen der Batterienutzung und Batteriewirtschaft zu bewältigen. Die Herausforderungen liegen insbesondere in der Datenintransparenz innerhalb der Lieferkette, dem Zusammenführen von Angebot und Nachfrage sowie den Systemanforderungen und den Batteriekonditionen und der damit verbundenen unzureichenden Ausfallsicherheit bei Second-Life-Energiespeichern, ineffizienten Prozess- und Handelsabläufen und einem fehlenden Second-Life- und Recycling-Handelsnetzwerk. Durch das Projekt soll es zukünftig gelingen, diese Hemmnisse zu überwinden. Hierfür haben sich die Projektpartner Circunomics, TES, Energy Web und RWTH Aachen zusammengeschlossen, um eine modellbasierte Entscheidungsplattform zu entwickeln, die u.a. mit Lebensdauerprognosen und automatisiertem Matching einen prädiktiven Handel von gebrauchten Lithium-Ionen-Batterien gewährleisten und dadurch ihren Lebenszyklus optimieren. Damit kann die Ressourcennutzungseffizienz gesteigert und Wiederverwendungskosten sowie Emissionen gesenkt werden.

1.1.4 EarLi - Extraktion und Aufreinigung von Lithiumhydroxid Monohydrat aus gebrauchten Elektromobilen Lithium-Ionen Batterien für die Batteriezellfertigung

Das Verbundprojekt EarLi adressiert die nachhaltige Lithiumrückgewinnung im Rahmen des Recyclings von Lithium-Ionen-Batterien. Dazu entwickeln und installieren die Partner im industrienahen Maßstab eine innovative Prozesskette, in der Lithium selektiv aus der Aktivmasse extrahiert und mittels elektrolytischer Membranfiltration zu hochreinem Lithiumhydroxid Monohydrat aufgereinigt wird.

Konsortialführer ACCUREC-Recycling Gesellschaft mbH Bataverstr. 21 47809 Krefeld https://accurec.de/	Partner: • RWTH Aachen, Institut für Metallurgische Prozesstechnik und Metallrecycling • Evonik Operations GmbH • Öko-Institut e.V.
--	---

Bis heute existiert kein industriell implementiertes Verfahren, das Lithium aus gebrauchten Lithium-Ionen-Batterien zurückgewinnt. Konzepte im Labormaßstab scheiterten in der großtechnischen Umsetzung insbesondere an der ökonomischen Konkurrenz zur primärmetallurgischen Lithiumgewinnung. Mit steigenden Lithiumpreisen (ca. +1000 % in den letzten zwei Jahren) und dem regulatorischen Druck, der ab 2026 eine Lithiumrückgewinnung verpflichtend vorsieht, ist die rasche Entwicklung und Hochskalierung innovativer Verfahren gefragt, die den wirtschaftlich-ökologischen Rahmenbedingungen Rechnung tragen.

Vor diesem Hintergrund strebt das EarLi-Konsortium an, eine im Labormaßstab erfolgreich validierte Prozesskette in den industrienahen Maßstab zu heben, die eine nachhaltige Lithiumrückgewinnung bei minimalem Ressourcen- und Energieeinsatz verfolgt. Die spezifisch entwickelte Pyrolysetechnik erlaubt eine selektive Lithiumextraktion mittels Neutrallaugen, die vollständig auf die Zugabe von Additiven verzichtet. Mit der gereinigten Lösung kann Lithium dann mittels eines elektrochemischen Verfahrens unter Verwendung einer Lithium-Ionen selektiven Membran direkt als hochreines Lithiumhydroxid Monohydrat zurückgewonnen werden. Das Produkt steht dann erneut als Ausgangsmaterial für die Zellfertigung von Lithium-Ionen-Batterien zur Verfügung. Weiteres charakteristisches Merkmal der EarLi-Verfahrenskette ist die Kreislaufführung und Reinigung des Laugungsmittels, so dass insgesamt ein extrem effizienter Gesamtprozess entsteht.

1.1.5 HVBatCycle - HV-Batterie Recycling- und Resynthese-Prozesse für nachhaltige und funktionserhaltende Materialkreisläufe

Das Projekt HVBatCycle hat das Ziel, nachhaltige und energieeffiziente Prozesse entlang der Wertschöpfungskette von HV-Batterien zu entwickeln, um die geschlossene Kreislaufführung von Batteriematerialien zu ermöglichen. Dabei sollen die Prozesse zur automatisierten Demontage, zum ökologischen Recycling von End-of-Life-Batterien sowie zur Herstellung neuer Batteriematerialien aus den zurückgewonnenen Sekundärrohstoffen untersucht und deren Skalierbarkeit sowie Wirtschaftlichkeit aufgezeigt werden.

Konsortialführer PowerCo SE Industriestraße Nord 38239 Salzgitter https://www.powerco.de/	Partner: • TU Braunschweig, Institut für Hochspannungstechnik und Energiesysteme • TU Braunschweig, Institut für Chemische und Thermische Verfahrenstechnik • TU Braunschweig, Institut für Partikeltechnik • TU Braunschweig, Institut für Energie- und Systemverfahrenstechnik • TU Braunschweig, Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik • TANIOWIS GmbH • J. Schmalz GmbH • RWTH Aachen, IME Metallurgische Prozesstechnik und Metallrecycling • Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST
---	---

Das Projekt „HVBatCycle“ hat das übergeordnete Ziel, innovative, nachhaltige und energieeffiziente Prozesse entlang der Wertschöpfungskette von Hochvoltbatterien aus Elektrofahrzeugen zu entwickeln und tiefergehend zu verstehen, um in naher Zukunft die geschlossene Kreislaufführung von

Batteriematerialien zu ermöglichen. Insbesondere sollen die Prozesse zur sortenreinen Demontage, zum ökologisch effizienten Recycling von End-of-Life-Batterien sowie zur Herstellung neuer Batteriematerialien aus den zurückgewonnenen Sekundärrohstoffen untersucht und deren Skalierbarkeit sowie Wirtschaftlichkeit aufgezeigt werden. Aufbauend auf unterschiedlichsten Vorgängerprojekten bei den teilnehmenden Partnern sollen Neu- und Weiterentwicklungen dargestellt werden, wie und mit welchem finanziellen sowie technischen Aufwand die Anforderungen der neuen EU-Gesetzgebung hinsichtlich des stofflichen Recyclings von Li-Ionen Batterien bis zum Jahr 2030 erreicht und sogar übertroffen werden können. Durch ein interdisziplinär aufgestelltes und hochqualifiziertes Konsortium sollen auf zahlreichen Kerngebieten der Partner innovative Prozesse einer verketteten End-to-End Wertschöpfungskette entwickelt, untersucht und aus dem Labor in eine prototypische Umsetzung geführt werden. Ergänzend wird geprüft, ob die hergestellten Sekundärmaterialien auch für einen erneuten Einsatz in der Batteriezelle im Sinne der mehrfachen Kreislaufführung geeignet sind. Zudem wird, dem Recyclingprozess vorgeschaltet, eine Batterieanalyse durchgeführt, die vorab die eingehenden Batterien hinsichtlich einer möglichen Weiternutzung im 2nd Life vorsortiert.

1.1.6 Li-GeReKo - Lithium: Gewinnung, Recycling, Konzentration

Das Projektkonsortium aus der MionTec GmbH und der TH Köln verfolgt mit dem Projekt Lithium: Gewinnung, Recycling, Konzentration (Li-GeReKo) das Ziel, innovative und nachhaltige Verfahren zur Gewinnung und Rückgewinnung von Lithium für den Einsatz in Li-Ionen-Batterien (LIB) durch Kombinationen aus Ionenaustausch- und Membranverfahren zu entwickeln.

Konsortialführer MionTec GmbH Ernst-Bloch-Str. 8 51377 Leverkusen https://miontec.de/	Partner: • Technische Hochschule Köln, Fakultät für Anlagen, Energie- und Maschinensysteme
---	--

Das Projektkonsortium aus der MionTec GmbH und der TH Köln verfolgt mit dem Projekt Lithium: Gewinnung, Recycling, Konzentration (Li-GeReKo) das Ziel, innovative und nachhaltige Verfahren zur Gewinnung und Rückgewinnung von Lithium für den Einsatz in Li-Ionen-Batterien (LIB) durch Kombinationen aus Ionenaustausch- und Membranverfahren zu entwickeln.

Es werden zwei Schwerpunkte adressiert, zum einen Lithiumgewinnung aus Salzsolen und zum anderen die Lithiumgewinnung aus dem Recycling von LIB. Bei der Li-Gewinnung aus Salzsolen soll durch die zu untersuchenden Verfahren neben der eigentlichen Li-Gewinnung auch das entnommene Grundwasser zurückgewonnen werden und nicht durch die bisher übliche Verdunstung verloren gehen, um die weitere Austrocknung der betreffenden Gebiete weitestgehend zu vermeiden. Bei der Li-Gewinnung durch Recycling der LIB sollen die zu untersuchenden Technologien einen höheren Recyclinggrad für das Lithium sicherstellen und als innovative Prozessschritte helfen, die Recyclingprozesse zu optimieren, einschließlich der Aufbereitung möglicher Abwasserströme. Dabei soll das derzeitige Technology Readiness Level (TRL)

von 3 bis 4 durch die Entwicklung und Erstellung einer containerbasierten Demonstrationsanlage, bestehend aus separaten Modulen für die selektive Li-Gewinnung und -Aufkonzentrierung per Ionenaustausch- und Membranprozesse, auf das TRL 7 gehoben und im Rahmen von Feldtests erprobt werden.

Neben der wissenschaftlichen Verwertung der TH Köln in Forschung und Lehre plant das Unternehmen MionTec die Vermarktung der Ergebnisse durch Verleih und Verkauf von containerbasierten Pilotanlagen und die damit verbundene verfahrenstechnische Beratung bei der Dimensionierung und Betrieb derartiger Anlagen für einschlägige Betreiber und Anlagenbauer, sowie für den Fall der Entwicklung eines schutzfähigen Verfahrens eine Lizenzierung an realisierende Unternehmen.

1.1.7 LIBERATION - Lösungsbasierte Liberalisierung und Reintegration funktionaler Batteriematerialien aus Produktionsausschüssen der Zellfertigung

Das Projekt LIBERATION nimmt sich der drängenden Verwertungsproblematik von Fertigungsschrotten der Li-Ionen-Batterieherstellung an. Nach erfolgreichen Voruntersuchungen schlagen die eingespielten Verbundpartner einen neuartigen, differenzierten Aufbereitungsweg für Anoden- und Kathodenschrotte vor, der einen Wiedereinsatz der Produktmaterialien auf höchster Prozessstufe ermöglicht.

Konsortialführer ACCUREC-Recycling Gesellschaft mbH Bataverstr. 21 47809 Krefeld https://accurec.de/	Partner: • Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV) • CTG GmbH & Co. KG • Öko-Institut e.V.
--	---

Außerhalb des medialen Fokus geht mit dem Hochfahren der angekündigten Produktionskapazitäten für Lithium-Ionen-Batterien (LIB) ein bisher kaum adressiertes Problem einher, das die Nachhaltigkeit der Zellen maßgeblich beeinflusst: Die Entstehung sowie der ressourceneffiziente Umgang mit den Fertigungsausschüssen der Zellfabriken. Da derzeit kein industriell skalierbares Aufarbeitungskonzept für die Abfälle der unterschiedlichen Zellfertigungsstufen existiert, können diese lediglich in die Recyclingrouten allgemeiner Sekundärrohstoffe eingespeist und die Wertmetalle auf Elementebene wiedergewonnen werden. Der Aufwand und die damit einhergehenden hohen Materialverluste (u. a. geht der hochwertige Batteriegraphit vollständig verloren) kollidiert – zurecht- mit politisch-gesellschaftlichen Ansprüchen hinsichtlich Ressourcen- und Energiebedarf sowie CO₂-Emissionen und ruft gleichzeitig einen hohen Betriebsmitteleinsatz hervor.

Das LIBERATION-Forschungsvorhaben setzt dort an und widmet sich der industrienahen Umsetzung eines lösungsbasierten Verfahrens zur Liberalisierung und Reintegration funktionaler Batteriematerialien aus Produktionsausschüssen der Zellfertigung. Aufgrund der speziell entwickelten Lösungsmittel und ihren hochselektiven Eigenschaften werden die Binder gezielt aufgelöst, ohne die relevanten chemisch-physikalischen bzw. elektrochemischen Funktionen der Aktivmaterialien zu verändern. Damit stehen die Funktionsmaterialien in hochqualitativer Form für die Reintegration in die Wertschöpfungskette von LIB

oder alternative Hightech-Applikationen direkt zur Verfügung. In der Konsequenz wird die Nachhaltigkeit von der LIB substantiell verbessert, da ein energie- und ressourcenreiches Durchlaufen der Raffinationskette zur elementaren Metallgewinnung vermieden wird.

1.1.8 LiBinfinity - Entwicklung eines ganzheitlichen und nachhaltigen Recyclingansatzes für Lithium-Ionen-Batterien

Konzeption einer Kreislaufwirtschaft für Lithium-Ionen-Batterien durch eine ganzheitliche Betrachtung des Prozesses nach ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten. Von der Erarbeitung eines Logistikkonzepts über die Entwicklung eines Recyclings im industriellen Maßstab, bis hin zur Reintegration der Rezyklate in die Produktion von neuen Batterien.

Konsortialführer Mercedes-Benz AG Mercedesstr. 120 70372 Stuttgart https://group.mercedes-benz.com/de/	Partner: • Daimler Truck AG • Primobius GmbH • SMS-Group GmbH • Technische Universität Clausthal IFAD • Karlsruher Institut für Technologie • Technische Universität Berlin, Institut für technischen Umweltschutz
--	---

Ziel des Projekts LiBinfinity ist die Entwicklung eines ganzheitlichen und nachhaltigen Recyclingansatzes für Lithium-Ionen-Batterien (LIB), welcher sowohl unter ökologischen als auch ökonomischen Gesichtspunkten europaweit führend ist und durch die Prozessgestaltung eine echte Kreislaufwirtschaft von Batteriematerialien ermöglicht. Dazu wird ein mechanisch-hydrometallurgisches Verfahren entwickelt, welches - als erstes seiner Art - vollständig auf energieintensive sowie materialverbrauchende pyrometallurgische Prozessschritte verzichtet. Durch diese Prozessgestaltung sowie einer end-to-end Betrachtung von der Entwicklung von Logistikkonzepten bis hin zur Reintegration von Rezyklat in den Lebenszyklus der Batterie wird ein vollumfänglicher Ansatz erarbeitet, welcher durch den Aufbau einer Pilotanlage in eine prototypische Anwendung gebracht wird.

Eine Besonderheit dieses Projekts stellt die direkte Integration einer Hydrometallurgie dar, was bisher europaweit einzigartig ist, jedoch als Kernelement bei der Realisierung eines nachhaltigen Batterierecyclings im Sinne einer Kreislaufwirtschaft fungiert. Hierbei sollen über eine optimierte Gestaltung von Laugungs-, Extraktions- und Separationsverfahren, bezogen auf den hydrometallurgischen Prozess Materialrückgewinnungsquoten von >95% für Nickel und Cobalt sowie von >70% für Lithium erreicht, und damit die Forderungen der EU-Batteriedirektive übertroffen werden. Darüber hinaus werden weiterführende Optimierungsmöglichkeiten und Zukunftspotentiale des Prozesses untersucht. Dies umfasst beispielsweise die Untersuchung eines Graphit-Recyclings in Batteriequalität sowie die Übertragbarkeit auf alternative Zellchemien, wie Lithium-Eisenphosphat (LFP).

Ein Alleinstellungsmerkmal dieses Projektes stellt die ganzheitliche Betrachtung dar, welche eine direkte Rückführung der Rezyklate in den Materialkreislauf vorsieht. Aus diesem Grund wird die Re-Synthese von neuem Aktivmaterial aus Rezyklaten inklusive des Aufbaus neuer Zellen und deren elektrochemische Charakterisierung adressiert. Flankiert und vervollständigt werden die beschriebenen Umfänge insbesondere durch dedizierte Nachhaltigkeitsuntersuchungen, welche unter anderem die Themen CO₂-Footprint in Form einer Lebenszyklus-Analyse (LCA) inklusive der Untersuchung zu Energiebedarf und Ressourcenkritikalität beinhalten.

1.1.9 LiFe cycle - Lithiumeisenphosphat und Lithiumeisenmanganphosphat Zirkularität: Vom Rohstoff zum Wertstoff

Im Projekt LiFe cycle will die chemische Industrie gemeinsam mit der Automobilindustrie die Grundlagen für verbesserte eisenhaltige Kathodenmaterialien auf Basis von LFP oder manganhaltigen LFP, Lithium-Eisenmanganphosphat (LFMP) legen, wobei von Beginn an die Notwendigkeit einer Rohstoffzirkularität berücksichtigt wird.

Konsortialführer LANXESS Deutschland GmbH Kennedyplatz 1 50679 Köln https://lanxess.com/de-de	Partner: • Mercedes Benz AG
---	---

Ein Technologiewechsel im Nahverkehr steht der Gesellschaft bevor, vom Verbrennungsmotor fossiler Brennstoffe hin zum elektrifizierten Antrieb, gespeist von Lithium-basierten Batterien. Getrieben wird dieser Wechsel unter anderem durch die großen Herausforderungen des Klimawandels und der Reduktion des globalen CO₂-Fußabdrucks. Entsprechend fokussiert und motiviert arbeiten unterschiedliche Industrien daran, diesen Technologiewechsel bereits vom Start weg so energie- und ressourceneffizient wie möglich zu gestalten. Um den Wandel der Antriebstechnologie vollziehen zu können, müssen viele Materialien zur Herstellung der Batterien zur Verfügung stehen und diese unter ökologisch und moralisch vertretbaren Bedingungen erschlossen werden.

Ein wichtiger und ressourcenintensiver Bestandteil der Lithium-Ionen-Batterie ist die Kathode. Die Kathode ist die Lithiumquelle der Batterie und besteht aus Metalloxiden. Eisenhaltige Kathodenmaterialien sind umweltverträglich, günstig, langlebig und sicher. Durch die erhöhte Sicherheit des verwendeten Lithium-Eisen-Phosphats (LFP) kann beim Bau von Batteriepacks für Fahrzeuge auf eine Modulbauweise verzichtet werden, sodass auf Pack-Ebene ähnliche Leistungsdichten wie bei Nickel-Kobalt-Mangan (NCM) Batterien erreicht werden können.

Im Projekt LiFe cycle will die chemische Industrie gemeinsam mit der Automobilindustrie die Grundlagen für verbesserte eisenhaltige Kathodenmaterialien auf Basis von LFP oder manganhaltigen LFP, Lithium-Eisenmanganphosphat (LFMP) legen und eine direkte Zirkularität des Kathodenmaterials anschließen.

Das Projekt LiFe cycle betrachtet das Thema Kathodenwirtschaft von Beginn an holistisch und berücksichtigt die Notwendigkeit einer Rohstoffzirkularität.

1.1.10 NMC-Direct - Aufbau eines Prototypens zur Direkterzeugung von umweltfreundlich (re)generiertem Pre-CAM aus Schwarzmasse

Für das Projekt "NMC-Direct" haben sich vier der deutschen Schlüssel-Akteure aus unterschiedlichen Bereichen des Batteriematerial-Kreislaufs vernetzt, um einen ganzheitlichen Ansatz zur Verarbeitung und Wiederaufbereitung von Batteriematerialien zu entwickeln. Kern ist der Aufbau eines Prototyps, der erstmalig direkt Kathodenaktivmaterial aus Schwarzmasse erzeugt sowie die bisher im Labor-/Pilotmaßstab erzielten Ergebnisse entsprechend zu skalieren.

Konsortialführer Königswarter & Ebell Chemische Fabrik GmbH Im Ennepetal 19-21 58135 Hagen https://purebatterytech.com/ke-germany/	Partner: Westfälische Wilhelms-Universität Münster MEET
--	---

Für das Projekt „Aufbau eines Prototypens zu Direkterzeugung von umweltfreundlich (re) generiertem Pre-Cathode Active Material (pCAM) aus Schwarzmasse“ („NMC-Direct“) haben sich vier der deutschen Schlüssel-Akteure aus unterschiedlichen Bereichen des Batteriematerial-Kreislaufs vernetzt, um einen ganzheitlichen Ansatz zur Verarbeitung und Wiederaufbereitung von Wiederaufbereitung von Batteriematerialien zu entwickeln. Kern ist der Aufbau eines Prototyps, der erstmalig direkt Kathodenaktivmaterial aus Schwarzmasse erzeugt (nickel-, mangan- und kobalthaltiges Kathodenaktivmaterial) erzeugt sowie die bisher im Labor-/Pilotmaßstab (bis TRL 5) erzielten Ergebnisse zu skalieren. Der Prototyp ermöglicht die ressourcenschonende chemische Direktgewinnung von pCAM (ein Nickel-Mangan-Konzentrat „NMC“) vor allem aus der Aufbereitung der Schwarzmasse ohne die Notwendigkeit der Erzeugung einzelner Metallfraktionen.

Im Anschluss an den Aufbau des Prototypens soll in diesem Projekt das Recycling von der Altbatterie bis zur neuen Batterie bei den Projektpartnern in kontinuierlich arbeitenden Anlagen überprüft werden. Dazu soll eine Reihe von Versuchskampagnen gefahren werden, die dafür vorbereitetes Material in die chemische Aufbereitung des Prototyps überführt. Das direkt erzeugte pCAM soll zu Batteriezellen weiterverarbeitet in und auf seine Leistungsfähigkeit hin getestet werden. Im Fokus stehen dabei die Identifikation und Behebung von verfahrenstechnischen Engpässen und die (Schnittstellen-)Optimierung in Bezug auf Produktqualität, Prozesskosten und Umweltbelastungen (i. W. „CO₂-Fußabdruck“).

1.1.11 ReAktiv - Hocheffizientes Recycling von Li-Ionen Aktivmaterialien aus Rund- und Knopfzellen

Das Projekt "ReAktiv" adressiert einerseits eine deutliche Verbesserung beim Recyclingprozess von Rundzellen und der Aufbereitung der daraus zurückgewonnenen Aktivmaterialien ohne Erzeugung von Schwarzmasse. Außerdem solle eine Rückführung der Aktivmaterialien in neue Batteriezellen demonstriert werden. Andererseits wird ein Prozess basierend auf Schwarzmasse aus Knopfzellen überarbeitet und optimiert, sodass auch das enthaltene Lithium-Metall zurückgewonnen werden kann.

Konsortialführer K-UTEC AG Salt Technologies Am Petersenschacht 7 99706 Sonderhausen https://www.k-utec.de/home	Partner: • acp systems AG • ACI systems GmbH • TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik • Universität Stuttgart, Institut für Photovoltaik • Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA • Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE • Fraunhofer-Einrichtung für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS
--	--

Das Projekt „ReAktiv“ adressiert einerseits eine deutliche Verbesserung beim Recyclingprozess von Rundzellen und der Aufbereitung der daraus zurückgewonnenen Aktivmaterialien ohne Erzeugung von Schwarzmasse. Außerdem soll die Rückführung der Aktivmaterialien in neue Batteriezellen demonstriert werden. Andererseits wird ein Prozess basierend auf Schwarzmasse aus Knopfzellen überarbeitet und optimiert, sodass auch das enthaltene Lithium-Metall zurückgewonnen werden kann.

Rundzellen, die überwiegend aus Produktionsausschuss stammen, werden zunächst demontiert und die enthaltenen Anoden und Kathoden sortenrein getrennt. Nach dem Ablösen der Aktivmaterialien von den Elektrodenfolien werden diese in weiteren Schritten gereinigt und ggf. aufbereitet. Die Eigenschaften dieses recycelten Materials sollen vergleichbar mit Frischmaterial sein, was durch den Aufbau neuer Zellen mit einem Rezyklatanteil und deren anschließender Charakterisierung gezeigt werden soll. Begleitend werden die gewonnenen Erkenntnisse mit Hilfe eines Hybridmodells in ein Batteriezellmodell überführt, sodass am Ende des Projektes ein Modell für Rezyklatzellen als Auslegungshilfe vorliegt. Zusätzlich erfolgt eine ökonomische und ökologische Bewertung der neuen Prozesskette.

Durch die Kombination der Kompetenzen aus Industrie und Wissenschaft lassen sich die angestrebten Innovationen in fünf Punkte gliedern:

1. Die Demontage von Rundzellen zur separaten Rückgewinnung von Anoden und Kathoden;

2. Die Entwicklung und Erprobung von Prozessschritten zur Rückgewinnung von hochwertigen, sortenreinen Anoden- und Kathodenmaterialien;
3. Dem Aufbau eines Zellmodells als Planungstool zur Charakterisierung der Leistungsfähigkeit von Rezyklatzellen unter Berücksichtigung der Spezifika von rezyklierten Aktivmaterialien sowie
4. Dem Aufbau, der Erprobung und dem Benchmark von Rezyklatzellen. Parallel dazu wird
5. die effiziente Rückgewinnung von Lithium-Metall aus Schwarzmasse untersucht.

1.1.12 REVAMP - Remanufacturing von variantenreichen Batteriemodulen mit automatisierten Montage- und Prüfprozessen

Kernaspekt des Projekts ist die Entwicklung eines variantenreichen Remanufacturingsystems zur Zustandsbewertung, Demontage, Aufbereitung, Remontage und Testing von End-of-First-Life Batterien von Nutzfahrzeugen. Durch Demonstrationsanlagen bei den Anwendungspartnern sollen konkrete Ergebnisse validiert werden. Weiterer Aspekt ist die Evaluierung der Wirtschaftlichkeit des Second-Use / Second-Life Geschäftsmodells von Nutzfahrzeugg Batterien.

Konsortialführer MAN Truck & Bus SE Dachauer Str. 667 80995 München https://www.man.eu/corporate/en/homepage.html	Partner: • BE-Power GmbH • Weidemann GmbH • Wacker Neuson Produktion GmbH & CO. KG • Bertrandt Technikum GmbH • Software AG • Safion GmbH • IBG Automation GmbH • RWTH Aachen, Fakultät Maschinenwesen - Werkzeugmaschinenlabor (WZL) • Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie (IPT)
---	--

Das Forschungsvorhaben REVAMP befasst sich mit den Herausforderungen der Second-Use / Second-Life Anwendungen von Nutzfahrzeug-Batteriesystemen. Innerhalb des Projekts wird ein flexibles automatisiertes Remanufacturingsystem mit verlässlicher Zustandsbewertung, basierend auf einem digitalen Zwilling, mit einem wirtschaftlichen und nachhaltigen Geschäftsmodell für OEMs entwickelt.

Ziel des Vorhabens ist somit die Erhöhung der Verwendungsquote für Second-Use-und Second- Life-Batterien am Standort Deutschland durch ein wirtschaftliches, automatisiertes und flexibles Remanufacturing. Mögliche Second-Use bzw. Second-Life Szenarien sind die Nutzung als Ersatzteile für Gebrauchtfahrzeuge oder Nutzfahrzeugaufbauten, stationäre Energiespeicher, dezentrale Energieversorgung oder Fahrerlose Transportsysteme.

Durch die breite Aufstellung der Projektpartner kann das Konsortium den gesamten Lebenszyklus der Batterie von Herstellung über First-Life Nutzung und Datenbereitstellung sowie Aufbereitung und Second-Use Nutzung abbilden.

1.1.13 SUVEREN2Use - Löschsysteme und Havariekonzepte für den sicheren Umgang mit Batteriebränden

Ziel des Vorhabens ist es, mit technischen Entwicklungen zur brandschutztechnischen Sicherheit über die gesamte Batterie-Wertschöpfungskette hinweg, beizutragen und vorhandenen Leerstellen in Richtlinien und Normen durch eigene Beiträge zu füllen. Es sollen neue Technologien zur Branderkennung und -bekämpfung sowie zum Umgang mit havarierten Batterien entwickelt werden.

Konsortialführer FOGTEC Brandschutz GmbH Schanzenstr. 19 A 51063 Köln https://fogtec-international.com/de/home.html	Partner: • Lobbe Entsorgung West GmbH & Co KG • Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik – Heinrich-Hertz-Institut • Bergische Universität Wuppertal Fakultät für Maschinenbau und Sicherheitstechnik
---	---

Der Erfolg der Energie- und Verkehrswende hängt von der umfassenden Nutzung von neuen Energieträgern wie insbesondere Batterien ab. Bisher gibt es kaum technische Lösungen und entsprechende Normen zur Beherrschung der mit Batterien verbundenen Brandschutzrisiken. Ziel des Forschungsvorhabens SUVEREN2Use ist die Schaffung der notwendigen brandschutztechnischen Sicherheit über die gesamte Batterie-Wertschöpfungskette hinweg.

Das Projekt SUVEREN2Use basiert auf den Ergebnissen des Vorgängerprojektes SUVEREN (BMBF, 2017 – 2020) zum Einfluss von neuen Energieträgern in Fahrzeugen auf die Sicherheit in unterirdischen Verkehrsanlagen. Im Rahmen dieses Projektes wurden wichtige Erkenntnisse erarbeitet, welche nun in die Anwendungsebene gebracht werden. Dabei wird der Forschungsgegenstand auf den gesamten Lebenszyklus von Batterien ausgeweitet.

Der Themenkomplex „Sicherheit“ ist Hauptfokus der drei Arbeitsbereiche: Entwicklung von Brandschutzlösungen (Technologien zur Brandbekämpfung) für die einzelnen Bereiche der Batterie-Wertschöpfungskette innerhalb und außerhalb von Fahrzeugen inkl. Produktionsanlagen und Energiespeichern. Entwicklung eines batterieintegrierten Löschsystems zum Einsatz in größeren Fahrzeugen wie LKW, Bussen und Zügen sowie Energiespeichern. Entwicklung von Havariekonzepten für Batteriebrände inkl. Hinweisen zur fachgerechten Entsorgung.

Das industriegeführte Forschungskonsortium, bestehend aus Unternehmen, welche in verschiedene Bereiche der Batteriewertschöpfungskette tätig sind (FOGTEC/Brandschutz; technotrans/Automotive-T1-Supplier; Lobbe/Entsorgung und HavarieManagement), werden durch die Bergische Universität Wuppertal und das Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut wissenschaftlich unterstützt. Durch neue Technologien für Branderkennung und -bekämpfung sowie umsetzbare Handlungsempfehlungen für

Planer, produzierende Unternehmen, Rettungskräfte, Behörden und Entsorger soll die Sicherheit in der gesamten Wertschöpfungskette erhöht werden.

1.1.14 TropMelt - Trockene Pulver-Schmelz-Kalandrierung für eine umweltfreundliche und kostengünstige Elektrodenproduktion

Das Projekt TroPMelt realisiert die Kooperation von Forschung und Industrie für eine nachhaltigere, rohstoffreduzierte und damit kostengünstigere Elektrodenproduktion am Standort Europa mittels einer effizienten, innovativen und trockenen extrusionsgestützten Elektrodenbeschichtungsmethode.

Konsortialführer UniverCell Holding GmbH Konrad-Zuse-Ring 1 24220 Flintbek https://www.univercell.group/de	Partner: • Fraunhofer-Institut für Siliziumtechnologie, Fraunhofer ISIT • Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM • Brabender GmbH & Co. KG
--	---

TroPMelt soll zur Etablierung der kontinuierlichen, extrusions-gestützten Trockenbeschichtung von Anoden- und Kathodenmaterialien für eine Elektrodenfertigung mit europäischem Standort dienen. Dabei stehen zentrale Punkte wie Nachhaltigkeit, Innovation und Prozessoptimierung im Vordergrund.

Hierfür schließen sich Projektpartner aus Forschung und Industrie zusammen, um Hürden während der Entwicklung eines solchen Beschichtungssystems gemeinsam zu überwinden. Mit einer neu konzeptionierten Pilot-Demonstratoranlage sollen state-of-the-art Elektroden sowie experimentelle, Hochenergie-Anoden produziert werden.

Anschließend werden mit den hergestellten Materialien leistungsstarke, Hochenergie-Zellen gefertigt. Dieses Projekt schafft somit einen wichtigen Schritt in Richtung der zukünftigen Serienproduktion von Batteriezellen unter der Verwendung extrusions-gestützter, trockener Elektrodenbeschichtungsmethoden und bewertet dabei gleichzeitig die technologische Machbarkeit.

1.1.15 Truckified Battery - Entwicklung neuartiger und innovativer Produktionsprozesse und -verfahren in der Batteriezellproduktion

Das Forschungsvorhaben zielt auf die Entwicklung neuartiger und innovativer Produktionsprozesse und -verfahren für Elektrofahrzeugbatterien ab. Diese werden zusammen mit dem deutschen und europäischen Anlagenbau, in den Bereichen Elektrodenfertigung, Zellmontage und Zell-Finishing/Testing entwickelt und anschließend validiert. Ergänzt wird das Vorhaben um Elemente einer kognitiven Produktion und das Zusammenführen von intelligenter Sensorik und hybriden Prozessmodellen, hin zu einem souveränen Datenökosystem.

Konsortialführer Daimler Truck AG Hanns-Martin-Schleyer-Straße 21 68305 Mannheim https://www.daimlertruck.com/	Partner: /
--	---------------------------------

Die Daimler Truck AG plant im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Truckified Battery“ neuartige und innovative Produktionsprozesse und -verfahren für die eigenen Elektrofahrzeugbatterien industriell zu erforschen. Diese sollen in Zusammenarbeit mit dem deutschen und europäischen Anlagenbau, schwerpunktmäßig in den Bereichen Elektrodenfertigung, Zellmontage, Zell-Finishing sowie einem gesamtheitlichen Testing (auf Zell- und Gesamtsystemebene), entwickelt und in einer Kleinserienanlage validiert werden. In Zusammenarbeit mit wissenschaftlichen Einrichtungen erfolgt die Ergänzung um Elemente einer kognitiven Produktion und das Zusammenführen von intelligenter Sensorik und hybriden Prozessmodellen, hin zu einem souveränen Datenökosystem. Bei der industriellen Forschung sollen, unter Beachtung der jeweiligen Verfügbarkeit, bereits erste Rezyklate in der Zellchemie eingesetzt und hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf den Produktionsprozess bewertet werden. Die Erkenntnisse und Erfahrungen aus dem Vorhaben sollen für künftige großskalige Industrialisierungen einer Batteriezellproduktion in Europa nutzbar sein.

Mit den Vorhabenszielen:

- Einsatz von europäischen Beschichtungstechnologien, vorrangig im Bereich Trockenbeschichtung;
- Optimierungen beim „Notching“, Neugestaltung des „Stapelprozesses“ (prismatischer Formfaktor);
- Verbesserungen bei der „Elektrolytbefüllung“;
- Reduzierung der Ausschussraten bestehender Fertigungen durch das Zusammenführen von intelligenter Sensorik und hybriden Prozessmodellen;
- Schnelle Qualifizierung von Prozessen und Maschinen, um sie im laufenden Betrieb (bei Skalierungen der Serienanlagen) in Betrieb nehmen zu können;

soll die europäische Wertschöpfungskette für Batterien und die Resilienz und Nachhaltigkeit des Ökosystems Batteriezellfertigung gesteigert werden.

Im Vorhaben werden über einen Zeitraum von 4 Jahren durchschnittlich mehr als 40 FTE beschäftigt und zusätzlich Investitionen > 30 Mio. € getätigt.

1.1.16 VALUE-M - Verlängerung der nutzbaren Lebensdauer von Speichersystemen durch die Bewirtschaftung mit Mikrozyklen bei kontinuierlicher Zustandsüberwachung

Im Vorhaben "VALUE-M", werden Möglichkeiten zum ressourcenschonenden und gewinnsteigernden Einsatz von Batteriespeichern in der Energiewirtschaft, insbesondere von so genannten "Second-Life Systemen", erforscht. Dabei stehen folgende Ziele im Vordergrund: Verlängerung der Nutzungsdauer von bestehenden Batteriezellen mittels optimierter Mikrozyklus-Bewirtschaftung, Entwicklung und Adaption geeigneter Prüfverfahren, die einen individuell optimierten lebensdauerschonenden Betrieb unterstützen sowie Entwicklung von Bewirtschaftungsmethoden, die lebensdauerverlängernd wirken und damit langfristig höhere Erträge erlauben. Für das Projekt sollen unterschiedliche etablierte, sowie neue Speichertechnologien, als auch 2nd Life-Speichersysteme entsprechend ihrer Nutzung in einem solchen Schwarm untersucht werden. Nach der Entwicklung eines Algorithmus zur Steuerung des Speicherschwarms soll eine Demonstrationsanlage entwickelt und betrieben werden.

Konsortialführer Siemens Aktiengesellschaft Werner-von-Siemens-Str. 1 80333 München https://www.siemens.com/de/de.html	Partner: • RWTH Aachen, Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe ISEA • SWW Wunsiedel GmbH
---	--

Zukünftig werden Stromnetze einen deutlich erhöhten Bedarf an kurzfristigen Ausgleichsmechanismen und in Form von Leistungs- bzw. Frequenzregelung haben. Dabei stehen insbesondere die Momentanreserve sowie der kontinuierliche Intradayhandel im Vordergrund. Zur Bewirtschaftung dieser beiden Bereiche werden an Energiespeichersysteme diverse Anforderungen gestellt. Die verfügbaren Batteriespeichertechnologien erfordern immer eine Abwägung zwischen leistungsstarken Varianten oder Systemen mit hoher Energiedichte bzw. besonders starker Zyklfestigkeit.

An dieser Stelle setzt das Forschungsprojekt an. Energiespeicher unterschiedlicher Technologien sollen in Schwärmen gesteuert werden. Ein Algorithmus entscheidet anhand der geforderten Energie und Leistung, welcher / welche Kombination aus Speicher/n die Anforderung bei Optimierung der Betriebskosten erfüllen kann.

Für das Projekt sollen unterschiedliche etablierte, sowie neue Speichertechnologien, als auch 2nd Life-Speichersysteme entsprechend ihrer Nutzung in einem solchen Schwarm untersucht werden. Nach der Entwicklung eines Algorithmus zur Steuerung des Speicherschwarm soll eine Demonstrationsanlage entwickelt und betrieben werden.

1.1.17 VaTreBat - Variantenflexible und automatisierte Trennung von Verbindungen im Demontageprozess von Batteriesystemen

Das Projekt VaTreBat entwickelt zur Steigerung der Flexibilität, Sicherheit und Produktivität in der Demontage von Batteriesystemen ein Verfahren zur automatisierten und variantenflexiblen Trennung bis zur Zellebene. Dabei stehen die automatisierte Klassifikation von Fügestellen und Komponenten, die Entwicklung eines Trennverfahrens und eines universellen Greifsystems im Fokus.

Konsortialführer Ansmann AG Industriestr. 10 97959 Assamstadt https://www.ansmann.de/	Partner: • Technische Universität Braunschweig, Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik • Technische Universität Braunschweig, Institut für Füge- und Schweißtechnik • J. Schmalz GmbH • Redux Recycling GmbH • SITEC Industrietechnologie GmbH
---	--

Im Recyclingprozess von Batteriesystemen wird der mechanischen und chemischen Verwertung ein Demontageprozess vorgeschaltet, in dem wiederverwendbare Komponenten gewonnen und die Reinheit sowie die Menge recycelbarer Materialien gesteigert werden. Der ökonomische und ökologische Wert des Batteriesystems ist vorwiegend in den Batteriezellen gebunden, weshalb eine zustandsabhängige Separation in wiederverwendbare und zu verwertende Batteriezellen essentiell ist.

Aufgrund derzeit fehlender Standards weisen die Batteriesysteme jedoch eine hohe Varianz auf, sodass die Demontageprozesse durch aufwändige manuelle Arbeiten gekennzeichnet sind. Zur Steigerung der Flexibilität, Sicherheit und Produktivität wird im Projekt VaTreBat ein Verfahren zur automatisierten und variantenflexiblen Demontage von Batteriesystemen bis zur Zellebene entwickelt. Für das in der Demontage erforderliche Trennen zahlreicher verschiedener Fügeverbindungen wird ein Laser- und ein Wasserstrahlschneidprozess erarbeitet, der Fügeverbindungen universell, kontaktlos und minimalinvasiv auch auf engstem Raum auftrennt. Der Trennprozess wird im Projekt um ein universelles Greifsystem erweitert, das die getrennten Komponenten mit variantenflexiblen Greifern sicher fixiert und entnimmt.

Für die automatisierte roboterbasierte Prozessführung des Trenn- und Greifvorgangs werden 3D-Bildverarbeitungsmethoden auf Basis von maschinellem Lernen entwickelt, die eine variantenflexible Fügestellenerkennung und -klassifizierung sowie eine Einordnung von getrennten Komponenten bieten. Damit wird eine selbstständige, adaptive Reihenfolge- und Trajektorienplanung mit dynamischer Kollisionsvermeidung ermöglicht. Die Prozessführung wird mit dem Trennprozess und dem Greifsystem in einem gemeinsamen Demonstratorprozess umgesetzt und hinsichtlich der erzielbaren Qualität der demontierten Komponenten, der Sicherheit, Wirtschaftlichkeit, industriellen Skalierbarkeit sowie der erreichbaren Arbeits- und Prozesssicherheit (inkl. Brandschutz) evaluiert.

1.1.18 ZeroCaLi - CO₂-neutrale LHM-Gewinnung aus geothermalen LiCl-Lösungen

Ziel von ZeroCaLi ist es, durch Weiterentwicklung und Optimierung verfahrenstechnischer Anlagen die wirtschaftliche und CO₂-neutrale Gewinnung von Lithiumhydroxid-Monohydrat (LHM) aus Thermalsole zu ermöglichen. LHM ist ein essenzieller Rohstoff für die Fertigung von Batteriezellen für Elektrofahrzeuge. Dies ist ein wichtiger Beitrag zur CO₂-neutralen Batterieherstellung und damit zu den von der EU gesetzten Zielen in Bezug auf Klimaneutralität und geringerer Rohstoffabhängigkeit von kritischen Ländern.

Konsortialführer	Partner:
Vulcan GmbH Amalienbadstr. 41 76227 Karlsruhe	/

Ziel des Projekts ZeroCaLi ist es, mit optimierten verfahrenstechnischen Anlagen die wirtschaftliche und CO₂-neutrale Gewinnung von Lithiumhydroxid-Monohydrat (LHM) aus Thermalsole zu ermöglichen. Der für die Fertigung von Batteriezellen für Elektrofahrzeuge essenzielle Rohstoff soll damit im Oberrheingraben gewonnen werden können.

Das Projekt befasst sich mit zwei wesentlichen Teilschritten des innovativen Gewinnungsprozesses: mit der Extraktion einer Lithiumchlorid-Lösung aus Thermalsole und mit der Elektrolyse dieser Lösung zum Endprodukt LHM. Klimaneutralität wird dadurch erreicht, dass der Prozess mit erneuerbarer Energie betrieben wird, die aus den Geothermiekraftwerken stammt, in denen das Thermalwasser gefördert wird. Dazu ist die Optimierung der Energieeffizienz des Prozesses erforderlich. Außerdem müssen Ausbeute und Produktqualität optimiert werden, um den Prozess wirtschaftlich betreiben zu können.

Im Rahmen des Projektes wird zunächst die funktionelle Inbetriebnahme einer Optimierungsanlage für die Extraktion sowie einer Optimierungsanlage für die Elektrolyse erfolgen. Die im Anschluss vorgesehene Prozessoptimierung an beiden Anlagen stellt ein multidimensionales Optimierungsproblem mit zahlreichen Parametern und mehreren Zielgrößen dar, für dessen Lösung moderne Methoden der Datenverarbeitung sowie künstliche Intelligenz (KI) zum Einsatz kommen werden. Hierzu ist es erforderlich, eine große Menge an Daten aus dem Testbetrieb der beiden Anlagen zu sammeln. Mit Hilfe noch zu entwickelnder Algorithmen soll ein Modell entwickelt werden, das in der Lage ist, verbesserte Betriebsparameter vorherzusagen und zu verwenden. Anschließend wird in einem iterativen Prozess die Validierung und Verfeinerung des Modells erfolgen, um schließlich optimale Betriebsparameter zu erreichen.

Die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse sollen im Anschluss zur Realisierung des Gesamtprozesses im industriellen Maßstab verwendet werden. Die CO₂-neutrale Gewinnung eines für die Mobilitätswende unabdingbaren Rohstoffes in Deutschland ist ein wichtiger Beitrag zu den von der EU gesetzten Zielen hin zur Klimaneutralität und zu weniger Rohstoffabhängigkeit.

2. Digitalisierung der Produktion sowie des Lebenszyklus

1.2.1 ExElPro - Datengetriebene Produkt- und Prozessoptimierung in der hochvariantenreichen Elektrodenfertigung

Lithium-Ionen-Batteriezellen werden zunehmend auch in Nischenmärkten genutzt. Für diese individuellen Einsatzzwecke müssen wiederkehrend immer neue Batteriezelltechnologien nach anwendungsspezifischen Anforderungen entwickelt und in geringen Stückzahlen kostengünstig mit hoher Qualität produziert werden. Um eine neue Technologie auf einen produktionsreifen Standard zu bringen, sind trotz des Einsatzes einer ausgereiften Versuchsplanung im aktuellen Stand der Technik eine Vielzahl von zeitintensiven und ressourcenaufwändigen Versuchen insbesondere für die Prozessschritte Mischen und Beschichtungen notwendig. Ziel des Projektes ist es für unterschiedliche Elektrodenformulierungen die jeweils optimale Parametrierung der Prozesse Mischen und Beschichten mit Bezug auf die Elektrodenqualität abzuleiten und die Anzahl der Versuchsdurchläufe für funktionierende Prototypen in Bezug auf die Herstellung der Beschichtungspaste (Slurry) um mehr als 50 % zu reduzieren. Um dieses Ziel zu erreichen, sollen Methoden der künstlichen Intelligenz sowie digitale Zwillinge eingesetzt werden.

Konsortialführer	Partner
Customcells Itzehoe GmbH Fraunhoferstr. 1b 25524 Itzehoe https://customcells.com/	• Amorph Systems GmbH • Capgemini Engineering Deutschland S.A.S. & Co. KG • Fraunhofer IPA

Lithium-Ionen-Batteriezellen werden zunehmend auch in Nischenmärkten genutzt. Für diese individuellen Einsatzzwecke müssen wiederkehrend immer neue Batteriezelltechnologien nach anwendungsspezifischen Anforderungen entwickelt und in geringen Stückzahlen kostengünstig mit hoher Qualität produziert werden.

Um dies zu ermöglichen, sind schnelle und effiziente Entwicklungszyklen notwendig. Um eine neue Technologie auf einen produktionsreifen Standard zu bringen, sind trotz des Einsatzes einer ausgereiften Versuchsplanung auf Basis des aktuellen Stands der Technik eine Vielzahl von zeitintensiven und ressourcenaufwändigen Versuchen, insbesondere für die Prozessschritte Mischen und Beschichtungen, notwendig.

Das Ziel des ExElPro Projektes ist die Ableitung der jeweils optimale Parametrierung der Prozesse Mischen und Beschichten mit Bezug auf die Elektrodenqualität für unterschiedliche Elektrodenformulierungen. Ebenso soll die Anzahl der Versuchsdurchläufe für funktionierende Prototypen in Bezug auf die Herstellung der Elektrodenpaste (Slurry) um mehr als 50% reduziert werden.

Um dies zu erreichen, sollen die komplexen Zusammenhänge zwischen Produktionsbedingungen und Produkteigenschaften mit Hilfe der Methoden der künstlichen Intelligenz transparent und quantifizierbar gemacht werden.

Die Grundlage für den Einsatz dieser datengetriebenen Technologien wird über die Entwicklung von Prozess Digitalen Zwillingen geschaffen, die auf Basis einer durchgängigen Industrie 4.0 Topologie mit

Produkt-, Prozess-, Maschinen- und Kontextdaten versorgt werden. Die digitalen Zwillinge können so von Auftragseingang bis hin zum hergestellten Prototyp nahtlos in den Geschäftsprozess integriert werden.

1.2.2 HOBAZELL - Digitalisierte, nachhaltige Hochgeschwindigkeitsbatteriezellfertigung

Im Projekt soll ein vollautomatisiertes neuartiges Zellfertigungssystem entwickelt und aufgebaut werden. Es sollen musterhaft Batteriezellen entstehen an denen die Produktrückverfolgbarkeit, Prozessdatenüberwachung und prädikativen Zustandsüberwachung im Rahmen einer Smart Factory charakterisiert werden.

Konsortialführer	Partner
MB Automation GmbH & Co. KG Josef-Mühlbauer-Platz 1 93426 Roding https://www.muehlbauer.de/	• Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) • M. Braun Inertgas-Systeme GmbH

Unter der Koordination der Mühlbauer GmbH & Co. KG mit den Partnern M. Braun Inertgas-Systeme GmbH und Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) sowie dem assoziierten Partner Cellforce Group hat das Projekt „Digitalisierte, nachhaltige Hochgeschwindigkeitsbatteriezellfertigung - HOBAZELL“ die Entwicklung eines nachhaltigen Gigafactory-fähigen Batteriezellenfertigungsprozesses zum Gesamtziel, um die Kosten signifikant zu reduzieren, den Durchsatz um das 2,5-fache zu erhöhen und die Qualität sowie Effizienz des Endproduktes zu steigern.

Um dieses Ziel zu erreichen, sollen die aktuell limitierten Prozessgeschwindigkeiten beim Stapelprozess auf kleinstem benötigten Raum vervielfacht werden. Darüber hinaus soll ein hocheffizienter, schneller und raumsparender Befüllprozess entwickelt und umgesetzt werden. Der kostenintensive Energiebedarf der betreffenden Produktionsumgebungen soll durch einen höheren Grad an Automatisierung, Prozessverkettungen und Micro-Environment-Lösungen deutlich minimiert werden.

Zur Sicherstellung der Qualität soll eine durchgängige Qualitätsüberwachung durch Visionsysteme und Sensoriken implementiert werden. Im Rahmen einer effizienten „Smart Factory“ wird im Projekt ebenfalls die Produktrückverfolgbarkeit der gefertigten Bauteile betrachtet. Durch softwareseitige Dokumentation der Prozessdaten aus dem Herstellungsprozesses der einzelnen Bauteile und Zusammenführung in einer Datenbank soll der Ressourcenverbrauch weiter verringert und der CO₂-Fußabdruck gesenkt werden.

1.2.3 MultiFlow - Nachhaltige und kostengünstige Redox-Flow-Batterietechnologie für stationäre Speicherung

Diese Entwicklung soll für Vanadium Redox-Flow-Batterien sowie verwandte Flussbatterietechnologien erfolgen, welche Kohlenstofffilme als Elektroden verwenden.

Konsortialführer Siemens Energy Global GmbH & Co.KG Otto-Hahn-Ring 6 81739 München https://www.siemens-energy.com/de/de/home.html	Partner: • Optima life science GmbH • acp systems AG • Leister Technologies Deutschland GmbH • Whitecell Eisenhuth GmbH & Co. KG • Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT
---	--

Ein Rolle-zu-Rolle/Rolle-zu-Piece-Ansatz soll die Taktzeiten erheblich reduzieren und die meist nur teilautomatisierte bzw. händische Herstellung in eine Massenfertigung überführen. Zur Verdeutlichung: Bei einer händischen Fertigung wird für die hergestellten Platten in "Platten pro Schicht" gesprochen. Bei einer Massenfertigung ist die Fertigung mit deutlich geringerer Mitarbeiterzahl möglich und die Fertigungszahl misst sich an "Meter pro Schicht" oder "Quadratmeter pro Schicht". Beim Übergang von der händischen zur bahnbasierten Fertigung kann von einer Erhöhung der Fertigungskapazität ungefähr um den Faktor 5 ausgegangen werden. Zudem ist in der automatisierten Fertigung eine reproduzierbare Qualität unabhängig vom Einfluss der BedienerInnen und somit ein reproduzierbarer Prozess sichergestellt. Die entwickelte Automatisierung wird in den "digitalen Zwilling" des Rolle-zu-Rolle/Rolle-zu-Piece-Verfahrens für Flow-Batterien überführt. Des Weiteren wird ein digitaler Zwilling für die zwei Prozessschritte, d.h. den Stapelprozess und den Rolle-zu-Rolle/Rolle-zu-Piece-Verfahrens, erstellt und verbunden.

Life Cycle Assessment, Eco-Design und techno-ökonomische Modellierung sorgen für eine CO₂-sparsame und energieeffiziente Produktion sowie die richtigen Recycling-Ansätze. Die Fertigungstechnologien haben das Potenzial, zu einer massiven Kostenreduktion von Redox-Flow-Batterien zu führen und diese stationären Speicher, welche ohne knappe Batteriemetalle funktionieren, als Eckpfeiler der Energiewende zu etablieren.

Für den geplanten Ausbau der Erneuerbaren Energien und damit zum Erreichen der Klimaziele der Bundesregierung ist die Implementierung von Energiespeichern, die auf mehreren Zeitskalen Strom vorhalten, erforderlich. Speicherlösungen im Bereich mehrerer Stunden können am flexibelsten mit Batteriespeichern umgesetzt werden.

Redox-Flow-Batterien (RFB) werden im Bereich der Stundenspeicherung von Erneuerbaren Energien eine der kostengünstigen Lösungen sein, da sie bei entsprechender Skalierung der Produktionsanlagen lange Lebensdauern mit vergleichsweise niedrigen Kosten bieten können. Als Beispiel werden für Vanadium-RFB-Systeme (VRFB) Stromspeicherkosten (LCOS) von 380-400 €/MWh geschätzt (K.E. Rodby, 2020). Jedoch sind die Abschreibungszeiten herkömmlicher VRFB noch zu lang, als dass sie im kommerziellen Umfang in Masse eingesetzt werden. Hierzu trägt neben den bisher hohen Produktionskosten auch bei, dass die Gewinnspannen, welche zum Beispiel mit gewöhnlicher Arbitrage erzielt werden können, in der

Regel zu gering sind, als dass ein Speicher in Deutschland kostendeckend am Netz betrieben werden kann. Aus diesem Grund werden diese Art von Batterien heute hauptsächlich in Nischenanwendungen oder in ausländischen Märkten angeboten. Um Redox-Flow-Batterien zu einer weiteren Integration in den Markt zu verhelfen, müssen die Preise der Systeme erheblich gesenkt werden. Bei VRFB gibt es eine untere Grenze, welche durch die Herstellungskosten des Vanadium-Elektrolyten gegeben ist. Dieser ist mit 60-80 €/kWh durch den Vanadium-Preis festgesetzt. Unterhalb dieser Grenze können VRFB nicht gebaut werden.

Jedoch ist es möglich, die hohen Speicherkosten der VRFB-Elektrolyte durch Leasing-Systeme finanzierbar zu machen. Dies ist gut möglich, da der Elektrolyt am Ende seiner Lebenszeit noch einen Restwert besitzt, welcher am Ende des Projektes eingelöst werden kann. Hier können gängige Verfahren aus dem Edelmetall-Leasing eingesetzt werden. Um die Kosten der Speichereinheiten jedoch weiter zu senken, soll das Projekt „MultiFlow“ ansetzen. Siemens Energy möchte mit Partnern aus der Industrie und mehreren Fraunhofer Instituten die Leistungskomponente, den sogenannten Stack, mit Hilfe von modernen Rolle-zu-Rolle-Verfahren und digitaler Optimierung qualitätskritischer Prozessabläufe nachhaltiger und kostengünstiger produzieren. Die Kosteneinsparung soll konsequent durch Nutzung sämtlicher Skaleneffekte erreicht werden. Hierzu sollen neue Technologien helfen. Denn obgleich auch in Deutschland bei einigen Firmen in Produktionstechnik für Redox-Flow-Batterie-Stacks investiert wird, fehlt es an hoch-automatisierter Produktionstechnik, um mit wirklich großen Serien sämtliche Skaleneffekte nutzen zu können.

Der Einsatz neuer digitaler Techniken kann helfen, in einer Produktion von RFB-Stacks möglichst effektiv Kosten und Ressourceneinsatz zu minimieren. Im Projekt MultiFlow sollen mit Hilfe eines digitalen Zwillings neuartige Produktionsprozesse im Stack-Rahmen im Modell kombiniert sowie die Taktzeiten optimiert werden. Hierfür sollen schnelle Rolle-zu-Rolle- und Rolle-zu-Piece-Prozesse entwickelt werden, welche die Taktzeit in der Fertigung reduzieren sollen und somit auch die Kosten verringern. Der Ressourceneinsatz soll durch Analysemethoden wie des „Life Cycle Assessment“ (LCA) und „Life Cycle Cost Analysis“ (LCC) untersucht und mit den Kosten korreliert werden, um so ein Optimum zwischen Ökologie und Ökonomie zu finden. Dieses schließt bei der Betrachtung die letztendliche Verwertung am Lebensende mit ein. Die Rückführung dieser Erkenntnisse auf das ursprüngliche Design wird „Eco-Design“ genannt und soll konsequent im Projekt angewendet werden. Ein cloud-basiertes prädiktives Wartungskonzept rundet den Fabrikationsentwurf für die großskalige Fertigung ab.

Mit Hilfe der an konkreten Testmaschinen entwickelten Produktionstechniken und des Prozessmodells im „digitalen Zwilling“ inkl. des cloud-basierten „Prädiktiven Wartungs-Konzepts“ können mittelfristig Investitionen in eine vollautomatisierte Fertigung getätigt werden, da die Risiken mit Hilfe dieser Modelle minimiert werden können. Dies hilft auch Firmen in Schlüsselbranchen, wie Siemens Energy, die notwendigen Schritte zu gehen, um das Technologieportfolio für die Energiewende umzugestalten und in einem kompetitiven internationalen Geschäftsfeld auch zukünftig bestehen zu können. Gleichzeitig werden durch das gezielte Nachhaltigkeitskonzept schon bei der Auslegung der Produktion Impulse gesetzt, den zirkularen Gedanken mit in die Erstellung von Produkten aufzunehmen. Gerade Redox-Flow-Batterien bieten von allen Batterietechnologien aufgrund ihrer Modularität und der konsequenten Verwendung von Kunststoffmaterialien wie Polyethylen und Polypropylen die besten Voraussetzungen, eine gute Materialtrennung zu erzielen und günstige Recyclingstrategien zu entwickeln. Im Projekt

MultiFlow soll dieser Gedanke entlang der gesamten Fertigung des Stacks überlegt und neu konzeptioniert werden, um Ökonomie und Ökologie mit Hilfe digitaler Techniken zu vereinen.

1.2.4 ProMoBatt - Prozessmodellierung zur Optimierung der Batteriezellfertigung

Durch die Entwicklung Digitaler Zwillinge sollen relevante Komponenten der Stapelbildung analysiert und optimiert werden. Anhand dieser Modelle wird eine hochproduktive Stapelbildungsanlage entworfen und umgesetzt.

Konsortialführer	Partner
Jonas & Redmann Automationstechnik GmbH Segelfliegerdamm 65 12487 Berlin https://www.jonas-redmann.com/	• BST GmbH • J.Schmalz GmbH • Carl Zeiss Industrielle Messtechnik GmbH • Custom Cells Itzehoe GmbH • Karlsruher Institut für Technologie, wbk Institut für Produktionstechnik • Technische Universität Berlin, Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb IWF • Hochschule Aalen, Institut für Materialforschung IMFAA

Die Wirkzusammenhänge in den Produktionsprozessen der Batteriezellfertigung sind bis dato nicht in ihrer Gänze verstanden. Diese Problematik stellt nach wie vor für den deutschen Produktionsstandort ein Hemmnis dar, Batteriezellen für den globalen Markt effizient und wirtschaftlich in hohen Stückzahlen zu fertigen. Sowohl die Entwicklung und Bereitstellung der notwendigen Produktionsmaschinen, als auch deren Inbetriebnahme und Betrieb sind hiervon betroffen. Vor allem bietet der Prozessschritt der Zellstapelbildung ein hohes Potential, um im gesamtheitlichen Kontext der Batteriezellfertigung Optimierungen anzustreben. Im Rahmen des Projektes ProMoBatt (Prozessmodellierung zur Optimierung der Batteriezellfertigung) wird der Prozessschritt der Zellstapelbildung in einem Konsortium aus relevanten Charakteren der Wissenschaft und Industrie durch die Entwicklung performanter Prozessmodelle systematisch und nachhaltig optimiert. Auf dieser Basis wird die Entwicklung neuer innovativer technischer Lösungen aus den Bereichen der Materialbahnführung, Greif- und Handhabungstechnik und Qualitätssicherung angestrebt und in einem Anlagensetup zur Anwendung gebracht.

3. Innovative Prüf- und Zertifizierungsverfahren

1.3.1 E-LAS+ - Entwicklung eines multimodalen In-Line-Prüfverfahrens für den Einsatz adaptiver Laserschweißprozesse

Im Projekt e-LAS+ wird ein akustisches In-Line-Prüfverfahren für das Laserschweißen Batteriezellen entwickelt sowie eine KI-basierten Plattform, um ein wirtschaftliches Betreiben von Laserschweißanlagen auch für kleinere Losgrößen zu ermöglichen. Ebenso steht die prädiktive Prozessanpassung im Mittelpunkt der Entwicklungen, um ein multimodales Prüfverfahren zu schaffen. Hierfür wird die gesamte Wertschöpfungskette verbessert und Erfahrungswerte von Maschinenbedienern systematisch erfasst und berücksichtigt.

Konsortialführer NeuroControls GmbH Tal 44 80331 München https://neurocontrols.io/	Partner: • NeuroControls GmbH (Projektkoordination) • Fraunhofer-Institut für Digitale Medientechnologie IDMT • SSI Software Services GmbH • SITEC Industrietechnologie GmbH • VRI GmbH Batterie Technik
--	--

Das Laserschweißen ist für sicherheitskritische Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt, der Medizintechnik sowie in weiteren Feldern von enormer Bedeutung. Im Bereich der Elektromobilität wird es bereits für die Fertigung von Batterien in großen Stückzahlen eingesetzt. Die Herausforderung beim Laserschweißen besteht darin, eine optimale Wärmeaufbringung durch den Laser zu erzeugen, so dass durch die Schweißnaht eine zuverlässige Verbindung hergestellt wird, um dennoch Beschädigungen der Zelle zu vermeiden. Aktuell erfolgt die Ermittlung der optimalen Prozessparameter für den Schweißprozess über einen sehr aufwendigen, iterativen Prozess, mit zahlreichen zerstörenden Tests.

Ziel des Projekts e-LAS+ ist es, Laserschweißen auch für kleinere Losgrößen 1-100.000 Stück wirtschaftlich attraktiv zu gestalten. Dafür sind wesentliche Entwicklungen entlang der Wertschöpfungskette auf Maschinen -und Laserprozessebene sowie im Bereich Mess- und Prüfverfahren notwendig: (1) Entwicklung eines adaptiven Laserschweißprozesses; (2) Entwicklung eines multimodalen In-Line-Prüfverfahrens; (3) Entwicklung eines digitalen Assistenzsystems; (4) Bau einer Pilotanlage / eines Demonstrators.

Das in e-LAS+ entwickelte In-Line-Prüfverfahren für Laserschweißen soll sowohl prädiktive wie auch korrektive Prozessanpassungen ermöglichen. Auf einer digitalen Plattform sollen für künftige Schweißvorgänge Prozesseinstellungen dokumentiert und im Rahmen des Fertigungsprozesses intelligent anpassbar sein. Somit sollen künftig auch Maschinenbediener durch ein digitales Assistenzsystem unterstützt werden. Gleichzeitig werden Erfahrungswerte von Maschinenbedienern über ein einfaches Verfahren qualitativ erfasst, um dieses Expertenwissen zu dokumentieren und für künftige Prozessoptimierungen nutzbar zu machen. Diese Entwicklungen sollen auch auf weitere Anwendungsfelder übertragbar sein.

Das multimodale In-Line-Prüfverfahren sowie das Wissensmanagement-System mit entsprechendem Assistenzsystem soll in einer Pilotanlage demonstriert werden. Nach Projektende sollen die Anlage sowie die entsprechenden Systeme in ca. einem Jahr zur Serienreife entwickelt werden, sodass ein Markteintritt Anfang 2027 realisiert werden kann.

1.3.2 GRISU - Neuartige Prüfmethode und innovative Brandschutzmaßnahmen für die Entwicklung von Großbatterien

Die Ziele des Forschungsvorhabens GRISU sind es, einerseits das Risiko für große Brände bei der Durchführung standardisierter Sicherheitstests in Prüflaboren für Batterien der Elektromobilität zu verringern und Prüfverfahren durch den demonstrativen Aufbau von Prüfumgebungen zur Abdeckung notwendiger Beschleunigungs- und Frequenzbereiche weiterzuentwickeln.

Die aufgebauten Demonstratoren werden nach Ablauf des Förderprojekts des Equipments weiter genutzt.

Konsortialführer Messring GmbH Friedrichshafener Str. 4c 82205 Gilching	Partner: • Linxens GmbH • Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE • Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
--	--

Das Ziel des Forschungsvorhabens GRISU ist es, das Risiko für große Brände bei der Durchführung standardisierter Sicherheitstests in Prüflaboren für Batterien der Elektromobilität zu verringern und Prüfverfahren weiterzuentwickeln.

Im Rahmen von GRISU werden prüfverfahrensgerechte und wirkungsvolle Brandschutzmaßnahmen entwickelt, um in der Praxis, günstig zu beschaffende Prüfinfrastruktur zu verwenden, die im Schadensfall aufgeben wird, entgegenzuwirken.

Weiterhin wird die Weiterentwicklung von neuartigen Prüfverfahren zur realitätsnahen Erprobung für großflächige Fahrzeugbodenbatterien adressiert. Die bisher in den Prüfungen nicht berücksichtigte Verwendung und Biegung des Battery Packs mit seiner Resonanzüberhöhung soll in einem neuartigen Vibrationsprüfstand abgebildet werden. Die hierbei höheren Risiken für einen Schadensbrandfall müssen durch geeignete Brandschutztechnik zielführend abgesichert werden. Unser Ziel ist der Aufbau einer geeigneten Versuchsumgebung mit realitätsnahen Umgebungslasten zur Abdeckung notwendiger Beschleunigungs- und Frequenzbereiche der mechanischen Belastung für große Fahrzeugbodenbatterien mit ca. 750 kg. Am Vibrationsteststand stellen sich vielfältige Herausforderungen wie die Biegung und Verwindung des Fahrzeugbodens bei realitätsnahen Schnittstellenimpedanzen und Freiheitsgraden bei Hochfrequenz-Anregungsgüten bis in den Nanometerbereich.

Mit der Zusammenführung beider Ansätze unter Lösung der genannten Herausforderungen werden allgemein nutzbare Verfahren zur Beherrschung des Brandrisikos sowohl in der Anwendung eines

Laborbetriebs demonstriert als auch der Transfer der erarbeiteten Lösungen in verschiedene Anwendungen ermöglicht. Dabei ist es von zentraler Bedeutung, dass neuartige Prüfverfahren erst mit verifiziertem Brandschutzkonzept sinnvoll umgesetzt werden können.

Im Rahmen des Verbundprojekts entwickelte Demonstratoren inklusive passiver Brandschutzlösungen werden während der Projektlaufzeit bei den Partnern aufgebaut, wodurch die Weiternutzung des Equipments nach Ablauf des Förderprojekts gewährleistet wird. Durch das Engagement der Projektpartner in Normungsgremien, sowie durch vielfältige Veröffentlichungen, werden die Ergebnisse und Erkenntnisse einer breiten Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt.

1.3.3 HealthBatt - Effiziente und Integrierte Sensorik für Intelligente, Nachhaltige und Sichere Batteriesysteme

Im Forschungsprojekt HealthBatt sollen Batteriespeicher in einer Multi-Unit mit Sensoren ausgestattet werden, um längere Betriebszeiten und Zweitnutzungsstrategien zu ermöglichen. Die Erfassung und Auswertung der Belastungshistorie ermöglicht eine genauere Abschätzung zum Zustand des BS gegenüber herkömmlichen Systemen. Durch diesen Informationsgewinn kann die Lebensdauer besser abgeschätzt, unerwartete Ausfälle vermindert und Intervalle zwischen Reparaturen und Wartungen individualisiert werden. Hiervon können sowohl Hersteller als auch Anwender profitieren.

Konsortialführer VARTA Storage GmbH Nürnberger Str. 65 86720 Nördlingen https://www.varta-ag.com/de/	Partner: • Infineon Technologies AG (IFX) • Technische Universität München, Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften IWB • Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC
---	--

Die Elektrifizierung konventioneller Antriebe wurde im Rahmen des Nationalen Entwicklungsplans Elektromobilität der Bundesregierung als zentrales Element einer effizienten und nachhaltigen Mobilität identifiziert.

Bei vielen Anwendungen endet der Produktlebenszyklus des BS jedoch mit dem Erreichen eines Gesundheitszustands von 80 %. Aus wirtschaftlichen Gründen wird dieser Speicher in den meisten Fällen dem Recyclingprozess zugeführt und nicht weiter genutzt. Im Hinblick auf die Nachhaltigkeit bleibt daher noch erhebliches ungenutztes Potenzial, welches erlaubt, dass der BS in einem Second-Use, beispielsweise zur Speicherung von mittels Windkraft oder Photovoltaik erzeugter elektrischer Energie, eingesetzt wird. Aufgrund der Nähe zum Wohnraum und der geforderten hohen Anzahl an Ladezyklen in dieser Anwendung ist ein sicherer Betrieb der Energiespeicher zwingend erforderlich.

Mit Hilfe eines Multisensor-Ansatzes und intelligenter Datenverarbeitung soll im vorliegenden Forschungsvorhaben das auftretende Belastungsprofil (Temperatur, Schocks, Vibrationen usw.) eines BS ganzheitlich im Rahmen einer Zustandsüberwachung identifiziert werden. In einem geeigneten

Modulkonzept von VARTA wird eine Sensoreinheit integriert, die ein umfassendes Spektrum von physikalischen Messdaten abdeckt. Der neu entwickelte Speicher soll in stationären und/oder mobilen BS für landwirtschaftliche Anwendungen Einsatz finden und wird daher auch erheblich durch Erschütterungen belastet werden. Messwerte, die für die Zellalterung relevant sind, werden zur effizienteren Analyse vorgefiltert. Diese Belastungsprofile werden anschließend anhand von physikalischen Alterungsmodellen und unter Einsatz von Methoden der Künstlichen Intelligenz mit dem Status und der Restlebensdauer des BS korreliert. Anhand eines „Ampel“-Systems wird abgeschätzt, ob ein sicherheitsrelevanter Fehler vorliegt. Die Restlebensdauer wiederum kann genutzt werden, um eine Entscheidung zwischen der Möglichkeit einer Second-Life-Anwendung oder der Zuführung in den Recyclingprozess zu fällen. Dies wird eindeutig und klar sichtbar durch die integrierte Ampel visualisiert.

Um eine umfassende und leicht in bestehende oder neue Speichersysteme integrierbare Sensorik in Verbindung mit einer effektiven Vorhersage der Restlebensdauer effektiv untersuchen zu können, ist eine große Datenbasis und spezifische Expertise in verschiedenen Bereichen notwendig. Dazu zählen die zuverlässige und robuste Erfassung physikalischer Zustände, die produktionstechnische Erfahrung zur elektrischen Integration der Sensorik, Kenntnisse zu Alterungs- und Defektmechanismen elektrochemischer Energiespeicher sowie zur Informationstechnik und Künstlicher Intelligenz (KI).

1.3.4 LiPi - Schnelltest und Bewertung von Li-Plating zur Performanceverbesserung und Erhöhung der Betriebssicherheit von Li-Ionen Batterien

In diesem Projekt wird ein Schnelltest entwickelt, um die Neigung von Li-Ionen Zellen zur Ausbildung von Li-Plating zu charakterisieren und bzgl. Sicherheitsaspekten bewerten zu können. Dies ermöglicht nicht nur einen Vergleich verschiedener Produkte, sondern kann in der Entwicklung von Li-Ionen Zellen zur Optimierung eingesetzt werden.

Konsortialführer BatterieIngenieure GmbH Hüttenstr. 5 52068 Aachen https://batterieingenieure.de/en/home/	Partner: • TU Berlin - Fachgebiet Elektrische Energiespeichertechnik
--	--

Lithium Plating ist nicht nur ein Alterungsmechanismus, der zu einer der schnellsten Degradationen der Zellkapazität führt und zudem noch ein Sicherheitsrisiko durch Dendriten darstellt, sondern auch einer der wichtigsten Hinderungsgründe für geringe Ladezeiten z.B. in Elektrofahrzeugen. Plating wird durch hohe Ströme und niedrige Temperaturen verursacht, beides Zustände, denen Elektrofahrzeuge im alltäglichen Betrieb ausgesetzt werden können. Außerdem ist der Prozess vom Alterungszustand der Zelle abhängig. Daher ist es für die Hersteller von Batteriezellen unumgänglich, Batteriezellen bezüglich ihrer Platingcharakteristiken bewerten zu können, bevor sie in Anwendungen zum Einsatz kommen können, um sichere Betriebsgrenzen festlegen zu können. Diese Plating-Charakterisierung benötigt allerdings umfangreiche Messungen und hat einen hohen Zeit- und Kostenaufwand. Um den Aufwand und die

Kosten dieser Messungen zu reduzieren und die Ergebnisse zu einem einheitlichen Standard zu bringen, soll in diesem Projekt eine Methode für einen Schnelltest entwickelt werden, der eine Zelle bezüglich ihres Platingverhaltens kostengünstig und mit wenig Zeitaufwand charakterisieren soll. Die Ergebnisse dieses Schnelltests sollen einen Plating-Index liefern, mit dem verschiedene Zellen bezüglich ihres Platingverhaltens einfach verglichen werden können. In dem resultierenden Plating-Index sollen sowohl Grenzen wie z.B. maximaler Ladestrom oder Temperaturbereich für den sicheren Betrieb der Zelle ohne die Gefahr von Plating, als auch eine Sicherheitsbewertung der Zelle bezüglich ihres Platingverhaltens enthalten sein. Die Verfügbarkeit dieses Schnelltests soll dann zu geringeren Entwicklungszeiten und durch einen verbesserten Betriebsbereich zu längerer Lebensdauer der Zellen im Betrieb führen.

1.3.5 Longer - Lebensdaueroptimierte, intelligente Batteriespeichersysteme

Das Projekt Longer hat das Ziel die Lebenszeit und Ertragskraft von Energieheimspeichersystemen durch eine moderne Betriebsstrategie signifikant zu verbessern. Durch die entwickelten Software Tools wird es möglich das Lade- und Entlademanagement individuell auf das Nutzungsverhalten der Kunden einzustellen. VARTA Storage koordiniert diese Entwicklung mit führenden Partnern aus Industrie und Wissenschaft, um eine praxisnahe Implementierung auf Feldtestgeräte des Typs "VARTA.wall" umzusetzen.

Konsortialführer VARTA Storage GmbH Nürnberger Str. 65 86720 Nördlingen https://www.varta-ag.com/de/	Partner: • TWT GmbH Science & Innovation • Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) • NOVUM engineerING GmbH
---	---

Über moderne Datenanalyse Methoden werden verschiedene Nutzungsszenarien von stationären Energiespeichern praxisnah untersucht, um eine möglichst sichere Lastprognose zu erzeugen. Eine Lastprognose ist notwendig, um die Betriebsführung auf das jeweilige Nutzungsszenario abzustimmen.

Durch die Nutzung von Felddaten und moderner KI-Technologie wird in einem weiteren Schritt der „State of Health“ (SOH) der Batteriemodule untersucht. Ziel dieses ist es, Auswirkungen verschiedener Belastungsszenarien vorherzusagen und als Input für die lebensdaueroptimierte Betriebsführung zu verwenden. Die erzielten Erkenntnisse werden in einen Betriebsführungsalgorithmus überführt und auf einem von VARTA Storage entwickelten Heimspeichersystem integriert. Derzeit gibt es für prognosebasierte Steuerungen keine zuverlässigen Bewertungsverfahren im Labor. Ziel ist es daher optimale Testprofile zu entwickeln, welche bereits im Labor eine Fehlerbehebung ermöglicht und den Testaufwand reduziert. Zum Projektende werden die erzielten Ergebnisse im Rahmen eines vereinfachten (beschleunigten) Feldtests und eines Simulationsmodells unter Benutzung der entwickelten Verfahren überprüft. Hierzu ist der Aufbau eines Demonstrators geplant, um abzuschätzen, welche Maßnahmen auf System und Modulebene praxisnah in die Serie überführt werden können.

1.3.6 METABatt - Automatisierte und reproduzierbare Modellbildung des elektrischen, thermischen und Alterungsverhaltens von Batterien

Im Projekt METABatt wird ein automatisierter und reproduzierbarer Prüfablauf geschaffen, indem Batteriezellen elektrisch, thermisch und alterungsspezifisch vermessen, Messdaten ausgewertet und Modelle in den entsprechenden Domänen parametrisiert werden. Dieser Prüfablauf soll Nutzer dazu befähigen, per Knopfdruck einen automatisierten Prozess zu starten und als Ergebnis ein Batteriemodell, das zur Simulation oder für Algorithmen genutzt werden kann, zu erhalten.

Konsortialführer Digatron Power Electronics Tempelhofer Str. 12-14 52068 Aachen https://www.digatron.com/de-de/	Partner: • RWTH Aachen, Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe, Lehrstuhl für Elektrochemische Energiewandlung und Speichersystemtechnik (ISEA) • Safion GmbH • BatterieIngenieure GmbH
---	--

Im Projekt METABatt wird ein automatisierter und reproduzierbarer Prüfablauf geschaffen, indem Batteriezellen elektrisch, thermisch und alterungsspezifisch vermessen, Messdaten ausgewertet und Modelle in den entsprechenden Domänen parametrisiert werden. Der angestrebte Demonstrator soll Nutzer dazu befähigen, per Knopfdruck diesen Prozess zu starten und als Ergebnis ein Batteriemodell, das zur Simulation oder für Algorithmen genutzt werden kann, zu erhalten. Dabei ist für den Anwender kein tiefgehendes Fachwissen notwendig. Hierdurch können sowohl bei den Verwertern (OEMs, Zulieferer) neuer Batteriezellen als auch bei der Optimierung des Zellproduktionsprozesses erhebliche Zeit- und Kostenersparnisse erreicht und Produktentwicklungsprozesse beschleunigt werden. Entsprechende Batteriemodelle sind auch für die Systemauslegung, Betriebsstrategie und Bestimmung der Leistungsfähigkeit von beispielsweise Elektrofahrzeugen notwendiger Bestandteil und damit Schlüsselkomponente für viele Akteure in der Industrie.

Das Ziel des Vorhabens wird mithilfe von Weiterentwicklungen und Innovationen an mehreren Stationen entlang der Kette zur Modellbildung adressiert. Einerseits wird das Prüfequipment weiterentwickelt, um performanter, genauer und automatisierter Batterietests durchzuführen. Auf der anderen Seite werden innovative Konzepte entwickelt, die einen reproduzierbaren Prüfaufbau und -ablauf ermöglichen. Dies zielt sowohl auf die elektrische Kontaktierung, als auch auf die Sicherstellung vorgegebener Testbedingungen über die gesamte Dauer ab.

Die Integration innovativer Messverfahren in diesen automatisierten Ablauf ist fundamentaler Bestandteil des Projekts, da so schneller und genauer Messdaten für die Modellparametrisierung aufgezeichnet werden. Eine anforderungsspezifische Testplanung, die sich an vereinheitlichten Prozeduren für Batterietests orientiert, wird entwickelt. Abschließend müssen die im Prüfablauf aufgezeichneten Daten ausgewertet und Modellparameter identifiziert werden. Die Automatisierung dieses Prozesses benötigt die angestrebte Vereinheitlichung der Batterietests, was darüber hinaus die Vergleichbarkeit zu Tests mit anderen Batterien ermöglicht. Die identifizierten Parameter können in Kombination mit allen

aufgezeichneten Messdaten analysiert und korreliert werden, um Alterungseffekte von Batterien zu identifizieren und zu quantifizieren. Mit Unterstützung von maschinellem Lernen und künstlicher Intelligenz kann im Ergebnis zusätzlich die Gesamtheit der getesteten Prüflinge analysiert und damit hinsichtlich unterschiedlicher Qualitätsmerkmale bewertet werden.

1.3.7 Quaze - Entwicklung eines selbst lernenden Verfahrens zur Qualitätsbestimmung in der Batteriezellproduktion

Defekte in Batteriezellen können die Lebensdauer reduzieren und einen sicheren Betrieb gefährden. Daher ist eine möglichst frühe Erkennung wichtig. Bisherige zerstörungsfreie Verfahren erfassen kritische Defekte nur unzureichend und lassen häufig keine Rückschlüsse auf den Ort und die Ursache zu. Das Forschungsprojekt Quaze strebt die Entwicklung eines innovativen und zerstörungsfreien Prüfverfahrens für die präzise Messung von lokalen Volumenänderungen an Batteriezellen während der Zyklisierung an. Das Ziel ist es, die Lokalisierung von Batteriedefekten durch die Anwendung eines neuen Prüfverfahrens möglichst früh im Produktionsprozess zu ermöglichen. Das Verfahren basiert auf der orts aufgelösten Detektion mechanischer Änderungen an Batteriezellen und ergänzt die bisher übliche elektrische Charakterisierung. Dies verbessert die Qualität und Sicherheit von Batteriezellen. Durch eine frühe Erkennung in der Produktion kann der Ausschuss deutlich reduziert werden, was Kosten spart und die Umweltverträglichkeit der Batterietechnologie verbessert.

Konsortialführer Precitec Optronik GmbH Schleussnerstr. 54 63263 Neu-Isenburg https://www.precitec.com/de/	Partner: - Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE - Precitec GmbH & Co. KG
---	--

Defekte in Batteriezellen können die Lebensdauer reduzieren und einen sicheren Betrieb gefährden. Daher ist eine möglichst frühe Erkennung wichtig. Bisherige zerstörungsfreie Verfahren erfassen kritische Defekte nur unzureichend und lassen häufig keine Rückschlüsse auf den Ort zu.

Das Forschungsprojekt „Entwicklung eines selbst lernenden Verfahrens zur Qualitätsbestimmung in der Batteriezellproduktion und Anwendung auf Basis optischer Dickenmessung - Quaze“ strebt die Entwicklung eines innovativen und zerstörungsfreien Prüfverfahrens für die präzise Messung von lokalen Volumenänderungen an Batteriezellen während der Zyklisierung an. Das Ziel ist es, die Lokalisierung und Quantifizierung von Batteriedefekten durch die Anwendung eines neuen Prüfverfahrens möglichst früh im Produktionsprozess zu ermöglichen. Das Verfahren basiert auf der orts aufgelösten Detektion mechanischer Änderungen an Batteriezellen und ergänzt die bisher übliche elektrische Charakterisierung. Dies verbessert die Qualität und Sicherheit von Batteriezellen. Durch eine frühe Erkennung in der Produktion kann der Ausschuss deutlich reduziert werden, was Kosten spart und die Umweltverträglichkeit der Batterietechnologie verbessert.

Im Projekt werden verschiedene kommerzielle Batteriezellen während der Zyklisierung bei verschiedenen Parametern umfassend untersucht. Dabei werden sehr große Mengen an Messdaten generiert. Diese werden verwendet, um mit Machine-Learning-Verfahren, insbesondere Deep-Learning-Verfahren, Modelle zu generieren, welche Vorhersagen über die Alterungsentwicklung liefern. Diese Verfahren, in Verbindung mit hochgenauen punktuellen Messungen, ermöglichen eine wesentliche Verbesserung bisheriger Qualitätsbestimmungen und Lebensdauerprognosen.

Aus diesen innovativen KI-gestützten Messverfahren entstehen wichtige neue Erkenntnisse über den Zusammenhang von Defekten und der Volumenänderung von Batteriezellen, die deutlich über den aktuellen Wissensstand hinausgehen. Die Unterstützung des Konsortiums durch industrielle Partner aus der Batteriefertigung beschleunigt den Ergebnistransfer.

1.3.8 SAMBA - Scanning Acoustic Microscopy-basierte Batterie-Analyse

Im Rahmen des Forschungsprojekts SAMBA wird ein Ultraschall-basiertes zerstörungsfreies Prüfverfahren zur Untersuchung von Batteriepouchzellen in der Qualitätssicherung etabliert. Mithilfe von Scanning Acoustic Microscopy (SAM) werden Bilddaten vom Inneren der Zellen erstellt, die anschließend durch eine automatisierte Auswertungsroutine analysiert werden. Dafür wird ein selbstlernender Algorithmus implementiert, der Defekte erkennt, klassifiziert und lokalisiert. Dies erlaubt die Gewinnung wichtiger Informationen zur Ursache der Fehler. Zur Validierung der Methode werden sowohl Zellen mit gezielt eingebrachten Defekten als auch intakte Prüflinge untersucht. Die Charakterisierungsergebnisse werden mit herkömmlichen Analysemethoden verglichen und bewertet.

Konsortialführer PVA TePla Analytical Systems GmbH Deutschordenstr. 38 73463 Westhausen https://www.pvatepla.com/	Partner: - Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE - Microvast GmbH
---	--

Akustische Mikroskopie ist ein weitverbreitetes Prüfverfahren für den zerstörungsfreien Nachweis von Delaminationen, Rissen und Lunkern in Materialien aber auch in elektronischen Bauteilen. Ziel des SAMBA-Projekts ist es, mittels SAM mechanische Defekte auch in Batteriezellen zerstörungsfrei zu detektieren, die elektrisch nicht oder durch Überlagerung von Messwerten nur gering messbar sind.

Das Ziel des SAMBA-Projektes ist es diese Herausforderungen zu überwinden und eine SAM-basierte Analysemethode zu verwirklichen, welche auch den Durchsatz in der Qualitätssicherung von Batteriezellen deutlich erhöht. Das Projekt SAMBA plant dieses Ziel durch folgende Schritte zu erreichen:

- Aufbau eines SAM-Messtands mit ausreichender lateraler Auflösung, um Defekte in Mikrometerbereich innerhalb der Pouchzelle zu detektieren.

- Ausreichende Penetration der akustischen Wellenlänge ohne kritischen Energieverlust für eine über den gesamten Querschnitt vollständige Untersuchung der Pouchzelle. Hierzu werden sowohl Phased Arrays eingesetzt werden als auch Messungen in Transmission erfolgen.
- Erkennung von Messartefakten wie Multirefektionen und deren korrekte Interpretation. Die Messung soll attraktiv für den Einsatz in der Industrie sein und eine geringe Zeitdauer bei insgesamt niedrigen Kosten haben. Das wird durch eine Optimierung der Messparameter und der Geschwindigkeit des Sensorkopfes erfolgen.

1.3.9 SimDural - Simulation der Sicherheit eines unkontrollierten, thermischen Durchgehens in gealterten Zellen

Das Projektziel ist die Entwicklung eines integrierten Workflows für die simulationsbasierte Sicherheitsbewertung eines unkontrollierten, thermischen Durchgehens bei gealterten Batteriezellen. Der Workflow besteht aus einer innovativen Kombination von Experimenten und Simulationen, vom Molekül bis zur gesamten Zelle. Nach Projektende können die Projektpartner den Workflow oder einzelne Schritte zu kommerziell verfügbaren Produkten und/oder Dienstleistungen weiterentwickeln.

Konsortialführer Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft Petuelring 130 80809 München https://www.bmw.de/de/home.html	Partner: • EL-Cell GmbH • Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Angewandte Materialien - Elektrochemische Technologien • SGS Germany GmbH • Siemens Industry Software GmbH • TU Braunschweig, Institut für Partikeltechnik
---	--

Die stetig zunehmenden Anforderungen an die Reichweite in Elektrofahrzeugen resultieren in einer Steigung der Energiedichte von Zellen. Eine der größten Herausforderung bleibt weiterhin die Gewährleistung des heutigen Sicherheitsniveaus, insbesondere für Zellen mit höherer Energiedichte. Dabei ist es heute fast unmöglich in einer frühen Entwicklungsphase des Zelldesigns die Sicherheitsbewertung dieser Zellen im gealterten Zustand zu implementieren.

Das Hauptziel des Projekts SimDural ist die Entwicklung eines simulationsbasierten Workflows für die Sicherheitsbewertung eines unkontrollierten, thermischen Durchgehens bei gealterten Batteriezellen. Dazu werden im Rahmen des Forschungsprojekts Zellen gebaut und anschließend kontrolliert gealtert, wonach diese Zellen für eine chemische Analyse zerlegt werden. Für die Simulation werden Reaktionsgleichungen, Reaktionskinetik, Elektrolytverdampfung und Kurzschluss modelliert. Dabei wird eine Kombination aus Berechnungen auf molekularer Ebene, mit der Diskrete-Elemente-Methode und im Kontinuum mit elektrochemischen und thermodynamischen Modellen eingesetzt. Experimente zur Parametrierung dieser Modelle werden in Labor- und Pouch-Zellen durchgeführt, inklusive der Entwicklung eines speziellen Testgeräts zur Bestimmung von Gasprodukten. Die Missbrauchsfälle werden anhand eines proprietären physikalischen Modells der Vollzelle und anhand eines multi-physikalischen

3D-Modells mit homogenisierten Elektroden-schichten simuliert. Wichtiger Bestandteil des Projekts ist die mehrfach durchzuführende Validierung der Simulationen verschiedener Missbrauchsfällen von Zellen in unterschiedlichen Alterungszuständen.

Das Konsortium setzt sich als gemeinsames Ziel, dass der entwickelte Workflow aus einer intelligenten Kombination von Experimenten und Simulationen innerhalb von 3 Monaten durchgeführt werden kann. Damit kann der Workflow u. a. in einer frühen Phase des Entwicklungsprozesses zur Optimierung des Zeitdesigns eingesetzt werden.

1.3.10 SUSTAIN - Schädigungs- und Zustandsanalyse defekter Hochvoltbatterien

Im Zuge des Projekts soll der Prototyp eines Diagnosegerätes entwickelt werden, welcher auf Basis eines zu erarbeitenden Schadenskatalogs und darauf aufbauender Verfahren des maschinellen Lernens und der modellbasierten Zustandsdiagnose eine Analyse eines unbekannten Lithium-Ionen-Batteriesystems anfertigen kann. Hieraus erstellt das Gerät eine Gefährdungsbeurteilung und eine Einschätzung des Gesamtzustands.

Konsortialführer Ferchau Automotive GmbH Steinmüllerallee 2 51643 Gummersbach https://www.ferchau.com/de/de	Partner: • ACCUREC - Recycling GmbH • Voltavision GmbH • Rheinische Hochschule Köln gGmbH, Fachbereich Ingenieurwesen • Hochschule Aalen, Institut für Materialforschung IMFAA • Technische Hochschule Ingolstadt
---	---

Für eine effiziente sektorübergreifende Energiewende ist die Betrachtung des gesamten Lebenszyklus und damit zirkuläres Wirtschaften notwendig. Eine ressourcenschonende Kreislaufwirtschaft muss Energie und Material effizient nutzen, Prozesse müssen so effizient wie möglich gestaltet werden. Für die Gestaltung des Prozesses ist allerdings Vorwissen vonnöten. Batterien, nach einem Unfall oder nach längerer Benutzung, befinden sich in einem unbekannten oder nur teilweise bekannten Zustand hinsichtlich der verbleibenden Kapazität oder ihres Gefährdungspotentials. Möchte man diese nun optimal behandeln in Bezug auf Weiterverwendung, Transport oder Lagerung, so werden innovative Prüf- und Zertifizierungsverfahren notwendig, bzw. eine Digitalisierung des Lebenszyklus.

Forschungsgegenstand des Vorhabens SUSTAIN sind Lithium-Ionen-Batterien. Das Hauptziel des Projektes soll die wirtschaftliche Analyse eines möglicherweise beschädigten und daher zu entsorgenden Batteriepacks mit Hilfe eines zu entwickelnden Testgerätes sein. Hier ist zu unterscheiden zwischen defekten Batterien, welche keine Gefährdung darstellen und daher ohne großen Sicherheitsaufwand bei Transport und Lagerung in die Entsorgung gehen können, defekten Batterien, welche eine Gefährdung darstellen und daher besondere Sicherheitsmaßnahmen erfordern, und Batterien, welche weiter nutzbar sind, sei es in der ursprünglichen oder in einer 2nd Life-Anwendung. Das Gerät soll anwendungsnah entwickelt werden unter Einbeziehung eines Recyclingunternehmens und eines Laborbetreibers.

4. Anwendung von Batteriezelltechnologien der nächsten Generation

1.4.1 3D-Si-Elektrode - Entwicklung der Herstellungs- Technologie einer gewebebasierten dreidimensionalen Silizium-Elektrode

Der Forschungsverbund "3D-Si-Elektrode" hat die Entwicklung eines Beschichtungsverfahrens zur Herstellung mechanisch und strukturell stabiler gewebebasierter dreidimensionaler Siliziumelektroden für wiederaufladbare Lithium-Ionen-Batterien (LIB) zum Ziel, welche eine deutliche Lebensdauerverlängerung und höhere Zyklusstabilität aufweisen.

Konsortialführer elfolion GmbH Quedlinburger Str. 14 06485 Quedlinburg https://elfolion.de/	Partner: • Technische Universität Bergakademie Freiberg • Institut für experimentelle Physik • VARTA Microbattery GmbH
--	--

Das Ziel des Vorhabens besteht in der Entwicklung eines vakuumtechnischen Verfahrens zur Herstellung gewebebasierter dreidimensionaler Siliziumanoden für sekundäre Lithium-Ionen-Batterien (LIB), die den Ausdehnungs- und Schrumpfungseffekt bei der Be- und Entladung der Zellen (Lithiierung/ Delithiierung) mechanisch und strukturell kompensieren und damit zu einer deutlichen und somit nachhaltig wirksamen Lebensdauerverlängerung und Zyklenstabilität der LIB-Zellen führen. Der Lösungsweg besteht darin, die im Stand der Technik in der Regel verwendeten Kupferfolien durch einen gewebebasierten Stromkollektor mit Kupfer als elektrische Leitungsschicht und einer hochporösen und korrosionshemmenden Graphitschicht bestehend aus fraktalen Strukturen, die auf die elektrische Leitungsschicht abgeschieden wird, zu ersetzen. Hierzu soll die Technologie der Erzeugung fraktaler Festkörperstrukturen auf Silizium (Si) übertragen werden, um Strukturelemente $\leq 0,3 \mu\text{m}$ erzeugen zu können. Mithilfe derartiger Si-Strukturen soll eine verlustfreie Lithiierung/ Delithiierung sichergestellt werden.

Das angestrebte Verfahren soll unter Einbeziehung existierender Rolle-zu-Rolle-Vakuum-Beschichtungsverfahren für Stromkollektoren im Rahmen des Projekts eine Vorproduktionsreife erlangen. Dieser Ansatz begründet mit der Reduktion des Kupferanteils um den Faktor 6 bis 10 eine effizientere, ressourcenschonendere und nachhaltigere LIB-Technologie. Durch die Verwendung von Siliziumelektroden soll eine Steigerung der Speicherkapazität der Elektroden um den Faktor 4 bis 7 und der Zellen um den Faktor 2 bis 4 im Vergleich zum Stand der Technik erreicht werden.

1.4.2 3DPrintBatt - Nachhaltige, flexible additive Fertigungstechnologie für Natrium-Ionen-Festkörperbatterien

Im Projekt wird ein innovatives (Feststoff-)Batteriekonzept auf Natrium (Na)-Basis ohne den Einsatz von Kobalt (Co) und Lithium (Li) entwickelt, mit der Maßgabe, die Zellkomponenten mit Verfahren der additiven, drucktechnischen Fertigung zu erzeugen. Ein weiterer Fokus ist die Entwicklung von multi-modaler batteriespezifischer Analytik (in-Line, at-Line) und Anlagentechnik. Hierbei sollen diverse, absolut

innovative Analyse- und Präparationstechniken für die Batterieentwicklung dediziert weiterentwickelt werden.

Konsortialführer Carl Zeiss Industrielle Messtechnik GmbH Carl-Zeiss-Str. 22 73447 Oberkochen https://www.zeiss.de/messtechnik/home.html	Partner: • Varta Microbattery GmbH • Leica Microsystems CMS GmbH • Intego GmbH • db-matik GmbH • Horiba Europe GmbH • Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM • Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS • Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST • TU Braunschweig, Institut für Partikeltechnik • Institut für Nanotechnologie und Mikroskopie GmbH INAM
---	--

Im 3DPrintBatt Projekt wird ein innovatives (Feststoff-)Batteriekonzept auf Natrium (Na)-Basis ohne den Einsatz von Kobalt (Co) und Lithium (Li) entwickelt, mit der Maßgabe, die Zellkomponenten mit Verfahren der additiven, drucktechnischen Fertigung zu erzeugen. Ein weiterer Fokus ist die Entwicklung von multi-modaler batteriespezifischer Analytik (in-Line, at-Line) und Anlagentechnik. Hierbei sollen diverse, absolut innovative Analyse- und Präparationstechniken für die Batterieentwicklung dediziert weiterentwickelt werden. Die Entwicklungsarbeiten werden in aufeinander abgestimmten Entwicklungs-Tracks durchgeführt:

- LabTrack: Entwicklung der Analytik- und Probenpräparationstechnologie
- DigiTrack: Digitalisierung der Prozesse in Material- und Prozess-Simulationen
- EcoTrack: Entwicklung von Verfahren zur Bewertung der Nutzbarkeit der SSB in einer Kreislaufwirtschaft mit kontrollierbarem CO₂-Fußabdruck sowie deren Bewertung in einem ‚Life-Cycle-Assessment‘ (LCA)
- FabTrack: Rezeptentwicklung zur Herstellung von Batterien auf Na-Basis mittels Siebdruck zur Verwendung in einer kommerziellen Batteriezellfertigung in einer möglichen Pilotanlage.

1.4.3 KOLIBRI - Entwicklung nachhaltiger Komponenten für Li-Ionen-Batterien

Im Projekt "KOLIBRI" geht es darum, die Nachhaltigkeit und Recyclingfähigkeit von Lithium-Ionen Batterien zu verbessern. Dabei werden teure Rohstoffe, wie z .B. Graphit durch Sekundärrohstoffe (recovered Carbon Black) ersetzt, um ein innovatives, nachhaltiges Anodenmaterial zu entwickeln. Dabei wird gleichzeitig wesentlich weniger Fluor für den Elektrolyt notwendig. Dies verbessert die Umweltauswirkungen von Batterien erheblich.

Konsortialführer RCB Nanotechnologies GmbH Ludwigstr. 11 80539 München https://recovered-carbon-black.com/	Partner: • Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP • Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. • UniverCell Holding GmbH • Zeppelin Systems GmbH
---	---

Eines der Kernziele des Projektes „KOLIBRI“ ist es, ein nachhaltiges und innovatives Anodenmaterial für Lithium-Ionen Batterien zu entwickeln, um Sekundärrohstoffe einsetzen zu können und die Wiederverwertbarkeit der Zellen zu verbessern. Bisher ist Graphit, das in den Anoden zum Einsatz kommt, wesentlicher Bestandteil von Batterien. Sowohl die Herstellung von synthetischem Graphit als auch die bergmännische Gewinnung von Graphit hat jedoch eine Reihe von nachteiligen Umweltwirkungen.

Ziel des Vorhabens ist daher die Substitution des eingesetzten Graphits und Herstellung des Anodenmaterials auf der Basis eines Aerogels unter Verwendung eines hochreinen recovered Carbon Blacks (rCB) als sekundärem Rohstoff.

Die Firma RCB erreicht aktuell die höchsten Reinheitsgrade von recovered Carbon Black. Um die Substitution von Graphit zu ermöglichen, muss die bisher von RCB erzielte Reinheit eines rCB von 96-98% auf ca. 99% weiter gesteigert werden. Entscheidend ist es dabei, die Porosität bzw. die Oberfläche des recovered Carbon Blacks nicht zu zerstören, sondern eher die Porosität des rCB noch weiter zu erhöhen. Zudem soll auch die Recyclingfähigkeit des Anodenmaterials deutlich verbessert werden.

Daher arbeitet RCB gemeinsam mit den Partnern während des Vorhabens daran, den rCB-Reinigungsprozess zur Bereitstellung eines hochreinen rCBs weiter zu verfeinern sowie die entsprechenden Anlagentechnik zur Herstellung der einzelnen Komponenten zu entwickeln und aufzubauen und die entwickelten Verfahren und Komponenten auf einen industriellen Maßstab aufzuskalieren.

1.4.4 PEAK-Bat - Innovation in Prüfverfahren und Entwicklung zur Aufwandsreduzierung für zukünftige strukturelle Batteriesysteme

Ziel des Vorhabens sind neue strukturelle Batteriekonzepte und eine Aufwandsreduzierung bei der Absicherung, Zertifizierung und Homologation. Entwickelt werden Batteriedemonstratoren, Methoden zur virtuellen Absicherung, Handlungsanweisungen für Absicherungstests zur Zertifizierung und Homologation.

Konsortialführer Ford-Werke GmbH Henry-Ford-Str. 1 50735 Köln https://www.ford.de/	Partner: • Advanced Car Technology Systems GmbH & Co. KG • RWTH Aachen, Production Engineering of E-Mobility Components • SCIO Technology GmbH
--	---

	• TRUMPF SE + Co. KG • TÜV Rheinland Automotive Component Testing GmbH
--	---

Im Projekt „Innovation in Prüfverfahren und Entwicklung zur Aufwandsreduzierung für zukünftige strukturelle Batteriesysteme – PEAK-Bat“ werden Innovationen im Bereich der Entwicklung, Absicherung, Zertifizierung und Homologationen von neuartigen Elektrofahrzeugen entwickelt, um damit die Aufwände im Bereich der Produktentwicklung und den CO₂-Footprint von Batterien zu reduzieren.

Das Forschungsprojekt PEAK-Bat verfolgt zwei parallele Handlungsstränge. Zum einen werden innovative Produktansätze konzeptionell und fertigungstechnisch untersucht. Zum anderen werden hohe Absicherungs- und Prototypenkosten einer Batterie durch eine gezielte virtuelle, zerstörungsfreie Absicherung von Batterien in der Entwicklungsumgebung des Fahrzeugmodells adressiert.

Ford fokussiert drei Punkte. Ein Punkt ist mit Unterstützung der Partner die Konzeptionierung eines Cell-to-Pack Ansatzes auf Basis einer heutigen Struktur eines Fahrzeugs. Ein zweiter Punkt des Arbeitsgebietes von Ford ist die Unterstützung bei dem Aufbau und Validierung eines Demonstrators. Beide Punkte beziehen sich auf den Handlungsstrang des Produktes. Ein dritter und wesentlicher Punkt sind die virtuellen Methoden zur Absicherung der Batteriesicherheit und äußeren schlagartigen Belastungen. Mit diesem Punkt unterstützt Ford den Handlungsstrang der innovativen Prüfverfahren.

1.4.5 Ultrabatt - Entwicklung von Batterien mit gravimetrischer Energiedichte von 300 Wh/kg über 3 mm dicke Elektroden (Projekt abgeschlossen)

Ziel ist es Li-Ionen-Batterien mit hoher Energiedichte von 300 Wh/kg über ein neuartiges Herstellungsverfahren zum Pressen von 3 mm dicken Elektroden aus einem pastenartigen Stoffgemisch (Metallpulver, Aktivmaterial, hochsiedendem Elektrolyt, Additiven sowie Bindern) zu entwickeln. Über die Generierung idealer Grenzschichten (SEI, CDL) wird eine Batterierestkapazität von 85 - 90 % nach 5.000 Zyklen erzielt.

Das Projekt wurde in 2025 abgeschlossen.

Konsortialführer SOBEK Motorsporttechnik GmbH & Co. KG Badener Str. 8 69493 Hirschberg an der Bergstraße https://sobek-group.de/motorsports/	Partner: • Alfred Hermann GmbH & Co. KG • DORST Technologies GmbH & Co. KG • Universität Stuttgart Institut für Photovoltaik • Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA) - Zentrum für Digitalisierte Batteriezellproduktion
---	---

Das Ziel des Forschungs- und Entwicklungsprojekts ist die Entwicklung von Li-Ionen-Batterien mit hohen Energiedichten von ca. 300 Wh/kg mittels eines neuartigen Herstellungsverfahrens. Hierbei wird eine Mischung bestehend aus Aktivmaterial, hochsiedendem Elektrolyt, Additiven sowie Bindern hergestellt und verdichtet. Anschließend wird der Vorpressling in Halbschalen eingelegt und mittels Kaltpressen gefügt. Dadurch können erstmals dickere Elektroden (~ 3 mm) als beim klassischen Coatingverfahren ($< 0,3$ mm) realisiert werden. Es soll ein langlebiges Produkt mit einer Restkapazität von 85 % - 90 % der initialen Kapazität nach 5.000 Zyklen entwickelt werden. Dies soll durch einen optimierten Formierprozess zur Ausbildung idealer Grenzschichten, wie der Solid Electrolyte Interphase (SEI) und Cathodic Decomposition Layer (CDL), umgesetzt werden. Hier soll der Energiebedarf deutlich gesenkt werden, verglichen mit herkömmlichen Prozessen. Ein weiterer Vorteil entsteht durch den Verzicht auf giftige Lösungsmittel wie z.B. N-Methyl-2-pyrrolidon (NMP), wodurch der Herstellungsprozess umweltfreundlicher und energiesparender ist.

Durch einen funktionalen, ionenleitenden Feststoff-Separator und den Einsatz hochsiedender Elektrolyte wird die Sicherheit gegenüber konventionellen Li-Zellen erheblich verbessert. Der Separator soll umweltfreundlich durch den Verzicht auf perfluorierte Polymermembranen sein und sicher durch hohe Temperaturbeständigkeit, Benetzbarkeit, Durchstoßfestigkeit und Beständigkeit gegen Schrumpfen. Weiterhin erfolgt die Entwicklung eines Batteriemanagementsystems (BMS) mit integriertem Heizsystem zur Temperierung der Batterie ($20\text{ °C} - 40\text{ °C}$). Das BMS regelt die Zellspannung, das Zellbalancing sowie die Temperatur, sodass ein schonender Betrieb sowie ideale Wirkungsgrade beim Be- und Entladen erreicht werden. Dadurch wird die Lebenszeit erhöht und führt zu weniger nötigen Wechseln des Energieträgers, wodurch Ressourcen geschont und die Umweltfreundlichkeit erhöht wird.

5. Qualifizierungs- und Ausbildungsmaßnahmen

1.5.1 ABAKOS - Aufbau Batteriekompetenz – Saarland

Die Transformation der Autoregion Saarland ist angelaufen. Die Umstellung hin zu elektrischen Antrieben, auch mit Batterie, muss erfolgen. Entlang dieses Lebenszyklus muss die industrielle Umsetzung aufgebaut werden. Hierzu bedarf es der entsprechenden Kompetenzen.

ABAKOS begleitet den Transformationsprozess im Saarland und wird dabei weltweit industrielle Lösungen entlang des Lebenszyklus der Batteriezellfertigung (vom Rohstoff bis hin zum Recycling) sichten und bewerten. Abzuleiten ist hieraus, welche Kompetenzen zukünftige Beschäftigte aufweisen müssen und dies bei einem hohen Automatisierungsgrad in Deutschland. Um diesen Wirtschaftsbereich auf- und ausbauen zu können, müssen Qualifizierungsmaßnahmen und Qualifikationsprofile in der Batteriezellfertigung erprobt und skaliert werden.

Konsortialführer Festo Lernzentrum Saar GmbH Obere Kaiserstr. 301 66386 St. Ingbert https://www.festo-lernzentrum.de/	Partner: • Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes, Professuren für Wirtschaftsingenieurwesen (htw/WI), Internationales Logistikmanagement (htw/ILM) & Fertigungstechnik (htw/FT) und Continuing Education Center Saar (CEO) • Cluster Autoregion e. V. • Universität des Saarlandes (UdS) mit dem Transfercentre Sustainable Electrochemistry (UdS/TSE) und den Lehrstühlen für Konstruktionstechnik (UdS/LKT), Funktionswerkstoffe (UdS/FuWe) & Fertigungstechnik (UdS/LFT) • Ford Werke GmbH • Woll Maschinenbau GmbH
---	---

Die Transformation der Autoregion Saarland ist angelaufen. Die Umstellung hin zu elektrischen Antrieben, auch mit Batterie, muss erfolgen. Entlang dieses Lebenszyklus muss die industrielle Umsetzung aufgebaut werden. Hierzu bedarf es der entsprechenden Kompetenzen.

Das Projekt ABAKOS (Aufbau Batteriekompetenz – Saarland) begleitet und unterstützt aktiv den Transformationsprozess im Saarland. Unter der Leitung des Festo Lernzentrums wird ein kompetentes Partnernetzwerk aus Hochschulen, Automobilcluster und sonstigen Unternehmen Lösungen für die Region entwickeln.

Das Ziel des Projektes ist es, Mitarbeitende für die Batteriezellfertigung bedarfsorientiert zu qualifizieren, was einerseits die Ansiedlung von Batterieherstellern im Saarland unterstützt, andererseits aber auch den Umbau der Automobilindustrie vom Verbrenner zum E-Auto begleiten soll. Die Industrialisierung der Batteriezellfertigung, entlang des gesamten Lebenszyklus der Batterie steckt noch in den Kinderschuhen:

Von der Rohstoffgewinnung, über die Produktion, Montage, Maintenance bis zu Second-Life und Recycling von Batterien fehlen einerseits noch ökologisch und sozial vertretbare sowie industrietechnisch machbare Lösungen und andererseits werden diese durch entsprechend kompetente und qualifizierte Beschäftigte entwickelt und umgesetzt. Eine besondere Herausforderung ist dabei auch, dass der Automatisierungsgrad in Deutschland und Europa deutlich höher sein muss, um wirtschaftlich agieren zu können, als dies z. B. in Asien oder Südamerika der Fall ist. Hieraus ergibt sich aber auch die Chance, die Marktführerschaft in den verschiedenen Bereichen der Batteriezellfertigung herauszuarbeiten.

ABAKOS hat sich zur Aufgabe gemacht, industrielle Lösungen entlang der Batteriezellfertigung, aber auch Fragen der Wartung (Maintenance) zu sichten und zu bewerten, um hieraus abzuleiten, welche Kompetenzen zukünftige Beschäftigte in diesen Bereichen aufweisen müssen. Hieraus werden dann Qualifikationsprofile und Qualifikationsmaßnahmen entwickelt, die im Projekt erprobt und evaluiert werden. Anschließend stehen diese Maßnahmen zur Verbreitung zur Verfügung und werden diesen Transformationsprozess anstoßen und begleiten. Das Projekt ist auf eine Laufzeit von fünf Jahren angelegt und wird mit dem Bereich Montage beginnen. Im Bereich der Maintenance sind Werkstätten heute schon mit einer extremen Vielfalt an Herausforderungen konfrontiert. Sukzessiv erfolgt die Ausarbeitung aller Bereiche entlang des Lebenszyklus Batterie. So ergibt sich die große Chance, den regionalen Wandel zu begleiten, voranzutreiben und eine neue, verantwortungsvoll ausgerichtete Industrie zu etablieren.

1.5.2 B3 Bayern - Förderung von Qualifizierungsmaßnahmen für die Batteriezellfertigung

Das B3 Batterie-Bildungsnetzwerk Bayern entwickelt Qualifizierungsangebote, Maßnahmen für Arbeitsprozesse und Angebote für betriebliches Bildungspersonal. Ziel ist die Qualifizierung von Personal im Bereich Batteriezellfertigung. Es entstehen Praxismodule und virtuelle Lerneinheiten, die individuelle modulare "learning journeys" ermöglichen, um eine passgenaue Qualifizierung sicherzustellen. Das Angebot wird von insgesamt neun fachlichen und didaktischen Partnern anhand des Bedarfs regionaler Unternehmen erarbeitet. Ein Ausbau des Angebots (Erweiterung auf Komponenten, mehrsprachige oder barrierearme Inhalte, ...) sind nach Projektende denkbar.

Konsortialführer Bayern Innovativ Am Tullnaupark 8 90402 Nürnberg https://www.bayern-innovativ.de/de	Partner: • SKZ - KFE gGmbH • Bildungswerk der Bayerischen Wirtschaft (bbw) gGmbH • RWTH Aachen, Institut für Arbeitswissenschaft • Fraunhofer FuE-Zentrum für Elektromobilität Bayern FZEB am Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC • Bayerisches Zentrum für Batterietechnik (BayBatt) an der Universität Bayreuth • Hochschule für angewandte Wissenschaften Landshut
---	---

	• Fraunhofer-Institut für Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik (IGCV) • TU München, Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb) • TH Würzburg-Schweinfurt
--	---

Das B3 Batterie-Bildungsnetzwerk Bayern erfasst die Bedarfe in den Unternehmen und entwickelt hieraus drei Qualifizierungsschwerpunkte. Diese sind Kurzzeitmodule (Modul-Batt), arbeitsprozessorientierte Maßnahmen (APO-Batt) und Angebote für betriebliches Bildungspersonal (Coach-Batt). Um einen hohen Praxisbezug der Qualifikationsangebote sicherzustellen, arbeiten fachliche Partner (Hochschule oder Forschungseinrichtung) und didaktische Partner (Bildungsträger) mit den beteiligten Unternehmen gemeinsam am Angebot.

Neben praktischen Modulen werden virtuelle Lerneinheiten über ein Lern-Management-System (LMS) zur Verfügung gestellt. Dadurch können individuelle, modulare „Learning Journeys“ angeboten werden, die eng am Bedarf der Unternehmen orientiert sind. Die Praxismodule finden in Lernlaboren statt. Durch eine starke regionale Vernetzung und regelmäßigen Austausch ist sichergestellt, dass die entwickelten Inhalte nachhaltig zum Einsatz kommen können und am tatsächlichen Bedarf in den Unternehmen orientiert sind.

1.5.3 BatterieMD - Bildungsverbund BatterieMD Ökosystem Batterie in Mitteldeutschland

Der Bildungsverbund BatterieMD widmet sich der Entwicklung und Implementierung von systematischen, bedarfsgerechten und nachhaltigen Qualifizierungskonzepten entlang der Wertschöpfungskette Batteriezellfertigung in den Ländern Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen (Mitteldeutschland, MD), um eine dynamische Fachkräftebasis aufzubauen, die den Kompetenz- und Qualifikationsanforderungen von zukunftsorientierten Produktionsprozessen über die gesamte Wertschöpfungskette entspricht.

Konsortialführer Energy Saxony e. V. Tatzberg 47 01307 Dresden https://energy-saxony.net/	Partner: • Automotive Cluster Ostdeutschland GmbH • ELMUG Elektronische Mess- und Gerätetechnik Thüringen eG • Berufsfortbildungswerk Gemeinnützige Bildungseinrichtung des DGB GmbH • ERFURT Bildungszentrum gGmbH • Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt Halle GmbH • VHS-Bildungswerk GmbH, AWZ Gotha • Duale Hochschule Gera-Eisenach • Universität Erfurt FG Berufspädagogik und Weiterbildung
---	--

	Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS
--	--

Ziel des Projektes Bildungsverbund BatterieMD – „Ökosystem Batterie in Mitteldeutschland“ ist die Bildung des Kompetenztrios BatterieMD gemeinsam mit Innovationsclustern der Energietechnologie- und Automobilbranche, Trägern der beruflichen Bildung und wissenschaftlichen Einrichtungen, um gemeinsam aktuelle und künftige Qualifizierungsbedarfe von Unternehmen entlang der mitteldeutschen Wertschöpfungskette der Batteriezellfertigung in den Ländern Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen zunächst zu identifizieren und darauf aufbauend ein systematisches, bedarfsgerechtes und nachhaltiges Qualifizierungskonzept zu entwickeln, erproben, implementieren und verbreiten.

Das Vorgehen erfolgt in drei Schritten: Die Identifizierung der Qualifizierungsbedarfe basiert einerseits auf einer Unternehmensbefragung und andererseits auf einer systematischen Beschreibung der Arbeits- und Produktionsprozesse entlang der Wertschöpfungskette auf der Grundlage von Unternehmensfallstudien sowie wissenschaftlichen Projektionen, in die aktuelle technologische Entwicklungstendenzen einfließen. Die so identifizierten Kompetenz- und Qualifizierungsbedarfe werden - gemeinsam mit Sozialpartnern und relevanten Arbeitsmarktakeuren - mit bestehenden Berufsprofilen und Fachkräftepotenzialen abgeglichen, und es werden Strategien zur nachhaltigen Fachkräftesicherung in der Region entwickelt.

Auf dieser Grundlage erarbeiten die Konsortialpartner mit weiteren Partnern ein Qualifizierungskonzept, das passgenaue Umschulungs- und Fortbildungsmaßnahmen für Arbeitssuchende und Quereinsteigerinnen und Quereinsteiger, Weiterbildungsmaßnahmen für Beschäftigte, Qualifizierungen für Ausbilderinnen, Ausbilder und Führungskräfte sowie Beratungsangebote für

Beschäftigte, Arbeitssuchende und Arbeitslose beinhaltet. Die einzelnen Angebote werden durch Bildungsträger in Kooperation mit Unternehmen modellhaft erprobt und systematisch unter Unternehmen und Bildungsträgern verbreitet und implementiert.

1.5.4 KOMBiH - Kompetenzaufbau für Batteriezellfertigung in der Hauptstadtregion

Im Projekt Kompetenzaufbau für Batteriezellfertigung in der Hauptstadtregion werden Kompetenzen für Beschäftigte in Prozessen der Batteriezellfertigung in Wertschöpfungskreisläufen identifiziert. Auf dieser Basis werden Qualifizierungsangebote für relevante Zielgruppen entwickelt, erprobt und umgesetzt werden. Das globale Projektziel besteht darin, in Unternehmen Kompetenzen zur Batteriezellfertigung in Kreisläufen - von Rohstoffen, über Fertigung, Nutzung und Nachnutzung bis zum Recycling / Wiedereinsatz auszubilden und zu verstetigen.

Konsortialführer Vereinigung für Betriebliche Bildungsforschung e. V. Gubener Str. 47 10243 Berlin	Partner: Berufsfortbildungswerk als gemeinnützige Bildungseinrichtung des DGB GmbH (bfw)
--	---

https://ibbf.berlin/	• Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Fachgebiet Physikalische Chemie • Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Zentrum für wissenschaftliche Weiterbildung • Technische Universität Berlin, Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb (IWF), Fachgebiet Handhabungs- und Montagetechnik (HAMSTER) • Technische Universität Berlin, Institut für Energie und Automatisierungstechnik, Fachgebiet Elektrische Energiespeichertechnik (EET)
---	---

Das Verbundvorhaben „Kompetenzaufbau für Batteriezellfertigung in der Hauptstadtregion –KOMBiH“ wird gemeinsam von neun Partnern aus Forschung, Bildung und Wirtschaft umgesetzt. Durch die Einbeziehung weiterer assoziierter Partner wird von Beginn an ein Transfer der Projektergebnisse in die Bildungs- und Unternehmenslandschaft verfolgt. In dem Vorhaben werden zunächst die notwendigen Kompetenzen für Beschäftigte in den Prozessen der Batteriezellfertigung in Wertschöpfungskreisläufen identifiziert und systematisiert. Auf dieser Grundlage werden aktuelle Qualifizierungsangebote für relevanten Zielgruppen entwickelt, erprobt und in der Hauptstadtregion umgesetzt werden. Das übergreifende Projektziel besteht darin, in Unternehmen der Region Berlin-Brandenburg Fähigkeiten und Kompetenzen zur Batteriezellfertigung in Kreisläufen - von Rohstoffen, über Fertigung, Nutzung und Nachnutzung bis zum Recycling und Wiedereinsatz – auszubilden und zu verstetigen.

Für die Qualifizierung und den Kompetenzaufbau werden innovative Entwicklungsteams aus Bildung, Forschung, und Wirtschaft zur Schaffung und Etablierung geeigneter Weiterbildungsstrukturen gebildet. Ihr Zusammenwirken dient der raschen Umsetzung aktueller Forschungsergebnisse in Unternehmen und wird dort zu deren Verwertung beitragen. Mit dem Kompetenzaufbau im Themenfeld Batterieproduktion wird ein umfassender Beitrag zur Stärkung resilienter, zukunftsfähiger Wertschöpfung in der Metropolregion, insbesondere durch kreislauffähiges Wirtschaften und Agieren von KMU geleistet.

1.5.5 QualiBattBW - Qualifizierungsmaßnahmen Batterieökosystem Baden-Württemberg

Das Batterie-Kompetenz-Trio hat zum Ziel, eine große und exzellente Basis an Fachkräften entlang der Wertschöpfungskette der Batterie aufzubauen. Qualifizierungsbedarfe werden unter Einbeziehung der Industrie ermittelt, um auf dieser Grundlage modulare Qualifizierungsbausteine zu erarbeiten und KMU-Beschäftigten mit innovativen Lernmethoden zu vermitteln. Erprobungen dienen der Weiterentwicklung der Bausteine. Zusätzlich werden ein Beratungskonzept und eine Veranstaltungsreihe entwickelt.

Konsortialführer e-mobil BW GmbH Leuschnerstr. 45 70176 Stuttgart https://www.e-mobilbw.de/	Partner: • Bildungswerk der Baden-Württembergischen Wirtschaft e. V. • Technische Akademie für berufliche Bildung Schwäbisch Gmünd Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO • Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA • Hochschule Heilbronn • Karlsruher Institut für Technologie (KIT) – KIT Batterietechnikum • Institut für Photovoltaik (ipv) der Universität Stuttgart • Technische Hochschule Ulm (THU) • Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)
---	---

Das Projekt Qualifizierungsmaßnahmen Batterieökosystem Baden-Württemberg - QualiBattBW widmet sich dem Aufbau und der Implementierung eines Batterie-Kompetenz-Trios mit einem Konsortium aus relevanten Akteuren aus Forschung, Bildung und Innovationsnetzwerken im Bereich der Batterie in Baden-Württemberg. Ziel ist es, den Standort Baden-Württemberg und Deutschland durch die Vernetzung der Akteure nachhaltig zu stärken und eine exzellente und ausreichend große Basis an Fachkräften entlang der Wertschöpfungskette der Batterie aufzubauen.

Dem Projekt dient eine Analyse der Qualifizierungsbedarfe im Bereich der beruflichen Weiterbildung unter enger Einbeziehung der Industrie als Grundlage. Im Weiteren werden darauf aufbauend, modulare Qualifizierungsbausteine erarbeitet und mit Anwendern, wie KMU-Mitarbeitenden, erprobt und evaluiert. Inhaltlich orientieren sich diese Bausteine an der Wertschöpfungskette der Batterie von der Zellchemie bis zum Recycling und bieten Grundlagen- und Vertiefungsmodule. Es wird ein einheitliches Beratungskonzept entwickelt, um Unternehmen bei der Bedarfsermittlung und Umsetzung zu unterstützen.

Zudem ist die Begleitung und Einbindung der Industrie sowie der Sozialpartner im Land über die gesamte Projektlaufzeit durch einen Projektbeirat, die Verbünde und Netzwerke der Partner sowie eine neu zu konzipierende Veranstaltungsreihe gesichert. Damit gelingt eine stabile Breitenwirkung in die Unternehmen und bei den Beschäftigten. Ziel ist es, die Arbeitsprozesse entlang der Wertschöpfungskette so zu analysieren, dass die entwickelten Qualifizierungsmodule passgenaue Zukunftsqualifikationen schaffen und den Beschäftigten mithilfe von innovativen Lernmethoden relevante und nachgefragte Fähigkeiten vermitteln. Mit einem Verstetigungskonzept wird gewährleistet, dass im Projekt entstandene Module in Fort- und Weiterbildungen weiterhin genutzt werden. Zudem wird mit den Sozialpartnern diskutiert, wie Qualifizierungsbausteine in Ausbildungsgänge integriert werden können.

1.5.6 QuW-LIB - Qualifikation und Weiterbildung von Fachkräften entlang der gesamten Wertschöpfungskette nachhaltiger Lithium-Ionen-Batterien

Das Verbundvorhaben QuW-LIB unterstützt die Überwindung des Fachkräftengpasses in der Lithium-Ionen-Batterien Industrie, indem es innovative Qualifizierungs- und Weiterbildungsprogramme in modularen Ansätzen entlang der Wertschöpfungskette der Batteriezellfertigung entwickelt. Eine durch digitale Tools, wie VR- und AR erweiterte, industriennahe Schulungsanlage wird beim Fraunhofer ISIT in Itzehoe errichtet, an welcher die entwickelten Trainings auf diese Weise kompetenzbasiert, effizient und auf industrielle Bedarfe abgestimmt, durchgeführt werden.

Konsortialführer Heinze Akademie GmbH Überseering 9 22297 Hamburg https://heinze-akademie.de/	Partner: • Heinze Akademie GmbH (Projektkoordination) • Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V. Fraunhofer Institut für Siliziumtechnologie (ISIT) • Customcells Itzehoe GmbH (CCH) • Erneuerbare Energien Hamburg Clusteragentur GmbH (EEHH)
---	--

Ein sich zuspitzender Fachkräftemangel, ein gleichzeitig geplanter, massiver Aufbau von Produktionskapazitäten für Lithium-Ionen Batterien auf bis zu 400 GWh allein in Europa, der Abbau von Kapazitäten in Folge des Strukturwandels bspw. in der Verbrenner-Wertschöpfungskette des Automotive-Sektors sowie das Nichtvorhandensein passgenauer Qualifikations- und Weiterbildungsconzepte können zu einem gravierenden Engpass wenn nicht sogar Krisenherd für den Industriestandort Deutschland führen.

Die wenigen existierenden Zellhersteller in Deutschland und Europa qualifizieren ihr benötigtes Personal aktuell notgedrungen selbst oder können teilweise bereits ausgebildetes Personal von Forschungseinrichtungen abwerben. Dieses Personal ist allerdings meist in der Leitungsebene tätig, alternativ handelt es sich um Wissenschaftler. Für Produktionsstätten werden jedoch vor allem Produktionsmitarbeiter in sehr großer Anzahl benötigt.

Derzeit existiert noch kein weiterentwickeltes Weiterbildungs(öko)system, welches auf Basis von evidenter Forschung und Entwicklung, Kompetenzprofile für das Produktionspersonal entwickelt und mittels moderner und auch skalierbarer Qualifizierungsmethoden umgesetzt hat. Auch die Frage, welche Berufsprofile sich für die Facharbeit in diesem Bereich besonders eignen und ob sich daraus eine eigenständige Berufsfachrichtung entwickelt, ist noch nicht geklärt.

Um diese Lücke zu schließen, hat sich ein hochkarätiges Konsortium aus Aus- und Weiterbildung, Forschung, Industrie und Clustermanagement gebildet, um innovative, nachhaltige, diffundierbare und skalierbare Qualifizierungskonzepte für Fachkräfte im Bereich Lithium-Ionen Batterien für den Industriestandort Deutschland zu entwickeln.

2 Nationale Projekte in den Industriellen Fördermaßnahmen im europäischen Rahmen – IPCEI und TCTF

1. Zellen & Module

2.1.1 ACC – Kaiserslautern – IPCEI-Vorhaben

Unternehmen: Die Automotive Cells Company (ACC) ist ein neues Unternehmen, welches das Know-How von drei großen Unternehmen mit sich stark ergänzenden Fähigkeiten und Erfahrungen zusammenführt: TotalEnergies/Saft, Stellantis und Mercedes-Benz.

- Saft ist auf fortschrittliche Batterietechnologielösungen für die Industrie spezialisiert, von Design und Entwicklung bis hin zu Produktion, kundenspezifischer Anpassung und Bereitstellung von Dienstleistungen.
- Stellantis ist ein in Frankreich ansässiges multinationales Automobilunternehmen, das Fahrzeuge u. a. für Peugeot, Citroen, DS, Opel, Fiat, Alfa Romeo, Lancia, Maserati, Chrysler und Jeep herstellt.
- Mercedes-Benz ist ein international tätiges Automobilunternehmen mit Sitz in Deutschland. Stellantis und Mercedes-Benz bringen über ein Jahrhundert an europäischem Industrie-Know-how in ACC ein.

Die Automotive Cells Company (ACC) hat sich zum Ziel gesetzt, europäischer Marktführer für automobiler Batteriezellen zu werden, um eine saubere und effiziente Mobilität für Alle zu ermöglichen.

Die Ambitionen von ACC sind:

- Ein hochinnovatives High-Tech Center-of-Excellence zu sein.
- Wettbewerbsfähig zu sein, um Batterien für alle Fahrzeugklassen maximal kostengünstig fertigen zu können.
- Clean & Green zu sein für wirklich umweltfreundliche Mobilität.
- Im Wachstum mit der Mobilitätswende mitzuhalten und Arbeitsplätze zu schaffen.

Unternehmen Automotive Cells Company (ACC) S.E. Opelkreisel 1 67663 Kaiserslautern https://www.acc-emotion.com/	IPCEI Workstreams: • Zellen & Module
--	--

Projekt: KAISERSLAUTERN (D)

Kombination von F&E-Zentrum mit modernsten Produktionsanlagen. Diese Anlage wird 2025 mit 8 GWh beginnen und auf eine Gesamtkapazität von 24-40 GWh hochgefahren.

2.1.2 Alumina – IPCEI-Vorhaben

Unternehmen: ALUMINA SYSTEMS ist seit mehr als 30 Jahren auf dem Gebiet der vakuumdichten Keramik-Metall- und Keramik-Keramik-Komponenten tätig und ist ein anerkannter Technologieführer auf diesem Gebiet. Das Unternehmen geht zurück auf das in den 70er Jahren gegründete Siemens KPW (Keramik- und Porzellanwerk). Alumina Systems Produkte werden als kritische Komponenten in verschiedenen anspruchsvollen Anwendungen und Branchen sowie in Laser-, Medizin- und Vakuumtechnologiesystemen eingesetzt. Ende 2015 startete Alumina Systems die ersten Aktivitäten im Bereich Natrium-Nickel-Chlorid-Batterien (Na / NiCl₂) mit der Lieferung gelöteter Komponenten für Forschungsprojekte. Die eigenen Aktivitäten begannen schließlich 2019.

Unternehmen Alumina Systems GmbH Bahnhofstr. 43 96257 Redwitz a. d. Rodach https://alumina.systems/	IPCEI Workstreams: • Batteriesysteme • Zellen & Module
---	--

Projekt: Ziel des Projekts ist die Entwicklung einer kleinen Produktionslinie zur Überprüfung der Technologie, Machbarkeit und des wirtschaftlichen Potenzials von Na / NiCl₂-Systemen für die europäische Industrie.

In diesem Rahmen werden die erforderlichen Produktionstechniken für die Batteriezellenproduktion und für die Batteriesystemproduktion entwickelt und ein Proof-of-Concept im industriellen Maßstab demonstriert. Parallel dazu müssen Langzeittests von Batteriezellen und zusammengebauten Batteriesystemen durchgeführt werden, um den Einfluss des Produktionsprozesses auf die Zellen- und Systemeigenschaften zu bewerten.

2.1.3 Cellforce Group – IPCEI-Vorhaben

Unternehmen: Die Cellforce Group GmbH wurde im Jahr 2021 gegründet.

Das vorrangige Ziel des Unternehmens ist, Batteriezellproduktionskapazitäten für Hochleistungszellen für automobiler Anwendungen in Europa aufzubauen. Damit soll die Versorgungslücke im Bereich der automobilen Anwendungen und die Wissenslücke zwischen F&E und Serienproduktion verringert werden.

Unternehmen Cellforce Group GmbH Jopestr. 14 72072 Tübingen https://www.cellforce.de	IPCEI Workstreams: • Zellen & Module
--	---

--	--

Projekt: Das Projekt der Cellforce-Gruppe zielt darauf ab, eine Hochleistungsbatteriezele zu entwickeln, die das beste Anoden- und Kathodenmaterial für die zukünftige Batteriezele kombiniert. Diese Zellen werden den Bedarf an hohen Energiedichten mit den Anforderungen an eine schnelle Aufladung kombinieren. Darüber hinaus wird eine hochwertige Produktionslinie für diese Zellen eingerichtet, die als Blaupause für spätere Hochlaufphasen dienen soll.

Im Rahmen des Projekts werden Anlagen von Weltrang und modernste Technologien eingesetzt, um ein weltweit wettbewerbsfähiges Zellprodukt herzustellen.

2.1.4 ElringKlinger AG – IPCEI-Vorhaben

Unternehmen: ElringKlinger ist ein bedeutender Tier-1-Zulieferer für die Automobilindustrie und beschäftigt rund 10.000 Mitarbeitende an 45 Standorten weltweit. Das Unternehmen entwickelt seit Anfang 2000 Produkte im Zusammenhang mit Lithium-Ionen-Batterien. Aufgrund seiner Erfahrung in der Produktion von Komponenten für die Automobilindustrie liegt der Schwerpunkt auf dem Design für eine kostengünstige Massenproduktion. Die Kernkompetenzen des Unternehmens (u. a. Blechumformung, Spritzguss, Werkzeugbau, Fügen, Beschichtung und Montage) führen dazu, dass die Gehäuse von Lithium-Ionen-Batterien (LIB) eine bedeutende Wertschöpfungsmöglichkeit darstellen. Bei den Zellgehäusekomponenten verfügt ElringKlinger über Know-how bei Dichtungen, Zellendeckeldesign und -fertigung sowie über Erfahrung bei der Verwendung von Lithium-Ionen-Zellen für die Montage von Batteriemodulen und -systemen.

Unternehmen ElringKlinger AG Max-Eyth-Straße 2 72581 Dettingen/Erms https://www.elringklinger.com	IPCEI Workstreams: • Zellen & Module
--	---

Projekt: ElringKlinger wird durch die Entwicklung und Industrialisierung eines innovativen Zellgehäusedesigns zu einer wettbewerbsfähigen, europäischen Batteriewertschöpfungskette beitragen. Das neue Design reduziert die Anzahl und Komplexität der Komponenten in den Zellgehäusen und den Verbrauch von energieintensiven Rohstoffen wie Aluminium und Kupfer. Damit leistet ElringKlinger einen nachhaltigen Beitrag zur klimaneutralen, europäischen Batteriezellenproduktion.

2.1.5 Varta - Micro Production – IPCEI-Vorhaben

Unternehmen: Die VARTA AG produziert und vermarktet ein umfassendes Batterie-Portfolio von Mikrobatterien, Haushaltsbatterien, Energiespeichersystemen bis zu kundenspezifischen Batterielösungen für eine Vielzahl von Anwendungen.

Als Muttergesellschaft der Gruppe ist sie in den Geschäftssegmenten „Microbatteries & Solutions“ und „Household Batteries“ tätig. Das Segment „Microbatteries & Solutions“ fokussiert sich auf das OEM-Geschäft für Mikrobatterien sowie auf das Lithium-Ionen-Batteriepack-Geschäft. Durch intensive Forschung und Entwicklung setzt VARTA mit den Tochtergesellschaften VARTA Microbattery GmbH und VARTA Micro Production GmbH die weltweiten Maßstäbe im Mikrobatterienbereich und ist anerkannter Innovationsführer in den wichtigen Wachstumsmärkten der Lithium-Ionen-Technologie sowie bei primären Hörgerätebatterien.

Der VARTA AG Konzern beschäftigt derzeit nahezu 4.000 Mitarbeiter. Mit fünf Produktions- und Fertigungsstätten in Europa und Asien sowie Vertriebszentren in Asien, Europa und den USA sind die operativen Tochtergesellschaften der VARTA AG derzeit in über 75 Ländern weltweit tätig.

Unternehmen VARTA Micro Production GmbH Nürnberger Straße 65 86720 Nördlingen https://www.varta.com	IPCEI Workstreams: • Zellen & Module
---	--

Projekt: Projektziel ist die Erforschung und Entwicklung von neuartigen Li-Ionen Zellen, nachhaltigen und effizienten Herstellungsverfahren sowie die Industrialisierung der neuesten Innovationen der Li-Ionen Technologie in Europa. Es soll insbesondere die Lücke zwischen dem Proof of Concept in einer idealen Laborumgebung und einer komplexen Massenproduktionsumgebung schließen.

Über technische und technologische Ziele hinaus sollen Lösungen für eine weitgehend klimaneutrale Zellproduktion entwickelt und umgesetzt werden. Es wird eine Fertigung für Li-Ionen Zellen in Sonderformaten für den Consumer-Markt aufgebaut.

Die Kapazitäten sollen im weiteren Verlauf skaliert und zu einer global wettbewerbsfähigen Massenfertigung entwickelt werden.

2. Batteriesysteme

2.2.1 BMW AG -IPCEI-Vorhaben

Unternehmen: Die BMW Group ist mit ihren Marken BMW, MINI, Rolls-Royce und BMW Motorrad der weltweit führende Premium-Hersteller von Automobilen und Motorrädern und Anbieter von Premium-Finanz- und Mobilitätsdienstleistungen. Das BMW Group Produktionsnetzwerk umfasst über 30 Produktionsstandorte weltweit; das Unternehmen verfügt über ein globales Vertriebsnetzwerk mit Vertretungen in über 140 Ländern.

Im Jahr 2022 erzielte die BMW Group einen weltweiten Absatz von fast 2,4 Mio. Automobilen und über 202.000 Motorrädern. Das Ergebnis vor Steuern im Geschäftsjahr 2022 belief sich auf 23,5 Mrd. €, der

Umsatz auf 142,6 Mrd. €. Zum 31. Dezember 2022 beschäftigte das Unternehmen weltweit 149.475 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.

Seit jeher sind langfristiges Denken und verantwortungsvolles Handeln die Grundlage des wirtschaftlichen Erfolges der BMW Group. Das Unternehmen hat frühzeitig die Weichen für die Zukunft gestellt und rückt Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung konsequent ins Zentrum seiner Ausrichtung, von der Lieferkette über die Produktion bis zum Ende der Nutzungsphase aller Produkte.

Unternehmen BMW AG Petuelring 130 80809 München https://www.bmwgroup.com	IPCEI Workstreams: • Batteriesysteme • Zellen & Module
--	--

Projekt: Ziel des BMW-Vorhabens im Rahmen des ‚IPCEI on Batteries‘ ist das Design (inkl. Definition der Zellchemie), Entwicklung, Prototypisierung und Test einer neuen hochinnovativen Generation von Lithium Ionen Zellen. Dazu werden verschiedene Musterphasen von Prototypen-Zellen gebaut, getestet und analysiert.

Die finale Zielzelle wird dann auf einer Pilotlinie erstellt und im Rahmen der Proof of Concept Überprüfung ‚vollumfänglich‘ validiert als Basis für eine Industrialisierung durch einen europäischen Zellhersteller.

Ein weiterer signifikanter Projekt-Teil ist das Design eines innovativen Moduls und Batteriesystems zur substanziellen Reduktion der Produktionszeiten, Kostenreduktion, Erhöhung der Energiedichte aber insbesondere einer signifikant verbesserten Recyclingfähigkeit als Basis einer Rückführung der Materialien in den Produktionsprozess.

2.2.2 Skeleton Technologies GmbH – IPCEI-Vorhaben

Unternehmen: Skeleton Technologies ist Europas führender Hersteller von Superkondensatoren.

Das innovative Unternehmen wurde 2009 in Estland gegründet und ist seit 2013 auch in Deutschland aktiv. Seit 2018 produziert die Skeleton Technologies GmbH in ihrem Werk in Sachsen Superkondensatoren für den globalen Markt. Superkondensatoren sind Hochleistungs-Energiespeicher, die in Bruchteilen von Sekunden geladen und entladen werden können und über 1.000.000 Lade-Entlade-Zyklen standhalten.

Skeleton Technologies hat sich zum Ziel gesetzt, die Energiedichte von Superkondensatoren zu verdoppeln, indem es seine patentierte "Curved Graphene"-Technologie einsetzt.

Unternehmen Skeleton Technologies GmbH Schücostraße 8 01900 Großröhrsdorf https://www.skeletontech.com	IPCEI Workstreams: • Batteriesysteme • Zellen & Module
--	--

Projekt: Eine nachhaltige europäische Wertschöpfungskette für Lithium-Ionen-Batterien erfordert die Entwicklung von hybriden Energiespeichern, die die Vorteile von Lithium-Ionen-Batterien (hohe Energiedichte) mit denen von Superkondensatoren (hohe Leistungsdichte, lange Lebensdauer) kombinieren.

Um die Kosten für diese Systeme zu senken, müssen die Kosten für Superkondensatoren sinken, was eine deutlich stärkere Automatisierung der Superkondensatorproduktion erfordert.

Im Rahmen des vorliegenden Projekts werden Industrie 4.0-Lösungen für die Superkondensatorproduktion eingeführt, um die Kosten erheblich zu senken.

3. Wiederverwendung

2.3.1 BASF – Schwarzheide – IPCEI-Vorhaben

Unternehmen: BASF schafft Chemie für eine nachhaltige Zukunft. Mehr als 110.000 Mitarbeitende der BASF-Gruppe arbeiten am Erfolg unserer Kunden in nahezu allen Branchen und in fast allen Ländern der Welt. Unser Portfolio gliedert sich in sechs Segmente mit elf Unternehmensbereichen.

Der BASF-Unternehmensbereich Catalysts verantwortet neben den Batteriematerialien auch unser weltweit führendes Portfolio von Umwelt- und Prozesskatalysatoren.

Die BASF-Technologieplattform Process Research & Chemical Engineering entwickelt neue Technologien und Prozesse nicht nur für die Batterieforschung, sondern für die ganze Breite chemischer Prozesse.

Unternehmen BASF SE Carl-Bosch-Straße 38 67056 Ludwigshafen am Rhein https://www.basf.com/global/de.html	IPCEI Workstreams: • Wiederverwendung und Recycling • Rohstoffe und moderne Werkstoffe
---	--

Die Elektromobilität in Europa erfordert eine lokal integrierte, kosteneffiziente Batteriewertschöpfungskette, die leistungsstarke und nachhaltige Batterien liefern kann. Die neue Anlage der BASF zur Herstellung von Kathodenaktivmaterialien (CAM) in Schwarzheide, Deutschland, wird derzeit

schrittweise in Betrieb genommen. Dort werden Kathodenaktivmaterialien der neuesten und nächsten Generation nach innovativen Produktionsverfahren hergestellt.

Das Projekt umfasst auch intensive Forschungsaktivitäten für spezifische Produkteigenschaften und eine effiziente Recyclingtechnologie. Darüber hinaus arbeitet die BASF an der Integration einer Produktionsstätte für Vorprodukte (pCAM) in Harjavalta, Finnland.

Weitere Informationen unter:

- <http://catalysts.basf.com/groundbreaking>
- <https://catalysts.basf.com/products-and-industries/battery-materials>

2.3.2 Liofit GmbH – IPCEI-Vorhaben

Unternehmen Liofit GmbH Nordstraße 57 01917 Kamenz https://www.liofit.com/	IPCEI Workstreams: • Wiederverwendung und Recycling
--	---

Projekt: Liofit wird das Prinzip der Kreislaufwirtschaft auf Li-Ionen-Akkus der Mikro-Elektromobilität (Pedelegs, E-Scooter) anwenden. Diese Akkus werden geprüft, zerlegt, rekombiniert und repariert.

Nicht mehr wiederverwendbare Akkus werden umweltfreundlich entladen und geschreddert, um die Rohstoffe wiederverwenden zu können. Akku- und Recycling-Know-how wird unter einem Dach angesiedelt und damit ein Beitrag zu einer klimafreundlicheren Mobilität geleistet.

Bereits erreichte Meilensteine sind eine Fahrradakkudatenbank mit über 600 verschiedenen Typen, wechselrichterbasierende Entlader und diverse Strategien zur Moduldemontage.

4. Materialien

2.4.1 BASF – Ludwigshafen – IPCEI-Vorhaben

Unternehmen:

BASF schafft Chemie für eine nachhaltige Zukunft. Mehr als 110.000 Mitarbeitende der BASF-Gruppe arbeiten am Erfolg unserer Kunden in nahezu allen Branchen und in fast allen Ländern der Welt. Unser Portfolio gliedert sich in sechs Segmente mit elf Unternehmensbereichen.

Der BASF-Unternehmensbereich Catalysts verantwortet neben den Batteriematerialien auch unser weltweit führendes Portfolio von Umwelt- und Prozesskatalysatoren.

Die BASF-Technologieplattform Process Research & Chemical Engineering entwickelt neue Technologien und Prozesse nicht nur für die Batterieforschung, sondern für die ganze Breite chemischer Prozesse.

Unternehmen BASF SE Carl-Bosch-Straße 38 67056 Ludwigshafen am Rhein https://www.basf.com/global/de.html	IPCEI Workstreams: • Rohstoffe und moderne Werkstoffe • Wiederverwendung und Recycling
---	--

Die Elektromobilität in Europa erfordert eine lokal integrierte, kosteneffiziente Batteriewertschöpfungskette, die leistungsstarke und nachhaltige Batterien liefern kann.

Die neue Anlage der BASF zur Herstellung von Kathodenaktivmaterialien (CAM) in Schwarzheide, Deutschland, wird derzeit schrittweise in Betrieb genommen. Dort werden Kathodenaktivmaterialien der neuesten und nächsten Generation nach innovativen Produktionsverfahren hergestellt.

Das Projekt umfasst auch intensive Forschungsaktivitäten für spezifische Produkteigenschaften und eine effiziente Recyclingtechnologie. Darüber hinaus arbeitet die BASF an der Integration einer Produktionsstätte für Vorprodukte (pCAM) in Harjavalta, Finnland.

Weitere Informationen unter:

- <http://catalysts.basf.com/groundbreaking>
- <https://catalysts.basf.com/products-and-industries/battery-materials>

2.4.2 Umicore AG- IPCEI-Vorhaben

Unternehmen: Umicore ist ein Materialtechnologieunternehmen mit Aktivitäten in Recycling, Katalyse und Energie- und Oberflächentechnologien. Die Umicore Gruppe hat Produktionsstätten in der ganzen Welt und beliefert einen weltweiten Kundenstamm. Sie hatte in 2019 einen Umsatz von 17.5 Milliarden Euro (3.3 ohne Edelmetall) und beschäftigt ca. 11.150 Mitarbeiter.

Basierend auf einer langjährigen Tradition im Bereich von Metallurgie und Recycling hat Umicore den weltweit ersten industriellen Recyclingprozess für Li-Ionen, Li-Polymer und NiMH Batterien mit hohen Metall Rückgewinnungsraten entwickelt und installiert.

Unternehmen Umicore AG & Co. KG Rodenbacher Chaussee 4 63457 Hanau	IPCEI Workstreams: • Rohstoffe und moderne Werkstoffe • Wiederverwendung und Recycling
--	--

https://www.umicore.com	
---	--

Projekt: Das Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines sicheren und effizienten Reverse Logistik Konzepts für Sammlung,

Transport und Lagerung von großen Mengen von End-of-Life (EoL) Batterien aus Hybrid und vollelektrischen Fahrzeugen (xEVs), aber auch eines hocheffizienten Verfahrens für deren Demontage als wichtige Vorstufe für das metallurgische Recycling in einem Technologiezentrum für Batterie-Recycling.

Dies trägt zum Aufbau einer nachhaltigen und sicheren Kreislaufwirtschaft und Versorgung mit Technologiemetallen für Batteriematerialien in Europa bei.

3 Liste der Unternehmen & Institutionen

UNTERNEHMEN / INSTITUTION	PROJEKT
ACATECH – DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN	BatteryPass-Ready Batteriepass
ACCUREC-RECYCLING GESELLSCHAFT MBH	EarLi LIBERATION SUSTAIN
ACI SYSTEMS GMBH	ReAktiv
ACP SYSTEMS AG	MultiFlow ReAktiv
ADVANCED CAR TECHNOLOGY SYSTEMS GMBH & CO. KG	PEAk-Bat
ALFRED HERMANN GMBH & CO. KG	ULTRABATT
ALUMINA	IPCEI-Vorhaben
AMORPH SYSTEMS GMBH	ExElPro
ANSMANN AG	VaTreBat
AUDI AG	Batteriepass
AUTOMOTIVE CELL COMPANY ACC	IPCEI-Vorhaben
AUTOMOTIVE CLUSTER OSTDEUTSCHLAND GMBH	BatterieMD

AWZ GOTH A	BatterieMD
BASF	Batteriepass IPCEI-Vorhaben IPCEI-Vorhaben
BATTERIEINGENIEURE GMBH	LiPi METABatt
BAYERISCHE MOTOREN WERKE AKTIENGESELLSCHAFT, BMW AG	Batteriepass SimDural IPCEI-Vorhaben
BAYERISCHE GESELLSCHAFT FÜR INNOVATION UND WISSENSTRANSFER MBH , BAYERN INNOVATIV	B3-Bayern
BAYERISCHES ZENTRUM FÜR BATTERIETECHNIK (BAYBATT) AN DER UNIVERSITÄT BAYREUTH	B3-Bayern
BB&G ALTERNATIVE WORLDWIDE ENVIRONMENTAL SOLUTIONS LDA	KOLIBRI
BE-POWER GMBH	REVAMP
BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL, FAKULTÄT FÜR MASCHINENBAU UND SICHERHEITSTECHNIK	SUVEREN2Use
BERTRANDT TECHNIKUM GMBH	REVAMP
BERUFSFORTBILDUNGSWERK GEMEINNÜTZIGE BILDUNGSEINRICHTUNG DES DGB GMBH	BatterieMD KOMBiH
BILDUNGSWERK DER BADEN- WÜRTTEMBERGISCHEN WIRTSCHAFT E.V.	QualiBattBW
BILDUNGSWERK DER BAYERISCHEN WIRTSCHAFT (BBW) GGMBH	B3-Bayern

BRABENDER GMBH & CO. KG	TropMelt
BRANDENBURGISCHE TECHNISCHE UNIVERSITÄT COTTBUS-SENFTENBERG	KOMBiH
BST GMBH	ProMoBatt
CAPGEMINI ENGINEERING DEUTSCHLAND S.A.S. CO. KG	ExElPro
CARL ZEISS INDUSTRIELLE MESSTECHNIK GMBH	3DPrintBatt ProMoBatt
CELLFORCE GROUP	IPCEI-Vorhaben
CIRCULATOR GMBH	Batteriepass
CIRCUNOMICS GMBH	COBALT-P
CLUSTER AUTOREGION E.V.	ABAKOS
CLUSTER ELEKTROMOBILITÄT SÜD-WEST C/O E-MOBIL BW – LANDESAGENTUR FÜR NEUE MOBILITÄTSLÖSUNGEN UND AUTOMOTIVE BADEN-WÜRTTEMBERG	QualiBattBW
CTG GMBH & CO. KG	LIBERATION
CUSTOMCELLS ITZHOE GMBH	ExElPro ProMoBatt QuW-LIB
DAIMLER TRUCK AG	LiBinfinity Truckified Battery
DB-MATIK GMBH	3DPrintBatt

DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT E.V.	KOLIBRI
DIGATRON POWER ELECTRONICS	METABatt
DORST TECHNOLOGIES GMBH & CO. KG	ULTRABATT
DUALE HOCHSCHULE GERA-EISENACH	BatterieMD
EL-CELL GMBH	SimDural
ELFOLION GMBH	3D-Si-Elektrode
ELMUG ELEKTRONISCHE MESS- UND GERÄTE TECHNIK THÜRINGEN EG	BatterieMD
ELRINGKLINGLER	IPCEI-Vorhaben
E-MOBIL BW GMBH	QualiBattBW
ENERGY SAXONY E. V.	BatterieMD
ENERGY WEB DEVHUB GMBH	COBALT-P
ERFURT BILDUNGSZENTRUM GGBMH	BatterieMD
ERNEUERBARE ENERGIEN HAMBURG CLUSTERAGENTUR GMBH EEHH	QuW-LIB
EVONIK OPERATIONS GMBH	EarLi

FERCHAU AUTOMOTIVE GMBH	<u>SUSTAIN</u>
FESTO LERNZENTRUM SAAR GMBH	<u>ABAKOS</u>
FIWARE FOUNDATION E.V.	<u>Batteriepass</u>
FOGTEC BRANDSCHUTZ GMBH	<u>SUVEREN2Use</u>
FORD-WERKE GMBH	<u>ABAKOS</u> <u>PEAk-Bat</u>
FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR ARBEITSWIRTSCHAFT UND ORGANISATION IAO	<u>QualiBattBW</u>
FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK IBP	<u>KOLIBRI</u>
FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR CHEMISCHE TECHNOLOGIE ICT	<u>MultiFlow</u>
FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR DIGITALE MEDIEN- UND MEDIEN-TECHNOLOGIE IDMT	<u>E-LAS+</u>
FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR FERTIGUNGSTECHNIK UND ANGEWANDTE MATERIALFORSCHUNG IFAM	<u>3DPrintBatt</u> <u>TropMelt</u>
FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR GIEßEREI-, COMPOSITE- UND VERARBEITUNGSTECHNIK IGCV	<u>B3-Bayern</u>
FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR KERAMISCHE TECHNOLOGIEN UND SYSTEME IKTS	<u>3DPrintBatt</u> <u>BatterieMD</u>
FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR NACHRICHTENTECHNIK – HEINRICH- HERTZ-INSTITUT	<u>SUVEREN2Use</u>
FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR PRODUKTIONSTECHNIK UND AUTOMATISIERUNG IPA	<u>ExElPro</u> <u>MultiFlow</u> <u>ReAktiv</u>

	QualiBattBW ULTRABATT
FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR PRODUKTIONSANLAGEN UND KONSTRUKTIONSTECHNIK IPK	3D-Si-Elektrode Batteriepass BatteryPass-Ready
FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR PRODUKTIONSTECHNOLOGIE IPT	REVAMP
FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SILICATFORSCHUNG ISC	B3-Bayern HealthBatt
FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME ISE	GRISU Longer MultiFlow Quaze ReAktiv SAMBA
FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SILIZIUMTECHNOLOGIE ISIT	QuW-LIB TropMelt
FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SCHICHT- UND OBERFLÄCHENTECHNIK IST	3DPrintBatt HVBatCycle
FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR VERFAHRENSTECHNIK UND VERPACKUNG IVV	LIBERATION MultiFlow
FRAUNHOFER-EINRICHTUNG FÜR WERTSTOFFKREISLÄUFE UND RESSOURCENSTRATEGIE IWKS	ReAktiv
GEFEG	BatteryPass-Ready
HEINZE AKADEMIE GMBH	QuW-LIB
HOCHSCHULE AALEN	ProMoBatt SUSTAIN
HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN HAMBURG	GRISU

HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN LANDSHUT	B3-Bayern
HOCHSCHULE FÜR TECHNIK UND WIRTSCHAFT DES SAARLANDES	ABAKOS
HOCHSCHULE HEILBRONN	QualiBattBW
HORIBA EUROPE GMBH	3DPrintBatt
IBG AUTOMATION GMBH	REVAMP
INFINEON TECHNOLOGIES AG	HealthBatt
INSTITUT FÜR NANOTECHNOLOGIE UND MIKROSKOPIE GMBH INAM	3DPrintBatt
INTEGO GMBH	3DPrintBatt
J. SCHMALZ GMBH	HVBatCycle ProMoBatt VaTreBat
JONAS & REDMANN AUTOMATIONSTECHNIK GMBH	ProMoBatt
KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE	LiBinfinity ProMoBatt QualiBattBW SimDural
KÖNIGSWARTER & EBELL CHEMISCHE FABRIK	NMC-Direct
K-UTEC AG SALT TECHNOLOGIES	ReAktiv
LANXESS DEUTSCHLAND GMBH	LiFe cycle

LEICA MICROSYSTEMS CMS GMBH	<u>3DPrintBatt</u>
LEISTER TECHNOLOGIES DEUTSCHLAND GMBH	<u>MultiFlow</u>
LIOFIT GMBH	<u>IPCEI-Vorhaben</u>
LOBBE ENTSORGUNG WEST GMBH & CO KG	<u>SUVEREN2Use</u>
M. BRAUN INERTGAS-SYSTEME GMBH	<u>HOBAZELL</u>
MAN TRUCK & BUS SE	<u>REVAMP</u>
MB AUTOMATION GMBH & CO. KG	<u>HOBAZELL</u>
MERCEDES-BENZ AG	<u>LiBinfinity</u> <u>LiFe cycle</u>
MESSRING GMBH	<u>GRISU</u>
MICROVAST GMBH	<u>SAMBA</u>
MIONTEC GMBH	<u>Li-GeReKo</u>
NEUROCONTROLS GMBH	<u>E-LAS+</u>
NOVUM ENGINEERING GMBH	<u>Longer</u>
OPTIMA LIFE SCIENCE GMBH	<u>MultiFlow</u>

ÖKO-INSTITUT E.V.	EarLi LIBERATION
POWERCO SE	HVBatCycle
PRECITEC GMBH & CO. KG	Quaze
PRECITEC OPTRONIK GMBH	Quaze
PRIMOBIUS GMBH	LiBinfinity
PVA TEPLA ANALYTICAL SYSTEMS GMBH	SAMBA
RCB NANOTECHNOLOGIES GMBH	KOLIBRI
REDUX RECYCLING GMBH	VaTreBat
RHEINISCHE HOCHSCHULE KÖLN GGMBH	SUSTAIN
RWTH AACHEN	B3-Bayern COBALT-P METABatt EarLi HVBatCycle PEAk-Bat REVAMP VALUE-M
SAFION GMBH	METABatt REVAMP
SCHWEIßTECHNISCHE LEHR- UND VERSUCHSANSTALT HALLE GMBH	BatterieMD

SCIO TECHNOLOGY GMBH	<u>PEAk-Bat</u>
SGS GERMANY GMBH	<u>SimDural</u>
SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT	<u>VALUE-M</u>
SIEMENS ENERGY GLOBAL GMBH & CO.KG	<u>MultiFlow</u>
SIEMENS INDUSTRY SOFTWARE GMBH	<u>SimDural</u>
SITEC INDUSTRIE TECHNOLOGIE GMBH	<u>E-LAS+</u> <u>VaTreBat</u>
SKELETON	<u>IPCEI-Vorhaben</u>
SKZ – KFE GGMBH	<u>B3-Bayern</u>
SMS GROUP GMBH	<u>LiBinfinity</u>
SOBEK MOTORSPORTTECHNIK GMBH & CO. KG	<u>ULTRABATT</u>
SOFTWARE AG	<u>REVAMP</u>
SSI SOFTWARE SERVICES GMBH	<u>E-LAS+</u>
SWW WUNSIEDEL GMBH	<u>VALUE-M</u>
SYSTEMIQ DEUTSCHLAND GMBH	<u>Batteriepass</u>

TANIOBIS GMBH	HVBatCycle
TECHNISCHE HOCHSCHULE INGOLSTADT	SUSTAIN
TECHNISCHE HOCHSCHULE KÖLN	Li-GeReKo
TECHNISCHE HOCHSCHULE ULM	QualiBattBW
TECHNISCHE HOCHSCHULE WÜRZBURG-SCHWEINFURT	B3-Bayern
TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERGAKADEMI FREIBERG	3D-Si-Elektrode ReAktiv
TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN	BatteryPass-Ready KOMBiH LiBinfinity LiPi ProMoBatt
TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG	3DPrintBatt HVBatCycle SimDural VaTreBat
TECHNISCHE UNIVERSITÄT CLAUSTHAL	LiBinfinity
TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN	B3-Bayern HealthBatt
TES-AMM CENTRAL EUROPE GMBH	COBALT-P
TRUMPF SE + CO. KG	PEAk-Bat
TÜV RHEINLAND AUTOMOTIVE COMPONENT TESTING GMBH	PEAk-Bat

TWAICE TECHNOLOGIES	Batteriepass
TWT GMBH SCIENCE & INNOVATION	Longer
UMICORE AG	Batteriepass IPCEI-Vorhaben
UNIVERCELL HOLDING GMBH	KOLIBRI TropMelt
UNIVERSITÄT DES SAARLANDES	ABAKOS
UNIVERSITÄT ERFURT	BatterieMD
UNIVERSITÄT STUTTGART	QualiBattBW ReAktiv ULTRABATT
VARTA	IPCEI-Vorhaben
VARTA MICROBATTERY GMBH	3D-Si-Elektrode 3DPrintBatt
VARTA STORAGE GMBH	HealthBatt Longer
VEREINIGUNG FÜR BETRIEBLICHE BILDUNGSFORSCHUNG E. V.	KOMBiH
VHS-BILDUNGSWERK GMBH	BatterieMD
VOLTAVISION GMBH	SUSTAIN
VRI GMBH BATTERIE TECHNIK	E-LAS+

VULCAN GMBH	<u>ZeroCaLi</u>
WACKER NEUSON PRODUKTION GMBH & CO. KG	<u>REVAMP</u>
WEIDEMANN GMBH	<u>REVAMP</u>
WESTFÄLISCHE WILHELMS-UNIVERSITÄT MÜNSTER MEET	<u>NMC-Direct</u>
WHITECELL EISENHUTH GMBH & CO. KG	<u>MultiFlow</u>
WOLL MASCHINENBAU GMBH	<u>ABAKOS</u>
ZENTRUM FÜR SONNENENERGIE- UND WASSERSTOFF-FORSCHUNG BADEN-WÜRTTEMBERG ZSW	<u>HOBAZELL</u> <u>QualiBattBW</u>
ZEPPELIN SYSTEMS GMBH	<u>KOLIBRI</u>