



Q1.24

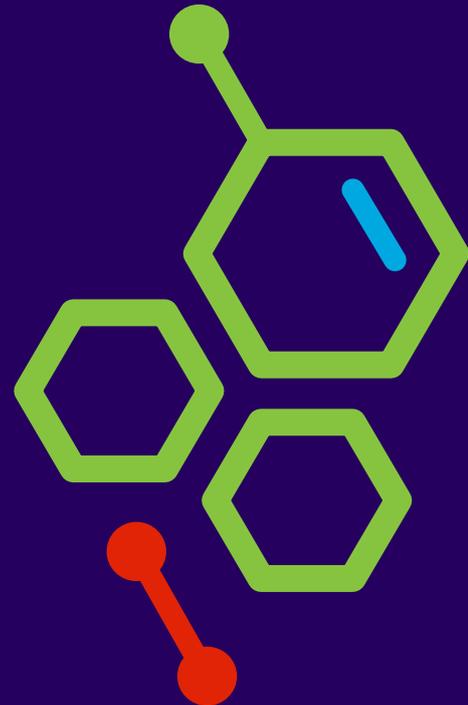
Newsletter zur Batterie-Logistik
in der E-Mobilität.

Themen. Technologien. Trends.

Gassensoren erkennen **schadhafte Batterien**

Die Sensorik spielt bei der **Erkennung von kritischen Batteriezuständen** eine wesentliche Rolle: Forschende des InnoLogBat haben in einem Transferprojekt **Gassensoren getestet**, die bei einer Batteriehavarie typischerweise austretende Schadgase erkennen, und mit **Künstlicher Intelligenz** ertüchtigt.

> S. 2

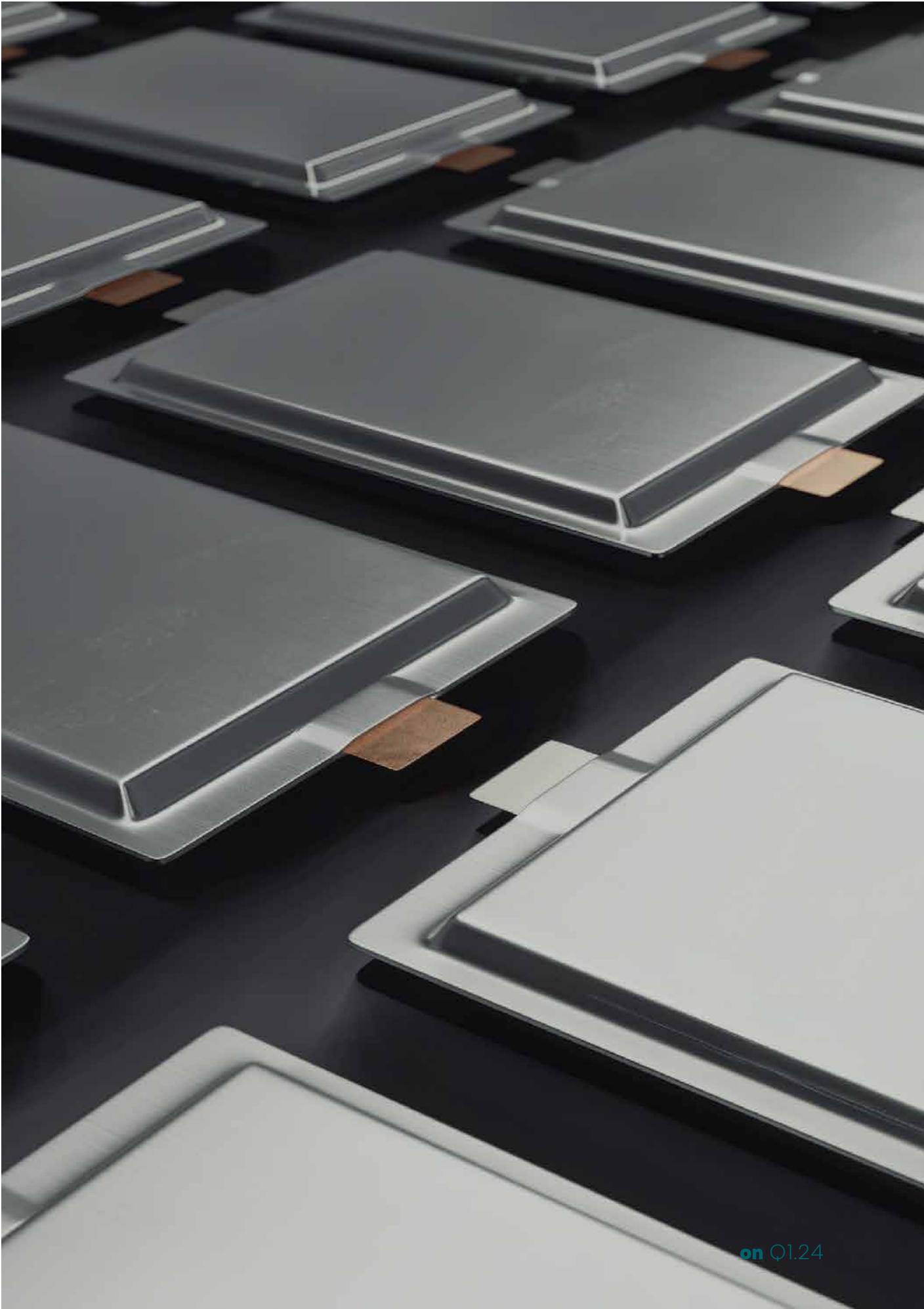


»Battery Safety Awareness Training«: **Nächster Klick: das sichere Lager**

In einem »Battery Safety Awareness Training«, kurz BSAT, können Interessierte jetzt am Rechner eine virtuelle Lagerhalle bauen und mit verschiedenen Sicherheits- bzw. Brandschutzmaßnahmen ausstatten. > S. 5



INNOVATIONSLABOR
für Batterie-Logistik
in der E-Mobilität



Gasdetektion macht Batterielogistik sicherer

Die Sensorik spielt bei der Erkennung von kritischen Batteriezuständen eine wesentliche Rolle: In einem Transferprojekt mit Forschenden des Innovationslabor Batterielogistik hat die Cicor Deutschland GmbH, ein Unternehmen der Cicor Gruppe, weltweiter Anbieter von Elektroniklösungen, die Möglichkeit erhalten, einen Gassensor weiterzuentwickeln. Für die sichere Erkennung von Gasen, die bei einer Batteriehavarie typischerweise austreten, kam auch Künstliche Intelligenz zum Einsatz.

Für die Logistik spielt das Detektieren von sicherheitskritischen Lithium-Batterien eine wichtige Rolle. Während das Thema bei neuen Batterien naturgemäß eine eher untergeordnete Rolle spielt, wird es bei älteren, ausrangierten Batterien immer wichtiger – erst recht mit Blick auf eine massenhafte Verbreitung der Elektromobilität. Das Geschäftsfeld Monilog® der Cicor Deutschland GmbH gehört zu den Spezialisten für die sensorgesteuerte Überwachung empfindlicher Güter

auf langen Transportwegen und in kritischen Umgebungen. Es werden sogenannte Datenlogger entwickelt, die mit Transformatoren, Generatoren, Schaltanlagen und fragile Optiken oder Medizin-Komponenten auf die Reise gehen. Die Idee, die Datenlogger auch zur Überwachung des Zustands von Batterien für Elektrofahrzeuge einzusetzen, reifte bei Dr. Ronny Leuschner, als Head of Monilog® zuständig für Forschung und Entwicklung, nach einem Gespräch mit Vertretern von Automobilherstel-



Über Cicor

Für die Cicor-Gruppe mit Hauptsitz in der Schweiz, weltweit tätiger Anbieter elektronischer Gesamtlösungen, arbeiten rund 2.700 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern an 17 Standorten. Zu den Kunden gehören führende Unternehmen aus den Bereichen Medizin, Industrie sowie Luft- und Raumfahrt & Verteidigung.

www.cicor.com



»Die Zusammenarbeit mit den Forschenden des Innovationslabor Batterielogistik hat unser Produkt und unser Team entscheidend weitergebracht.«

Dr. Ronny Leuschner, Head of Monilog®, Cicor

lern und Versicherern: »Alle waren auf der Suche nach einer Lösung, mit der sicherheitskritische Batterien frühzeitig und sicher erkannt werden können. Denn je eher ein Sensor eine Havarieaktion nachweist und je genauer die Zeitspanne bis zum



»Die Erprobung und Anpassung von Technologien für den Einsatz in der Batterie-Logistik ist uns im Forschungsprojekt ein

wichtiges Anliegen.«

Leonard Kropkowski, Fraunhofer HHI



Bei der Zustandserkennung von Batterien spielen elektrische, optische und chemische Kenngrößen eine Rolle. So können der Anstieg der Temperatur einer Batterie, die Ausdehnung einer Batterie oder das Auftreten von Schadgasen – alles Anzeichen für einen möglichen kritischen Zustand einer Batterie – gemessen werden.

möglichen thermischen Durchgehen der Batterie, dem Thermal Runaway, bestimmt werden kann, umso besser können Schutzmaßnahmen greifen – ob eine betroffene Batterie nun isoliert oder ein automatischer Löschvorgang ausgelöst wird.«

Schadgase kündigen Havarie an

Solange sich Batterien im Auto befinden, warnt das Batteriemanagementsystem (BMS) als elektronische Steuerungseinheit des Akkus vor einem möglichen Thermal Runaway. Ausgebaute Batterien, die ihren Weg ins Second Life antreten, zur Weiternutzung oder zum Recycling, müssen anders überwacht werden. »Zurzeit kommen hier in der Regel berührungslose Infrarot-Temperaturmessgeräte zum Einsatz«, so Dr. Ronny Leuschner. »Temperaturmessungen bei Batterien stoßen jedoch an Grenzen, wenn diese nicht direkt auf die Batterieoberfläche schauen können bzw. die Batterieoberfläche nicht zugänglich ist.« Eine Alternative oder Ergänzung ist der Einsatz von Gassensoren, die sogar

bereits Teil der Monilog®-Produktfamilie sind. Denn: Batteriehavarien kündigen sich nicht nur durch einen Temperaturanstieg an, sondern auch durch das Austreten sogenannter Schadgase, darunter Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Wasserstoff und kurzkettinge Kohlenwasserstoffe.

Für den industriellen Einsatz dieser Gassensoren in der Batterielogistik allerdings fehlten dem Unternehmen Nachweise der Sensorfunktionalitäten. »Die üblichen Reaktionsgase eines Thermal Runaways sind außerhalb von Laborbedingungen nur schwer zu erzeugen. Daher war ein realistischer Testaufbau für das Anlernen von Gasmessensoren erforderlich«, so Dr. Ronny Leuschner. Genau diese Tests konnte Cicor im Rahmen eines Transferprojekts des InnoLogBat mit einem Forschendenteam am Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut HHI, einem der wissenschaftlichen Partner des InnoLogBat, durchführen. Im Batterie- und Sensoriktestzentrum des Fraunhofer HHI und der Technischen Universität Clausthal in Goslar fanden innerhalb weniger Monate zahlreiche Versuche bzw. Versuchsreihen mit unterschiedlichen Gassensoren und unterschiedlichem Aufbau statt.

30 Minuten bis zum Thermal Runaway

Sämtliche Ziele des Transferprojekts (s. auch ganz rechts) konnten dabei erreicht werden. In den ersten Versuchsreihen konnte bereits der grundsätzliche Nachweis erbracht werden, dass die Monilog®-Lösung eine sich entwickelnde Batteriehavarie durch die Messung der Ausgasungen eindeutig erkennen kann. Dazu wurden die Sensoren zunächst Gasen, die bei einer Havarie typischerweise freigesetzt werden, ausgesetzt. Danach wurde sie mittels »Machine Learning« trainiert, diese Gase in unterschiedlichen Konzentrationen wiederzuerkennen.

Gleichzeitig wurden die Sensoren auch mit untypischen Gasen getestet, um Querempfindlichkeiten zu bestimmen.

In einer abschließenden Versuchsreihe, die im Februar durchgeführt wurde, wurde in einem ersten Testaufbau der Thermal Runaway einer Batterie mit einer gezielten Beschädigung der Außenhülle durch das Erhitzen von Zellen mit hohem Ladezustand gezielt eingeleitet. In einem zweiten Versuch wurden Zellen mit einem mittleren Ladezustand erhitzt, um gezielt eine Gasbildung ohne Brand der Zellen zu bewirken (sichtbares Aufblähen der Zellen). In beiden Fällen konnte ein Ausgasen der Zellen beobachtet werden. Dabei zeigte sich, dass der eingesetzte Gassensor auch in realen (verschmutzten) Umgebungen die typischen Gase Wasserstoff und Kohlenwasserstoffe, die bei kritischen Lithium-Ionen-Batterien austreten, sicher detektieren kann. Angelernte Gaszusammensetzungen wurden sicher wiedererkannt, sodass Quereinflüsse aus anderen »Gasquellen«,

die zu Falschmeldungen führen, vermieden werden. Eine frühzeitige Erkennung von bis zu 30 Minuten vor Eintreten eines thermischen Durchgehens bei einer kritischen Lithium-Ionen-Batterie mit Beschädigung der Außenhülle wurde ebenfalls nachgewiesen.

»Gasdetektion ist wichtiger Baustein«

Das Interesse der Industrie an der Entwicklung ist groß, insbesondere von Batterieherstellern, Recyclingunternehmen oder Unternehmen zur Wiederaufbereitung und zur Zweitverwertung von Lithium-Ionen-Batterien. Dr. Ronny Leuschner: »Die Gasdetektion ist ein wichtiger technologischer Sicherheitsbaustein für die Überwachung von Lithium-Ionen-Batterien. Wir können Havarien schneller erkennen und gleichzeitig werden Fehldetektionen vermieden.« Der Prototyp des neuen Datenloggers läuft bereits erfolgreich bei mehreren Kunden des Unternehmens im Pilotbetrieb und wird regelmäßig weiterentwickelt.



Ziele des Transferprojekts

- Nachweis der Sensorfunktionalität hinsichtlich der Messgenauigkeit bei Wasserstoff und Kohlenwasserstoff, der Verifikation der Sensorfunktionalität anhand realer Batterietests sowie Nachweis der Reproduzierbarkeit und der Selektivität der Zielgasdetektion
- Definition einer Zeitspanne vom Zeitpunkt der Erkennung einer beginnenden Havarie bis zum kompletten Durchgehen der Batterie bei definierten Randbedingungen
- Ableiten von Grenzwerten bestimmter Gaskonzentrationen, ab denen ein Thermal Runaway sicher bzw. wahrscheinlich eintritt



Die Funktionalitäten des Gassensors von Monilog® konnten im Transferprojekt des InnoLogBat mit Blick auf die Detektion von Schadgasen bei Batteriehavarien geprüft werden.



Beim Brandschutz wird zwischen vorbeugenden und abwehrenden Maßnahmen unterschieden. Zu den vorbeugenden Brandschutzmaßnahmen in einem Lager für Batterien gehören unter anderem Gasetektion, Rauchmelder, IoT-Geräte und Wärmebildkameras. Als abwehrende Maßnahmen dienen Evakuierungsmaßnahmen oder Sprinkleranlagen dazu, mögliche Schäden gering zu halten.

Nächster Klick: das sichere Lager

Der Brandschutz spielt in einem Lager für Lithium-Ionen-Batterien eine wesentliche Rolle. Forschende des InnoLogBat haben daher ein computergestütztes Training entwickelt, das unterschiedliche Maßnahmen beinhaltet und deren Nutzen und Kosten in Beziehung setzt.

Für die Lagerung von Lithium-batterien für die automobiler Anwendung gibt es noch keine konkreten gesetzlichen Vorschriften bzw. keinen einheitlichen Standard, jedoch zahlreiche Hinweise und Empfehlungen, unter anderem aus Versicherungsorganisationen oder Wirtschaftsverbänden. In einem »Battery Safety Awareness Training«, kurz

BSAT, können Interessierte jetzt eine virtuelle Lagerhalle bauen und innerhalb eines vorgegebenen Budgets mit verschiedenen Sicherheitsmaßnahmen ausstatten. Das Training wurde im Rahmen des Innovationslabors Batterielogistik am Fraunhofer IML entwickelt und umgesetzt. »Bislang obliegt es Unternehmen weitgehend selbst, geeignete Maßnahmen für

die Batterielagerung festzulegen und umzusetzen«, so Pia Schreynemakers von InnoLogBat, wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fraunhofer IML. »In unserem Training können sie sich mit wesentlichen Maßnahmen nicht nur vertraut machen, sondern erfahren unmittelbar auch welche Maßnahmen sich wie auf ihr Budget auswirken – und das alles auf ebenso praktische wie spielerische Art und Weise.«

An Stellschrauben drehen

Teilnehmende können sich im »Battery Safety Awareness Training« per Mausclick ein Lager von 10.000 Quadratmetern zusammenstellen. Sie entscheiden sich zunächst grundsätzlich für ein Lagersystem, z.B. Bodenblock- oder Regallagerung, danach für die Verpackung der Batterien, treffen Entscheidungen zur Lagerspezifizierung, zu Sprinklersystemen und -typen und zur Sensorik. Abschließend wählen sie Maßnahmen zur präventiven und reaktiven Organisation aus – von Schulungen über Notfallkonzepte bis hin Löschwasser-rückhalteanlagen. Die Maßnahmen haben die Forschenden aus der bisher vorliegenden Literatur sowie der betrieblichen Praxis ausgewählt und mit Partnern des InnoLogBat diskutiert und bewertet.

Grundsätzlich gilt es, die Maßnahmen auszuwählen und zu kombinieren, die das beste Kosten-Nutzen-Verhältnis aufweisen. Im Rahmen des Trainings können Teilnehmende erkennen, an welchen Stellschrauben sie drehen müssen, um nicht zuletzt auch ein Budget einhalten zu können. So sind Rauchmelder kostengünstige Maßnahmen zur Früherkennung von Bränden und können die Sicherheit erhöhen, während Wärmebildkameras besonders zur frühzeitigen Erkennung von Temperaturabweichungen geeignet sind, dafür aber kostenintensiv sein können.

Blick ins Training



Die erste Entscheidung beim Aufbau eines Lagers für Lithium-Ionen-Batterien muss zur Lagerart getroffen werden, hier ein Hochregallager.



Je nach Lagerart kommen unterschiedliche Verpackungsmöglichkeiten in Betracht, im Hochregallager Kartone, wie im Screenshot, oder Kunststoffbehälter.



Das Team vom InnoLogBat präsentierte das »Battery Safety Awareness Training« zum ersten Mal auf der Messe LogiMAT.

Startschuss für vier neue Transferprojekte

Mehr Logistik für den Batteriepass

Ab 2027 wird jede Batterie mit dem neuen EU-Batteriepass ausgestattet: In einer digitalen Datenbank sollen sämtliche Informationen über den gesamten Lebenszyklus einer Batterie hinweg gebündelt werden – von der Produktion über die Nutzung bis zur Wiedernutzung und zum Recycling. Mit dem Batteriepass verbindet die EU ein ehrgeiziges Ziel: Die Umweltbelastungen von Batterien sollen reduziert werden. In dem von der Bundesregierung geförderten Projekt Battery Pass arbeiten Industrie und Forschung in Deutschland bereits daran, inhaltliche und technische Standards für die Umsetzung des Passes zu schaffen. Die bisher definierten Attribute und Daten des Projekts decken nach Ansicht der Forschenden im InnoLogBat den Informationsbedarf für die Batterielogistik jedoch nicht vollständig ab. Im Transferprojekt LIBELLE, kurz für: **Leichter Informationsfluss von Batteriecharakteristika Ermöglicht Leistungsstarke Logistische Effizienz**, soll nun ein Softwarekonzept erarbeitet werden, das den Batteriepass genau um diese logistikrelevanten Informationen ergänzt. Die Forschenden wollen eine breitenwirksame Lösung entwickeln und dabei an bestehende Open-Source-Lösungen andocken.

- 🔗 **Transfergeber: Fraunhofer IML**
- 🔗 **Transfernehmer: WP Spedition, Zwickau**

Die neue E-Mobilität bietet Unternehmen jede Menge Chancen, stellt sie aber auch vor Herausforderungen beim Umgang mit Batterien. Das Fraunhofer IML und das Fraunhofer HHI, Partner im InnoLogBat, unterstützen jetzt in vier neuen Transferprojekten Unternehmen dabei, ihre Ideen und Entwicklungen zur Batterielogistik voranzutreiben. Von den Lösungen profitieren aber nicht nur die beteiligten Unternehmen.



Qualität von Batterien röntgen

Die Zahl der E-Autos auf unseren Straßen wächst und damit gewinnt die Batterielogistik immer mehr an Bedeutung. Schon in wenigen Jahren wird auch das Aufkommen an Alt-Batterien steigen. Rücknahmewege müssen dann sicher und automatisiert ablaufen. Im Transferprojekt CLiX, kurz für: **Computertomographische Lithium-Ionen-Batterieanalyse für Re-X**, soll daher der Grundstein für eine automatisierte Qualitätsbestimmung basierend auf dem Sicherheits- und Alterungszustand und mit Blick auf die weitere Verwendung von Batterien gelegt werden. Zur Bestimmung des Zustands einer Batterie wollen die Forschenden ein bildgebendes Verfahren für eine 3D-Röntgenuntersuchung, die Computertomographie (CT), testen.

- 🔗 **Transfergeber: Fraunhofer IML, Fraunhofer HHI**
- 🔗 **Transfernehmer: Exacom, Hannover**

Batterien für Second Life öffnen

Nach der Ausmusterung müssen versiegelte Batteriegehäuse zur Weiterverarbeitung für eine etwaige Nachnutzung oder zum Recycling geöffnet werden. Der heutige Verarbeitungsprozess mittels Trennschleifer in Handarbeit ist nicht nur gefährlich, sondern auch ineffizient. Für die mechanische Öffnung müssen Batterien aus Sicherheitsgründen tiefentladen werden. Damit können der Batterie aber keine einzelnen funktionierende Zellen mehr entnommen werden, die dann neu zu Batterie-Stacks zusammengesetzt werden könnten. Für die Zweitnutzung von Batterien (Second Life) ist das aber Bedingung. Das Transferprojekt SILAGE, kurz für **S**icheres **L**aserschneiden von Batterie**g**ehäusen zur Rekonditionierung oder stofflichen Verwertung vorge nutzter Stromspeicher, will den mechanischen Trennprozess deshalb auf ein nachhaltigeres Laserschneidverfahren übertragen. Dazu sollen Tests mit realen Batterien durchgeführt werden. Von dem laserbasierten Verfahren werden insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) profitieren: Das Geschäftsfeld einer Zweitnutzung von Batterien wird für sie effizienter. Zudem ergibt sich insbesondere für KMU aus der Recyclingwirtschaft ein ökonomischer Mehrwert sowie die Möglichkeit, die Arbeitssicherheit intern zu erhöhen.

- **Transfergeber: Fraunhofer HHI**
- **Transfernehmer: Laser Mikrotechnologie Dr. Kieburg, Berlin**

Leitfaden für Umgang mit eTrailer-Batterien

Elektrifizierte Trailer können einen erheblichen Beitrag zur Einsparung von Kraftstoffen und damit zur Reduzierung der CO₂-Emissionen leisten. Bereits seit einigen Jahren sind Prototypen solcher eTrailer im Einsatz, die Serienproduktion befindet sich in den Startlöchern. An den Produktionsstandorten muss daher eine Umgebung geschaffen werden, die den Anforderungen an das Handling von eTrailer-Batterien gerecht wird. Logistik- und Transportprozesse müssen angepasst und von geschulten Mitarbeitern ausgeführt und betreut werden. Im Rahmen des Projekts BATSAFE, kurz für: Batterie-Logistik Leitfaden – Sicherheit, Effizienz, soll jetzt ein allgemeingültiger Leitfaden für die Lagerhaltung und den Transport von eTrailer-Batterien unter Berücksichtigung aktueller Richtlinien, Vorschriften sowie Praxiserfahrungen erstellt werden. Die Forschenden wollen zum einen Daten und Fakten als Entscheidungsgrundlage in der Logistik liefern und zum anderen einen Rahmen schaffen, in dem eine sichere Lagerung, Transport und Produktion gewährleistet ist. Dazu können beispielsweise Hinweise zu relevanten Sicherheitsvorschriften und notwendigen Schulungen gehören.

- **Transfergeber: Fraunhofer IML**
- **Transfernehmer: KRONE Commercial Vehicle SE, Werlte; Trailer Dynamics, Eschweiler**



Die vier neuen Transferprojekte des InnoLogBat sind im ersten Quartal 2024 gestartet. Die Projektlaufzeit liegt bei jeweils sechs Monaten. Transferprojekte von Forschung (Transfergeber) und Industrie (Transfernehmer) zeichnen sich dadurch aus, dass Wissenschaftler und Unternehmensvertreter eine konkrete Aufgabenstellung eines Unternehmens in kurzer Zeit bearbeiten. Die Forschenden unterstützen das Unternehmen mit ihrem Technologie- und Methoden-Know-how sowie der Infrastruktur ihrer wissenschaftlichen Einrichtungen, das Unternehmen bringt personelle Ressourcen in das Projekt ein.

State of the Art: Forschende teilen Trends aus der Batterielogistik

»Logistics of EV Batteries in Germany – State of the Art« lautete der Titel eines Vortrags, den Max Plotnikov vom Innovationslabor für Batterie-Logistik in der E-Mobilität, wissenschaftlicher Mitarbeiter des Fraunhofer IML, auf der **14. International Conference on Industrial Engineering and Operations Management** der IEOM Society Mitte Februar in Dubai gehalten hat. Die Konferenz bietet Forschenden wie auch Vertreterinnen und Vertretern aus der Wirtschaft die Gelegenheit, sich mit den neuesten Trends und Entwicklungen im Bereich der Fabrikorganisation und der Produktionsoptimierung vertraut zu machen. In diesem Jahr kamen insgesamt 470 Fachexpertinnen und -experten aus mehr als 50 Ländern zusammen. Der Vortrag zum Status quo in der deutschen Batterielogistik in der Session Logistik stieß auf großes Interesse.

Bereits Ende des vergangenen Jahres hatte Max Plotnikov die Gelegenheit, Forschungsergebnisse aus dem Innovationslabor Batterielogistik auf der **17. IEEE International Conference on Service**

Foto: privat



Operations and Logistics, and Informatics (SOLI) in Singapur zu teilen. Konkret ging es hier um ein Konzept zum Shared Digital Twin von Fahrzeug-Batterien, das zur Verbesserung des Datenaustauschs beim Batterietransport dient.

Nachhaltiges Handling

Gefragte Referenten bei der 17. Fachkonferenz Lithiumbatterien des Magazins **fokus GEFAHR/GUT** Ende Januar in Göttingen waren Pia Schreyneackers und Marc Julian Brandt, beide Fraunhofer IML. Die Mitarbeitenden des InnoLogBat referierten in der Session »Logistik & Lagerung« über »Nachhaltiges

Batteriehandling durch den Einsatz innovativer Technologien«. Zu den Schwerpunkten der Konferenz gehörten Brandschutz, Logistik & Lagerung und Rücknahme sowie Re-use & Recycling. Die InnoLogBat-Referenten stellten vorläufige Erfahrungen und Richtlinien zur Lagersicherheit vor, zum Beispiel je Sprinkleranlagen, Wärmebildkameras oder Gasdetektion. Außerdem ging es um die Sicherheit während des Transports, bei dem die verpackte Batterie zahlreichen mechanischen und klimatischen Belastungen Stand halten muss.

Für den sicheren Transport von Batterien gelte es, so die Referenten, nicht nur die einzelne Batterie zu betrachten, sondern auch die Verpackung zu bewerten. Dabei müssten unter anderem das Dämpfungsverhalten der Verpackung sowie die Eigendynamik der Verpackung berücksichtigt werden. Im Konsortium des InnoLogBat sollen die bestehenden Vorgaben von Normen, Gesetzen und Vorschriften aus verschiedenen Fachrichtungen geprüft und Empfehlungen ausgesprochen werden.

Über das InnoLogBat

Das Innovationslabor für Batterie-Logistik in der E-Mobilität ist ein Forschungsprojekt, in dem das Fraunhofer IML gemeinsam mit der Universität Leipzig und dem Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut (HHI) sowie der Remondis Industrie Service, Rhenus Automotive und Mercedes-Benz Energy an Technologien und Verfahren für eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft von Lithium-Ionen-Batterien forschen.

www.innovationslabor-batterielogistik.de

Impressum

Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML
Joseph-von-Fraunhofer-Straße 2-4
44227 Dortmund

Verantwortlich: Dr. Ing. Arkadius Schier (Projektleitung),
Ellen Sünkeler (Marketing und Kommunikation),
info@innovationslabor-batterielogistik.de

Konzeption und Realisation: mehrzeiler & kollegen



INNOVATIONSLABOR
für Batterie-Logistik
in der E-Mobilität



GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung