

Teil II - Eingehende Darstellung

Kurzbezeichnung des Vorhabens HVBatCycle - HV-Batterie Recycling- und Resynthese-Prozesse für nachhaltige und funktionserhaltene Materialkreisläufe	
Zuwendungsempfänger: J. Schmalz GmbH	Förderkennzeichen 16BZF342J
Projektleiter Dr. Harald Kuolt	Berichtszeitraum 01.01.2022 - 30.06.2025

1. Aufzählung der wichtigsten wissenschaftlich-technischen Ergebnisse

Schmalz hat innerhalb des Vorhabens „HVBatCycle – HV-Batterie Recycling- und Resynthese-Prozesse für nachhaltige und funktionserhaltene Materialkreisläufe“ verschiedene Lösungen zur Erreichung des Gesamtprojektziels entwickelt, umgesetzt und den Projektpartnern zur Verfügung gestellt, auf die im Folgenden eingegangen wird.

1.1 AP1 Demontage & Entladung

Die Fa. J. Schmalz GmbH war während der Projektlaufzeit quasi ausschließlich mit der Bearbeitung des AP 1 befasst. Hierbei wurde intensiv mit dem IWF der TU Braunschweig zusammengearbeitet, da am IWF die jeweils erforderliche Infrastruktur bereitstand und auch dort vor Ort die Demontageprozesse aufgebaut und realisiert wurden. Insofern hat Schmalz die entsprechende Greiftechnik entwickelt und nach Aufbau und erster Inbetriebnahme dem IWF zur weiteren Verfügung bereitgestellt. Insofern sei für eine Gesamtbewertung dieses Arbeitspaketes auch auf den Bericht des IWF verwiesen.

Innerhalb des AP1 war Schmalz an folgenden UAP beteiligt:

- UAP 1.4 Konzeptionierung, Umsetzung und Evaluierung von automatisierten Demontageprozessrouten auf Systemebene unter Beachtung der Rahmenbedingungen für Vakuumgreiftechnik,
- UAP 1.6 Automatisierung der Demontage von Modulen bis auf Zellebene,
- UAP 1.8 Methodische Entwicklung eines automatisierten Zelldemontagekonzeptes bis auf Elektrodenenebene,
- UAP 1.9 Konstruktion und Inbetriebnahme der Demontagevorrichtung bis auf Elektrodenenebene,
- UAP 1.10 Durchführung von Machbarkeitsstudien zur Qualifizierung geeigneter Handhabungs- und Trennprozessschritte,
- UAP 1.11 Verkettung der einzelnen Demontageschritte zu einem automatisierten Demonstratorprozess,
- UAP 1.12 Evaluation der Demontage von Batteriezellen bis zur Elektrode,
- UAP 1.13 Wirtschaftlich-technische Bewertung von durchsatzgesteigerten Demontagungsverfahren unterschiedlicher Demontagetiefen

1.1.1 UAP 1.4 Konzeptionierung, Umsetzung und Evaluierung von automatisierten Demontageprozessrouten

Innerhalb dieses Arbeitspakets hat Schmalz beratend mitgewirkt und erste Komponenten zu Testzwecken zur Verfügung gestellt.

1.1.2 UAP 1.6 Automatisierung der Demontage von Modulen bis auf Zellebene

Schmalz beschäftigte sich im innerhalb dieses Arbeitspaketes zunächst mit zwei Fragestellungen: Das Aufspannen der Module während des Fräsprozesses sowie die Handhabung der einzelnen Modul- und Zellkomponenten nach der Demontage.

Auf Basis der definierten Randbedingungen wurden im ersten Schritt ein passendes Vakuum-Aufspannsystem für erste Versuche ausgelegt und bereitgestellt. Wesentlicher Vorteil der Vakuumaufspannung ist neben der hohen Spannkraft zur Aufnahme der (Fräs-)Prozesskräfte vor allem die sehr gute Zugänglichkeit von allen Seiten. Dadurch wird die robotergeführte Fräsoption ohne umspannen bzw. umgreifen an allen Kanten des Batteriemoduls möglich.



Abbildung 1: Vakuumsystemeinrichtung

Durch Handhabungsversuche an Muster-Komponenten im Labor bei Schmalz konnten anschließend erste Greifer entwickelt und zu einem gesamten Greifsystem zusammengefasst werden, das ebenfalls dem IWF zur Verfügung gestellt wurde. Dieses war modular aufgebaut, um Erweiterungen und Änderungen zu berücksichtigen, welche während der Projektlaufzeit auftreten werden. Insbesondere zur Handhabung der seitlichen Aluminium-Guss-Endplatten, konnte kein Standard-Sauggreifer verwendet werden, hierfür wurde ein spezieller Greifer entwickelt und realisiert, mit dem auch die Endplatten sicher gehandhabt werden können.

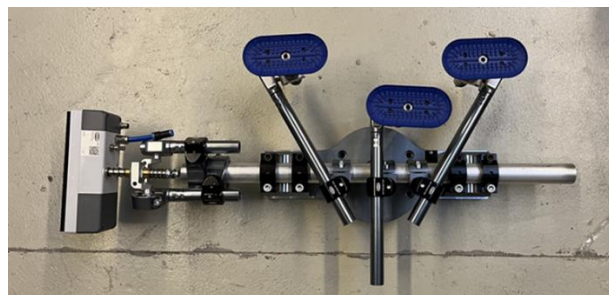


Abbildung 2: Grundaufbau des Multi-Effektors

Da bei der Demontage auch mit austretendem Elektrolyt zu rechnen ist, wurde gemeinsam mit dem IWF untersucht, wie sich Elastomersauggreifer bei Kontakt mit Elektrolyt verhalten. Dies ist insofern kritisch, da einzelne Materialpaarungen für die Handhabung von Bauteilen, die mit Elektrolyt in Kontakt stehen, nicht geeignet sind und bereits nach kurzer Zeit verschleissen. Neben dem Verlust der eigentlichen Funktion kann die Steckverbindung zwischen Elastomersauger nach längerer Einwirkdauer derart geschädigt sein, dass Sauger vom Nippel abfallen können und die abgefallenen Sauger ggf. in den Prozess gelangen. Dies gilt es auch in Demontageprozessen zu verhindern.

Silikon SI → Nach kurzer Zeit zerstört	Nitrilkautschuk NBR-ESD → Erste Leistungseinbußen; nach ca. 7 Tagen endgültig zerstört	Hochtemp. Material HT1 → Angelaufen, aber trotzdem maximale Saugkraft	EPDM → Quasi unverändert mit maximaler Saugkraft
			

Abbildung 3: klassische Sauggreifer nach längerer Einwirkung von Elektrolyt

Das in Abbildung 1 aufgezeigte Vakuumaufspannsystem ist grundsätzlich dafür geeignet, die zu demontierenden Module aufzunehmen und zu fixieren. Während der Versuche am IWF stellte sich aber heraus, dass die Haltekraft für hochdynamische Prozesse nicht ausreichend ist. Somit musste u.a. die Schnitt- bzw. Vorschubgeschwindigkeit gedrosselt werden. Insofern war es notwendig, die Haltekraft des bereitgestellten Spannsystems am relevanten Aufspannpunkt zu steigern. Hierzu wurden zwei Ansätze verfolgt:

- Optimierung der Vakuumführung bis an die Aufspannstelle
- Generelle Optimierung des Vakuumerzeugers bzw. Neuentwicklung des bereitgestellten Vacuum Hubs

Im ursprünglichen Aufbau wurde Vakuum durch den Drehtisch und die damit verbundene Drehdurchführung geführt, wie dies auch in der folgenden Abbildung ersichtlich ist. Aufgrund der Bauweise stellen die Umleitungen und Drehdurchführungen für die Vakuumleitung aus strömungsmechanischer Sicht aber Verengungen und damit Strömungswiderstände dar, die dazu führen, dass nur ein Bruchteil des erzeugten Vakuums bzw. des erzeugten Volumenstroms zum Vakuumaufbau überhaupt an der Aufspannstelle ankommt und dort zum Vakuumaufbau und damit zum Erzeugen der Aufspannkraft zur Verfügung steht. Insofern war somit eine strömungsgünstigere Verschlauchung notwendig, um die Verluste entsprechend zu begrenzen.



Abbildung 4: Drehtisch mit Vakuumversorgung (rechter Anschluss am Sockel)

Parallel hat Schmalz innerhalb des Projektes ein sog. „Vacuum Hub“ entwickelt, um eine effiziente und prozesssichere Vakuumzeugung mit hoher Verfügbarkeit für industrielle Prozesse anzubieten. Dies ist, wie auch die Arbeiten des IWF belegen, für den hier zu realisierenden Prozess von großer Bedeutung. Die robuste Konstruktion mit langlebiger ölgeschmierter Vakuumpumpe garantiert einen Vakuumzeuger mit hoher Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit. Wichtig war dabei insbesondere auch, dass eingesaugte Kühlschmierstoffe oder Elektrolyt abgeschieden werden, ohne den Vakuumzeuger zu beschädigen. Gleichzeitig bietet die integrierte Prozessüberwachung eine entsprechende Zuverlässigkeit und Sicherheit. Sowohl Vakuumlevel als auch Flüssigkeitsfüllstand werden laufend überwacht und über eine elektrische Schnittstelle und weitere Kommunikationseinrichtungen kommuniziert. Gesteuert wird das „Vacuum Hub“ über eine integrierte SPS, was die Integration in Maschinen und Anlagen erheblich vereinfacht.



Abbildung 5: entwickeltes „Vacuum Hub“ in einer typischen Anwendung

Der vom IWF entwickelte Prozess sieht vor, dass ein Batteriemodul mit dem Vakuumbreifer aus Abbildung 2 auf das Vakuum-Aufspannsystem aus Abbildung 1 aufgesetzt und fixiert wird. Anschließend erfolgt die spanende Bearbeitung und die Demontage. Nach Beendigung des Prozesses muss dann aber das demontierte Modul noch vom Aufspanntisch wieder abgenommen werden. Hier kann der aufgezeigte Vakuumbreifer nicht verwendet werden. Schmalz hat daher einen sog. „Unterschubgreifer“ entwickelt. Kern dieses Ansatzes ist es, dass ein Werkstück mit Vakuumbreifern seitlich angehoben wird und dabei eine Platte unter das Werkstück geschoben wird. Das Werkstück liegt dann auf der Platte auf und kann zum Ablegeort transportiert werden.



Abbildung 6: Unterschubgreifer: Vakuumsauggreifer greifen das Werkstück von der Seite und heben es leicht an (oben), danach wird eine Platte „untergeschoben“ und das Werkstück kann auf der Platte liegend gesichert transportiert werden (unten)

Des Weiteren wurden dem IWF für weitere Demonstratoranwendungen u.a. Nadel- und Vakuumbreifer bereitgestellt.

1.1.3 UAP 1.8 bis UAP 1.13

In den übrigen Arbeitspaketen stand Schmalz beratend zur Seite und hat Komponenten zur Umsetzung beigestellt.

2. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Dieses Projekt war mit erheblichen Risiken und Herausforderungen verbunden. Üblicherweise werden Komponenten und Produkte von Schmalz zur schonenden Handhabung von Werkstücken genutzt. Dabei steht neben einer entsprechend hohen Prozesssicherheit auch die „Unversehrtheit“ des Werkstückes im Fokus. Die Werkstücke, die gehandhabt werden müssen, sind außerdem neu. Bei der Demontage von HV-Batterien, die am Ende ihres Lebenszyklus angekommen sind, verhält sich das allerdings völlig gegensätzlich. Die Bauteile sind ggf. beschädigt, die Oberflächen nicht mehr ideal und das Bauteil muss auch nicht mehr schonend gehandhabt werden, weil diese anschließend dem Recycling zugeführt werden. Insofern ist schon die Ausgangssituation konträr zu den üblichen Anforderungen, die Schmalz bei der Automation üblicher Industrieprozesse begeben.

Wie bereits aufgezeigt, wurden seitens Schmalz verschiedenste Konzepte abgeleitet und vielversprechende Ansätze prototypisch entwickelt, um die gestellten Anforderungen lösen zu können. Dies wäre sowohl in fachlicher als auch in finanzieller Hinsicht alleine durch Schmalz nicht zu leisten gewesen. Denn die Komplexität an Randbedingungen und Einflussfaktoren sowie die notwendige Detailtiefe der einzelnen Arbeitspakete erforderte die Beteiligung von Forschungsinstituten, die sich mit wissenschaftlichen Methoden und Werkzeugen der einzelnen Fragestellungen annehmen konnten.

Mit einer Unterstützung dieser forschungsbasierten und freien Zusammenarbeit wurden innerhalb der Projektlaufzeit aussagekräftige Ergebnisse erzielt, die nun auch bis hin zu Serienprodukten entwickelt werden können, die u.a. für Logistikanwendungen genutzt werden können. Dies wird einen wesentlichen Beitrag zur Stärkung des Industriestandortes Deutschland leisten.

3. Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit des Ergebnisses – auch konkrete Planungen für die nähere Zukunft - im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Die J. Schmalz GmbH strebt die wirtschaftliche Verwertung der Projektergebnisse an. Schmalz kann durch das Forschungsprojekt die entsprechenden Komponenten und Lösungen entwickeln, so dass am Ende entsprechende Greifer- und Automationslösungen zur Verfügung stehen werden. Es werden zwar noch weitere Entwicklungen notwendig werden, um ein am Ende marktfähiges Produkt zu haben, dies wird aber innerhalb eines halben Jahres nach Projektende abgeschlossen sein. Hierzu zählen auch Softwarelösungen, wie beispielsweise Konfiguratoren oder Engineering Plattformen.

Darüber hinaus lassen sich mit den neu entwickelten Komponenten neue Marktsegmente erschließen, so dass ab ca. einem halben Jahr nach Projektende weitere Anwendungen ins Lösungsportfolio von Schmalz aufgenommen werden können. Hier sei beispielsweise Pakethandhabung in der Logistik, etc. erwähnt. Insofern trägt das Projekt dazu bei, die Marktposition von Schmalz weiter auszubauen. Durch die daraus resultierende Umsatzsteigerung von erhofften 5-10% können Arbeitsplätze in den kommenden drei Jahren nach Projektende auch langfristig zu sichern.

Dies liegt auch daran, dass bislang keine Konkurrenzlösungen bekannt geworden sind. Die hier betrachteten Konzepte bieten darüber hinaus die Möglichkeit, dass diese auf weitere Branchen ausgeweitet werden können, weswegen die im Antrag aufgezeigten positiven Aussichten weiterhin als realistisch eingeschätzt werden können.

Schmalz hat zwischenzeitlich mehrere Schutzrechtsanmeldungen getätigt, so dass auch die weitere Verwertbarkeit der Projektergebnisse gesichert ist.

Schmalz wird auch auf kommenden Messen, in Kundengesprächen oder auf weiteren Kanälen das Projektergebnis in den nächsten Monaten breiter vorstellen, um potenzielle Kundenanwendungen zu identifizieren, damit die protoypisch vorliegenden Studien in absehbarer Zeit weiterentwickelt werden können und dann als Produkt zur Verfügung stehen.

4. Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordene Fortschritt auf dem Gebiet bei anderen Stellen

Während der Projektlaufzeit sind keine Fortschritte oder F&E-Tätigkeiten anderer Stellen auf diesem Gebiet bekannt geworden.

5. Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 5 der NABF und NKBF.

Schmalz wird die eigenen Ergebnisse auf Messen, in Fachbeiträgen, etc. bewerben. Dies wurde bereits initiiert.