

Forschungsberichtsblatt BWPLUS

Nachhaltige Digitalisierung – Ultraeffizienz und Digitalisierung

Teilprojekt Industrielle Demontagefabrik 4.0

Projektleiter

Dr. rer. nat. Torsten Zeller

Autoren

Jan Henning Seelig, Oliver Keich

CUTEC Clausthaler Umwelttechnik Forschungszentrum



Förderkennzeichen: L75 18003

Projektlaufzeit: 01.01.2018 – 30.06.2021

Die Arbeiten des Programms Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung werden mit
Mitteln des Landes Baden-Württemberg gefördert

September 2021

ZUWENDUNGSGEBER



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

PROJEKT BETREUER



PTKA

Projektträger Karlsruhe

Karlsruher Institut für Technologie

Projektträger Karlsruhe

Baden-Württemberg Programme

Hermann-von-Helmholtz-Platz 1

76344 Eggenstein-Leopoldshafen

ERSTELLT DURCH

CUTEC Clausthaler Umwelttechnik Forschungszentrum

Leibnizstraße 23

38678 Clausthal-Zellerfeld

IHRE ANSPRECHPARTNER

Name	Telefon	E-Mail
Dipl.-Biol. Jan Henning Seelig, M. Eng.	05323 933 144	jan.seelig@cutec.de
Dr. rer. nat. Torsten Zeller	05323 933 206	torsten.zeller@cutec.de

Clausthal-Zellerfeld, den 30. September 2021

1 Kurzbeschreibung der Forschungsergebnisse

Ziel war die Entwicklung und der Aufbau einer automatisierten Demontagezelle für Lichtmaschinen als ausgewählte End-of-Life-Produkte. Dazu wurde ein Demontagetechnikum eingerichtet, bestehend aus drei KUKA Industrierobotern, einem eigens konstruierten und entwickelten Ablagesystem, verschiedenen 3D-Kameras zur Szenenanalyse sowie umfangreicher Sensor- und Sicherheitstechnik. Gesteuert und überwacht wird das gesamte Technikum von einem selbst entwickelten, von einer Datenbank unterstützten Prozessleitsystem samt Benutzeroberfläche.

In einem ersten Schritt wurden manuelle Demontageversuche durchgeführt, um die Aggregatstrukturen zu erfassen, zu virtualisieren und in der Datenbank zu hinterlegen. Die Werkzeuge für die Automatisierung der Prozesse auf Basis von Industrierobotern wurden identifiziert. Dabei zeigte sich, dass insbesondere spezialisierte Werkzeuge zur Demontage nicht am Markt erhältlich sind, da die Herausforderungen einer automatisierten Demontage grundsätzlich andere sind als die einer Montage bzw. Produktion. Diese wurden daher im Projektverlauf selbst konstruiert und selbst gefertigt. Dazu gehörten beispielsweise individuell angepasste Greifwerkzeuge, aber auch durch Industrieroboter geführte Schraubwerkzeuge, die zum Lösen und Entfernen von unterschiedlichen Schrauben mit unterschiedlichen Drehmomenten und -wegen. Als besondere Herausforderung wurde das Trennen kraftschlüssiger Verbindungen identifiziert, hier die Verbindung zwischen Lagern und Rotorwelle. Dazu wurde in den zentralen Aufspanntisch der Demontagezelle eine selbst entwickelte Austreibereinheit integriert. Damit sowie durch ein Konzept des Vereinens mehrerer Funktionalitäten in den robotergeführten Demontagewerkzeugen konnten zeit- und energieintensive Transport- und Werkzeugwechsellvorgänge sowie der benötigte Platzbedarf reduziert werden. Die dadurch erreichte Reduktion der Prozesszeit ist von zentraler Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit einer Demontagefabrik. Zum Projektende wurden in dem erstellten Gesamtsystem erfolgreich Lichtmaschinen vollautomatisiert demontiert und die erhaltenen Bauteile sortenrein in ein dafür entwickeltes Lagersystem abgelegt.

Eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung auf Basis im Projekt ermittelter Kennzahlen konnte zeigen, unter welchen Rahmenbedingungen die automatisierte Demontage von Lichtmaschinen mit der erstellten Demontagezelle kostenneutral bzw. gewinnbringend betrieben werden kann.

2 Fortschritte für Wissenschaft und Technik

Die Strategie einer zielgerichteten automatisierten Demontage erwies sich als zielführend und kann zukünftig auf weitere Produktgruppen ausgeweitet werden. Die detaillierte Betrachtung von Aspekten wie Demontagetiefe, Materialauswahl und Verbindungstypen bei relevanten Produkten auf wissenschaftlicher Basis mit hoher Anwendungsnähe erwies sich als erfolgversprechend.

Für die Wirtschaftlichkeit robotergestützter Demontage wurde in einem vorhergehenden Projekt („Demontagefabrik im urbanen Raum – Konzeption und Planung“) auf die

Notwendigkeit einer Beschleunigung der Demontagevorgänge durch Automatisierung hingewiesen. Die grundsätzliche Machbarkeit konnte im vorliegenden Projekt für das Modellprodukt Lichtmaschinen im Technikumsmaßstab demonstriert und erstmalig nachgewiesen werden. Für das Upscaling in eine industrielle Demontage wurde das Konzept des Einsatzes spezieller paralleler Demontagestrecken entwickelt und vorgeschlagen.

Lichtmaschinen sind relativ einfach aufgebaute rotierende elektrische Aggregate. Die anhand dieses Modellprodukts entwickelten Demontagevorgänge sind grundsätzlich auch für die Demontage weiterer Produkte aus dieser Gruppe adaptierbar.

3 Nutzen und praktische Verwertbarkeit

Mit der zunehmenden Verbreitung der Elektromobilität ergeben sich neue Herausforderungen für das Recycling im Hinblick auf die Etablierung einer Kreislaufwirtschaft gemäß KrWG. Metalle erfahren beim Durchlaufen der etablierten Recyclingrouten oftmals eine Reduktion ihres Einsatzspektrums (Downcycling). Bei der Demontage werden Produkte entlang von Materialgrenzen aufgetrennt. Dies erlaubt eine sortenreine Wiedergewinnung und damit ein gezielteres Recycling bei Erhalt des Einsatzspektrums der Materialien. Darüber hinaus wird durch Integration eines entsprechenden Condition Monitorings auch die Rückgewinnung wiederverwendbarer Bauteile aus Altprodukten ermöglicht, wie sie gemäß KrWG bzw. der untergesetzlichen Regelwerke prioritär zu erfolgen hat

Naheliegend ist die Übertragung und Weiterentwicklung der im Projekt erarbeiteten Ergebnisse auf die Produktgruppe elektrischer Antriebsaggregate. Diese umfassen neben der elektrischen Maschine auch Getriebe sowie Leistungselektronik.

Die wirtschaftliche Anschlussfähigkeit ist besonders in der industriellen Umsetzung der entwickelten Techniken und Strategien zu sehen. Darüber hinaus bieten besonders auch die im Projekt entwickelten Demontageaggregate und -werkzeuge Perspektiven für Werkzeug- und Systemanbieter/-hersteller zum Ausbau ihres Portfolios, da entsprechende Demontageaktivitäten realistisch absehbar einen Zukunftsmarkt ausbilden werden.

Am CUTEC Forschungszentrum werden die Projektergebnisse im Rahmen des Projekts „Industrielle Demontage von Batteriemodulen und E-Motoren zur Sicherung wirtschaftsstrategischer Rohstoffe für die E-Mobilität – DeMoBat“ (Förderkennzeichen L7520102) in einen deutlich komplexeren Rahmen eingebettet und weiterentwickelt.

4 Ergebnis- und Forschungstransfer

Ein Video des vollständigen Demontageprozesses wird erstellt und befindet sich derzeit in der Nachbearbeitung. Eine Arbeitsversion ist unter folgendem Link einsehbar: <https://youtu.be/5Fw6vnelwoM> Die finale Version wird unter anderem auf der Homepage des CUTEC Forschungszentrums veröffentlicht.

Für interessierte Kreise steht ein funktionsfähiger realer Demonstrator für die automatisierte Demontage von Lichtmaschinen zur Verfügung.

Die Fortschritte im Bereich der automatisierten Demontage werden derzeit im Projekt DeMoBat in Form von Industrieworkshops sowie durch Veröffentlichungen und Vorträge im Rahmen fachspezifischer Veranstaltungen präsentiert.

Des Weiteren sind u. a. zwei Promotionen am CUTEC Forschungszentrum zu diesem Thema in Arbeit.