




Bekanntmachung	ReziProK – Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft – Innovative Produktkreisläufe
Zuordnung zu Themenschwerpunkt	2.3 Kreislaufschließung durch digitale Technologien
Verbundprojekttitel:	EIBA Sensorische Erfassung, automatisierte Identifikation und Bewertung von Altteilen anhand von Produktdaten sowie Informationen über bisherige Lieferungen (EIBA)
Bericht:	Sachbericht zum Verwendungsnachweis (Teil 1; zur Veröffentlichung)

Verbundkoordinator:	 <p>Circular Economy Solutions GmbH Greschbachstr.3, 76337 Karlsruhe Markus Wagner Tel. +49 551 500 80 67 0 Markus.Wagner@c-eco.com</p>
Konsortialpartner	
Fraunhofer IPK	
Technische Universität Berlin Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb Fachgebiet für Handhabungs- und Montagetechnik (HM)	 <small>INSTITUT WERKZEUGMASCHINEN UND FABRIKBETRIEB TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN</small>
acatech	 <small>DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN</small>
TU Berlin SEE	
Laufzeit	45 Monate
Berichtszeitraum	01.09.2019 – 31.05.2023

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 033R226A gefördert.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Am Ende einer Nutzungsphase existieren für ein Produkt verschiedene Entsorgungs- oder Aufbereitungsstrategien. Abhängig von Art und Zustand können Produkte unterschiedlichen Arten der erneuten Nutzung zugeführt werden, wie z.B. Re-Use, Remanufacturing oder Recycling. Um eine weitere Nutzung als Produkt zu ermöglichen, müssen die Altteile eindeutig identifiziert und bewertet werden. Die Herausforderung dabei ist, dass viele Produktmodelle sich nur geringfügig voneinander unterscheiden und aufgrund von Verschmutzung und Verschleiß nach der Nutzung schwer zu identifizieren sind. Zusätzlich stehen den Fachleuten für die Identifikation und Bewertung nur wenige Sekunden Zeit zur Verfügung.

Im Verbundprojekt „EIBA - *Sensorische Erfassung, automatisierte Identifikation und Bewertung von Altteilen anhand von Produktdaten sowie Informationen über bisherige Lieferungen*“ war das Ziel die Mitarbeitenden in der Identifikation und Sortierung von Fahrzeug-Altteilen zu unterstützen, indem ihnen eine Maschine zur Seite gestellt wurde, welche das Produkt mit beurteilt. Die Innovation besteht dabei unter anderem darin, eine Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine zu ermöglichen, um sich komplementär zu ergänzen. Dafür entwickelte das Projektkonsortium aus Fraunhofer IPK, der TU Berlin HM und TU Berlin SEE und acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften unter der Leitung der Circular Economy Solutions GmbH (C-ECO) gemeinsam ein lernendes System, welches an Arbeitsplätzen im industriellen Umfeld digitale Daten aus Sensorik und Geschäftsprozess mit Methoden der künstlichen Intelligenz analysiert und daraus Entscheidungsempfehlungen zur Altproduktbewertung für die Mitarbeitenden ableitet. Dank des Vier-Augen-Prinzips von Mensch und Maschine soll die Fehlerquote bei der Identifikation reduziert, die Menschen entlastet sowie Kosten und Zeit gespart werden, um die Skalierbarkeit und Wettbewerbsfähigkeit der rückwärtsgerichteten Logistik zu stärken. Aspekte der sozialen und ökologischen Nachhaltigkeit wurden bei der Entwicklung des Systems konsequent mitbedacht.

Für die Entwicklung wurden Identifikations-Arbeitsplätze bei C-ECO mit Farb- und Tiefeninformationssensoren (RGB-D) und digitalen Waagen ausgestattet, um Daten zur physischen Beschaffenheit der gebrauchten Produkte sowie zum Geschäftsprozess im laufenden Betrieb zu sammeln. Diese Daten von über 600.000 Beurteilungsvorgängen wurden kontinuierlich analysiert und genutzt, um Systeme für maschinelles Sehen und Datenanalyse zu trainieren und zu validieren. Dafür wurden Methoden des Maschinellen Lernens bzw. Deep Learnings benutzt und weiterentwickelt, sowie auch eigene Algorithmen für anwendungsfall-spezifische Herausforderungen entwickelt. Die KI-generierten Ergebnisse wurden über Fusions-Algorithmen gewichtet, zu Vorschlägen für die Identifikation der Produkte verdichtet und in den Arbeitsprozess sowie die Mensch-Maschine-Schnittstelle integriert. Die Akzeptanz und Wahrnehmung der Unterstützung durch das EIBA-System wurde über Befragungen der Mitarbeitenden ausgewertet. Im Projekt konnte in der Produktionsumgebung validiert werden, dass die Genauigkeit der Identifikation im Vergleich zum Stand der Technik (SdT) um etwa 15% verbessert werden konnte.

Beispielsweise wurden für Diesel-Injektoren und Diesel-Pumpen Verbesserungen von 9% erzielt, während bei Anlassern Verbesserungen von 19% und bei Lichtmaschinen Verbesserungen von 14% validiert wurden. Das im EIBA-Projekt verifizierte Verbesserungspotential ist deutlich größer. Durch die entwickelten KI-Modelle wird voraussichtlich eine Steigerung von bis zu 28% in der Genauigkeit der Identifikation gegenüber dem SdT in industrialisierten KI-Systemen möglich sein. Die Prozesszeit mit EIBA lag dabei in der Validierungsphase 13,5 % höher im Vergleich zum rein manuellen SdT. Dies ist zum einen begründet in prozessbedingten Wartezeiten z.B. für die Kameraaufnahmen, zum anderen im Vergleich des EIBA-Systems mit sehr erfahrenen Mitarbeitenden, welche den manuellen Prozess täglich sehr häufig durchführen, aber ortsgebunden und nur begrenzt verfügbar sind. Der aktuell beobachtete Geschwindigkeitsnachteil kann in einer anwendungs-orientierten Weiterentwicklung nach dem Projekt durch Verbesserung von Soft- und Hardware mindestens kompensiert werden.

Vor dem Hintergrund der ökologischen Nachhaltigkeit konnte am Beispiel von Startern gezeigt werden, dass der Energieeinsatz für Betrieb und Training der KI bereits nach 15 zusätzlich identifizierten Teilen, welche dem Remanufacturing zur Verfügung stehen, kompensiert wird. Ein globaler Einsatz der EIBA-Technologie bei C-ECO ergäbe so allein für diese Produktgruppe ein jährliches Einsparpotential ca. 27,5 Tonnen CO₂-Äquivalenten.

Die Erkenntnisse aus EIBA zur optischen Erkennung von Altteilen werden in Form eines Datensatzes, welcher ca. 500 unterschiedliche industrielle Teile, sowie trainierte ML-Modelle zu deren Erkennung umfasst, für weitere Forschungsvorhaben bereitgestellt. Darüber hinaus wurden zahlreiche wissenschaftliche Erkenntnisse und Entwicklungen aller Partner veröffentlicht; die vollständige Liste findet sich im Anhang des Teil 2. In der Umsetzung des Projekts hat sich insbesondere gezeigt, wie wichtig die Verfügbarkeit qualitativ hochwertiger Daten für die erfolgreiche Digitalisierung von Geschäftsprozessen ist und wie herausfordernd es ist eine Kultur zu etablieren, welche Qualität nicht nur in Produkten adressiert, sondern diese auch von den im Geschäftsprozess entstehenden Daten fordert.

C-ECO plant die Technologie aus EIBA gemeinsam mit den Partnern für einen produktiven Einsatz weiterzuentwickeln und zukünftig im Rahmen seines „CoremanNet“-Service einzusetzen. So werden im Zusammenhang mit der Skalierungsfähigkeit der EIBA-Technologie die Übertragung von personengebundenem Spezialwissen und damit einhergehende Qualitätsverbesserungen im Netzwerk möglich, welche im heutigen Prozess nur mit großem Aufwand oder gar nicht erreichbar sind. Dies ermöglicht es mehr Altteile dem Remanufacturing zuzuführen und so im Kreislauf zu halten.