

## recAlcle

Recycling-oriented collaborative waste sorting by continual learning

<b>Programm / Ausschreibung</b>	IKT der Zukunft, AI for Green, AI for Green 2021	<b>Status</b>	laufend
<b>Projektstart</b>	01.07.2022	<b>Projektende</b>	30.09.2025
<b>Zeitraum</b>	2022 - 2025	<b>Projektlaufzeit</b>	39 Monate
<b>Keywords</b>	8		

### Projektbeschreibung

Abfall trägt erheblich zu den Treibhausgasemissionen bei. Da das Wirtschaftswachstum der Hauptgrund für ein erhöhtes Abfallaufkommen ist, ist eine Verringerung von Abfall bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung des Wirtschaftswachstums ein Hauptziel des neuen europäischen Aktionsplans für die Kreislaufwirtschaft. Recycling stellt hierbei eine Schlüsselrolle dar, da es den Bedarf an Primärrohstoffen reduziert und den Wertverlust in der Abfallwirtschaft mindert. Aus diesem Grund strebt die EU hohe Recyclingquoten an mit dem Ziel, bis 2030 70 % aller Verpackungsabfälle und bis 2035 65 % aller Siedlungsabfälle zu recyceln.

Recycling erfordert eine Vorsortierung, um eine maximale Reinheit des gesammelten Materials und damit ein hochwertiges Rezyklat zu ermöglichen. Trotz automatisierter Sortierung ist die manuelle Sortierung durch den Menschen nach wie vor fester Bestandteil der Sortierung. Sie dient der finalen Qualitätssicherung, um die notwendigen Reinheitsgrade zu erreichen. Das Projekt recAlcle zielt auf eine Interaktion von menschlicher und maschineller Intelligenz ab, um einerseits maschinelle Lernverfahren (rein durch Beobachtung des Menschen) kontinuierlich zu verbessern und andererseits Menschen (mittels automatisierter Klassifizierung) bei der manuellen Sortierung zu unterstützen.

Aus rein technischer Sicht stellen Sortierfachkräfte Experten-Sortierinstanzen dar, die aus Sensoren (vis. Wahrnehmung), einem Klassifikator (Erfahrung) und Aktuatoren (Händen) besteht. Durch das Entfernen eines Elements aus dem Materialfluss, annotiert der menschliche Arbeiter das Element indirekt als eines, welches auch durch einen automatischen sensorbasierten Sortieransatz erkannt werden müsste. Das recAlcle-Projekt zielt darauf ab, diese indirekten Annotationen als Kernelement für die Entwicklung eines neuartigen, passiv vom Menschen geführten kontinuierlichen maschinellen Lernansatzes zu verwenden, der die kontinuierliche Verbesserung automatischer Klassifikationssysteme allein durch die Beobachtung eines menschlichen Bedieners in einer Anwendungsdomäne ermöglicht. Das erfordert neue Methoden zur automatischen modalitätsübergreifenden Annotierung und Aufbereitung von Trainingsdaten über verschiedene Sensormodalitäten hinweg.

Robuste Klassifizierungsmodelle sollen in recAlcle auch dazu verwendet werden den Menschen bei seiner Sortierarbeit zu unterstützen. Durch den Einsatz von Projektoren soll die Aufmerksamkeit von Menschen auf bestimmte Bereiche auf dem Sortierband gelenkt werden um i) bei den Menschen der Sortierung zu unterstützen, ii) neues Personal anzulernen und iii) die Monotonie und Belastung manueller Sortieraufgaben zu reduzieren und die Sortiereffizienz und Mitarbeiterzufriedenheit zu steigern.

Die im Projekt geplanten Entwicklungen orientieren sich an zwei konkreten und komplementären Anwendungsfällen: der Sortierung von Kunststoffverpackungen und die Aussortierung von Batterien. Die Anwendungsfälle werden im Smart Waste Characterization Lab des Projektpartners MUL umgesetzt, um die entwickelten Methoden genau zu testen und zu bewerten. recAlcle zielt darauf ab den Output an recycelbarem Plastikmüll von Sortieranlagen um 25 % zu steigern, ohne die Zahl der Sortierarbeiter zu erhöhen. Dies wird maßgeblich dazu beitragen, die Nachhaltigkeit der Abfallwirtschaft zu erhöhen und darüber hinaus Österreichs führende Position im Recycling und als wettbewerbsfähiger und innovativer Technologieanbieter in Europa hinsichtlich Nachhaltigkeitszielen weiter zu stärken.

## Abstract

Waste contributes significantly to greenhouse gas emissions. As economic growth is the main driver for increased waste generation, a decrease in waste production while maintaining economic growth is a primary objective of the new European Circular Economy Action Plan. Recycling constitutes a key solution to this issue as it reduces the demand for primary, raw resources and mitigates the loss of value in waste management. Accordingly, the EU aims for high recycling rates and has a current target of 70% of packaging waste being recycled by 2030 and 65% of municipal waste being recycled by 2035.

Recycling requires materials to be pre-sorted. Despite the already utilized sophisticated sensors and machinery, manual sorting by human employees is still an integral part of waste sorting for recycling (1) to allow the quality assurance of material concentrates and (2) to achieve the high levels of purity required by recycling plants to produce high-quality recyclates. In this project, we aim to capitalize on human expertise by integrating human and machine intelligence into recAlcle: a human-guided approach to fine-tuning the sorting process, which additionally provides support to the human worker in the form of augmented guidance.

From a purely technical perspective, a human sorting worker constitutes an expert sorting instance, comprised of sensors (i.e., vision), a classifier (i.e., expertise), and actuators (i.e., hands). By choosing an element to be removed from the material flow, the human worker indirectly annotates the element as one requiring classification by an automatic sensor-based sorting approach. The recAlcle project aims to use these and other indirect annotations as the core element for devising a novel, passively human-guided continual learning approach, which enables the continuous improvement of automatic classification systems by observing a human operator working in an application domain. This requires methods for automatic cross modality observation mapping, which allow the automatic preparation of training data across different sensor modalities and will be applicable in the context of other multi-modal machine learning application domains.

There is a clear benefit in interfacing and integrating sensor-based classification models with the worker's task in terms of improved machine classification and highlights the importance of the human worker in such applications. In combination with guidance and augmentation technology, increased robustness of the classification models will allow recAlcle to support workers by: (i) guiding them towards potential areas of interest, (ii) providing initial skill adaptation training and support for novice personnel, and (iii) reducing the monotony and strain involved in sorting tasks; leading to increased sorting efficiency and worker satisfaction. The developments planned within recAlcle are guided by two complementary use cases, both highly relevant in the context of current recycling efforts: plastic package sorting and battery sorting, which will be implemented in the Smart Waste Characterization Lab of project partner MUL to thoroughly test and evaluate the recAlcle approach. With the methods developed within recAlcle we aim to increase the output of recyclable plastic waste by 25% without increasing the number of sorting workers. This will significantly help to increase the sustainability of waste management and further strengthen Austria as a leader in recycling and as a competitive and innovative technology provider in Europe regarding the sustainable development goals.

## **Projektkoordinator**

- Pro2Future GmbH

## **Projektpartner**

- Montanuniversität Leoben
- Siemens Aktiengesellschaft Österreich