



Kreislaufwirtschaft und Digitalisierung - innovative Lösungsansätze der kooperativen und experimentellen Forschung

Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.mont. Renato Sarc

 Bundesministerium
Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie

BMK Green Tech Summit

06.11.2024 (online)



AVAW

Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft

<https://www.avaw-unileoben.at/>



Die österreichische Kreislaufwirtschaftsstrategie 2022 + Vision

 Bundesministerium
Klimaschutz, Umwelt,
Energie, Mobilität,
Innovation und Technologie

“Das langfristige Ziel der österreichischen Bundesregierung ist, die österreichische Wirtschaft und Gesellschaft bis 2050 in eine umfassend nachhaltige Kreislaufwirtschaft umzugestalten.”

Österreich auf dem Weg
zu einer nachhaltigen und
zirkulären Gesellschaft

Die österreichische Kreislaufwirtschaftsstrategie

10 Grundsätze der Kreislaufwirtschaft (R-Grundsätze)

➤ RECYCLING und ENERGETISCHE VERWERTUNG



 Wiederverwerten von Materialien

9. Recycle Recycling. Aufbereiten von Materialien, um eine hohe Qualität zu erhalten und sie wieder in den Materialkreislauf zurückzuführen

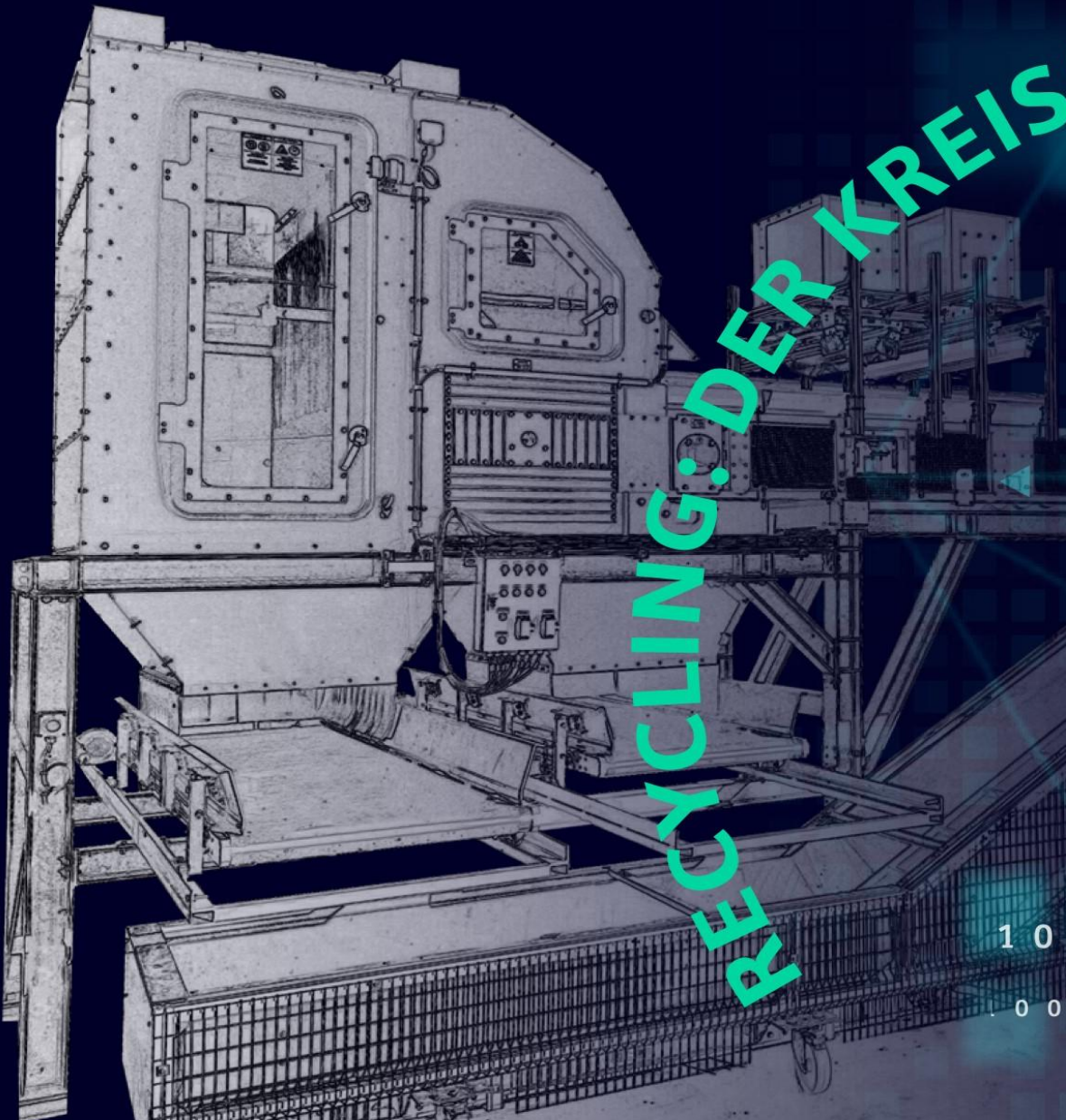
10. Recover Thermische Verwertung mit Energierückgewinnung

Quelle: BMK basierend auf Potting et al. (2017)

Neue WtE Anlage für vorbehandelte Abfälle für hocheffiziente thermische Verwertung, Norske Skog, Bruck an der Mur, Ö.



RECYCLING: DER KREISLAUF WIRD DIGITALISIERT



1 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 1 1 0 0 1 1 1 0 0 1 0 0 0 1 1 0 1 0 0 1 1 1
0 0 1 0 0 1 0 1 0 1 1 1 0 0 1 0 1 0 0 0 1 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 1 0 1 1 1 0 0 0 1 1
1 0 1 0 1 0 1 1 1 0 1 0 0 1 1 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 0 0 0 1

AVAW INFRASTRUKTUR: Grundlagen, industrielle und experimentelle ingenieurmäßige F&E

Forschungskategorie	Technology Readiness Level
Orientierte Grundlagenforschung	TRL 1 Nachweis der Grundprinzipien
Industrielle Forschung	TRL 2 Ausgearbeitetes (Technologie-)Konzept
	TRL 3 Experimentelle Bestätigung des (Technologie-)Konzepts auf Komponentenebene
	TRL 4 Funktionsnachweis der Technologie im Labor(-maßstab) auf Systemebene
Experimentelle Entwicklung	TRL 5 Funktionsnachweis der Technologie in simulierter, dem späteren Einsatz entsprechender Umgebung – beim industriellen Einsatz im Fall von Schlüsseltechnologien
	TRL 6 Demonstration der Technologie in simulierter, dem späteren Einsatz entsprechender Umgebung – beim industriellen Einsatz im Fall von Schlüsseltechnologien
	TRL 7 Demonstration des Prototyp(-systems) in Einsatzumgebung
	TRL 8 System technisch fertig entwickelt, abgenommen bzw. zertifiziert
Markteinführung	TRL 9 System hat sich in Einsatzumgebung bewährt, wettbewerbsfähige Produktion im Fall von Schlüsseltechnologien

Standort für die MUL-eigene Infrastruktur + langfristige Projektkooperation mit Partnern aus der Wirtschaft



ANDRITZ Recycling Technology Center, St. Michael, Österreich © ANDRITZ

DWRL – „Förderband“ zwischen klassischer und digitalisierter Welt



BEZIRKSHAUPTMANNSCHAFT LEOBEN

Bezirkshauptmannschaft Leoben

Ereicht lt. Verteiler

Bearb.: Ing. Alexander Horvath
Tel.: +43 (3842) 45571-258
Fax: +43 (3842) 45571-500
E-Mail: bh-anlagenreferat@stmk.gv.at
Bei Antwortschreiben bitte
Geschäftszeichen (GZ) anführen

GZ: BHLN-246211/2021-21

Leoben, am 08.02.2023

GgSt: Montanuniversität Leoben, Andritz Recycling Technology Center
(ART Center), Standort: 8770 St. Michael in der Obersteiermark,
Murfeld 3 - Ansuchen um Arbeitsstättenbewilligung.

BESCHIED SPRUCH

Aufgrund eines diesbezüglichen Antrages der Montanuniversität Leoben wird die Arbeitsstättenbewilligung für das vom Lehrstuhl Abfallverwertungstechnik & Abfallwirtschaft betriebene Andritz Recycling Technology Center (ART Center), „Digital Waste Research LAB / Forschungsanlage zur Online und Ontime Charakterisierung von Abfallschüttgütern durch innovative Sensorik und Objekterkennung“, am Standort: 8770 St. Michael in der Obersteiermark, Murfeld 3,

erlaubt.

Die Bewilligung erfolgt nach Maßgabe der mit dem Genehmigungsvermerk versehenen und einen Bestandteil dieses Bescheides bildenden Projektunterlagen, unter Zugrundelegung der nachstehenden Beschreibung.

Rechtsgrundlagen: ArbeitnehmerInnenschutzgesetz (ASchG),
BGBl. Nr. 450/1994 i.d.g.F.
• § 92
• § 99 Z. 7

in Verbindung mit

Allgemeines Verwaltungsverfahrensgesetz (AVG) 1991,
BGBl. Nr. 51/1991 i.d.g.F.

8700 Leoben • Peter Tunner-Straße 6
Wir sind Montag bis Freitag von 8:00 bis 12:30 Uhr und nach telefonischer Vereinbarung für Sie erreichbar
<https://dielenstuetze.stmk.gv.at> • UID ATU137001007
Steiermärkische Bank und Sparkassen AG: IBAN AT86208152400000406 • BIC STSPAT26

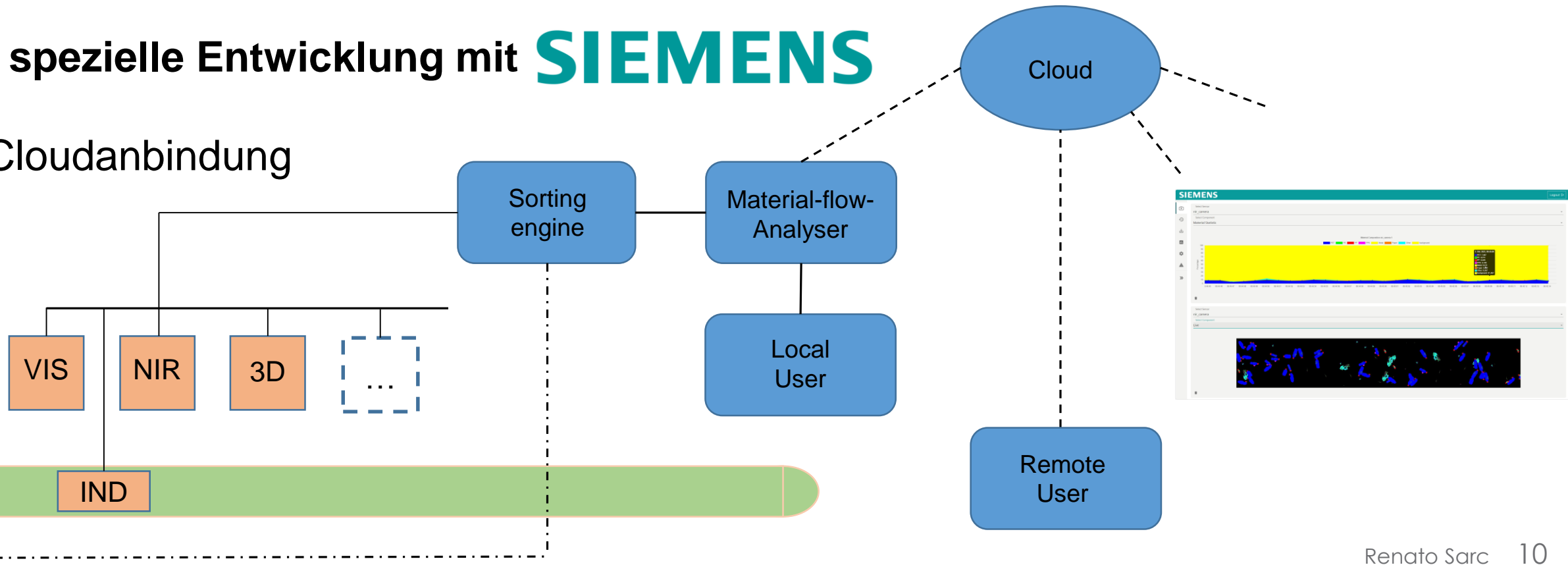
Software-technische digitalisierte Lösung für die hersteller-unabhängige „Datenwelt“

➤ Sorting engine mit zusätzlicher Sensordatenschnittstelle

➤ **Software zur Echtzeit-Materialstromanalyse**

- spezielle Entwicklung mit **SIEMENS**

➤ Cloudbindung



Aufbau einer „Partikel-Datenbank“ – Verbindung von „klassischen“ mit sensorisch erfassten Materialdaten

PPK Holz GVK PE PP PS PET PVC

Main Burner

< 30 mm

ca. 15.540 Partikel

Kalzinator

30 - 80 mm

ca. 1.080 Partikel

Input

80 – 500 mm

ca. 1.270 Partikel



Journal of Environmental Management 301 (2022) 113878

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Environmental Management

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jenvman

ELSEVIER

Particle-specific characterisation of non-hazardous, coarse-shredded mixed waste for real-time quality assurance

Thomas Weissenbach, Renato Sarc*

Department of Environmental and Energy Process Engineering, Chair of Waste Processing Technology and Waste Management, Montanuniversität Leoben, Franz-Josef-Straße 18, A-8700, Leoben, Austria

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Keywords:
Mixed commercial waste
Quality assurance
Solid recovered fuel
Waste characterisation
Waste particles

The development of a pre-treatment plant for non-hazardous, solid mixed waste into a smart waste factory for future involves the introduction of real-time characterisation of waste streams by applying sensor technology. First, research has been conducted on the application of near-infrared spectroscopy for quality assurance of solid recovered fuels (SRF) produced by the pre-treatment plant. The method is based on statistical analyses, thereby requiring a comprehensive database of detailed waste data. To ensure high-precision measurements, data must be gathered at the level of individual particles and must cover a broad spectrum of different particle types. In a previous study, the fine-shredded SRF (<30 mm) was investigated. The scope of this study includes coarse-shredded SRF (30–80 mm) and mixed commercial waste (pre-shredded to a maximum of 500 mm), which is used as input for the waste pre-treatment plant. For a total of 2346 particles, the projected particle area, particle mass, and particle height were measured with average values of 11.5 cm², 1.2 g and 10.4 mm, respectively, for the coarse-shredded SRF. Data results regarding pre-shredded waste input were 115 cm² area, 16.7 g mass and 23.9 mm height. Combined with previous results, the dataset covers a range of particle areas from 15.7 mm² to 16.7 dm² and a range of particle mass from 1.6 μg to 882.5 g. Additionally, selected fuel parameters (heating value, chlorine content, and ash content) were measured using laboratory analysis of composite samples from coarse-shredded SRF and mixed commercial waste. The physico-chemical results of the present study confirmed previous results; however, the variance of values increased, and more outliers were identified. Despite the provision of particle data, the major goal of this study was to determine the correlation between the projected area and particle mass, which was calculated using the Spearman's correlation coefficient (SCC). The calculations resulted in an SCC of 0.58 for coarse-shredded SRF and an SCC of 0.22 for pre-shredded waste input. Although the SCC of SRF was sufficient for establishing a quality assurance system, the SCC of input waste must be substantially improved.

1. Introduction

1.1. Context of the research

Waste management in Austria has recently developed from simple waste disposal to an advanced management system with tailored treatment solutions for specific waste streams (BMLFUW, 2017). A well-established approach for improved waste treatment involves separate collection through source separation (Egner, 2013). However, several mixed waste streams containing many different material fractions have been generated. The treatment of mixed waste streams is challenging because of their heterogeneity in terms of material composition and particle size, as well as their contamination with dust, moisture, or easily degradable substances (Klappers et al., 2018). Prominent examples of these waste streams are mixed municipal waste (MMW) and mixed commercial waste (MCW), the latter being the focus of this study. Although a significant proportion of recyclable materials are removed from MMW in Austria, a high percentage are still present in MCW (Weissenbach et al., 2019). Austria is among the best-performing EU countries regarding the management of waste according to the EU waste hierarchy (Egner, 2021). A common approach for separating mixed waste streams into useable fractions is waste pre-treatment plants. This treatment type is the focus of the present research, including the input waste streams MCW and selected output fractions. Typical fractions produced are recyclable

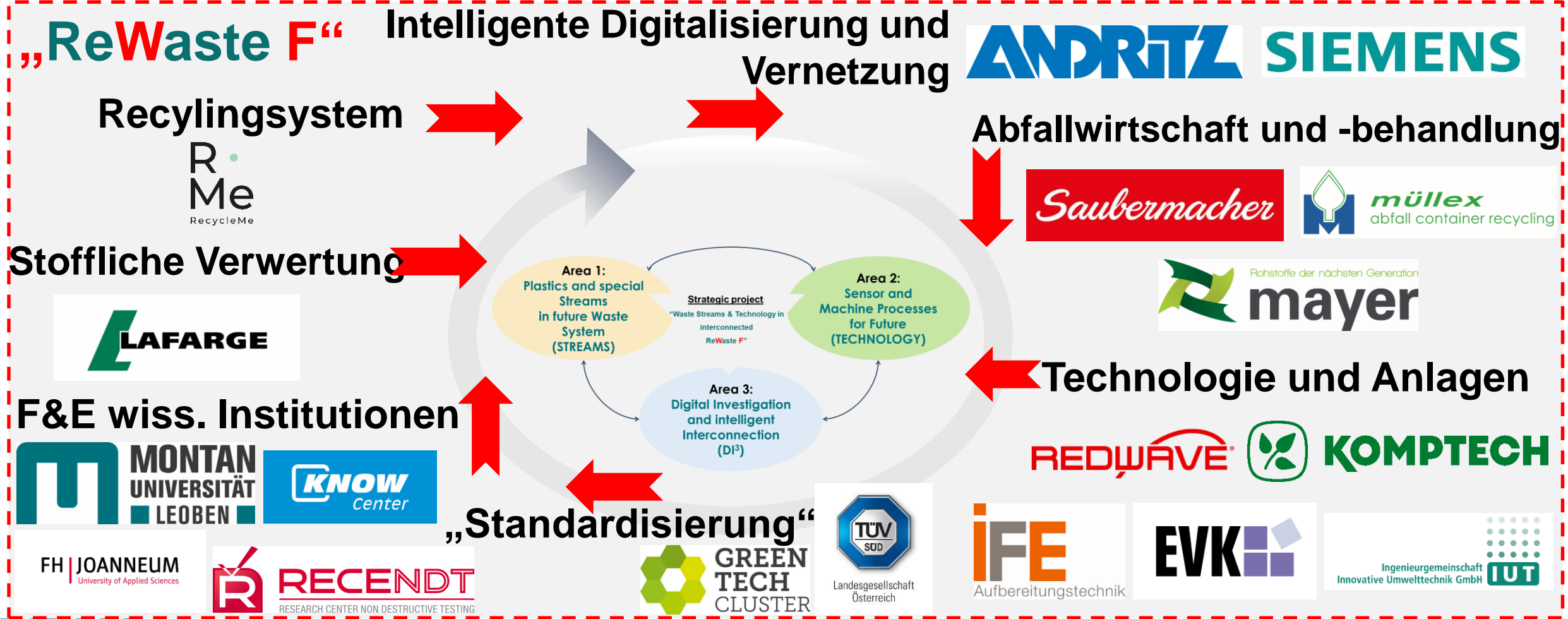
* Corresponding author.
E-mail address: renato.sarc@unileoben.ac.at (R. Sarc).

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113878>
Received 28 May 2021; Received in revised form 1 September 2021; Accepted 27 September 2021
Available online 5 October 2021
0951-4797/© 2021 The Author. Published by Elsevier Ltd. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

COMET Projekte ReWaste4.0 und ReWaste F & AI for Green recAlcle

Kooperationen und Vernetzung-

Innovationstreiber für partikel-, sensor- und datenbasierte Kreislaufwirtschaft



Aufgabe in Zerkleinerer Aduro P





recAlcle

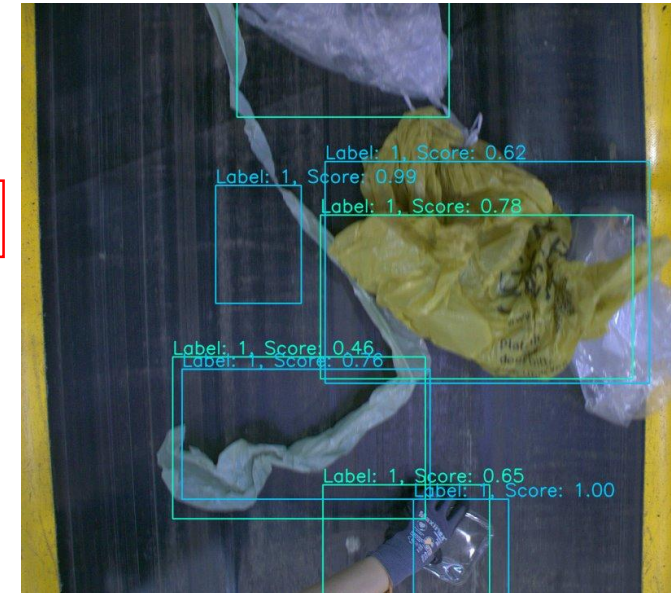
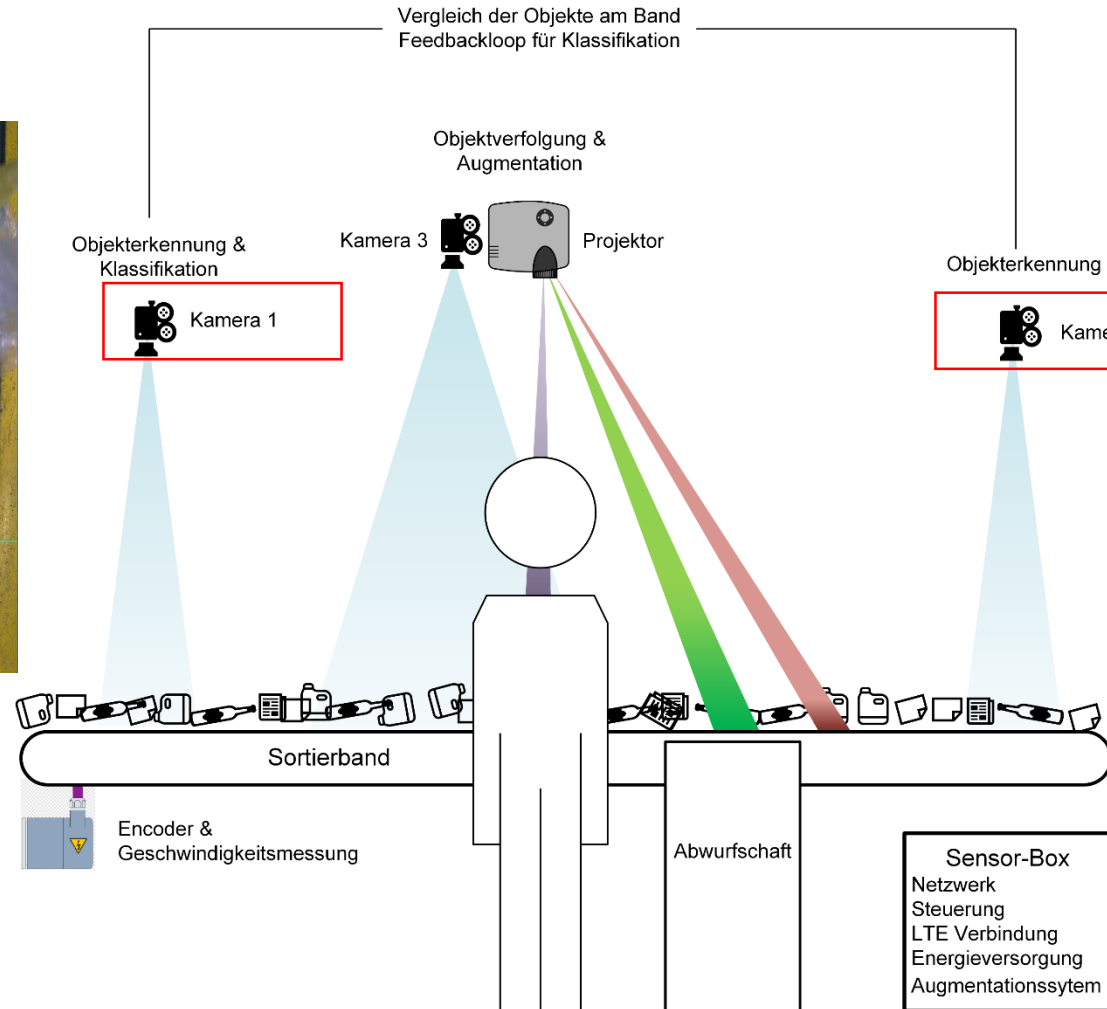
Recycling-oriented collaborative waste sorting by continual learning



WO AUS FORSCHUNG ZUKUNFT WIRD

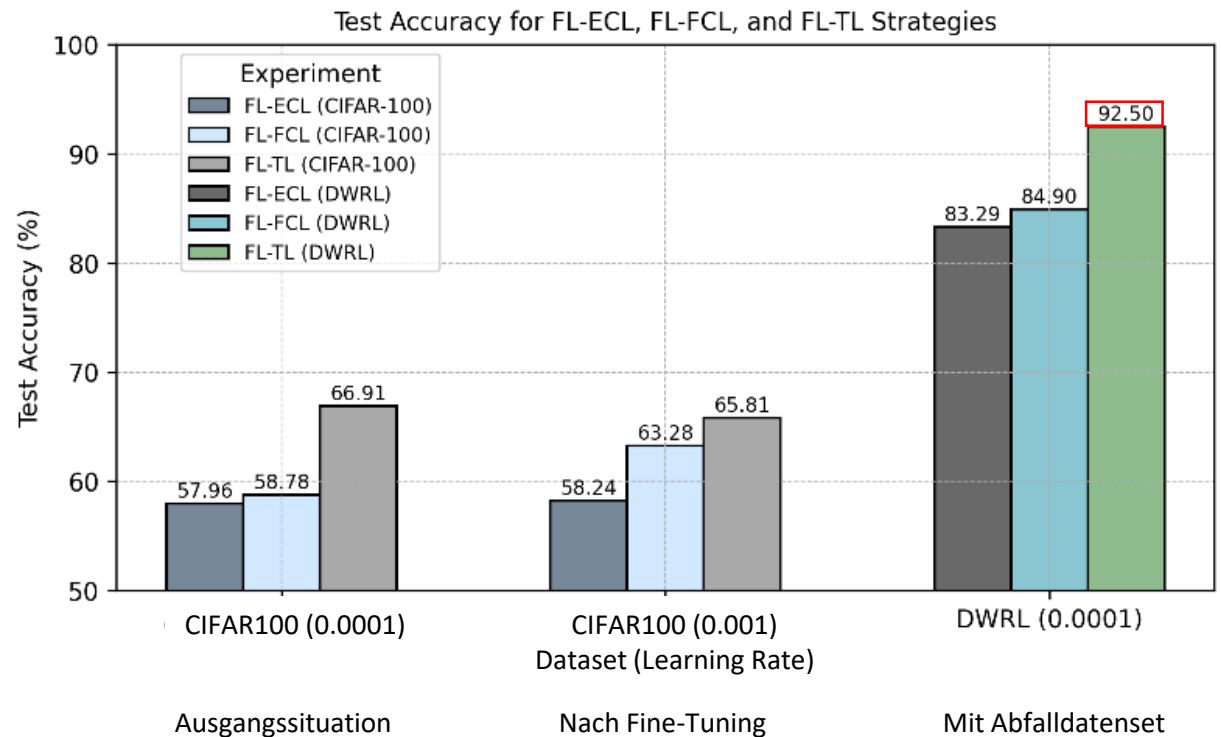
SIEMENS

recAIcle - Prototyp & Modelltraining



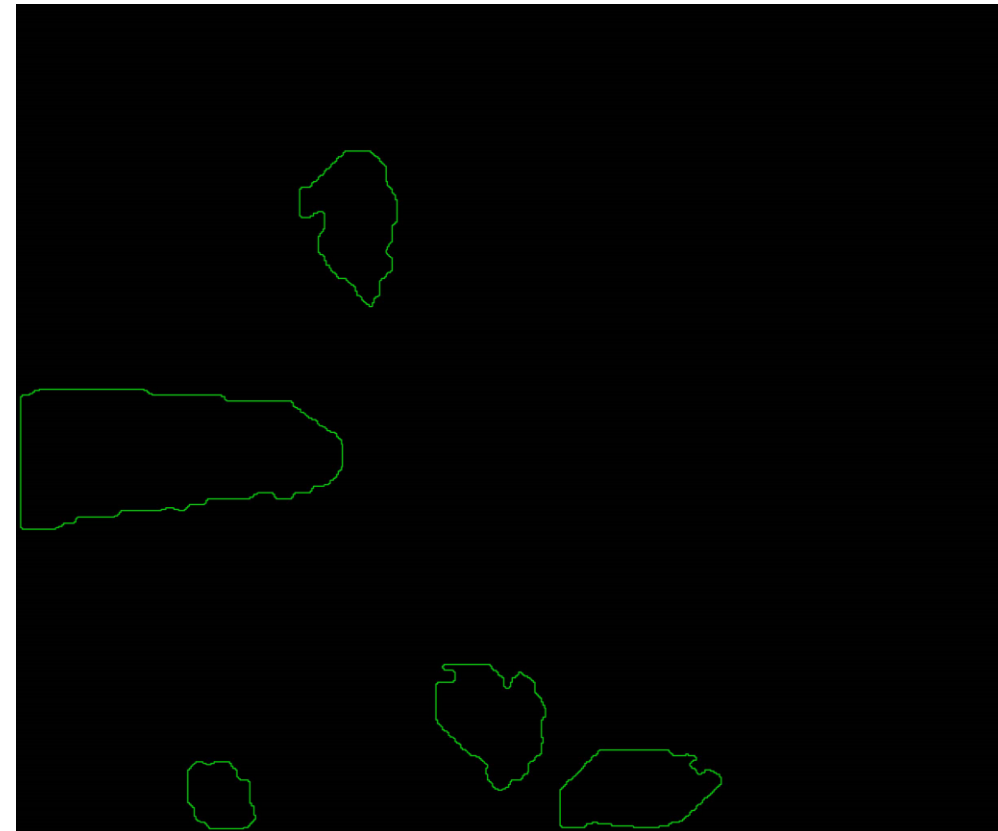
recAicle - Klassifikationsmodell

- ResNet 18
 - Vortrainiert mit ImageNet
 - Fine-tuned mit CIFAR 100
 - echtzeitfähig
- Integration von
 - Transfer Learning (TL)
 - Federated Learning (FL)
 - Continual Learning (CL)
- Bis zu 92,5% Genauigkeit bei Kunststoffklassifikation



recAIcle - HMI & Augmentation

- Tracking der Abfallobjekte
- HMI über einen Projektor und Augmentationmasken



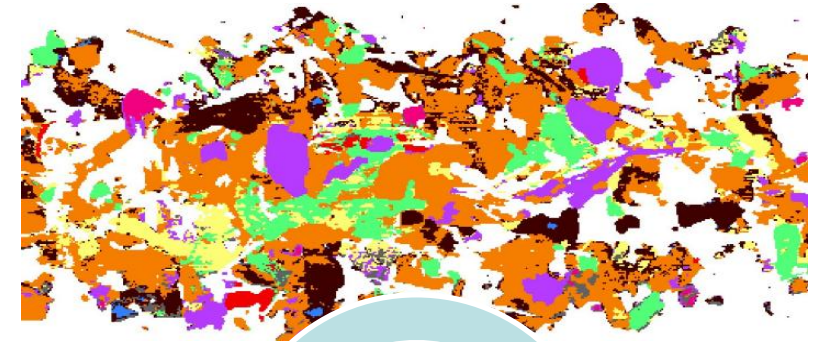
F&E AUSBLICK

Technische Abfallwirtschaft & Digitalisierung

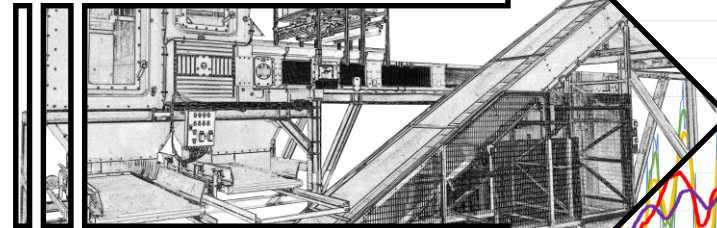
Repräsentative Probenahme und (Partikel-)Analyse => DIGITALE ABFALLANALYTIK



Echtzeit
Qualitätssicherung



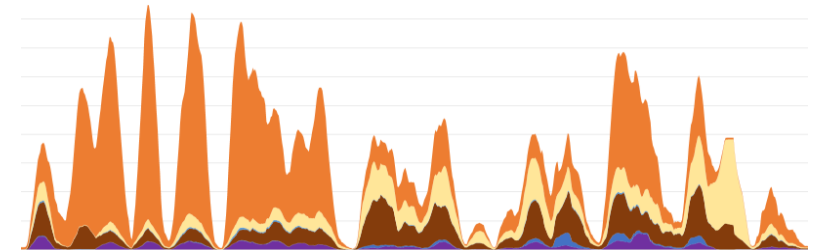
Digitalisierte
Material
Datenbanken



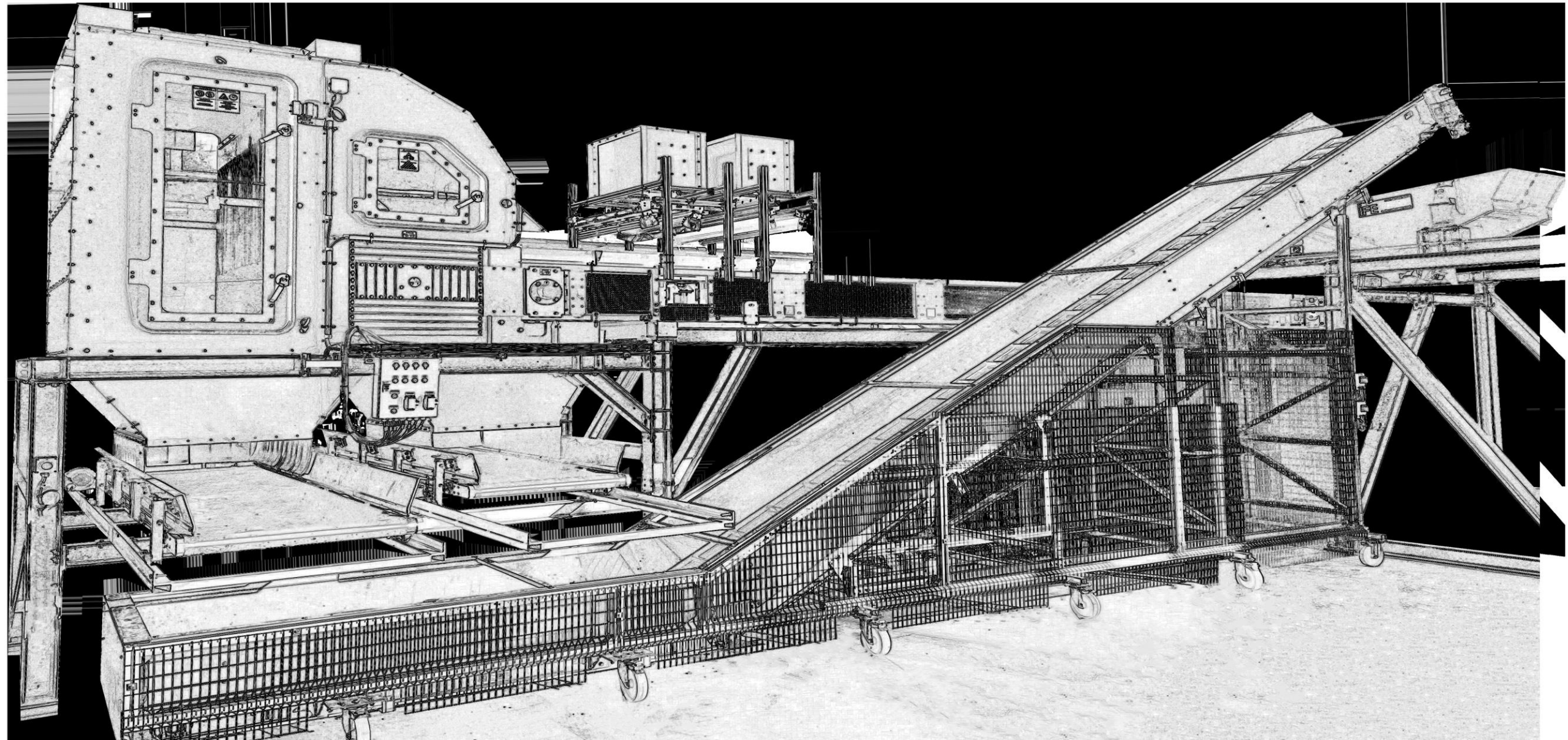
KI-gestützte
Klassifikation von
Bilddaten



Digitale
„Sortieranalyse“



Reale & virtuelle Forschungsanlage => DIGITAL Waste TWIN



Forschung braucht Visionen & langfristige, strategische Kooperationen!

Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.mont. Renato Sarc

Tel.: +43 (0) 3842 / 402 - 5105

Mobil: +43 (0) 676 / 845 386 805

E-Mail: renato.sarc@unileoben.ac.at

MONTANUNIVERSITÄT LEOBEN

Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft

Franz-Josef-Straße 18

8700 Leoben, Austria

<http://avaw.unileoben.ac.at>

