

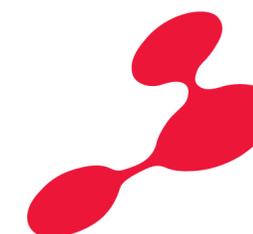


KIRAMET

KI BASIERTES RECYCLING VON METALLVERBUND-ABFÄLLEN

Leitprojekt „KIRAMET“

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



FFG
Forschung wirkt.

Leitprojekt

Ausschreibung: Künstliche Intelligenz für Recycling 2022

Leitprojekt an der Schnittstelle von/zu „Produktion & Material“, „Kreislaufwirtschaft“ und „AI for Green“

Konsortialführung: Montanuniversität Leoben

Laufzeit

36 Monate – Start: Juli 2023

Kosten und Förderung

Gesamtvolumen: 4,4 Mio. Euro

Fördervolumen: 2,83 Mio. Euro

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



Motivation für KIRAMET

- **Verbrauch an metallischen Mineralstoffen steigt seit 2000 stetig an (+ 34 %), beträgt ca. 9 Mt/a (BMK, 2020)**
- **Österreich stark auf Import von metallischen Rohstoffen angewiesen; Importanteil beträgt rd. 85 % (BMK, 2020)**
- **Versorgung der metallverarbeitenden Industrie mit Rohstoffen von großer Bedeutung – Bsp.: Österreich hat eine der höchsten pro Kopf-Stahlproduktionen der Welt AT: 0,9 t/a/cap, EU: 0,35 t/a/cap, global: 0,25 t/a/cap (Dworak et al. 2023)**
- *Metalle stellen ideale Kandidaten für Wiederverwendung und Recycling dar (Sekundärrohstoffe im Regelfall geringerer ökologischer Fußabdruck als Primärrohstoffe)*

BMK, 2020: Ressourcennutzung in Österreich 2020, Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), Wien.

Dworak S, Fellner J, Beermann M, Häuselmann, M, Schenk J, Michelic S, Cejka J, Sakic A, Mayer J, Steininger K, 2023. Stahlrecycling – Potenziale und Herausforderungen für innovatives und nachhaltiges Recycling. Österr Wasser- und Abfallw 2023, 75:97–107.

Dworak S, Fellner J, 2022. How will tramp elements affect future steel recycling in Europe? Vorträge-Konferenzband zur 16. Recy & DepoTech-Konferenz, 9.-11. November 2022.

Motivation für KIRAMET

- *Vielzahl der über den **Altschrott** eingebrachten Begleitelemente kann in weiteren Verarbeitungsstufen nicht/nur teilweise entfernt werden => **in derzeitiger Form oft nicht einsetzbar***
- ***Nachfrage nach hochreinen Rohstoffen** ist in Österreich verglichen mit anderen Ländern höher und damit der Überschuss relativ zur insgesamt verfügbaren Menge an Schrott geringer Reinheit ausgeprägter*
- *„European Green Deal“, nationale Umwelt- und Klimapolitik
Impact im Metallbereich im Gegensatz zu anderen Stoffen besonders hoch (Material-Fußabdruck bedingt durch Verbrauch an Primärrohstoffen und Energie)*
- ***Transformation Eisen- und Stahlindustrie zur CO₂-ärmeren Elektrolichtbogen-Route => Verknappung und Preissteigerung** bei den Neuschrotten, verstärkter Einsatz von Altschrotten notwendig*
- ***EU: Bedarf an Altschrott** nimmt zu - von 80 Mio. t/a 2020 auf über 100 Mio. t/a 2050 (Dworak & Fellner 2022)*

Post Consumer Abfälle als wertvolle Ressource?



Post Consumer Abfälle

- *Haushaltsschrotte aus der Sperrmüllsammlung*
- *EAG Schrotte*
- *Altfahrzeuge*

“Multimaterialdesign”

- *Sehr heterogene, komplexe Zusammensetzung*
- *Metalle nicht sortenrein vorliegend, sondern als Materialverbundmischungen*

=> Großes Potenzial zum Recycling

Ausgangssituation

Stand der Technik:

- *Abfälle werden in Großshredderanlagen zerkleinert*
- *Dabei entstehen 3 Fraktionen:*
 - *Fe-Metalle*
 - *NE-Metalle*
 - *Shredderleicht- und -grobfraktion*
- *Fe-Metalle und z.T. NE-Metalle („Altschrotte“) sind von einer **Qualität**, die eine **hochwertige Verwertung nicht zulässt***
- *Werden ins **Ausland** verbracht*



Übergeordnetes Projektziel

Große Mengen an Altschrott in Form von qualitativ hochwertigen, definierten und national verwertbaren Metallfraktionen mit ökonomisch vertretbarem Aufwand bereitzustellen, und damit einen wesentlichen Beitrag zur Klimaneutralität und Rohstoffversorgung zu leisten.

Was bedeutet qualitativ hochwertig?

- 1) Chemische Zusammensetzung (Abwesenheit von unerwünschten Begleitelementen, Anreicherung von erwünschten Legierungselementen)
- 2) Form (z.B. Hohlkörper)
- 3) Korngröße
- 4) Störstoffe (z.B. Kunststoffe)
- 5) Radioaktive Stoffe

Altschrotte – Limits bei der Aufbereitung

- **Altschrotte** *nur nach entsprechender Sortierung und Charakterisierung verwertbar*
- **Physikalische Trennmethode**n *haben ihre Grenzen erreicht*
- **Optische/sensorgestützte Sortiersysteme** erforderlich (z.B. LIBS, XRF, XRT), *nach Stand der Technik beschränkt in Durchsatz und Erkennung*

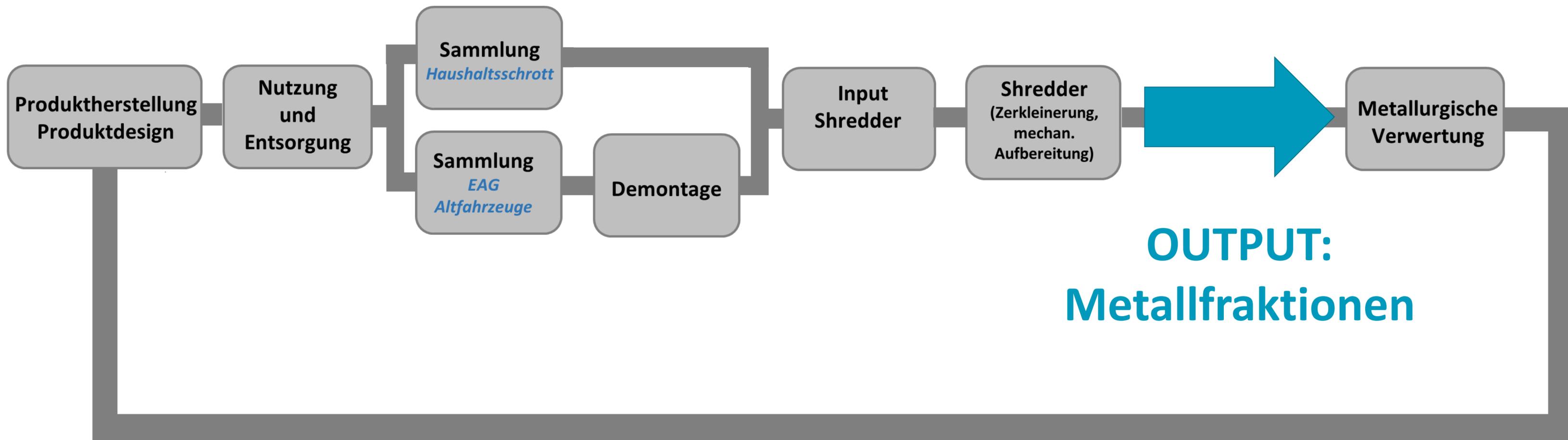
Recyclingprozess NEU und GANZHEITLICH denken !!!

⇒ **TECHNOLOGIESPRUNG MIT KI ERREICHBAR UND UMSETZBAR !!!**



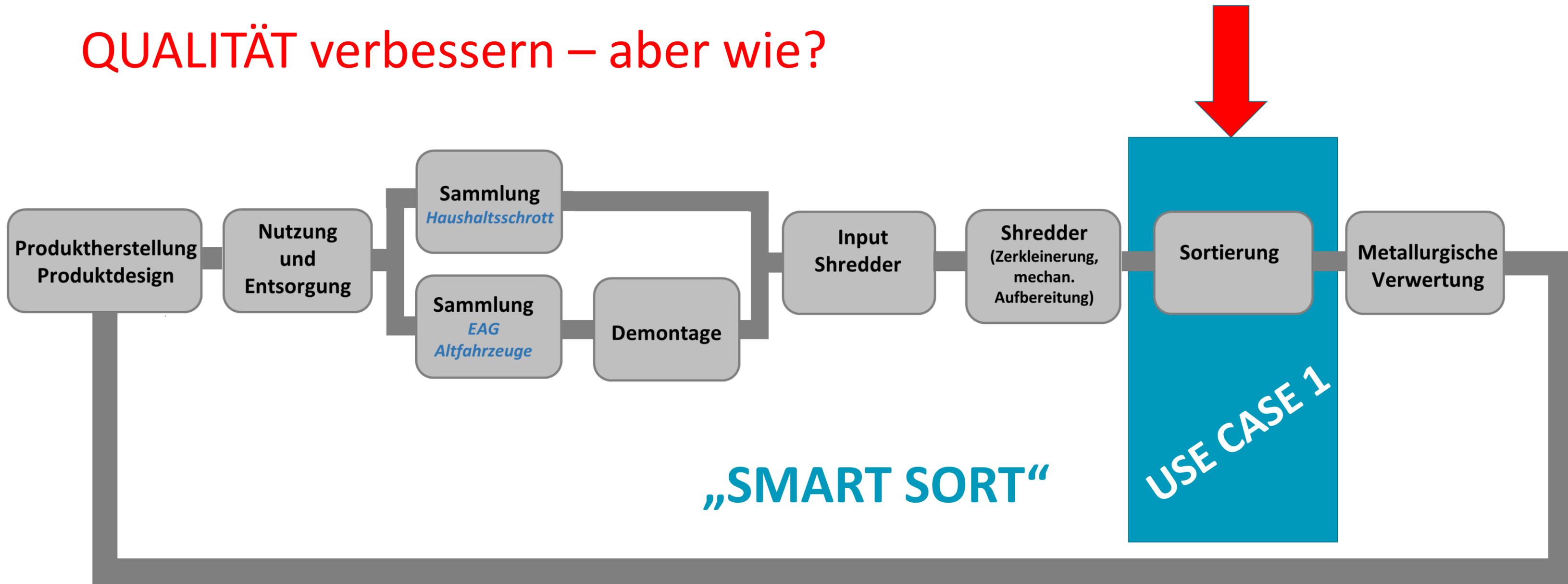
Prozessablauf

QUALITÄT verbessern – aber wie?



Prozessablauf

QUALITÄT verbessern – aber wie?



Use Case 1

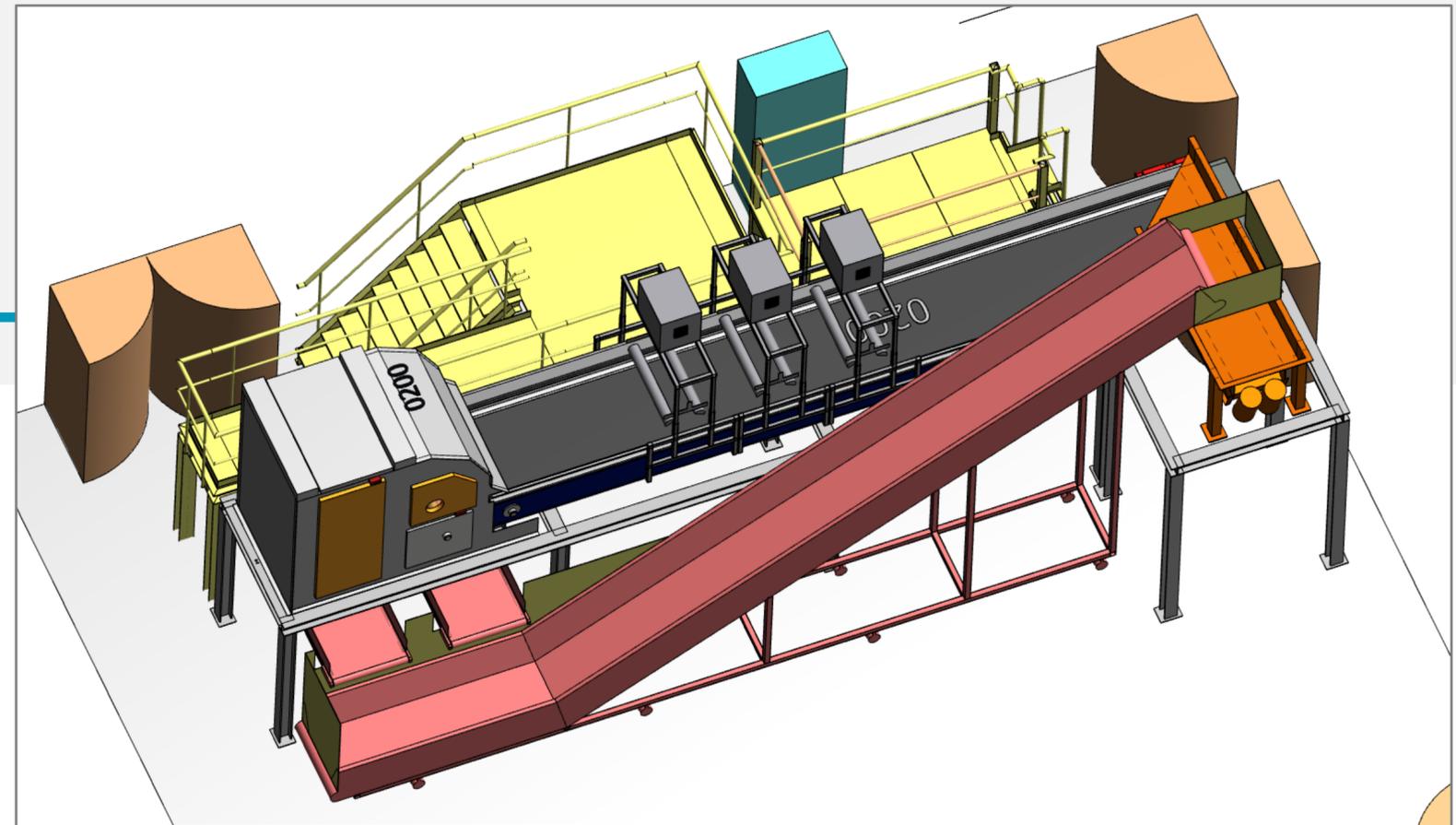
- **ZIEL:**
- *Aufnahme von Partikeln mittels kostengünstiger Sensoren (z.B. VIS-Kameras)*
- *Identifizierung von „Schlechtteilen“ mittels KI*
- **KI als BASIS:**
- *Visual based deep learning*
- *Annotating visual data*
- *Multi-Object-Tracking*



Use Case 1

Experimenteller Ansatz:

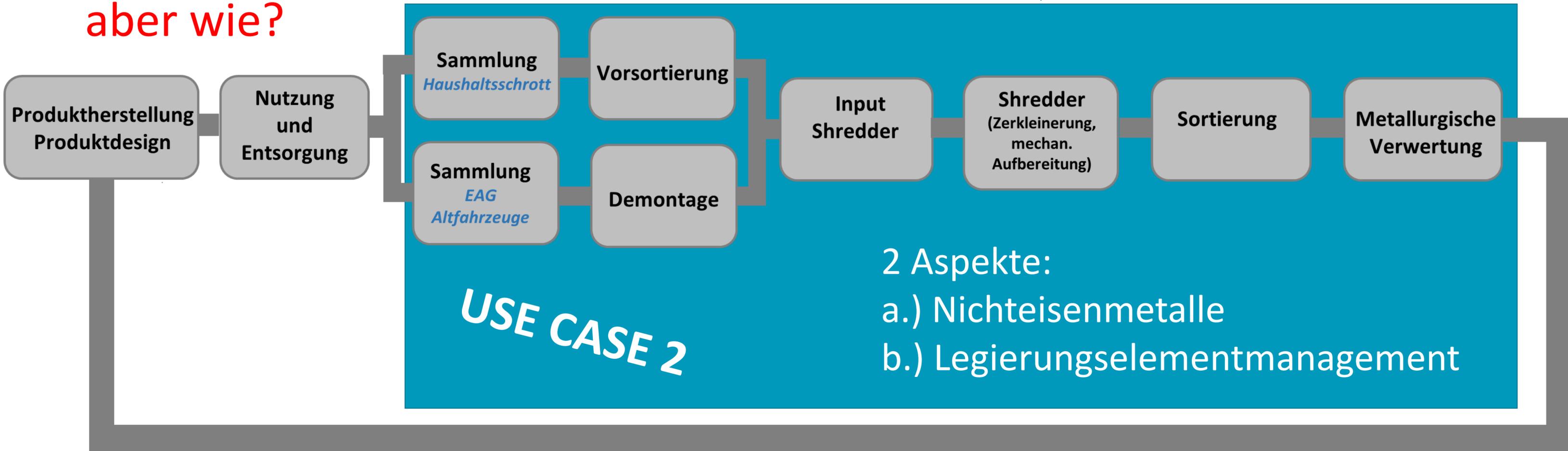
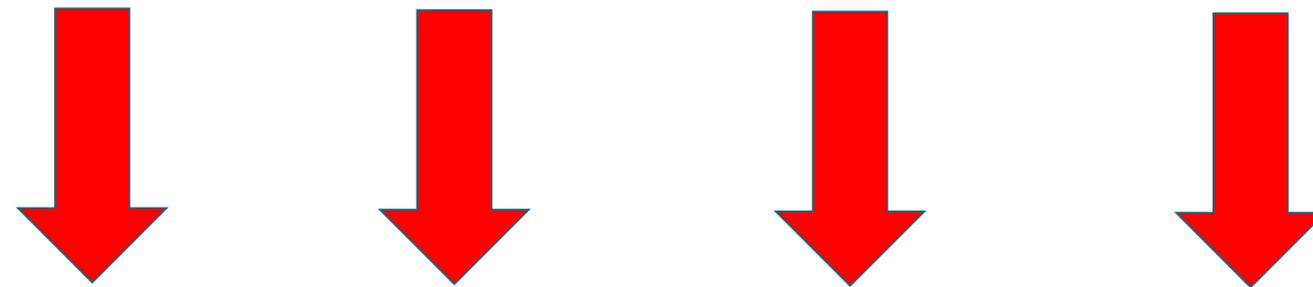
- *Aufbau einer „Partikeldatenbank“ mit verschiedenen Eigenschaften jedes Partikels (z.B. chemische Zusammensetzung, Farbe, Form, Dichte, Gewicht usw.)*
- *Aufnahme der VIS-Daten im „Digital Waste Research Lab“ in St. Michael mit unterschiedlichen Kameras*
- *KI-gestützte Auswertung*



Use Case 2

QUALITÄT
verbessern –
aber wie?

„SMART TWIN“



Use Case 2

Experimenteller Ansatz:

- *Modellierungs- und Optimierungsframework*
- *Digital Twin*
- *Visualisierung*

Datenbasis:

- *Sammlung ausgewählter Produktgruppen*
- *Demontage, Zerkleinerung, Sortierung (mehrere Varianten)*
- *Bewertung für Potential zur Verwertung*

Kausale Inferenz und Transfer Learning (TL)

- auf Grundlage von Observationsdaten
- durch Einbeziehung von Experten Wissen (Knowledge Base)
- mittels Integration von Observations- und Interventionsdaten (TL-basiertes „causal representation learning“)

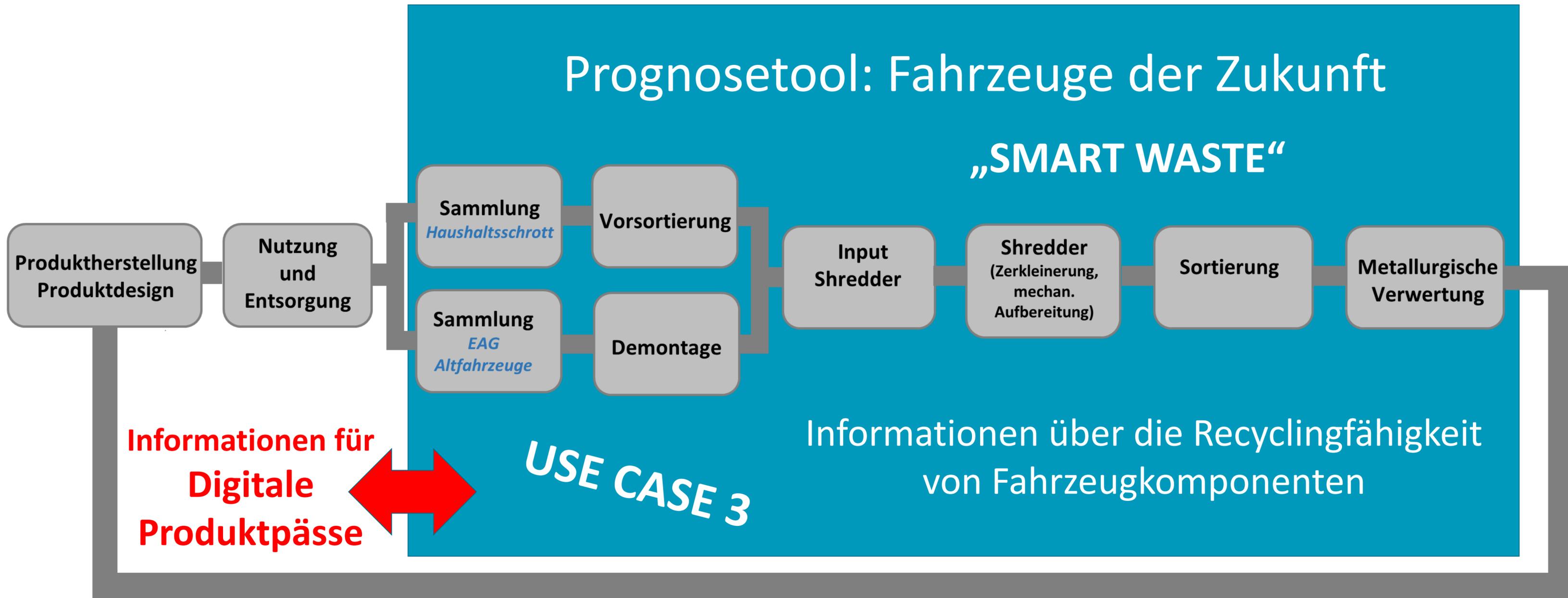
Technologien

- Structural Causal Models [1]
- Reinforcement Learning
- Domain-invariant representation learning [2]

• [1] Schölkopf, B., Locatello, F., Bauer, S., Ke, N. R., Kalchbrenner, N., Goyal, A., & Bengio, Y., Toward causal representation learning. *Proceedings of the IEEE*, 2021

• [2] Werner Zellinger, Natalia Shepeleva, Marius-Constantin Dinu, Hamid Eghbal-zadeh, Hoan Duc Nguyen, Bernhard Nessler, Sergei Pereverzyev, Bernhard A Moser, The balancing principle for parameter choice in distance-regularized domain adaptation, *NeurIPS 2021*

Use Case 3



Projektkonsortium



7lytix GmbH
ANDRITZ AG
Bernegger GmbH
Breitenfeld Edelstahl AG
ETA Umweltmanagement GmbH
Fabasoft R&D GmbH
K1-MET GmbH
LAVU - O.Ö. Landes-
Abfallverwertungsunternehmen GmbH
Mayer Recycling GmbH
Mettop GmbH
Montanuniversität - Lehrstuhl für Cyber-
Physical-Systems

Montanuniversität - Lehrstuhl für
Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft
Montanuniversität - Außeninstitut
EXARON GmbH
PROFACTOR GmbH
REDWAVE (BT Wolfgang Binder GmbH)
Salzburg Research Forschungsgesellschaft
mbH
Scholz Austria GmbH
Software Competence Center Hagenberg
GmbH
voestalpine High Performance Metals GmbH
voestalpine Stahl GmbH



KiRAMET

KI BASIERTES RECYCLING VON METALLVERBUND-ABFÄLLEN

Vielen Dank für
Ihre
Aufmerksamkeit!!

Kontakt:

Dipl.-Ing. Dr. mont. Alexia Tischberger-Aldrian
Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und
Abfallwirtschaft
Montanuniversität Leoben