

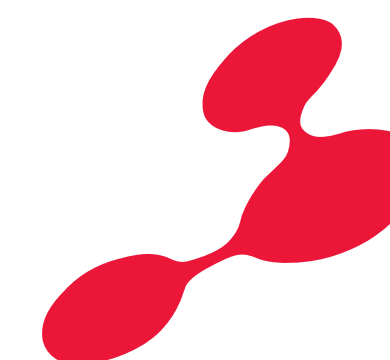


# KIRAMET

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

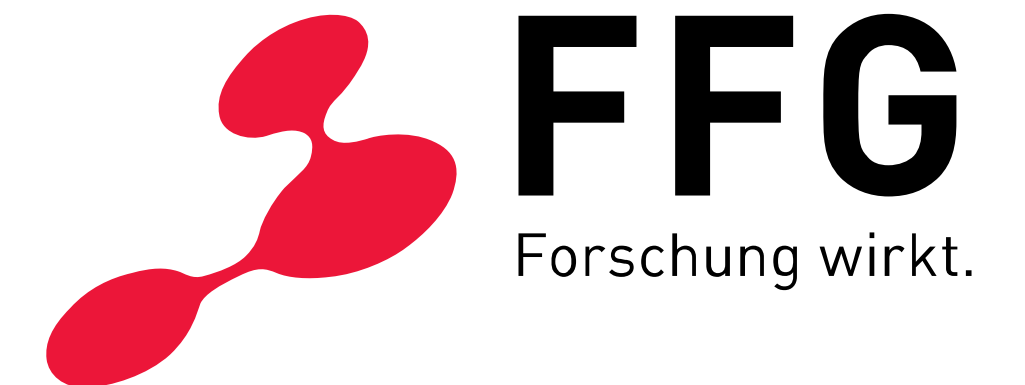
*36 Monate – Start: Juli 2023*

## 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 CO<sub>2</sub>-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** *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 !!!**

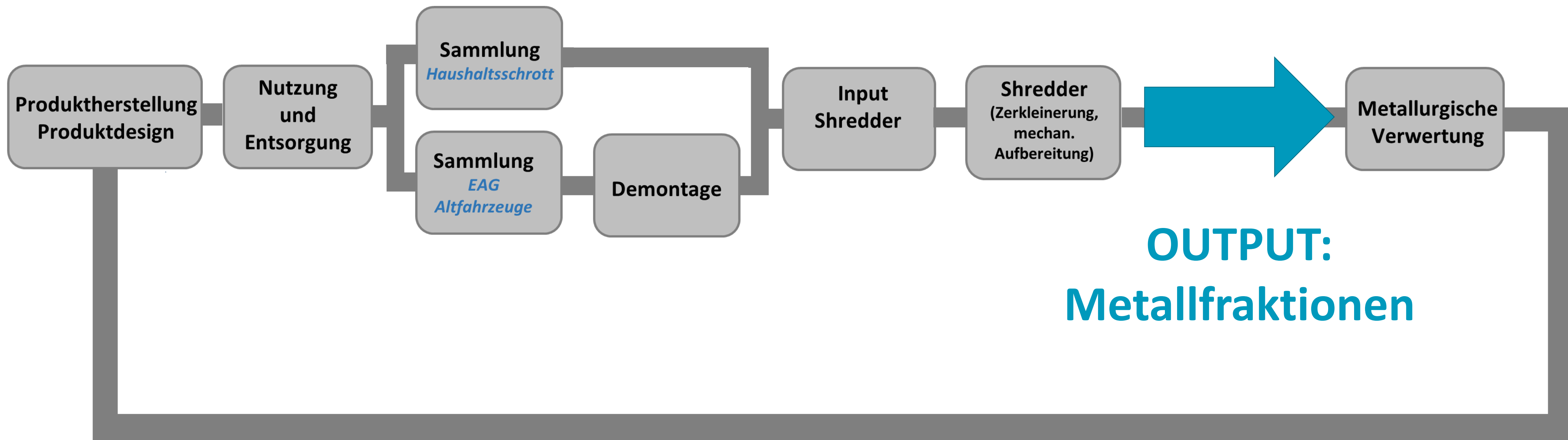
⇒ **TECHNOLOGIESPRUNG MIT KI ERREICHBAR UND UMSETZBAR !!!**





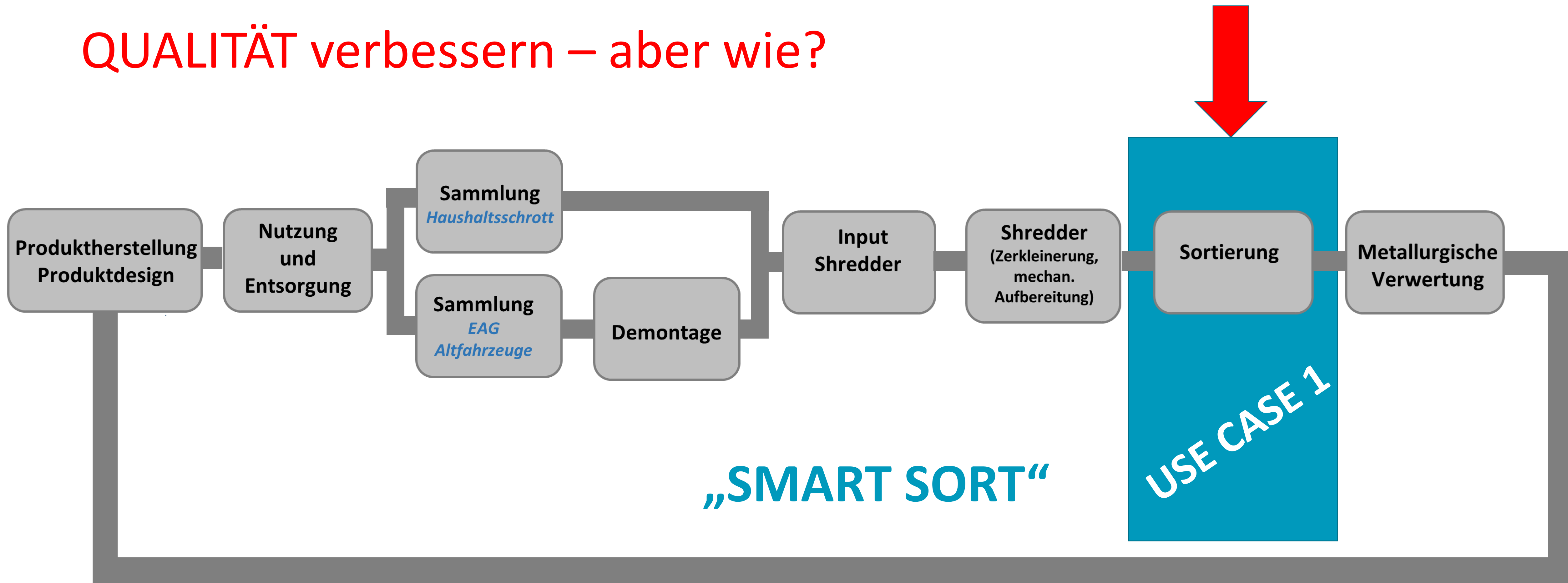
# Prozessablauf

QUALITÄT verbessern – aber wie?



# Prozessablauf

QUALITÄT verbessern – aber wie?



# Use Case 1

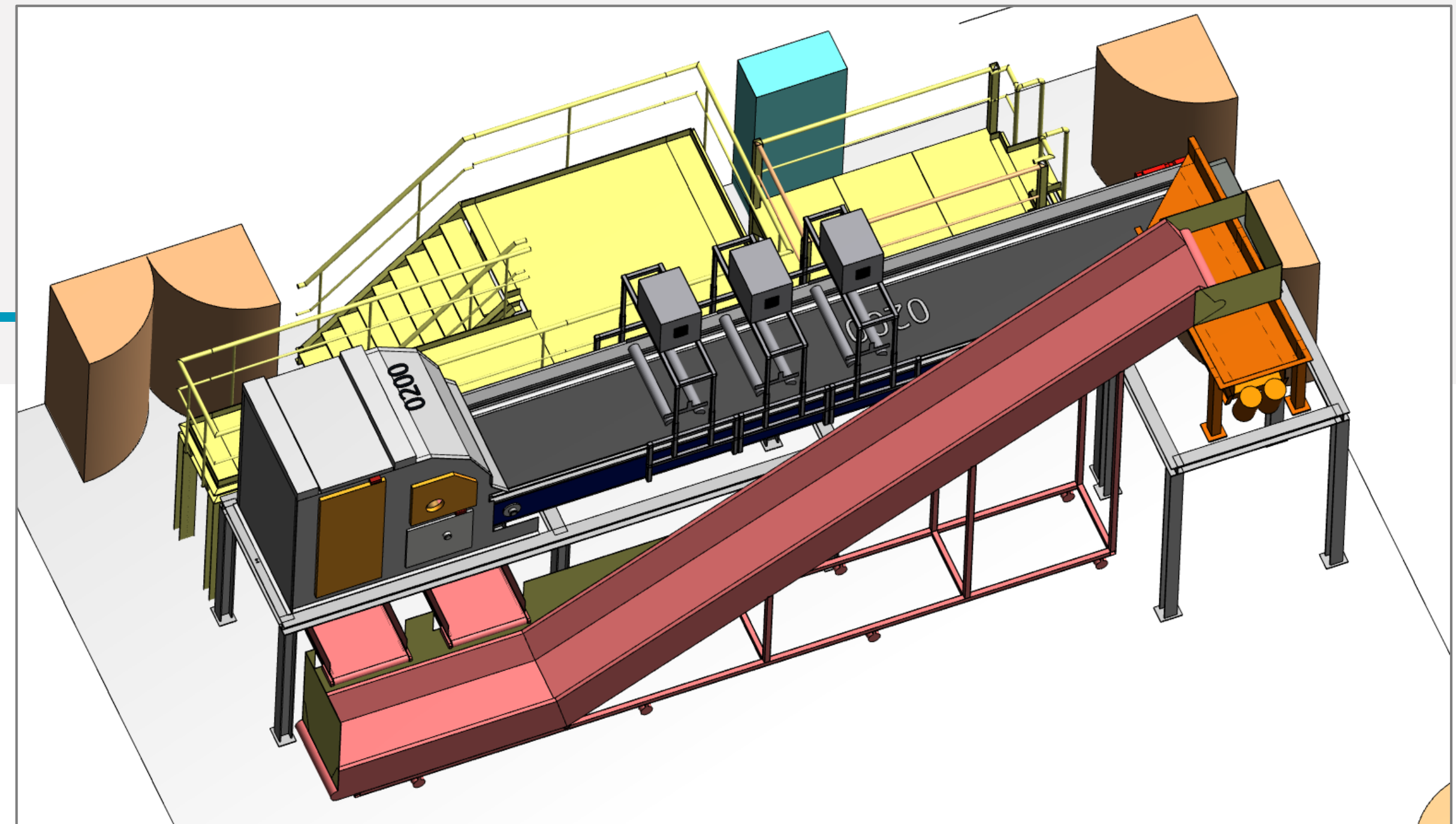
- **ZIEL:**
- *Aufnahme von Partikeln mittels kostengünstiger Sensoren (z.B. VIS-Kameras)*
- *Identifizierung von „Schlechtteilen“ mittels KI*
- **KI als BASIS:**
- *Visual based deep learning*
- *Annotating visual data*
- *Multi-Object-Tracking*



# Use Case 1

## Experimenteller Ansatz:

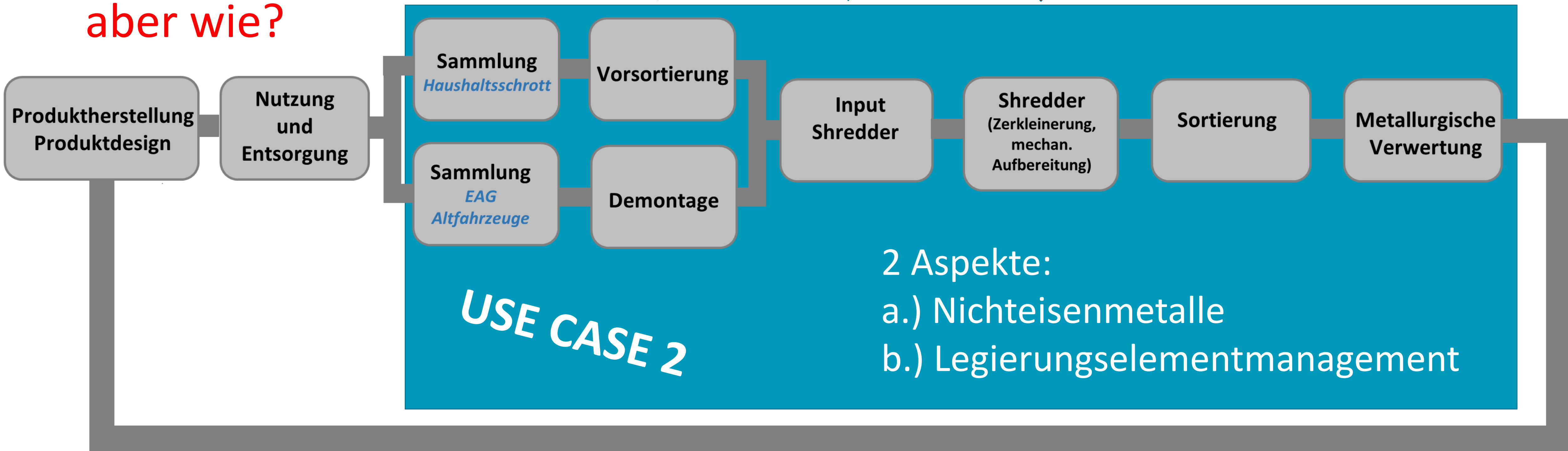
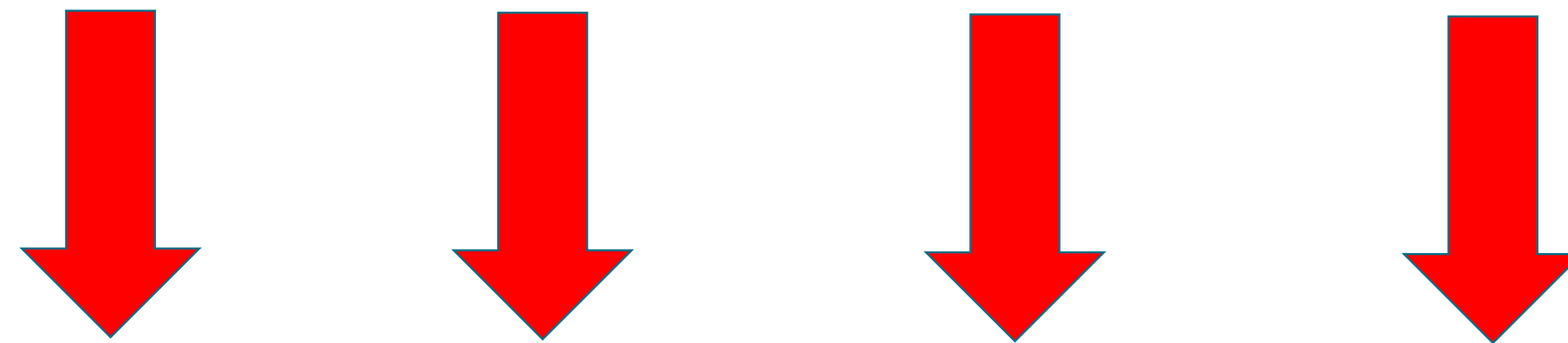
- *Aufbau einer „Partikeldatenbank“ mit verschiedenen Eigenschaften jedes Partikels (z.B. chemische Zusammensetzung, Farbe, Form, Dichte, Gewicht usw.)*
- *Aufnahme der VIS-Daten im „Digital Waste Research Lab“ in St. Michael mit unterschiedlichen Kameras*
- *KI-gestützte Auswertung*



# 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“)

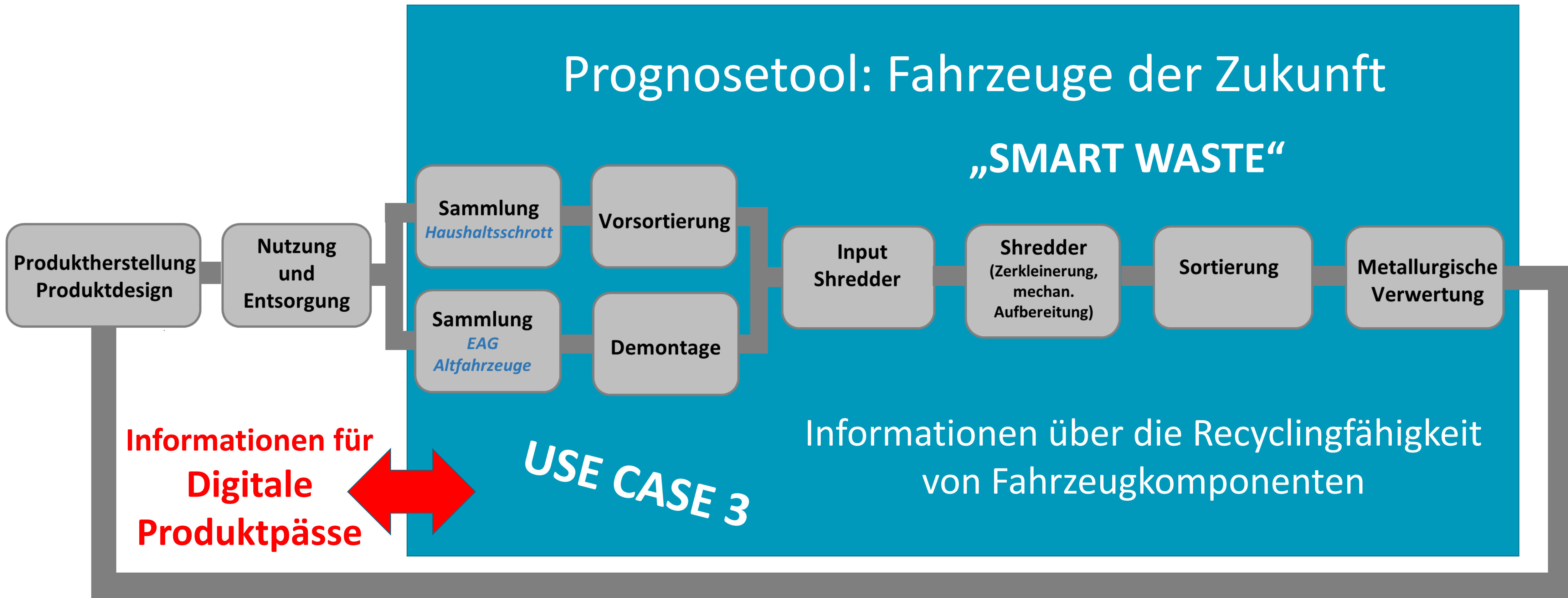
## Technologien

- 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