



Demontage von Gerätebatterien aus Elektrokleingeräten durch Roboter



Rewimet Symposium 2025

14/08/2025

Phillip Wallat

David Timmermann



Einführung und Problematik

- Batteriegetrieben Produkte für Firmen und Endkunden
- Märkte immer noch im Wachstum um ca. 5% über 5-jahres Perioden

5 Jahres Periode	Laptops [Mio]	Tablets [Mio]	Smartphones [Mio]	Jährliche Summe [Mio]	Anstieg
2015 - 2019	48	30	267	345	
2020 - 2024	53	24	288	365	5,8%
2025 - 2029	60	24	298	382	4,6%
2030	68	22	310	400	4,7%





Einführung und Problematik

- Stückzahlen rückführungspflichtige Produkte im B2B Sektor pro Jahr in Deutschland

Produkt	Anwendung	Stückzahlen
Heizkostenverteiler	Wohnungswirtschaft, Gebäudeverwaltung	12.000.000
Rauchwarnmelder	Wohnbau, öffentliche Gebäude	18.000.000
Sensoren Gebäudeautomation	Smart Building, Industrie	10.000.000
Digitale Zutrittssysteme	Gewerbeimmobilien, Sicherheitsdienst	4.000.000
Mobile Barcode- Scanner	Logistik, Einzelhandel	6.000.000
Funkbasierte Messgeräte	Energieversorger, Industrie	8.000.000
	Summe	58.000.000

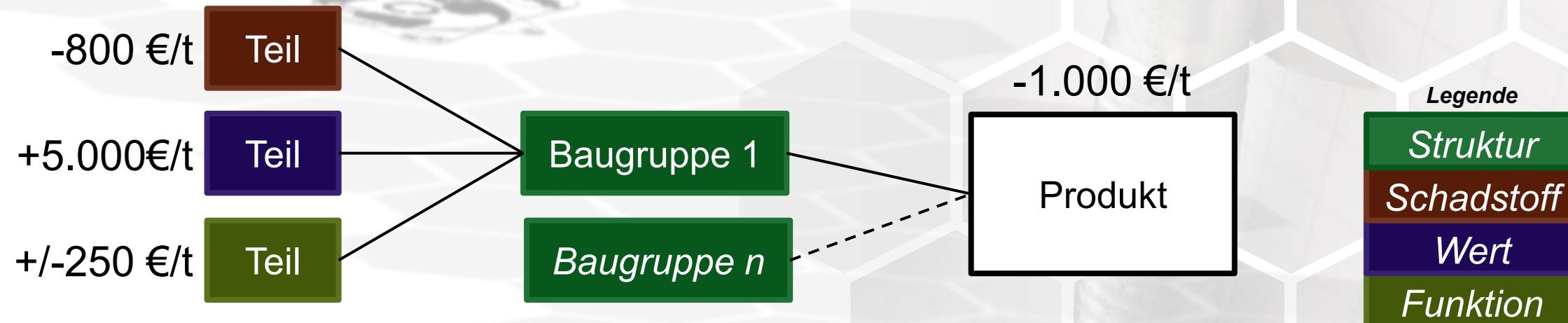
- 58.000.000 Stück, Entnahmezeit 1 Min; 550 Mitarbeiter bei 1752 h/a
- 350.000.000 Stück, Laptops, etc.; Mitarbeiter bei 1752 h/a





Potentiale für die Problemlösung

- Vor der mechanischen Aufbereitung müssen die Batterien entnommen werden. Anderweitig steht der Rohstoff nicht zur Auslastung der Anlage bereit.
- Steigender Kostendruck macht die Entnahme für Betriebe unwirtschaftlich, wenn das Gerät nicht genug Wertstoff enthält.
- Individuelle und zeitabhängige Kostenstruktur der Altgeräte.





Adressierung und Use Case

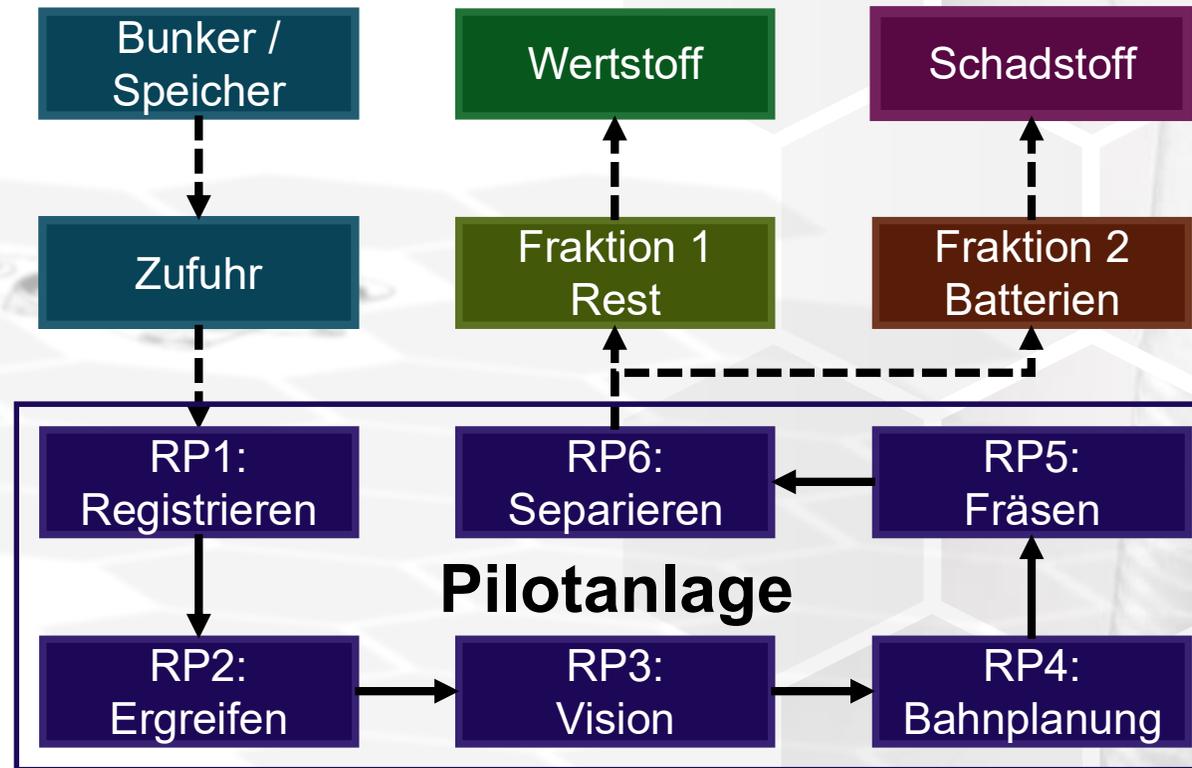
- Der Einsatz von KI und Robotik bietet bisher nicht darstellbare Dynamik bei der Entnahme aus unterschiedlichen Altgeräten.
- Steigende Demontagekosten erfordern Effizienzsteigerung der Verfahren.
- Automatisierte Demontage simpler Altgeräte mit geringem Gesamtwert eröffnet Demontagekapazitäten für umfangreiche Altprodukte mit höherem Gesamtwert, welche aufwendiger zu demontieren sind.





Darstellung Status Quo

- Rückführungspflichtiges Material wird gesammelt angeliefert.
- Aussortieren batteriehaltiger Geräte aus dem Hauptstrom.
- Batterien werden von Hand aus den Altgeräten entnommen.



Legende: Externe Prozessfluss (dashed arrow) Interne Prozessfluss (solid arrow)





Einleitung

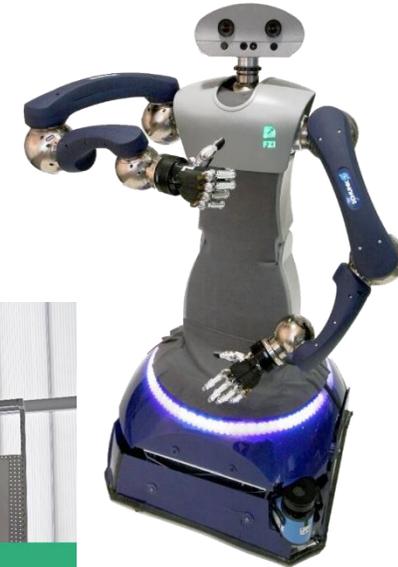
- David Timmermann
 - Stellv. Abteilungsleiter Robotikabteilung am FZI
- FZI Forschungszentrum Informatik
 - Transferforschungseinrichtung für Themen mit Informatikbezug (Robotik, Autonomes Fahren, Cybersecurity, ...)
 - Hauptsitz in Karlsruhe
- Entwicklung stammt aus dem Projekt GANResilRob
 - Deutsch-Französisches öffentliches Forschungsprojekt
 - Gefördert vom BMW (ehemals BMWK)



Field & Service Robotics



Picking, Assembly & Processing



Mobile systems & manipulation



Herausforderungen und Potenziale

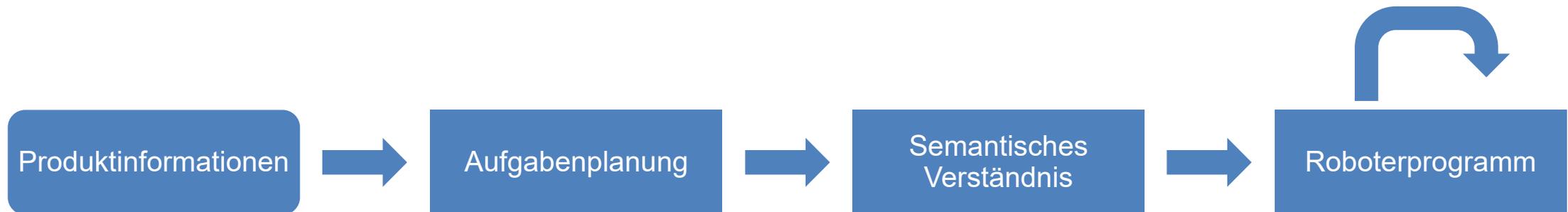
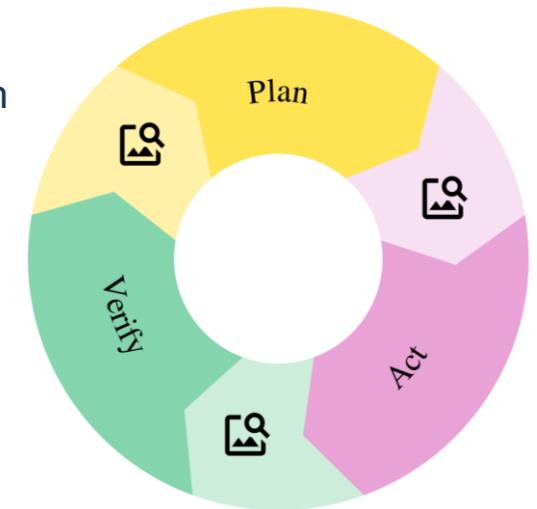
- Chancen für Roboter
 - Skalierbarkeit
 - 24/7 Einsatz
 - Übernahme von gefährlichen Aufgaben
- Robotik kann heutzutage hochgradig flexibel und anpassungsfähig sein
- **Aber** Flexibilität muss auch in der Planung und Programmierung abgebildet werden
 - ==> Potenzial von KI
 - Einfache Anpassung von Roboterprogrammen
 - Verwenden von Erfahrungswissen aus früheren Ausführungen
 - Dynamisch auf Prozessergebnisse reagieren





Das Konzept GANResilRob

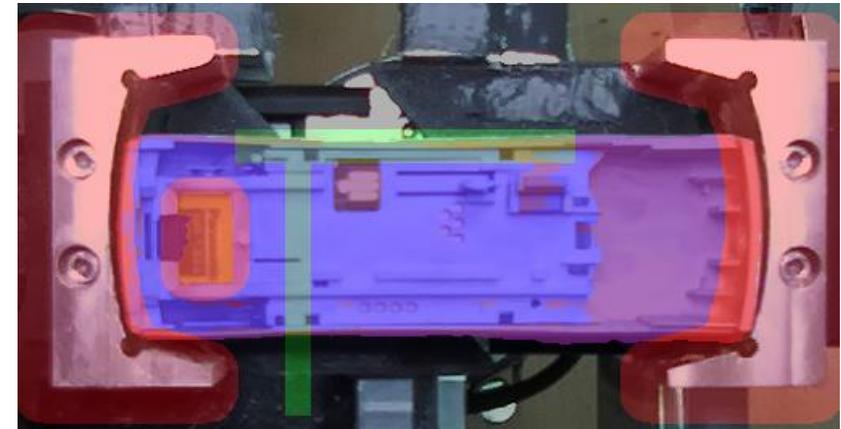
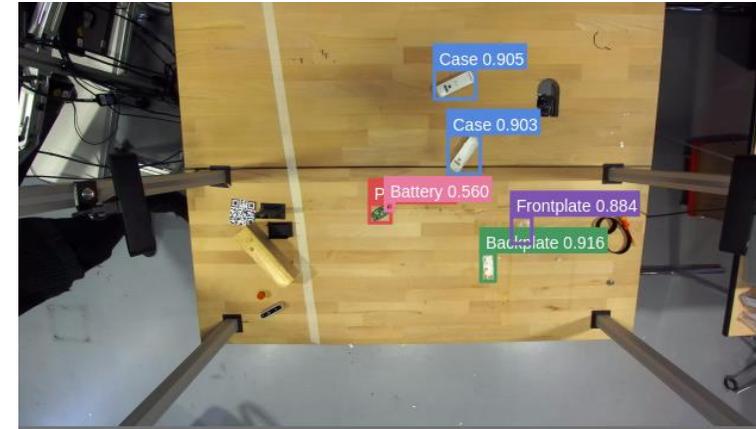
- Die Idee von GANResilRob
 - Produkte mit vielen ähnlichen Varianten und Versionen abdecken
 - KI in den verschiedenen Planungsschritten von Automatisierungsprozessen einsetzen
 - Notwendigkeit von menschlichen Eingriffen minimieren
- Konzept
 - System lernt aus Erfahrungswissen
 - Erzeugen eines Roboterprogramms auf Basis von Prozessdaten (z.B. CAD)
 - Durch KI basierte Vision wird das Vorgehen auf den aktuellen Ablauf adaptiert
 - Während der Ausführung überprüft das System mögliche Anpassungen des Vorgehens





Aktuelle Situation erfassen und analysieren

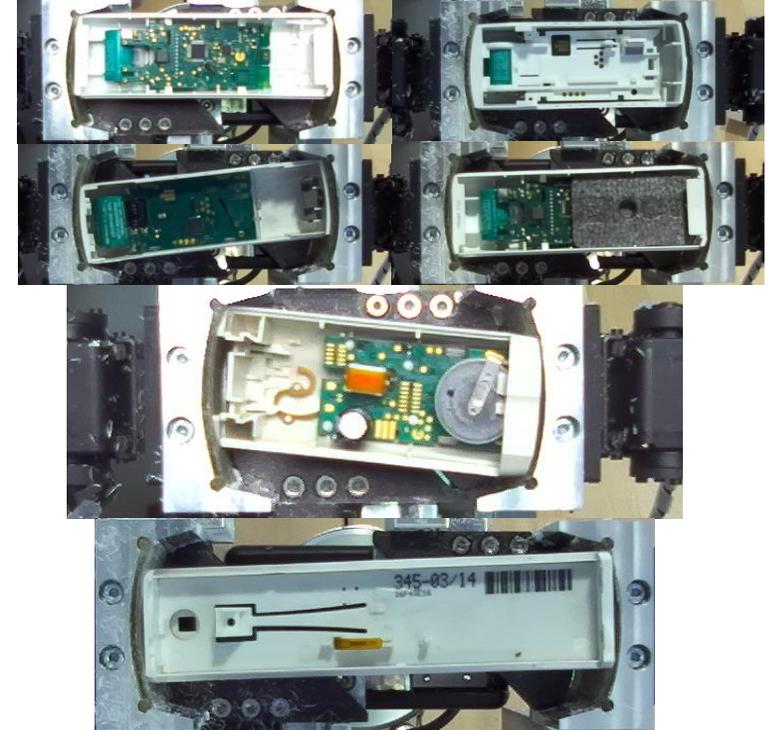
- Erfassen der Umwelt über mehrere Kameras
 - Gesamte Zelle
 - Nahaufnahme
- KI wertet Bilder aus um Objekte zu klassifizieren und Position zu ermitteln
- Berücksichtigung von:
 - Typ
 - Position auf dem Tisch
 - Position von Batterien und Haltenasen
- Erfolgskontrolle von Greifen und Batterieentfernung





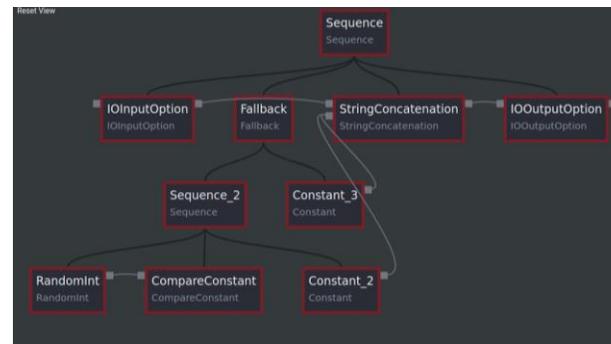
Von der Idee zum Plan

- NO Code Programmierung mittels KI
 - Beschreiben der Handlung als natürlicher Satz:
„Entfernen der Batterie aus dem Gehäuse“
- Large Language Models (LLM) und VLM generieren Verhalten
 - Berücksichtigung von textueller Information
 - Analyse der aktuellen Umgebung
 - Berücksichtigung Roboterfähigkeiten
- KI erzeugt Ausführbaren Programmablauf



Task Instructions

Your task is to disassemble a heat cost allocator. The main goal is the removal of the battery, by detaching it from the heat cost allocator's...

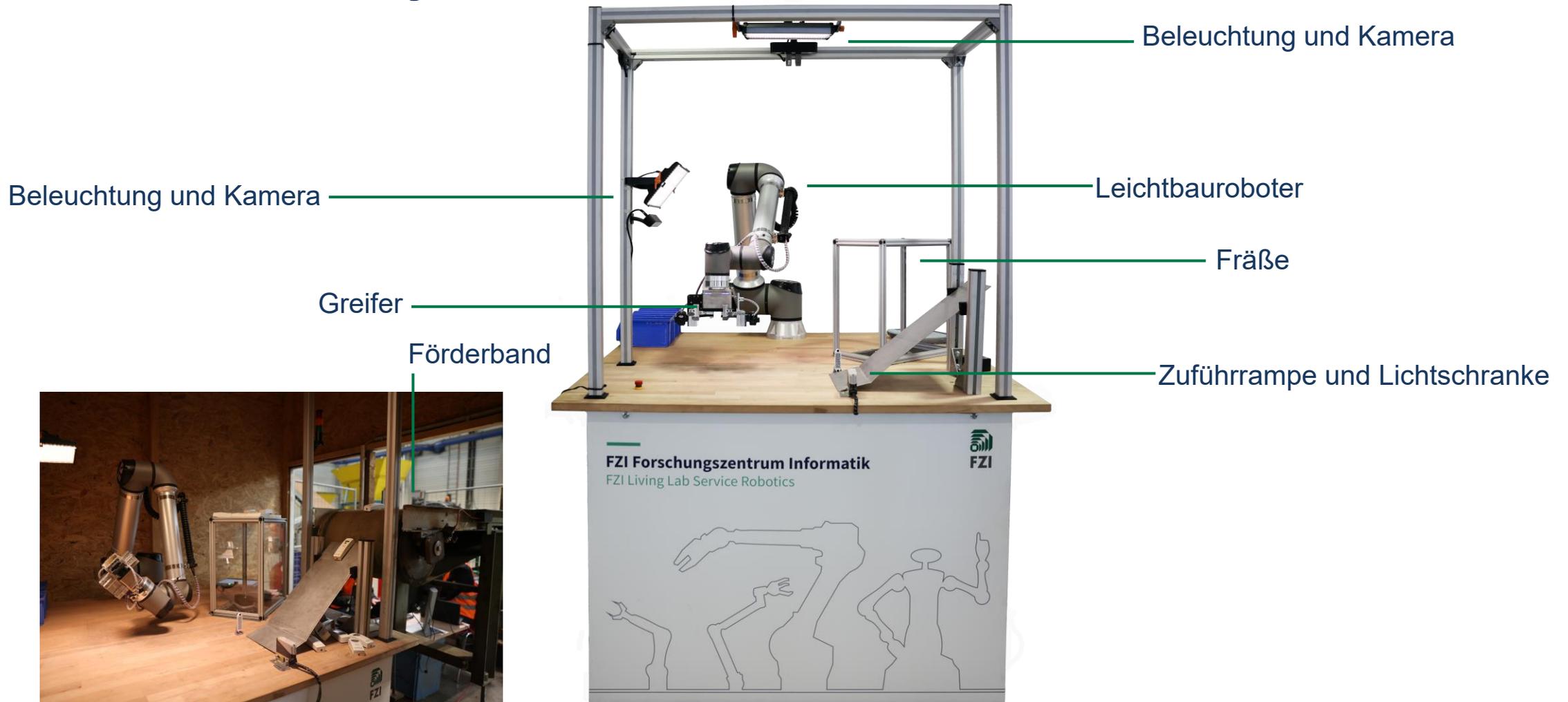




Fähigkeitenbasierte Roboterprogrammierung



Aufbau des Systems



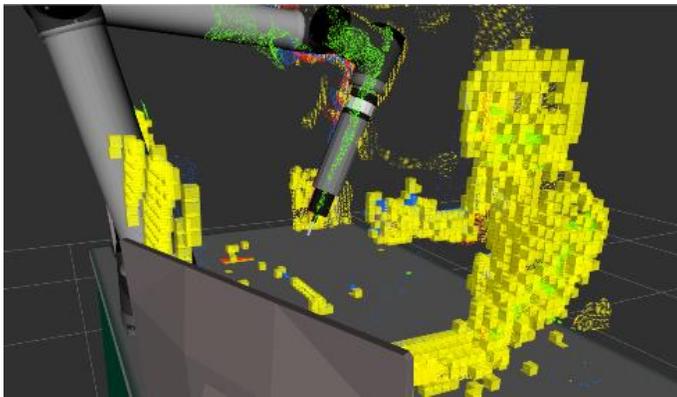


Testung





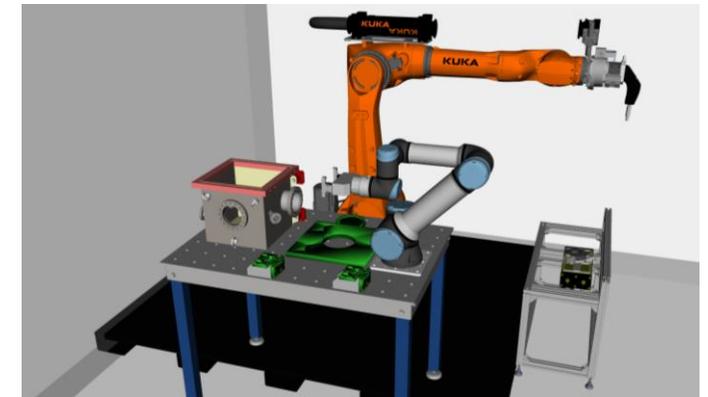
Zukünftige Technologien



- Einsatz von KI für präzise Erkennung von sich ändernden Situationen



- Vielfältige Manipulationsfähigkeiten

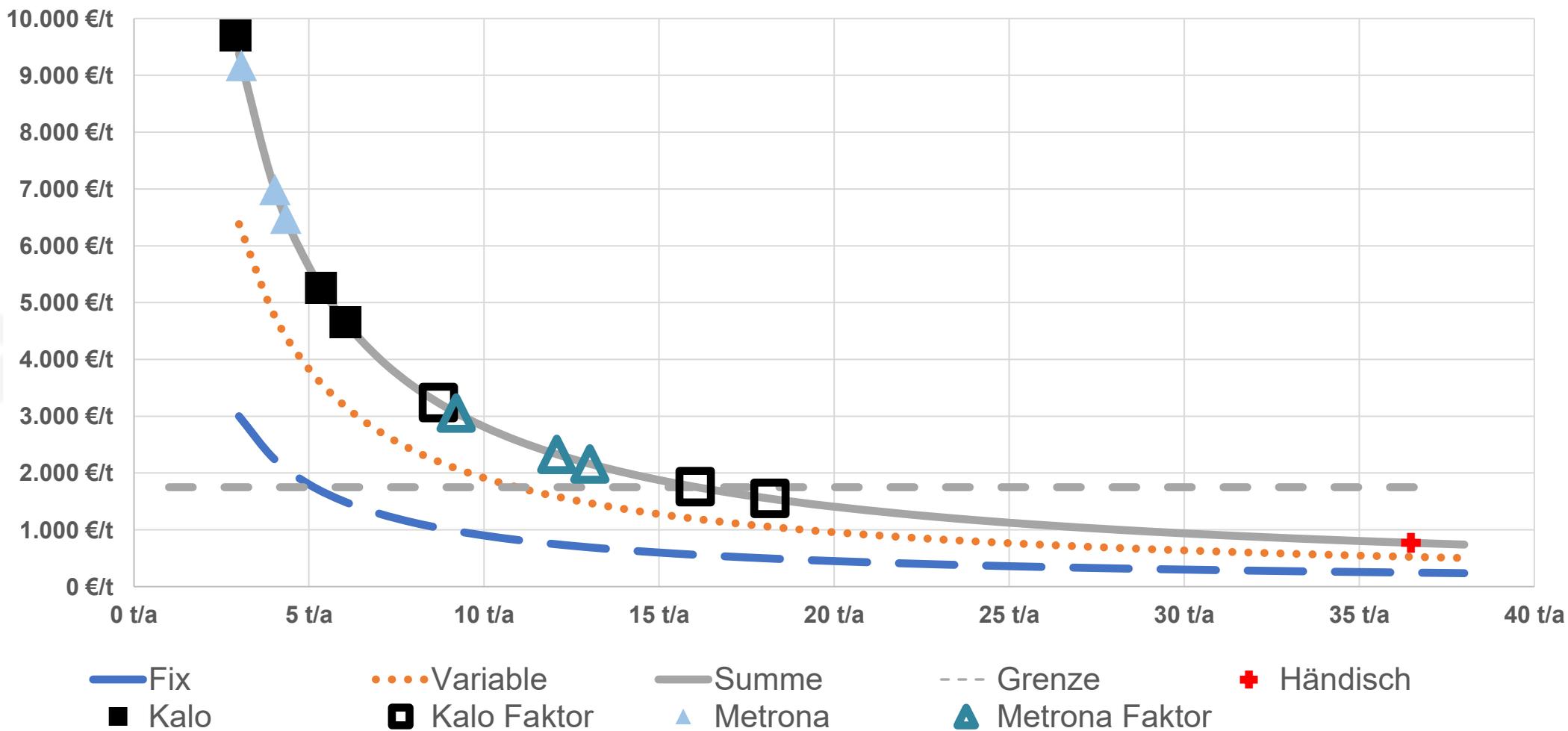


- Zusammenarbeit von mehreren Robotern



Messwerte und Auswertung

Demontagekosten pro Tonne pro Jahr





Integration und Konstruktion

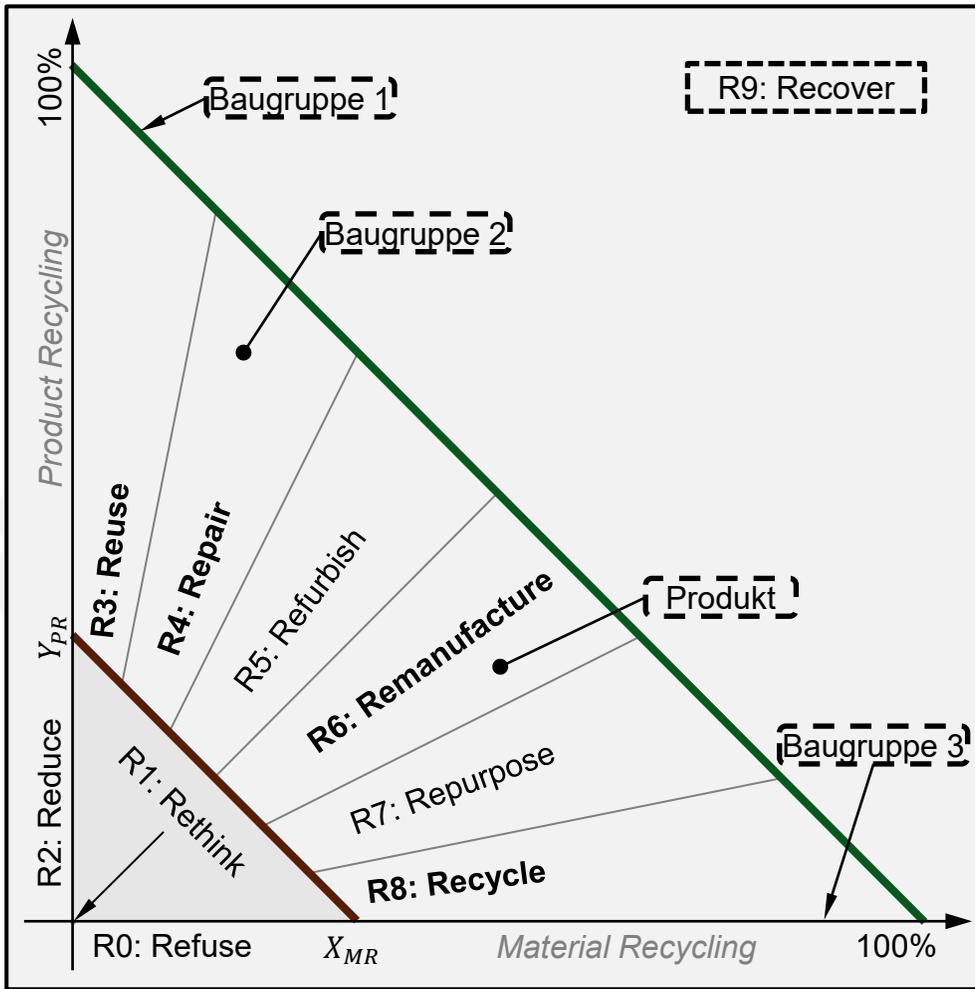
- Effizienzsteigerung der Entnahme von Schadstoffen und Wertstoffen über die Zugänglichkeit in der Produktstruktur und Entnahmemöglichkeit durch die Fügetechnikvoraussetzung.
- Anbindung von Herstellerdaten aus der Konstruktion zur besseren Verarbeitung der Produkte am EoL.
- Berücksichtigung von weiteren Kreislaufansätzen, bspw. Repair oder Remanufacturing.



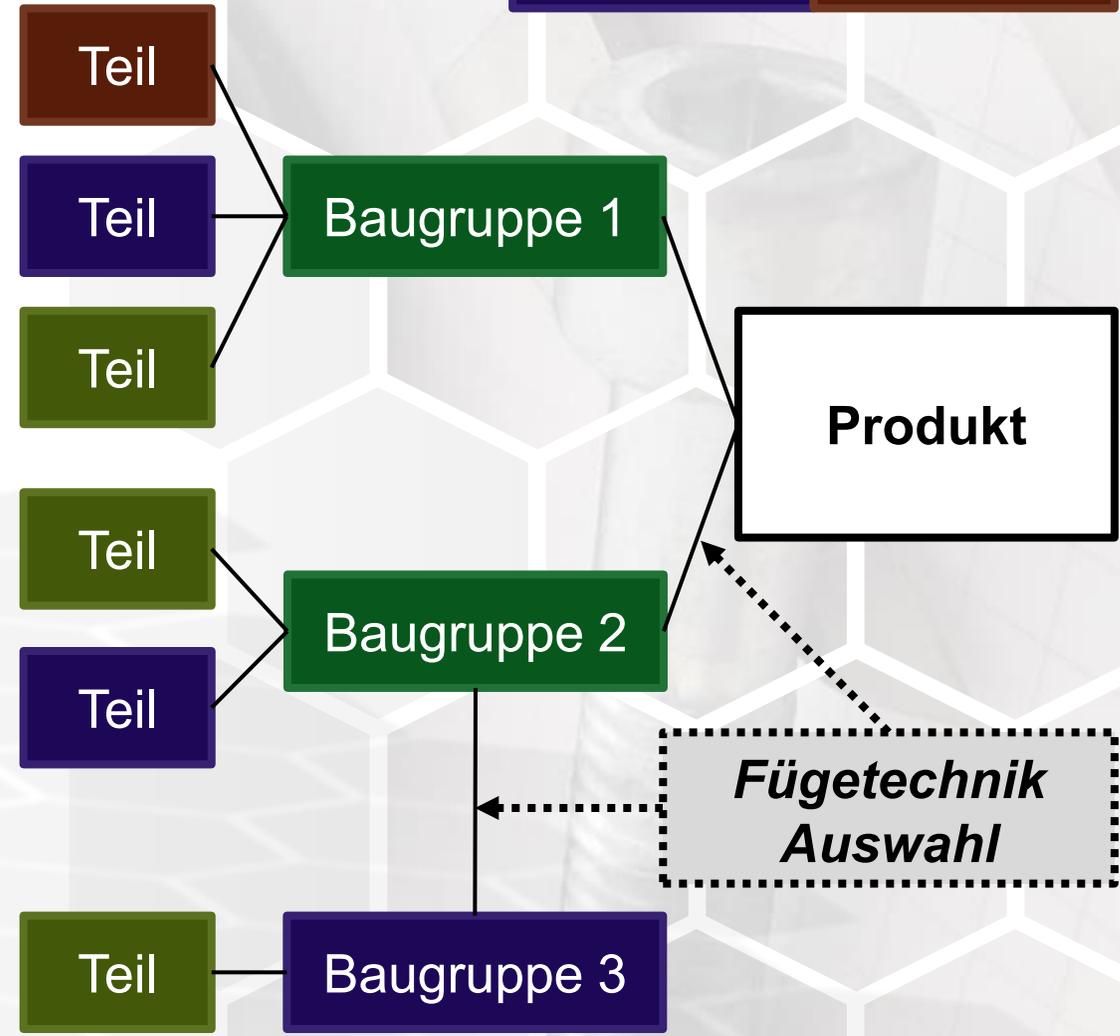


Struktur	Funktion
Wert	Schadstoff

Integration „Entwurf“



“RX-Begriffe nach KIRCHHERR





Ausblick

- Forschungsprojekt und Integration weiterer Prozessoptimierungsschritte.
- Direkte Weiterverfolgung der Pilotanlage und Integration in den Laufenden Betrieb.
- Berücksichtigung und Integration von Vor- und Nachgelagerten Prozessen zur weiteren Prozessoptimierung.





Kontakt

FZI Forschungszentrum Informatik

David Timmermann
Stellv. Abteilungsleiter ISPE-IDS

Haid-und-Neu-Str. 10-14
76131 Karlsruhe

+49 721 9654 - 207
timmermann@fzi.de

www.fzi.de



DfACE Strategy Systems

Dr.-Ing. Phillip Wallat

Gerhard-Rauschenbach-Straße 14

38678 Clausthal-Zellerfeld

Mobil: 0178 / 83 23 705

Mail: wallat@dface.eu

Web: <https://dface.eu>

