

Demontagefabrik 4.0

J. Seelig, Dr. T. Zeller, B. Nawothnig

CUTEC Forschungszentrum, Abteilung Ressourcentechnik



Gliederung



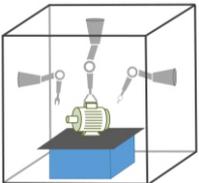
Hintergrund und Ziele



Vorprojekte



Wirtschaftlichkeit



Anforderungen an das Demontagemodul



Ausblick

Hintergrund und Ziele

Studie des UM Baden-Württemberg

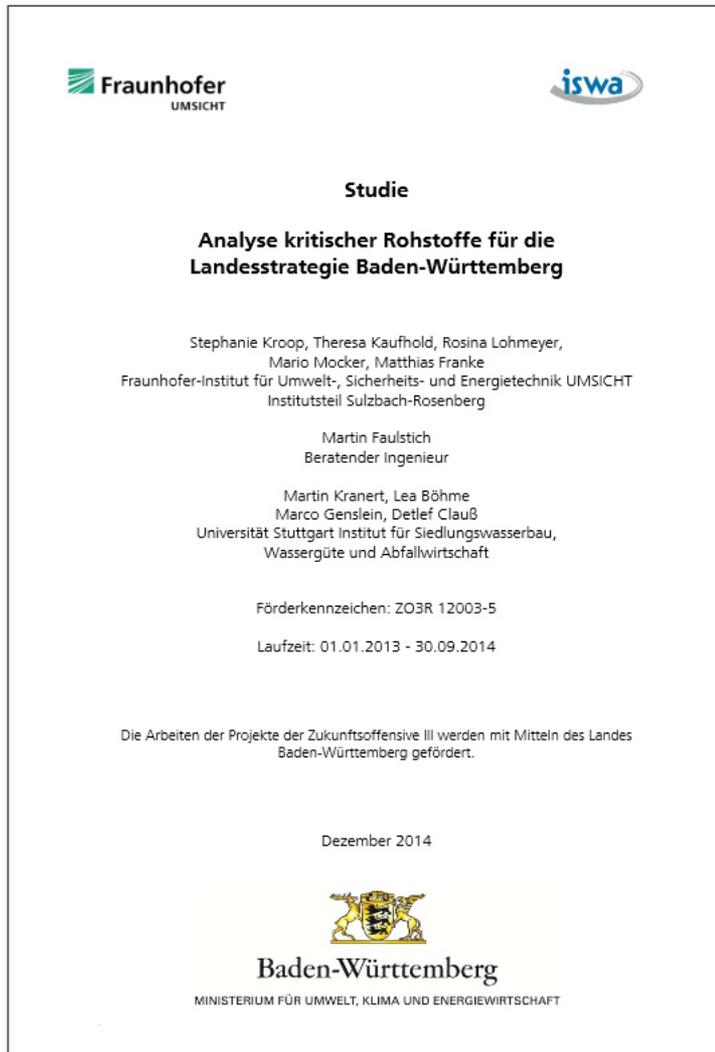
- Identifikation kritischer Rohstoffe speziell für die baden-württembergische Industrie

→ Wirtschaftlicher Gewichtungswert, Mengenindex, Rohstoff-Risiko-Index

- 5 Leuchtturmprojekte:

- Think Tank für Industrie- und Ressourcenpolitik
- Forschungs- und Entwicklungsverbund Ressourceneffizienz
- Zentrale Phosphor-Recyclinganlage

- Demontagefabrik im urbanen Raum
- Effizienteste Rohstoff-Mine der Welt



Hintergrund und Ziele

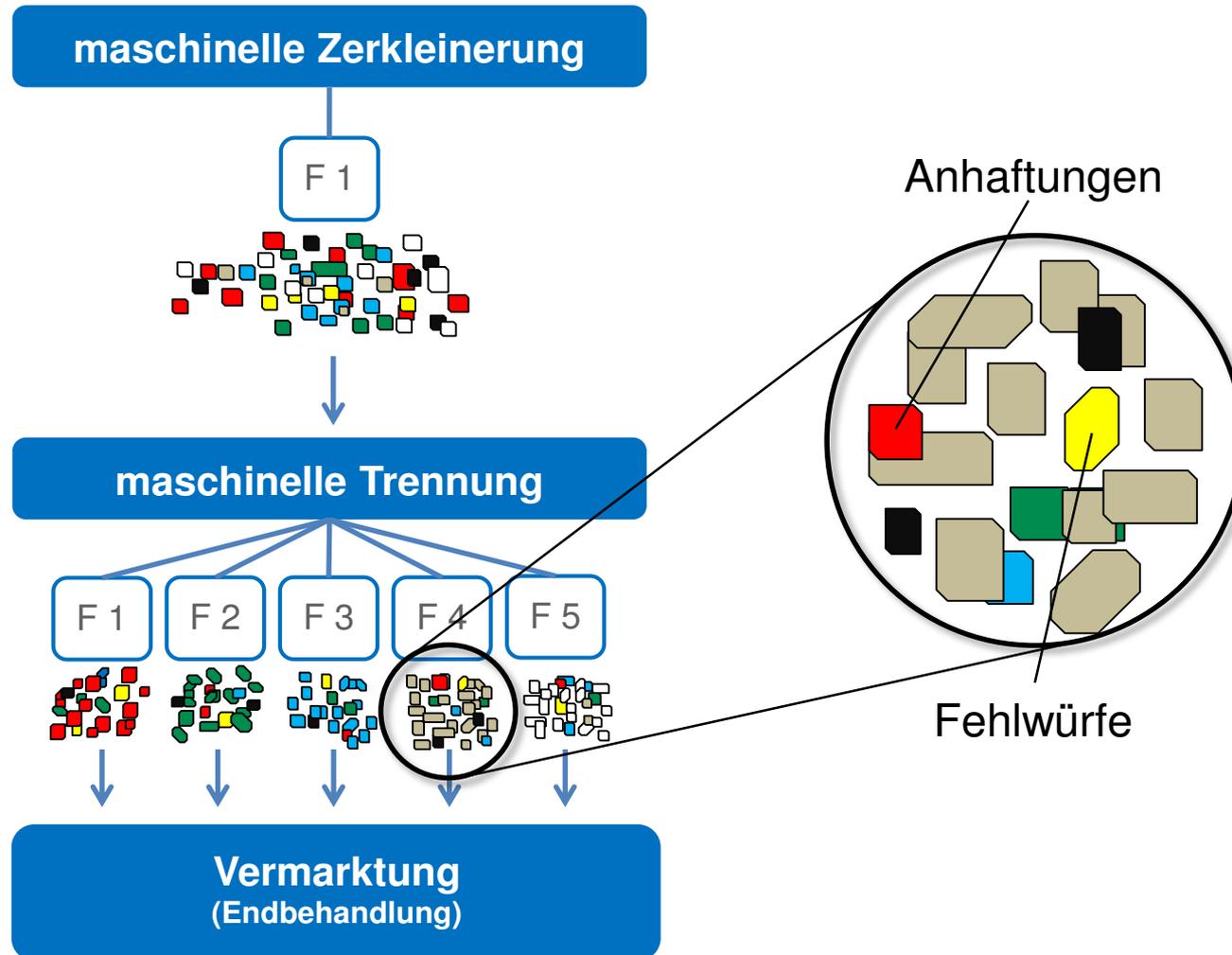
- Schließen von Stoffkreisläufen
- Beitrag zur Sicherung der Versorgung mit kritischen Rohstoffen durch gezielte Erzeugung von Vorkonzentraten
 - **Demontage** von Altgeräten
- Erhöhung der Sammelquoten durch starke Außenwirkung
- Etablierung spezialisierter Recyclingtechnologien durch Versorgung mit Konzentraten fördern
- Kostendeckende Betriebsweise

■ = Top-10 kritische Rohstoffe

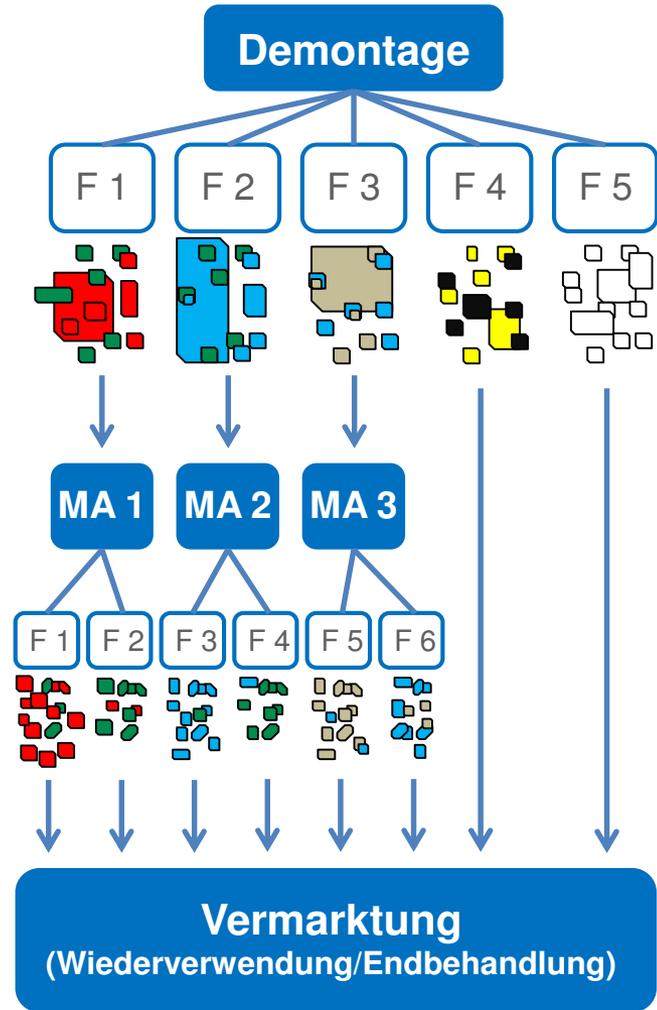
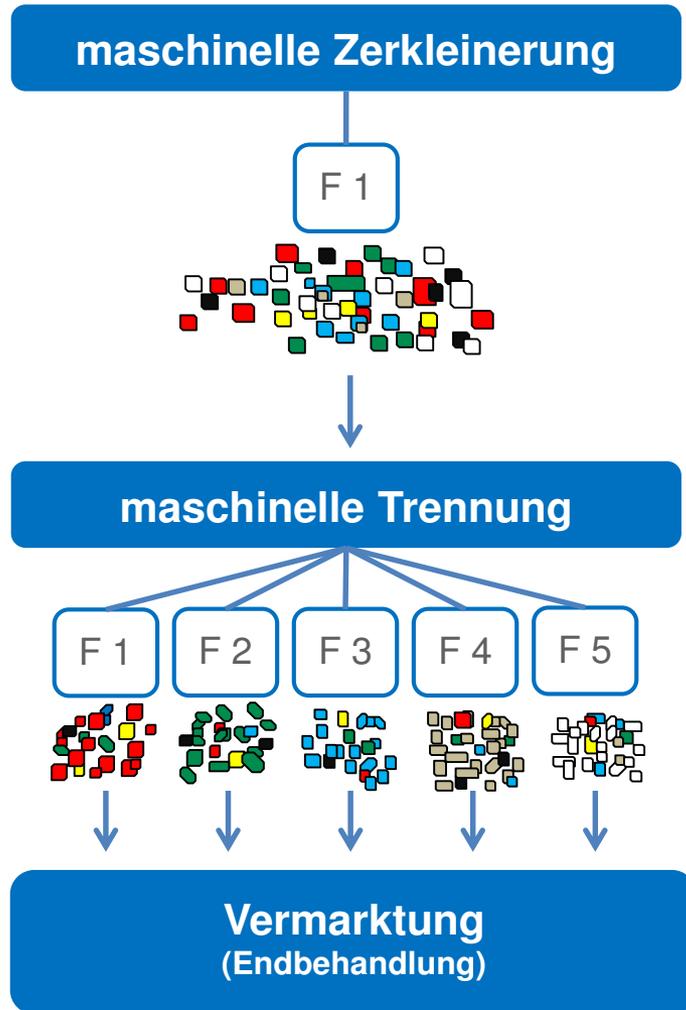
* C → Graphit
F → Fluorit
Ba → Baryt

1 H																	2 He	
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F*	10 Ne	
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	
55 Cs	56 Ba*	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn		
87 Fr	88 Ra																	
		57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu		
		89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr		

Hintergrund und Ziele



Hintergrund und Ziele



Vorprojekte

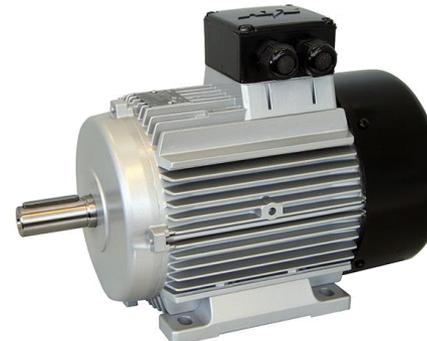
- Identifikation demontagefähiger Produkte mit hoher Zielelementkonzentration
 - elektrische Fahrtriebe, Nabendynamos
- Zielmaterial: NdFeB-Magnete
- Einbezug ähnlicher Produkte
 - Elektromotoren aus dem Industriebereich
- Demontageversuche manuell
 - Zeiten, Zusammensetzung?
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
 - Wertschöpfung aus Zielelementen + weiteren Materialien
 - manuelle vs. robotergestützte Demontage



Quelle: Elektrofahrrad-einfach.de

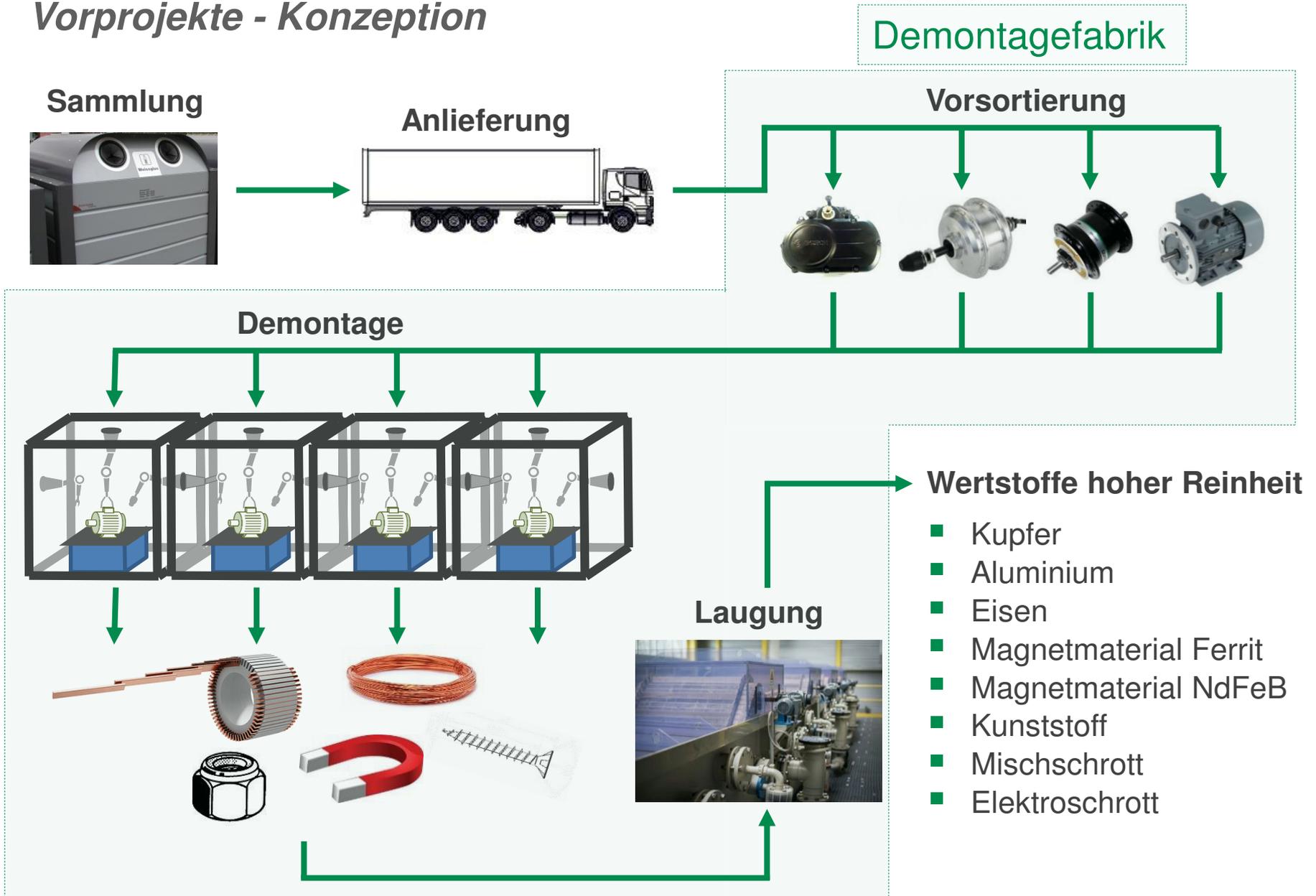


Quelle: Ateg



Quelle: Böhler Antriebstechnik

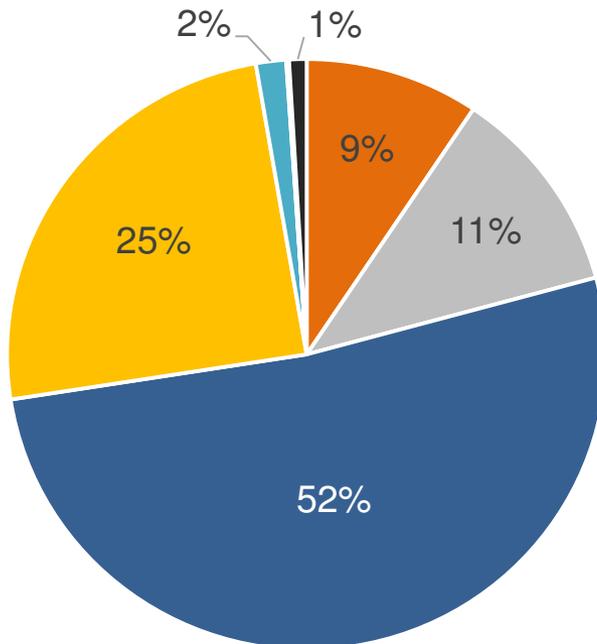
Vorprojekte - Konzeption



Wirtschaftlichkeit

Annahme: 70 % der in D aufkommenden Abfälle der betrachteten Produktgruppen werden verarbeitet

Massenaufkommen/Jahr



Fraktion	Aufkommen [t/a]	Erlöse [k€/a]
Kupfer	7.092	23.544
Aluminium	8.615	8.615
Eisen	39.058	7.030
Mischschrott	18.660	2.053
Elektroschrott	1.228	491
NdFeB-Magnet	25	136
Kunststoff	712	0
Ferrit-Magnet	89	n.n.
Gesamt	75.479	41.869

Wirtschaftlichkeit

Manuelle Demontage



VS.

Roboterassistierte Demontage



Kostenfaktoren:

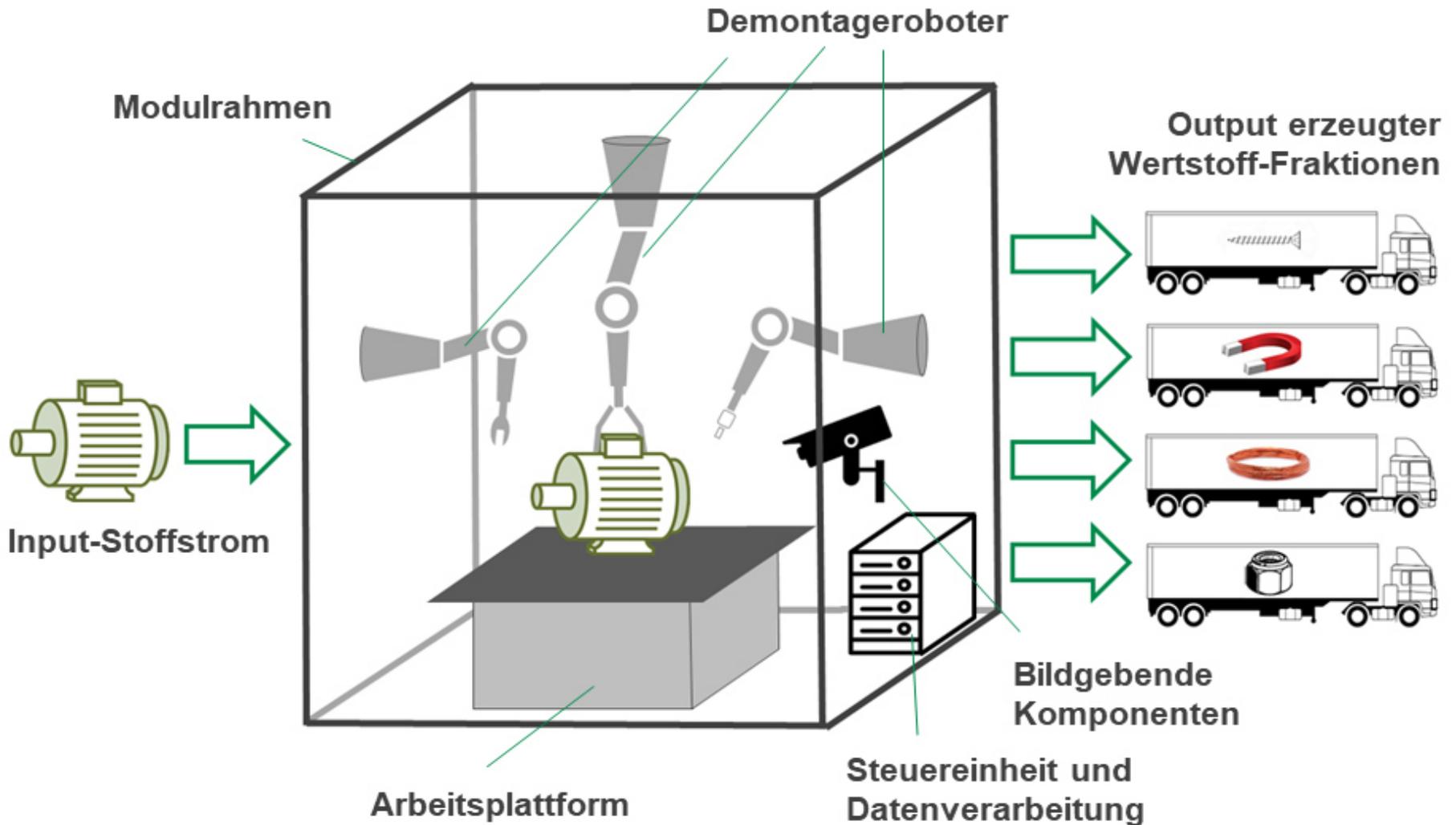
- Personal
- Roboter → 6 €/h Investition, Energie- und Wartungskosten
- Lauge
- Entsorgung der Lauge
- Transport
- Materialerlöse

Wirtschaftlichkeit

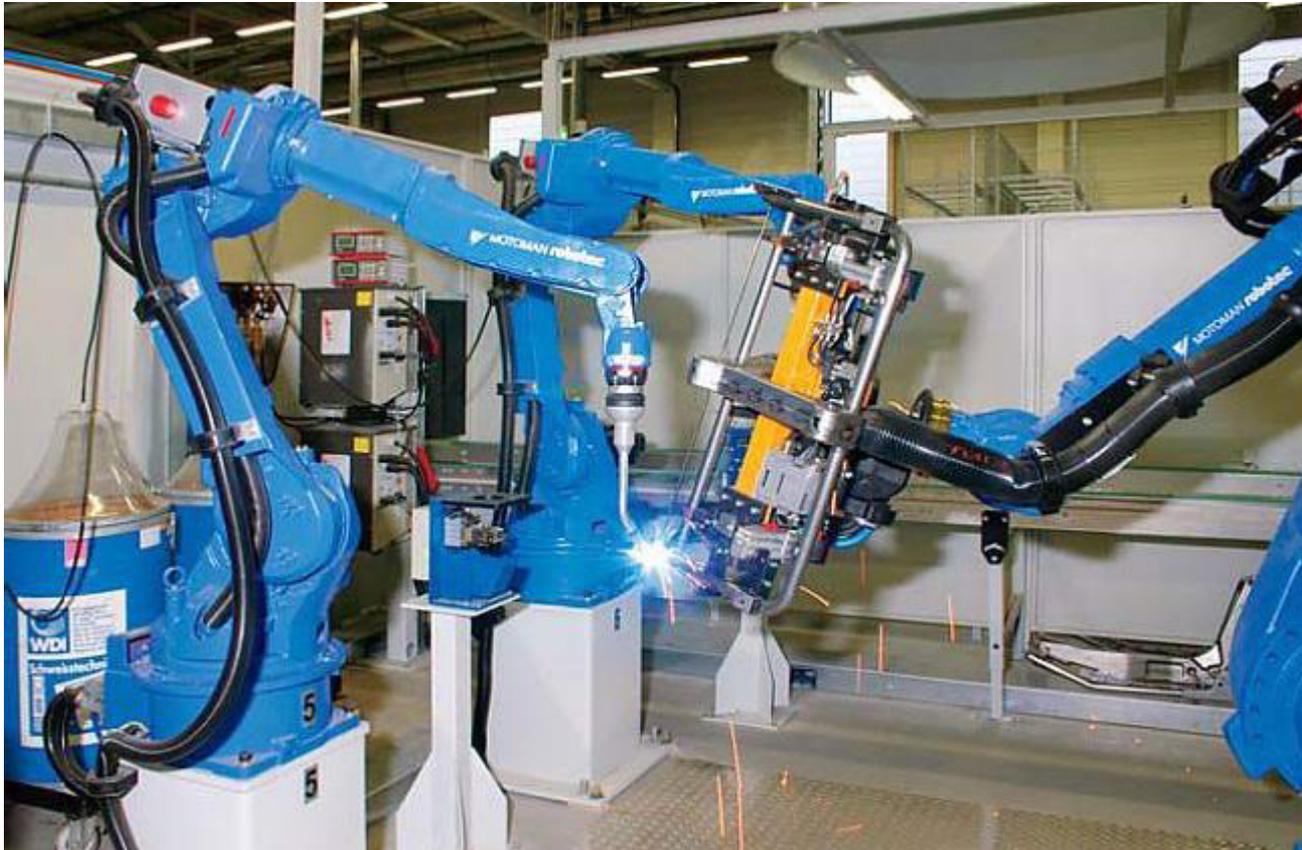
Posten	Kosten bzw. Erlöse [€/a]	
	manuell	robotergestützt
Kosten Ankauf EoL-Produkte	- 21.133.927	
Personal-/Roboterkosten	- 86.250.000	- 15.456.000
Transportkosten	- 4.528.699	
Kosten Kaliumhydroxid	- 112.568	
Entsorgung Lauge, 20 % KOH	- 633.195	
Erlös Sekundärrohstoffe	+ 41.868.924	
Saldo Pro Jahr	- 70.614.843	4.535

„Schwarze Null“ → Manuelle Demontagezeiten müssten um 84 % reduziert werden
 → **Robotergestützt nur 33 % Verringerung erforderlich**

Anforderungen an das Demontagemodul



Anforderungen an das Demontagemodul



Quelle: industry.co.il

Anforderungen an das Demontagemodul



Quelle: vonheldenundgestalten.de

Wichtige Faktoren:

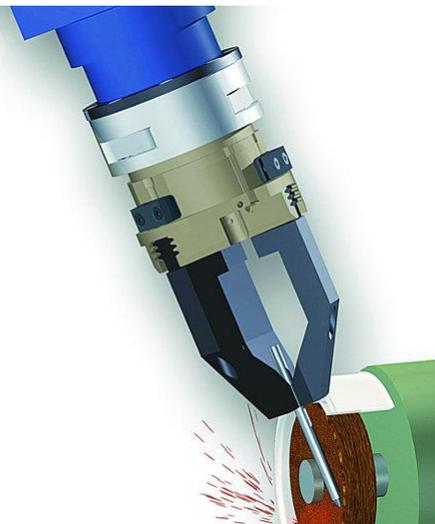
- Manipulatoren (Roboterarme)
 - Geschwindigkeit, Traglast, Anzahl Achsen, Energie...
- Effektoren (Werkzeuge, Greifer)
 - Flexibilität, Nachgiebigkeit, Eigenmasse, Wechselzeiten...
- Steuerung
- Arbeitssicherheit
 - Einrichtung durch „Integrator“



Quelle: neue-verpackung.de



Quelle: robots.com



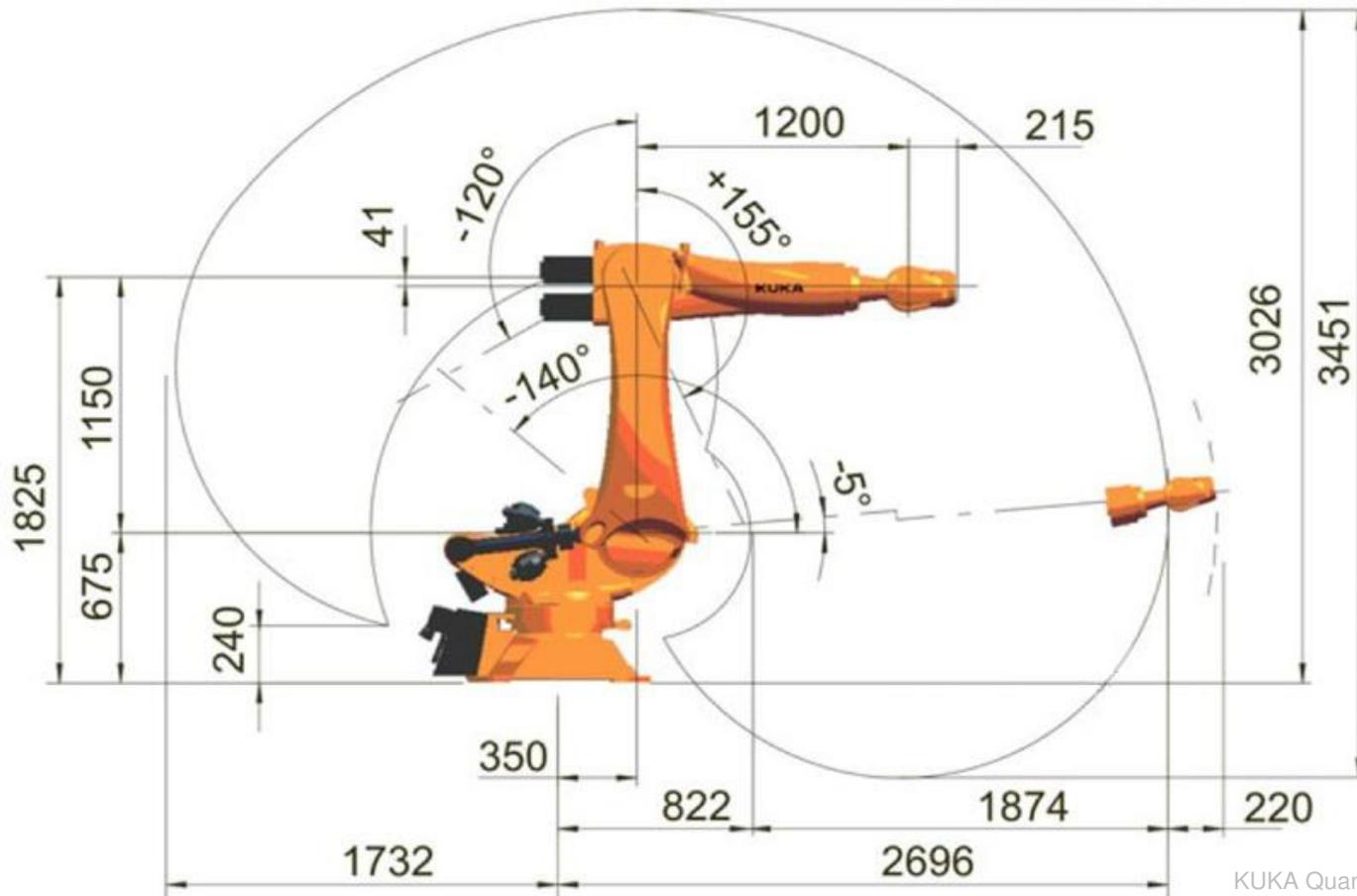
Quelle: automation.at



Quelle: automaticaforum.de

Anforderungen an das Demontagemodul

Fertigungsplanung und -simulation

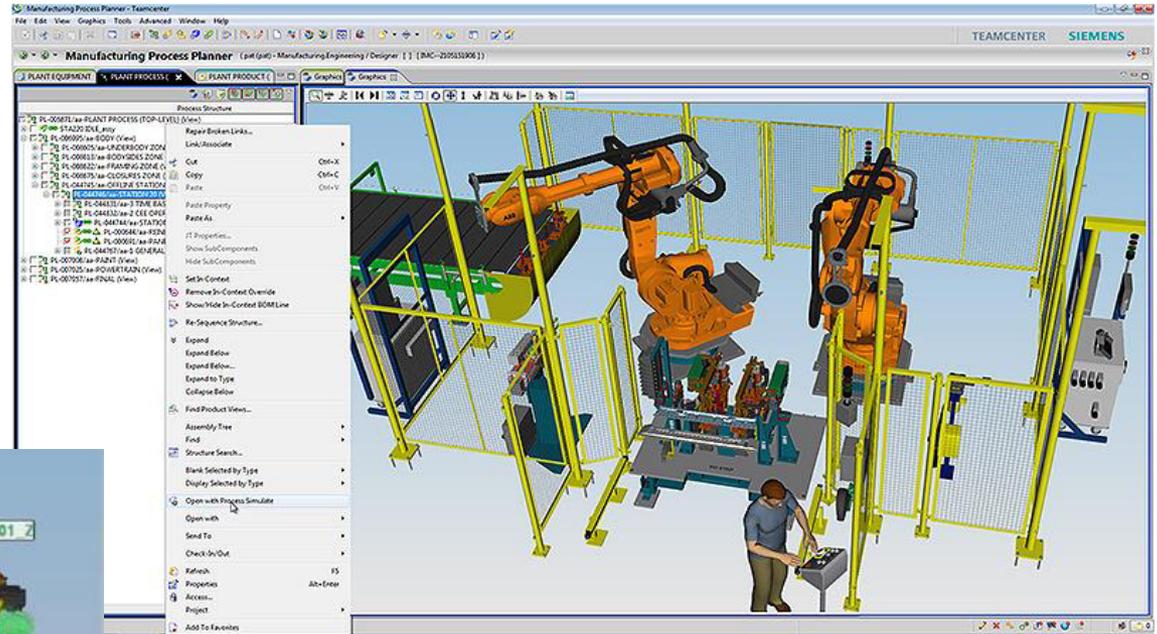


KUKA Quantec
Quelle: reprobots.de

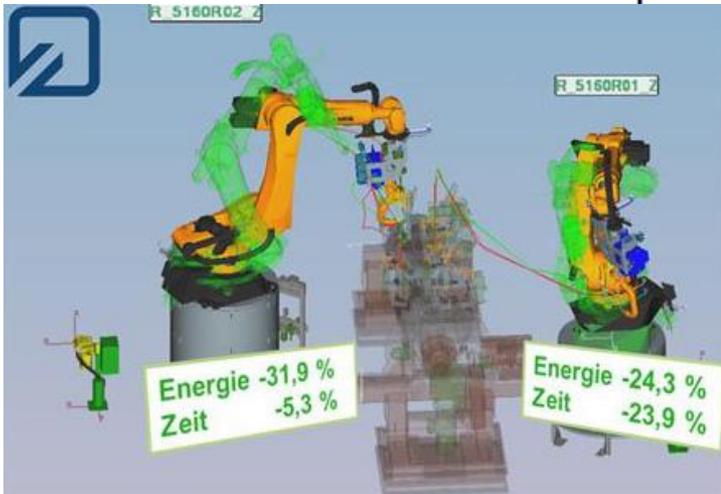
Anforderungen an das Demontagemodul

Fertigungsplanung und -simulation

Siemens Technomatix



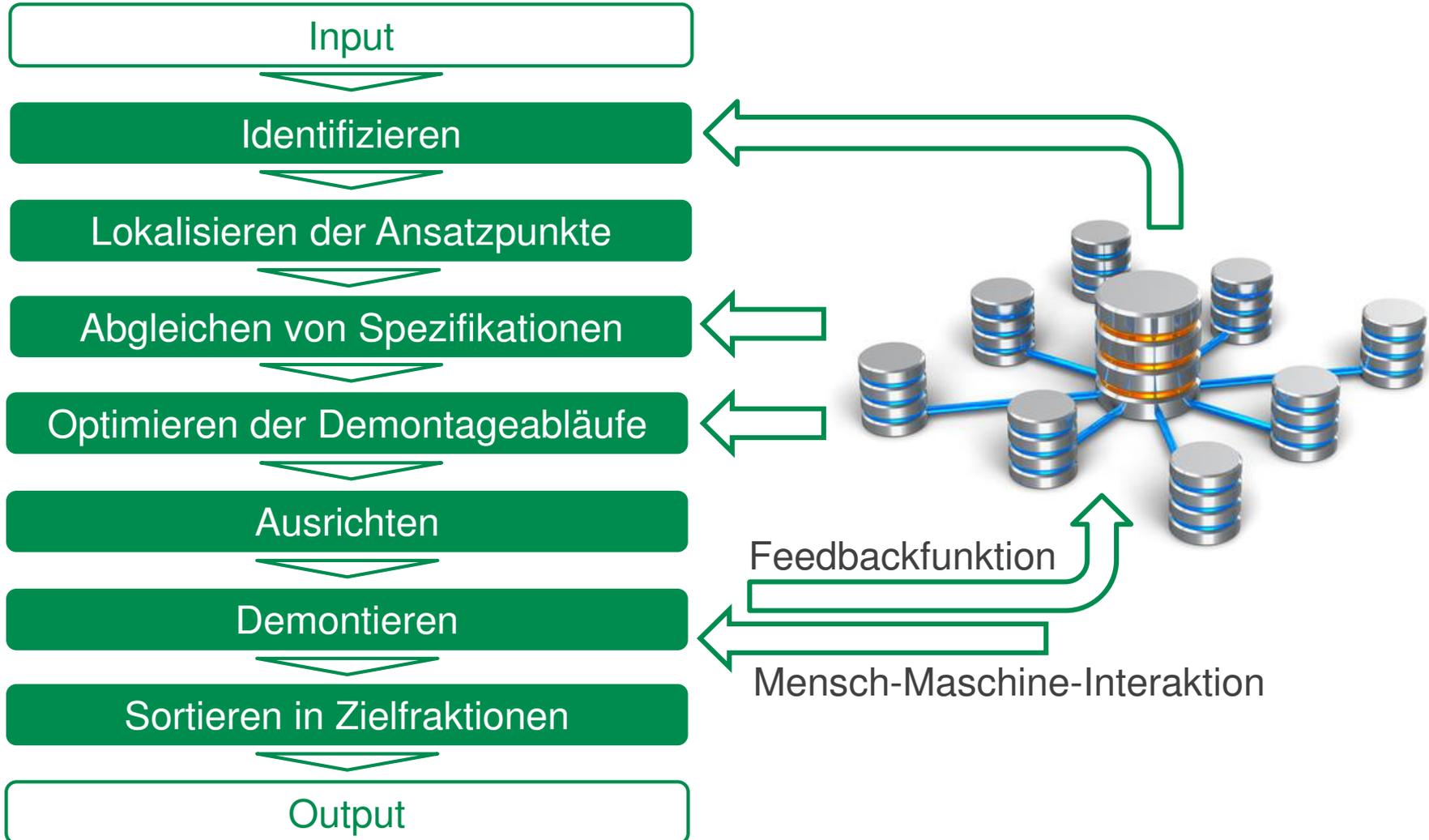
Quelle: Siemens



**Projekt „Energieeffiziente
Roboterprogrammierung“
Ostfalia Hochschule für
angewandte Wissenschaften**

Quelle: Ostfalia

Anforderungen an das Demontagemodul



Ausblick

- Projektergebnis: ein funktionsfähiges Demontagemodul, das den erläuterten Funktionsumfang aufweist
- Zunehmende Reduktion der Demontagezeiten
- Upscaling durch modulare Bauweise
- Zukünftige Erweiterung auf weitere Produktgruppen
- Recycling von Produktionsabfällen
- **Partizipation erwünscht!**



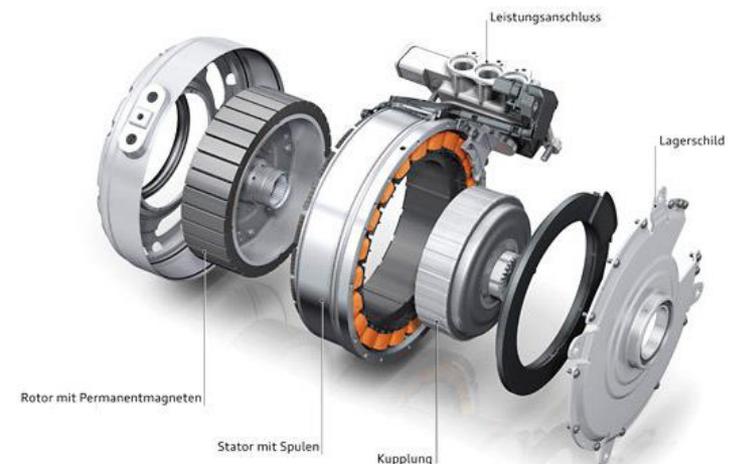
Quellen: Samsung, HP



Quelle: kfztech



Quelle: spiegel



Quelle: Auto-News

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Initiiert und unterstützt vom



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

