
Herausforderungen bei der Rückgewinnung von Wertstoffen aus Elektroaltgeräten und Altfahrzeugen

DGAW Regionalveranstaltung

Recycling von Elektroaltgeräten
und Altfahrzeugen

15. November 2018
Sulzbach-Rosenberg

Matthias Franke



Einführung – Recycling und Rohstoffe

„Germany holds the global top spot of Recycling“



[11.12.2017]



economia

„Deutschland gehen die Hightech-Metalle aus“

„Erste Firmen in Deutschland bekommen keine Metalle für die Hochtechnologien mehr“

[21.10.2010]

SPIEGEL ONLINE



„Wertvoller Elektroschrott – Elektrogeräte als Rohstoffquelle“



[08.11.2016]

BR

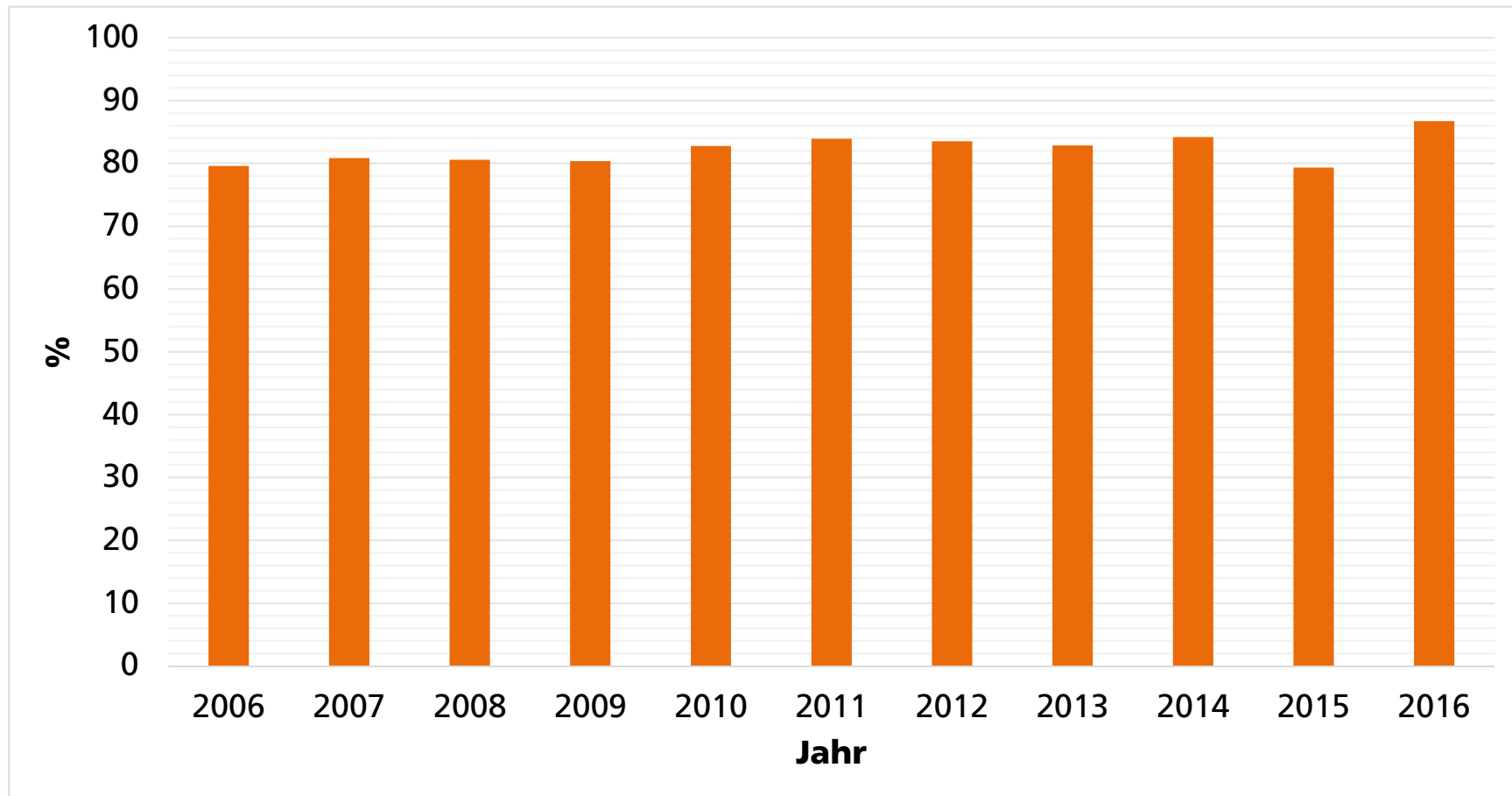
„Altfahrzeuge: Deutschland übertrifft Quotenvorgaben“

EUWID RECYCLING UND ENTSORGUNG
www.euwid-recycling.de

[27.09.2017]

Einführung – Recyclingquoten

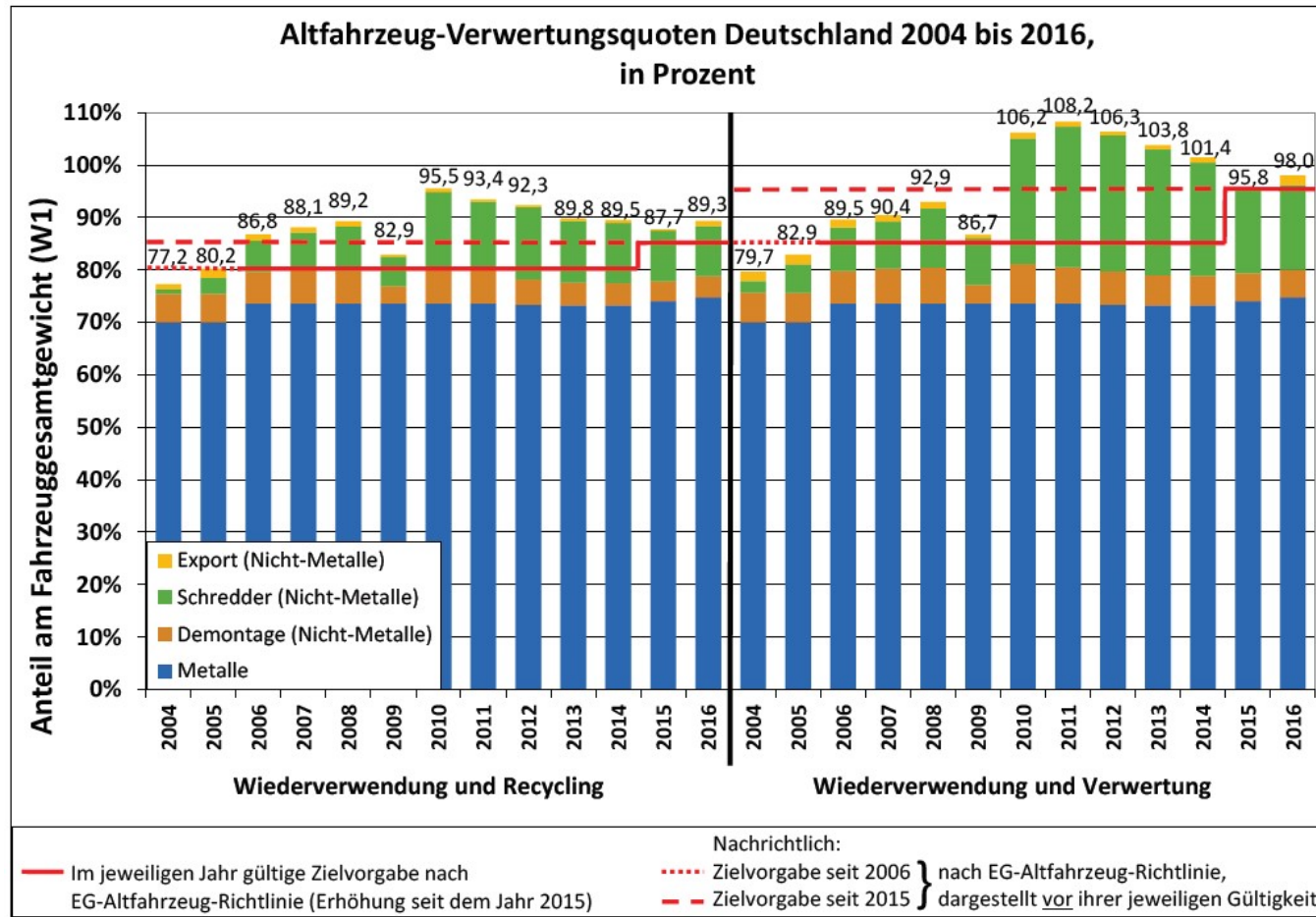
Elektroaltgeräte – Vorbereitung zur Wiederverwendung und Recycling



Quelle: UBA 2017

Einführung – Recyclingquoten

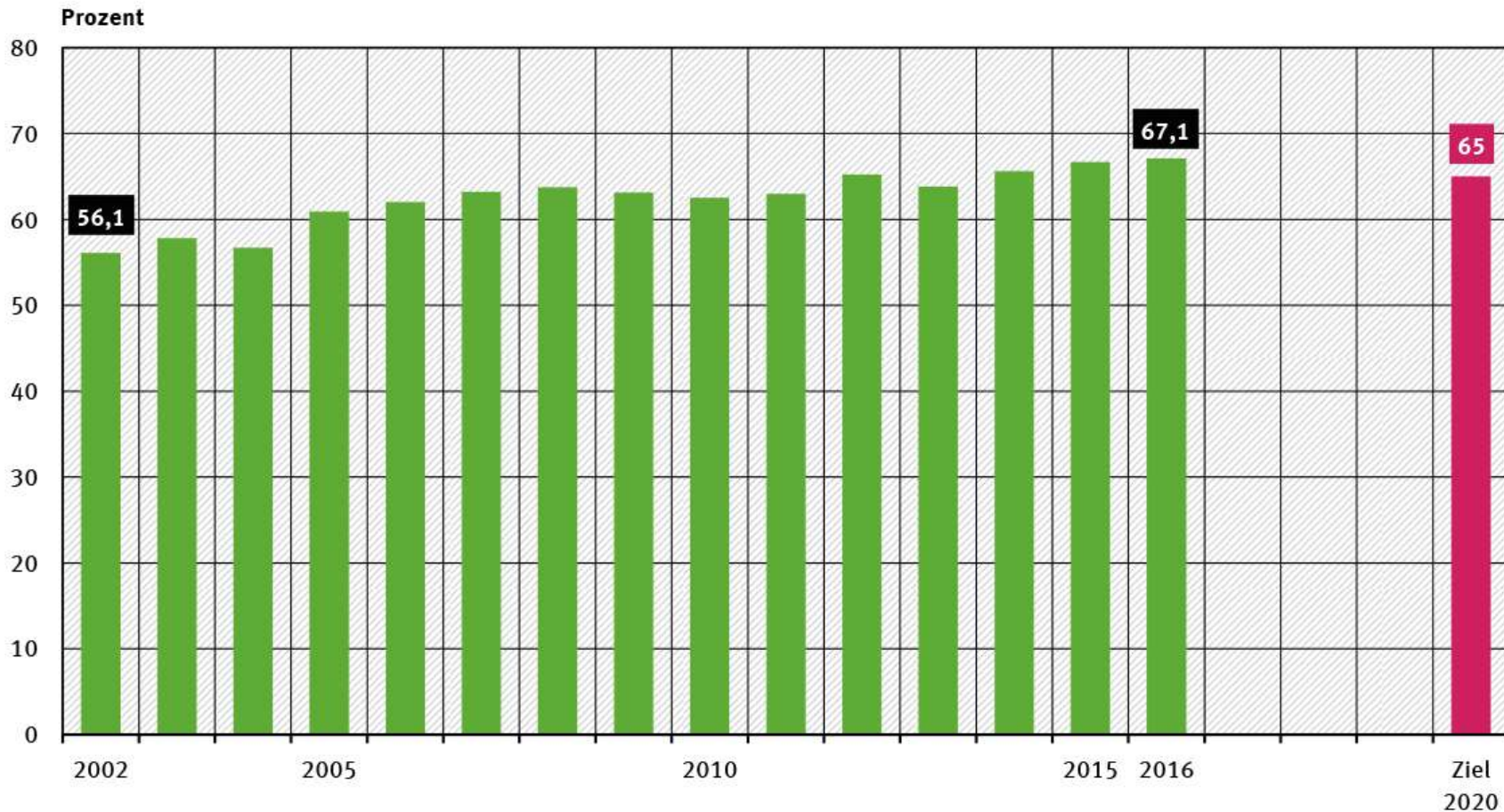
Altfahrzeuge – Verwertungsquoten 2004 bis 2016



Quelle: BMUB 2018

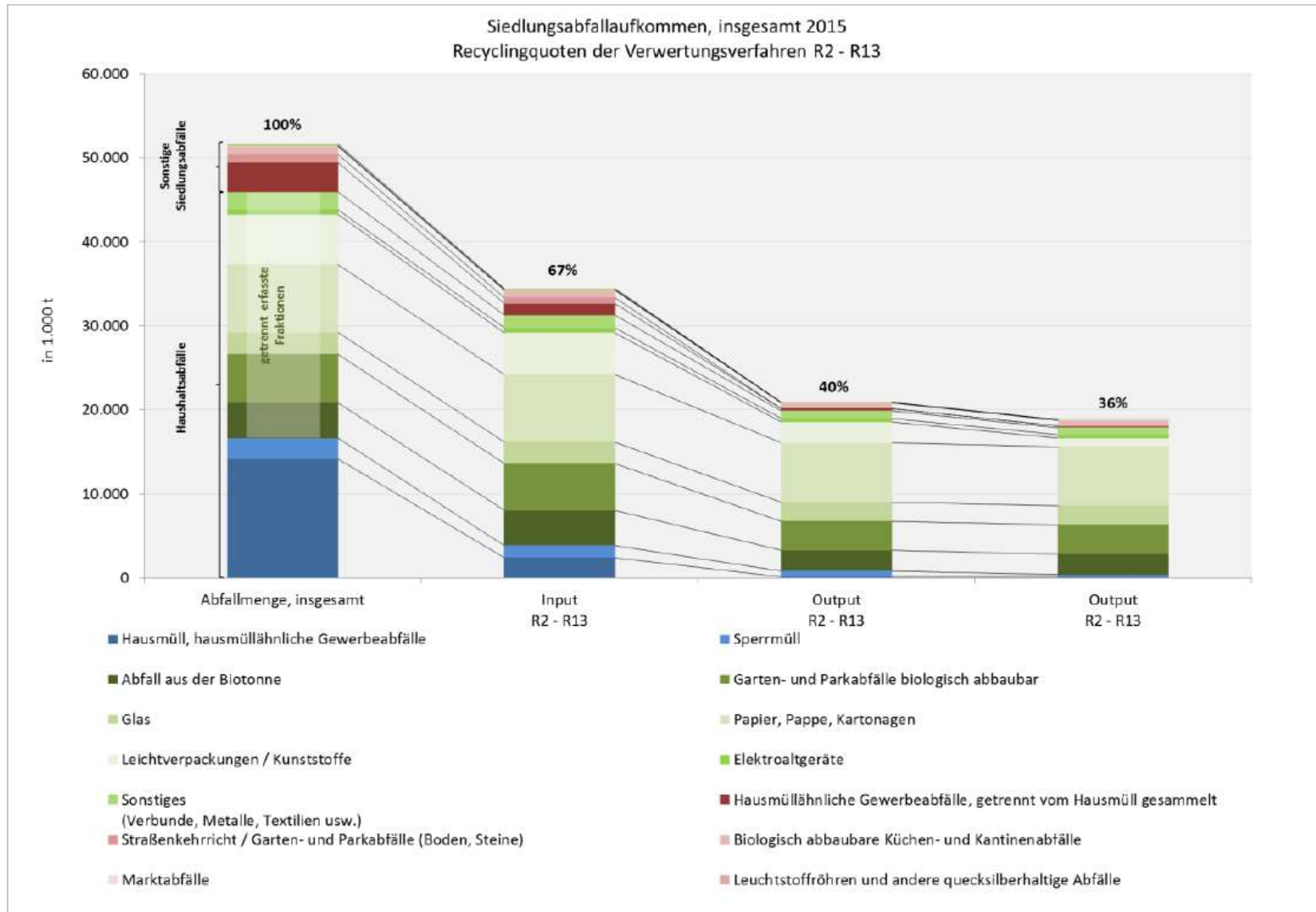
Einführung – Recyclingquoten

Siedlungsabfall – Stofflich verwerteter Anteil



* Das Statistische Bundesamt verwendet bei der Abfall-Kategorie "Elektroaltgeräte" eine vereinfachte Definition für die Berechnung der Recycling-Quote, die zu einer Quote von 100 % führt. Eine Erhebung nach dem Elektroggesetz führt zu anderen Ergebnissen.

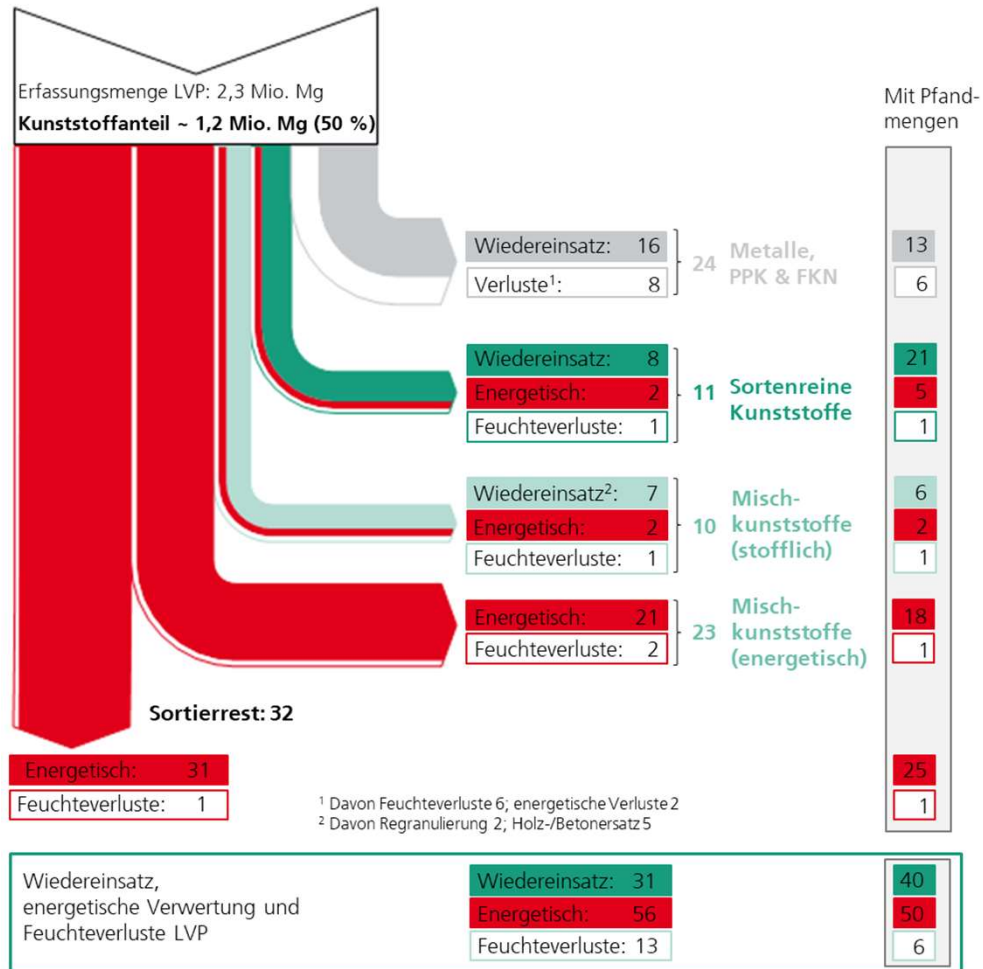
Quelle: Statistisches Bundesamt, Abfallbilanzen, verschiedene Jahrgänge



Quelle: Obermeier & Lehmann 2018

Einführung – Recyclingquoten

Beispiel Leichtverpackungen



Quelle: UBA 2011 & 2012

Einführung – Recyclingquoten

Fazit

- (Über-)erfüllung aller gesetzlichen Quotenvorgaben

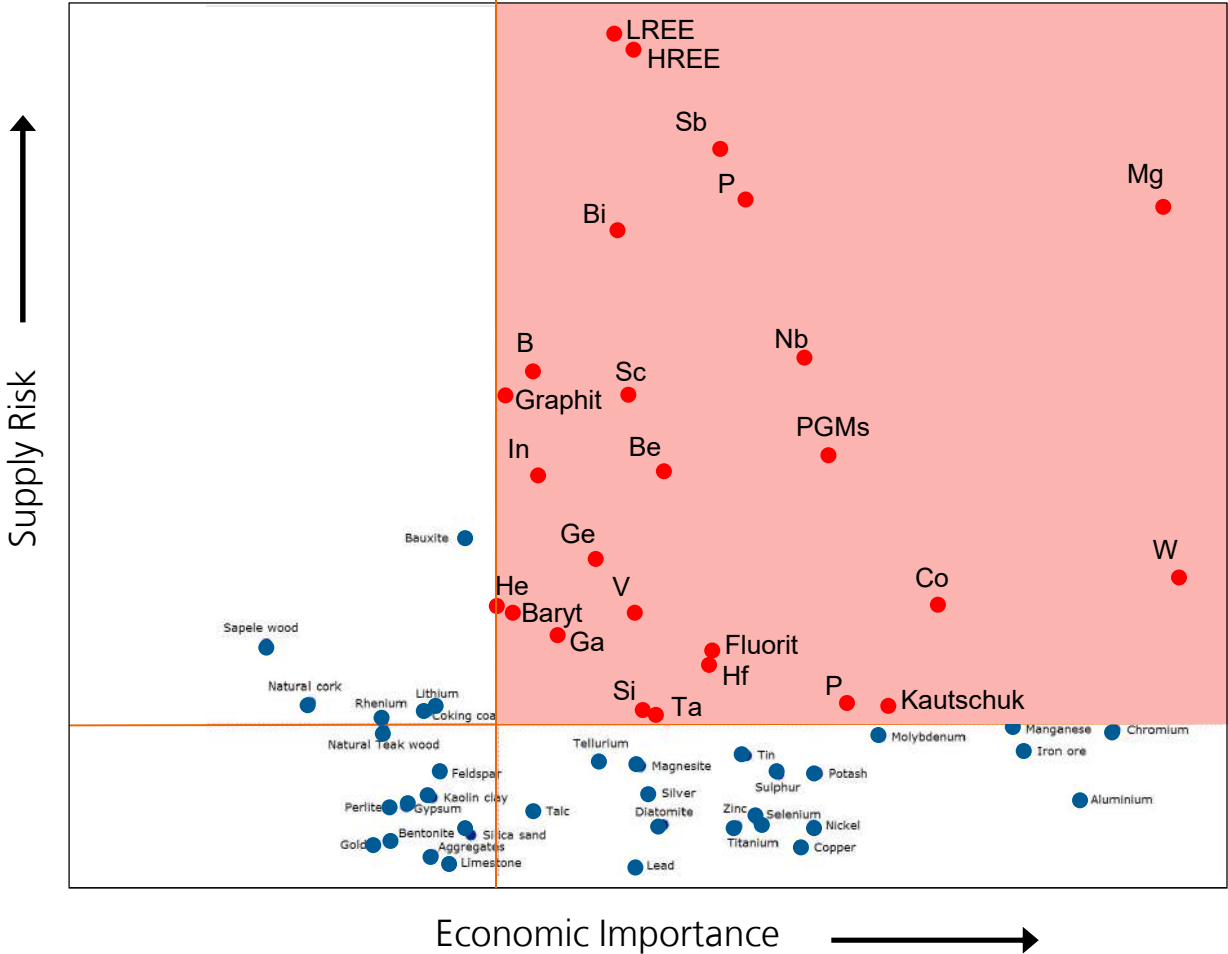
Aber:

- quantitative Quoten
- qualitative Aspekte unberücksichtigt
- Ermittlungsmethode der Quoten ändert sich

- Keine Berücksichtigung der Kritikalität von Rohstoffen
- Keine Berücksichtigung ökologisch-sozialer Aspekte
- Zunehmende Komplexität von Produkten durch
 - Leichtbau
 - Miniaturisierung
 - Multimaterialverbunde

Recycling

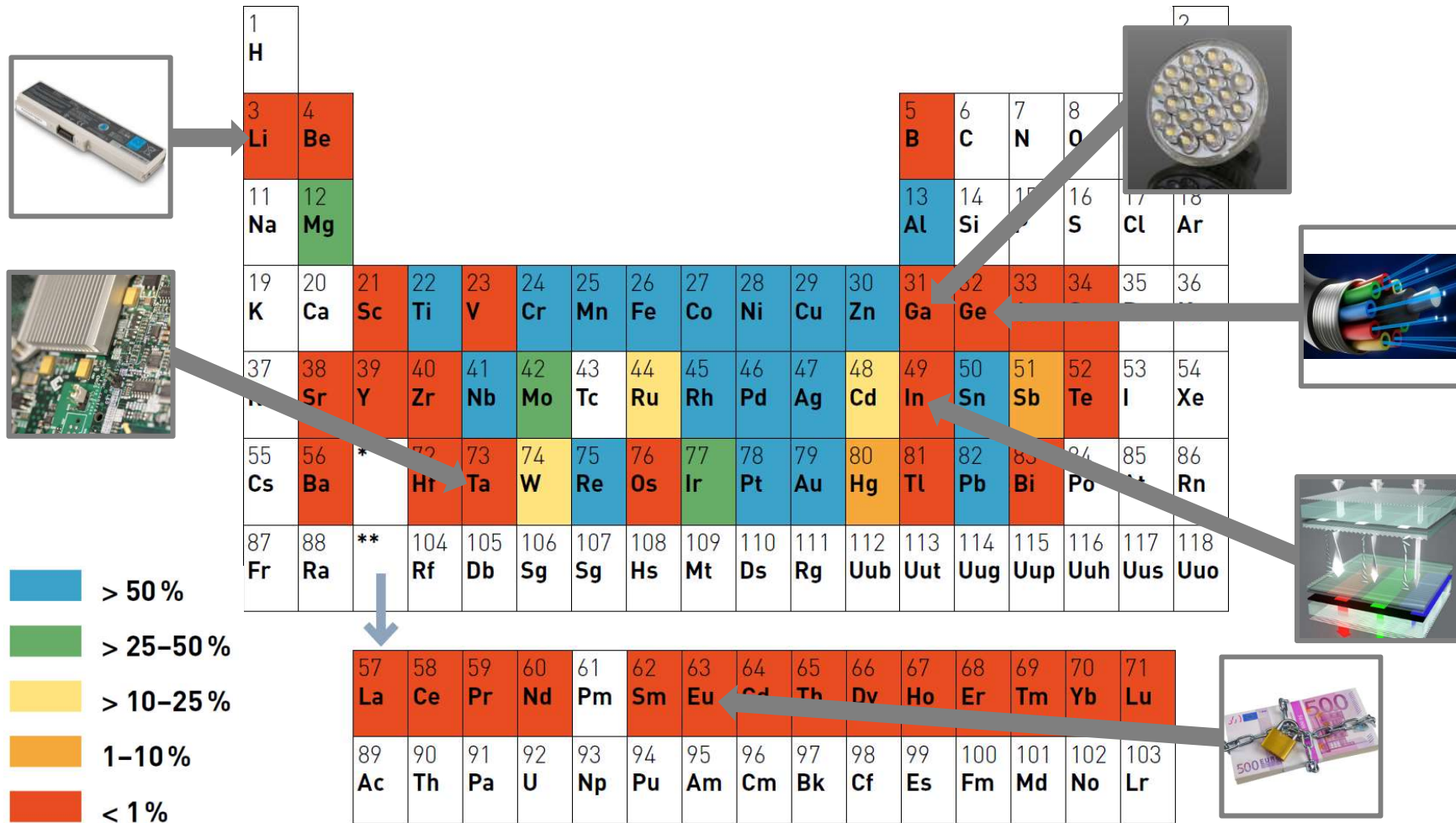
Kritische Rohstoffe für die EU



Quelle: Europäische Kommission 2017

Recycling

Globale EoL-Recyclingraten



Recycling

Herausforderungen entlang der Prozesskette

Quelle: UNEP 2013

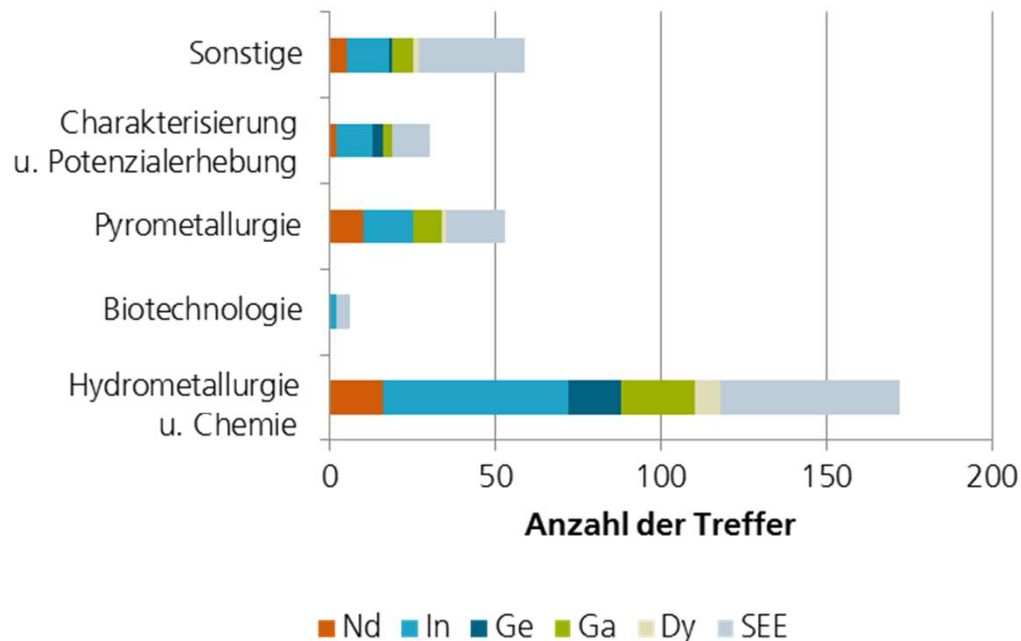
	Eisen	Alu	Magnesium	Kupfer	Nickel	Silber	Gold	Palladium	Ruthenium	Antimon	Gallium	Germanium	Indium	Kobalt	Seltene Erden	Tantal	Beryllium	Tellur	Wolfram	Niob	Zinn	
Erfassung	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Sortiertechnik	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○	●	○	●	●	○	○
Trenntechnik	○	●	○	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Detektion	○	○	○	●	●	●	●	●	●	○	●	●	●	●	●	●	○	●	●	●	●	●
Abtrennung	○	○	○	●	○	●	●	●	●	○	●	●	●	●	●	●	○	●	●	●	●	●
Aufkonzentrierung	○	○	○	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●	●	●	●	○
Recycling	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

- nicht relevant
- Stand der Technik
- Existent, optimierbar
- nicht existent
- unbekannt

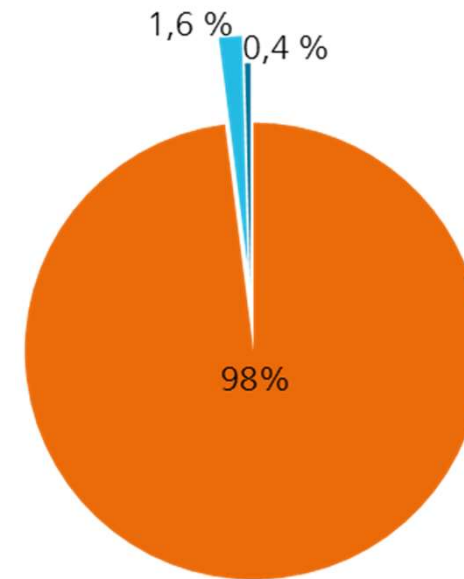
Recycling

Innovationen und Marktreife

Anzahl Veröffentlichungen nach Element und **Verfahren** (n=338)



Anteil Veröffentlichungen nach **technologischem Reifegrad** von Forschungsprojekten



- TRL 1 - 4: ≤ Labormaßstab
- TRL 5 - 6: Versuch/ Prototyp in Einsatzumgebung
- TRL 7 - 9: Prototyp/ Betrieb im Einsatz

Auswertung ScienceDirect, eigene Darstellung [Fraunhofer UMSICHT 2015]

Recycling von Elektroaltgeräten und Altfahrzeugen

Herausforderungen

Altfahrzeuge

- Statistische Lücke Fahrzeugverbleibe
- Hochwertige Verwertung von Wertstoffen in Shredderrückständen
- Rückgewinnung Edel- u. Sondermetalle aus Fahrzeugelektronik, Elektromotoren, Batterien
- Hochwertige Verwertung neuer Werkstoffe (GFK, CFK, Speziallegierungen)

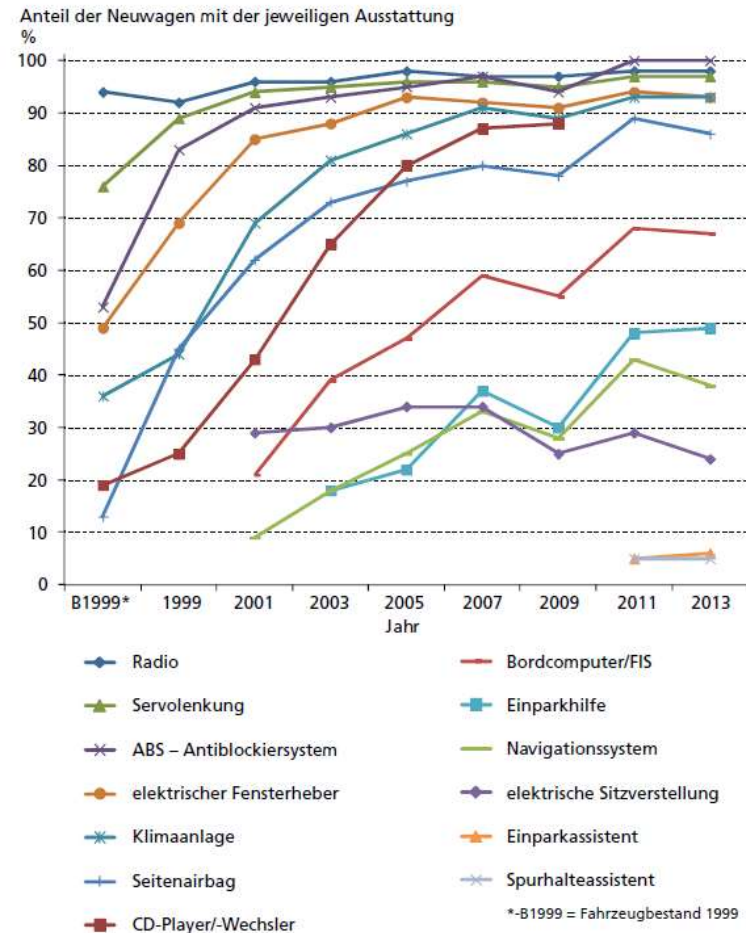
Elektroaltgeräte

- Eindämmung illegaler Exporte
- Steigerung der Sammelmengen
- Qualitative Verbesserung des Recyclings (Edel- u. Sondermetalle)

Herausforderungen - Altfahrzeuge

Fahrzeugelektronik und Elektromotoren

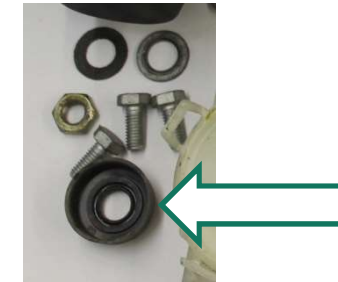
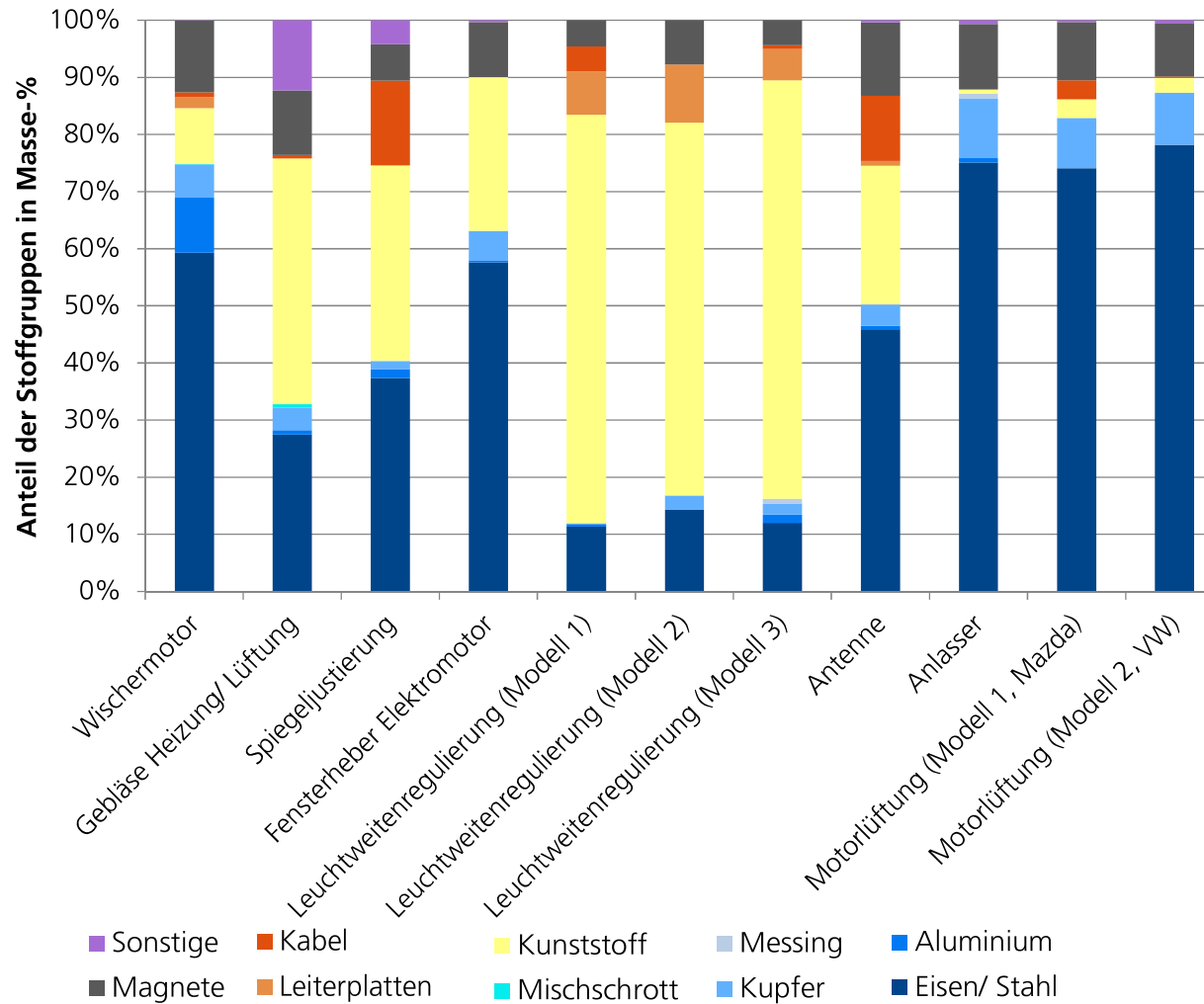
- Steigender Ausstattungsgrad moderner Fahrzeuge
- Steigender Anteil an strategischen / kritischen Rohstoffen
- Keine gezielte Rückgewinnung gering konzentrierter kritischer Rohstoffe in Demontageprozessen
- Verschleppung wertvoller Elemente in die Shredderleichtfraktion
- Relevante Verluste von Edel- u. Sondermetallen über die SLF



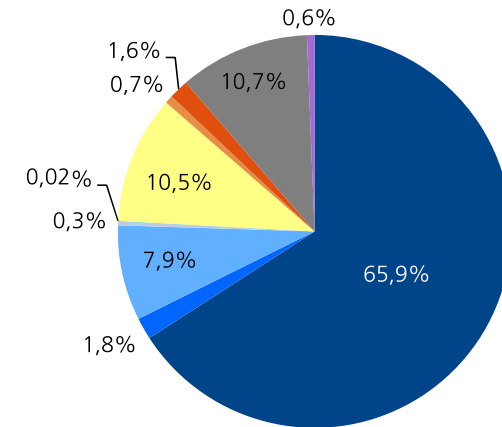
Quelle: Kohlmeier et al. 2015

Herausforderungen - Altfahrzeuge

Manuelle Demontage



Wischermotor – Einzelteile Metall



Quelle: UMSICHT 2016

Herausforderungen - Altfahrzeuge

Manuelle Demontage

- Hoher manueller Demontageaufwand für Komponenten
- Hohe Demontagekosten
- Relativ geringe Komponentenerlöse bei stofflicher Verwertung
- Automatisierung der Komponentenentnahme zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit

Segment	Gruppe	Komponente	Gewicht kg	Demontagezeit		Kosten Demontagebetrieb		Komponentenerlös EUR
				Komp	m. Stör	Komp	m. Stör	
				min	min	EUR	EUR	
Kleinwagen	Motoren	Servomotor	5,25	0,60	3,40	0,51	2,14	1,94
Untere Mittelkl.			2,20	1,45	4,68	0,91	2,80	0,81
Großraumlim.		Anlasser	3,95	3,50	8,24	2,16	4,93	2,33
Kleinstwagen			3,50	0,40	4,43	0,34	2,69	2,07
Kleinstwagen		Lichtmaschine	5,35	1,50	7,65	1,04	4,62	3,16
Unt. Mittelkl. II			6,20	3,75	5,63	2,37	3,47	3,66
Geländew. Med		Sitzverstellung	0,47	0,75	0,75	0,45	0,45	0,17
Kleinwagen		Scheibenwischermotor	2,25	0,60	4,10	0,42	2,46	0,83
Geländew. G	Bildschirme	Kombiinstrument	1,60	1,30	1,30	0,81	0,81	0,42
Unt. Mittelkl. II			0,90	0,30	2,30	0,20	1,37	0,23
Mini Van	Steuergeräte	Motorsteuerung	0,85	0,60	1,12	0,38	0,68	1,08
Untere Mittelkl.			0,55	0,40	1,21	0,25	0,72	0,70
Geländew. Med		Getriebesteuerung	5,70	2,30	2,30	1,51	1,51	7,24
Kleinstwagen			0,55	0,90	1,21	0,54	0,72	0,70
Kleinstwagen		Fahrtsteuerung	2,00	1,40	2,52	0,88	1,53	1,40
Mini Van		Airbagsteuerung	0,30	1,35	2,05	0,80	1,20	0,38
Geländew. G		Fahrwerksteuerung	0,40	7,88	7,88	4,61	4,61	0,51
Großraumlim.			0,40	0,25	0,25	0,16	0,16	0,51
Geländew. G		Infotainment	1,90	2,73	2,73	1,65	1,65	2,41
Geländew. G		Sensoren	Abstandssensor, Radar	0,38	0,20	1,40	0,13	0,83
Obere Mittelkl.	0,29			0,43	1,63	0,26	0,96	0,37
Kleinwagen	Sauerstoffsensoren		0,07	0,30	0,37	0,18	0,22	0,46

Quelle: Kohlmeyer et al. 2015

Herausforderungen - Altfahrzeuge

Shredderleichtfraktion

- Hohe Edel- u. Sondermetallkonzentrationen in Elektronikbauteilen
 - tlw. hohe Wiederfindung von Elementen in der Shredderleichtfraktion (Abb. 2)
 - Metallverluste über Shredderleichtfraktion (Abb. 1)
 - Hohe Anteile an Kunststoffen, Elastomeren und Glas
- Demontage(pflicht)?
- Kabelstränge, Motoren, Steuergeräte
 - Glas und Kunststoffteile
- Optimierte Post-Shredderprozesse

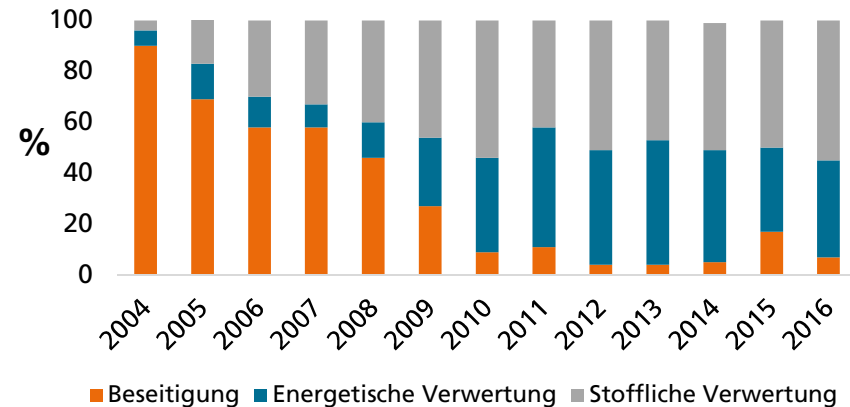


Abb. 1: Entsorgungswege Shredderleichtfraktion aus Shredderanlagen mit Restkarossenverwertung in Deutschland (Destatis 2018)

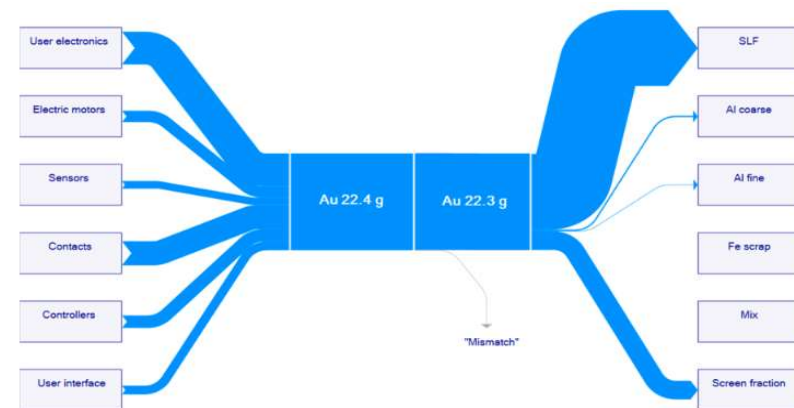


Abb. 2) Herkunft und Verteilung von Gold aus Elektronikkomponenten in den Post-Shredderfraktionen (Widmer et al. 2015)

Herausforderungen – Elektroaltgeräte

Elemente in einem Mobiltelefon

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	**	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Sg	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Uub	113 Uut	114 Uug	115 Uup	116 Uuh	117 Uus	118 Uuo

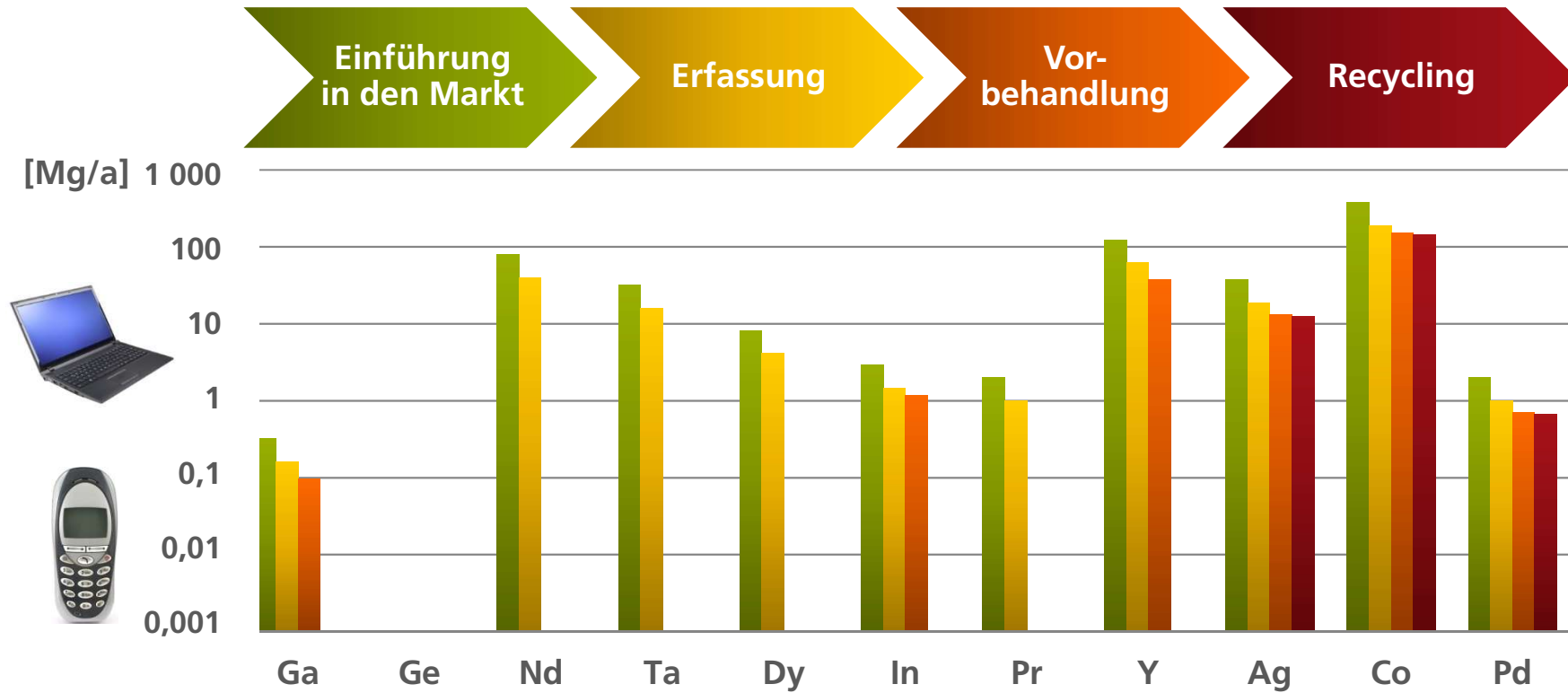
↓

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



Herausforderungen – Elektroaltgeräte

Materialverluste entlang der Wertschöpfungskette

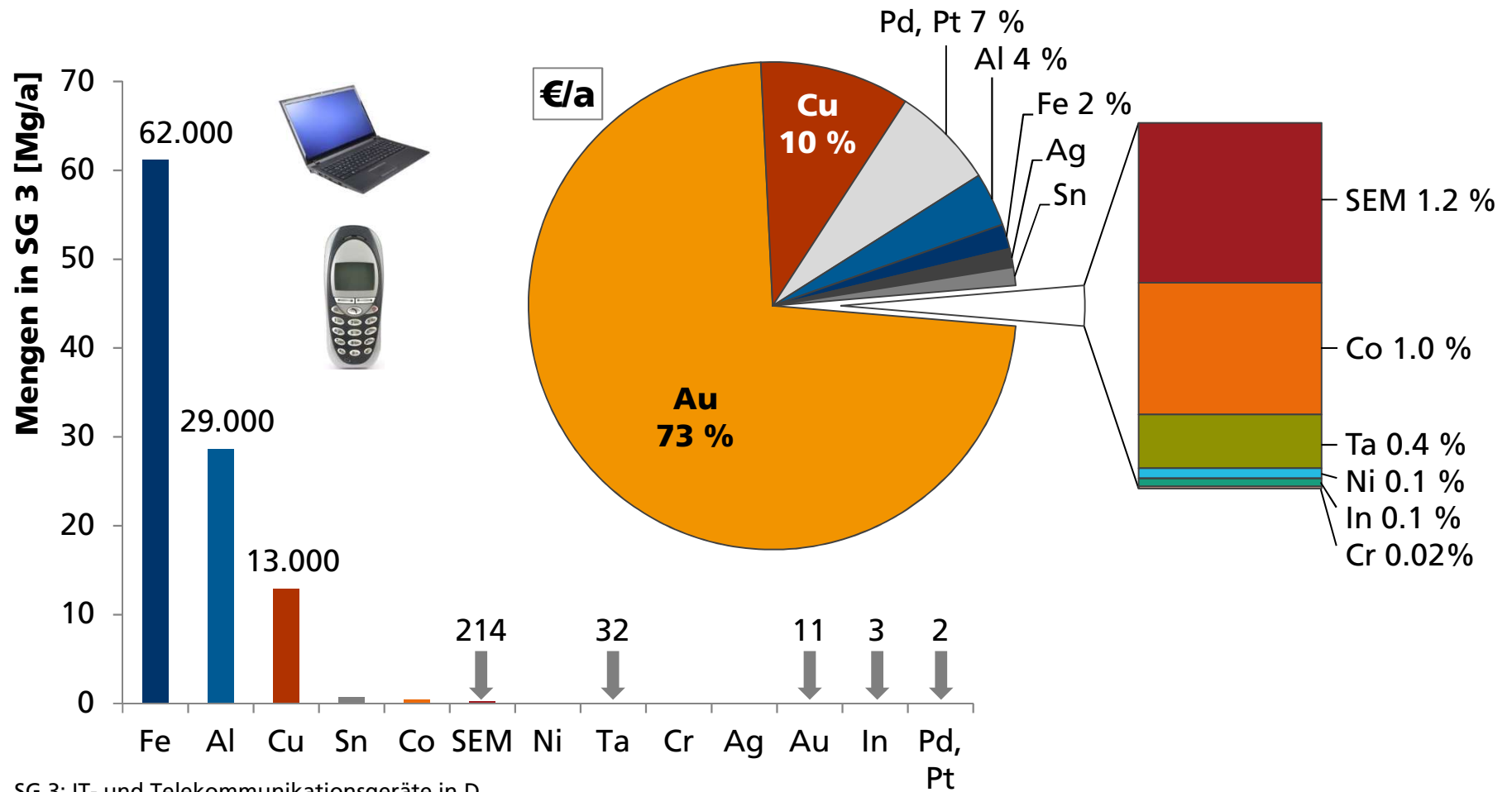


Basis: Sammelgruppe 3 (IT-Equipment)

Quellen: Sander et al. 2012; Buchert et al. 2012

Herausforderungen – Elektroaltgeräte

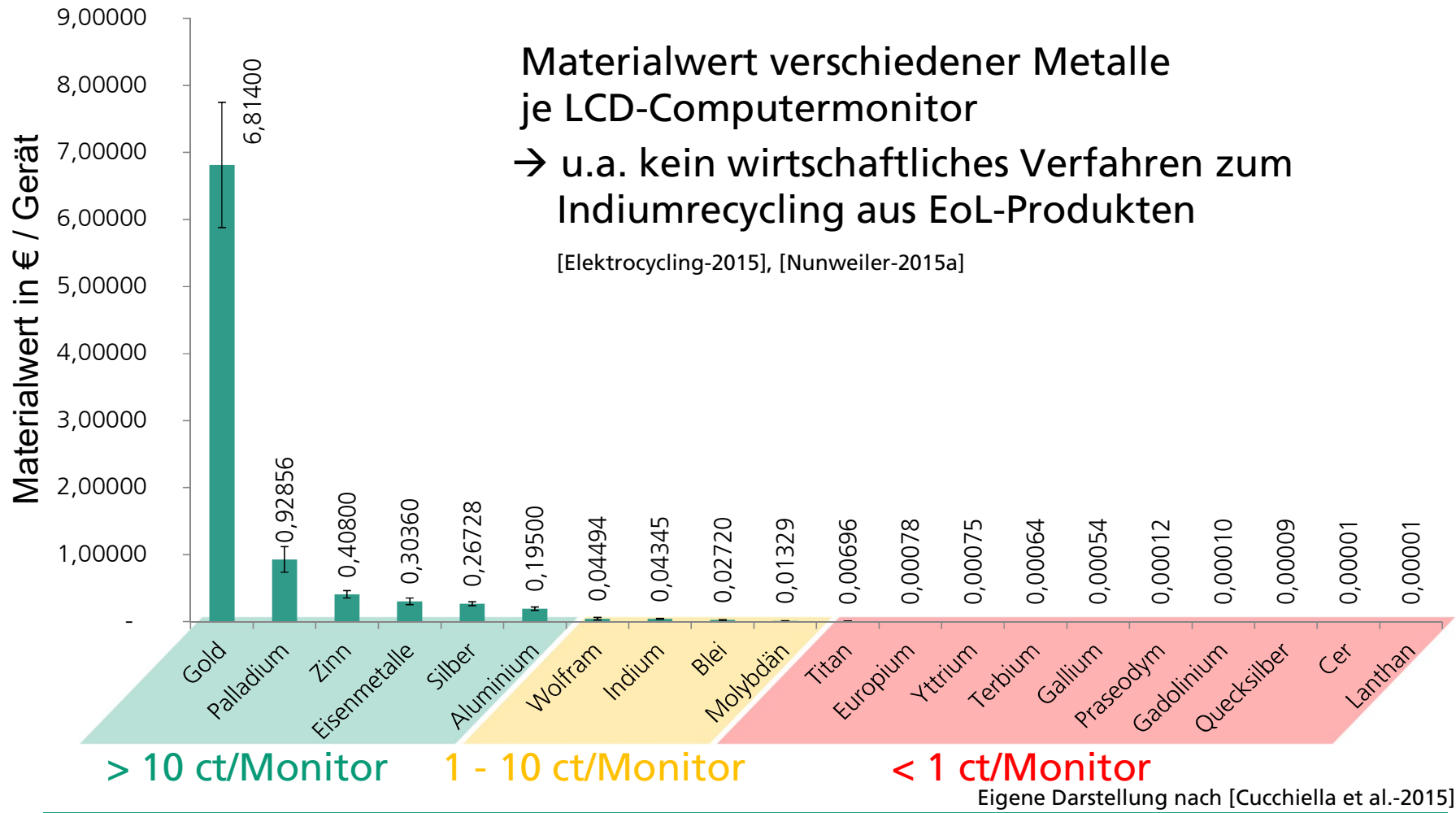
Kritische Metalle & Wertschöpfung



SG 3: IT- und Telekommunikationsgeräte in D

Herausforderungen – Elektroaltgeräte

Ökonomische Randbedingungen



Herausforderungen – Elektroaltgeräte

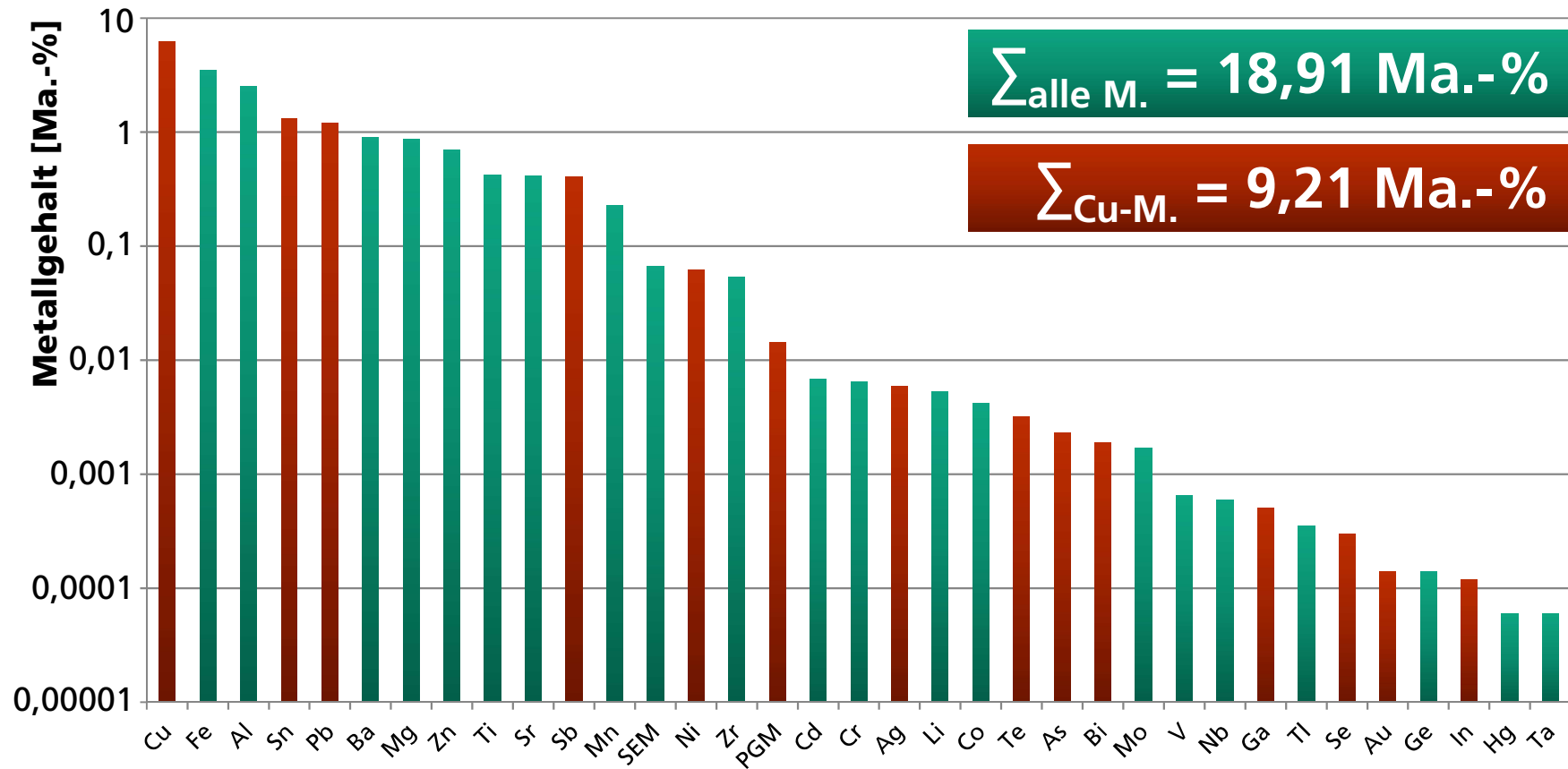
Mechanische Aufbereitung von EAG



Quellen: VDI 2343; Kramer 2013

Herausforderungen – Elektroaltgeräte

Potentiale in Shredder-Rückständen



Herausforderungen Elektroaltgeräte

Potentiale in Shredder-Rückständen (Deutschland)



359.000 km
Cable (3x1.5mm²)



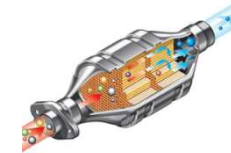
7.929.000 €¹



World Demand for LED
of 6.8 Years²



2.5 Mio.
TV²



1.5 Mio.
Car-Catalysts^{3,4}

17,000 Mg



Copper

220 kg



Gold

16.7 Mg



Gallium

4.9 Mg



Indium

1.1 Mg

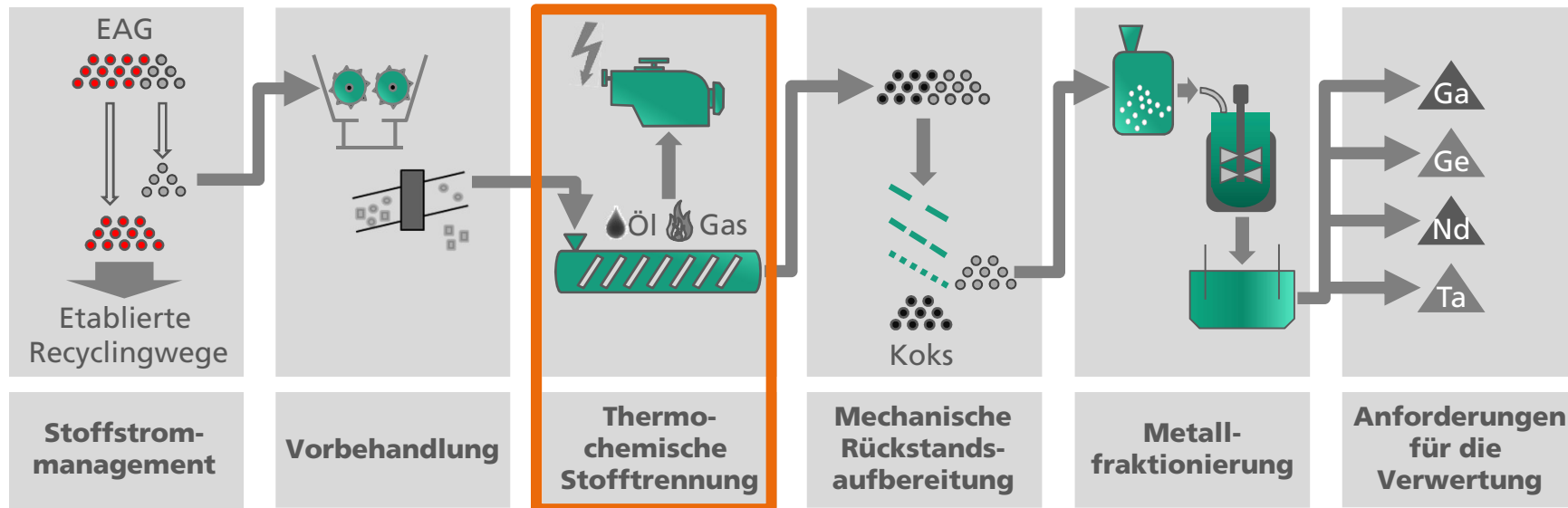


Palladium

References: ¹scheideanstalt.de; ²Buchert et al. 2012; ³Hagelüken et al. 2005; ⁴Monolithos 2015

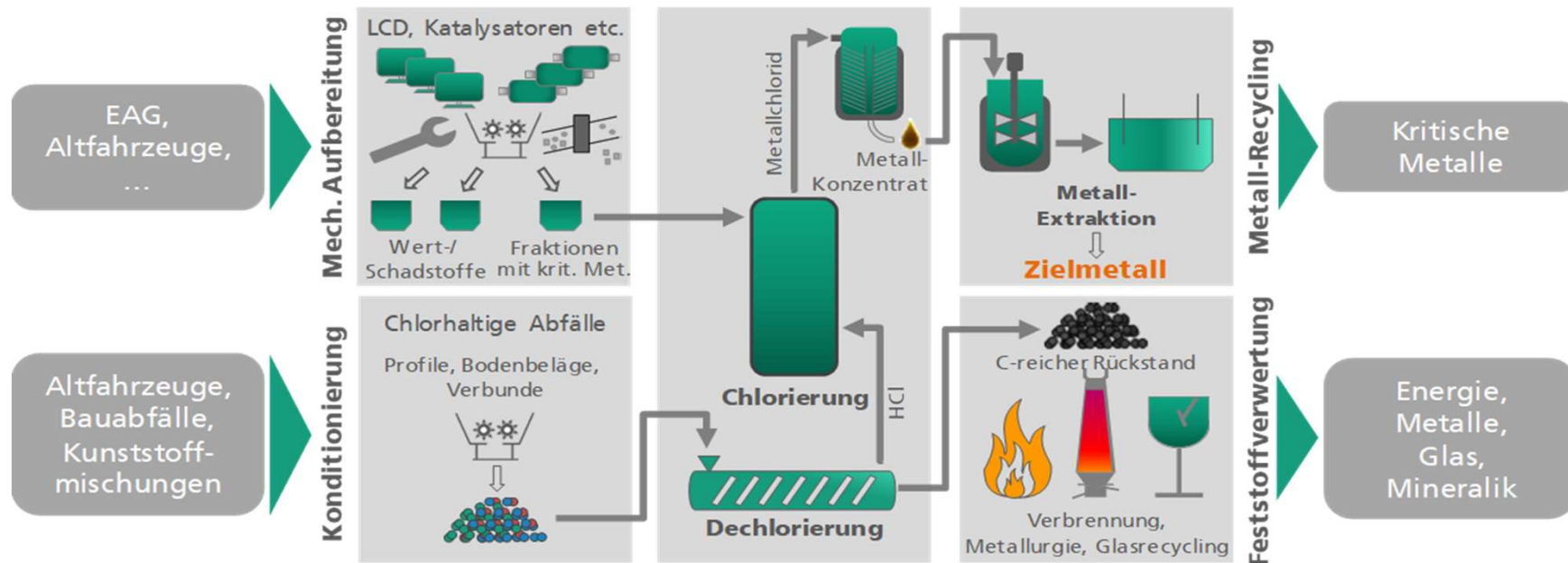
Herausforderungen – Elektroaltgeräte

BMBF-Projekt gagentda⁺



Herausforderungen – Elektroaltgeräte

Projektansatz – CI-Plattform



Konsortium:



Fraunhofer
UMSICHT



Universität Regensburg

ZOSSEDER
Der Oase für Ois

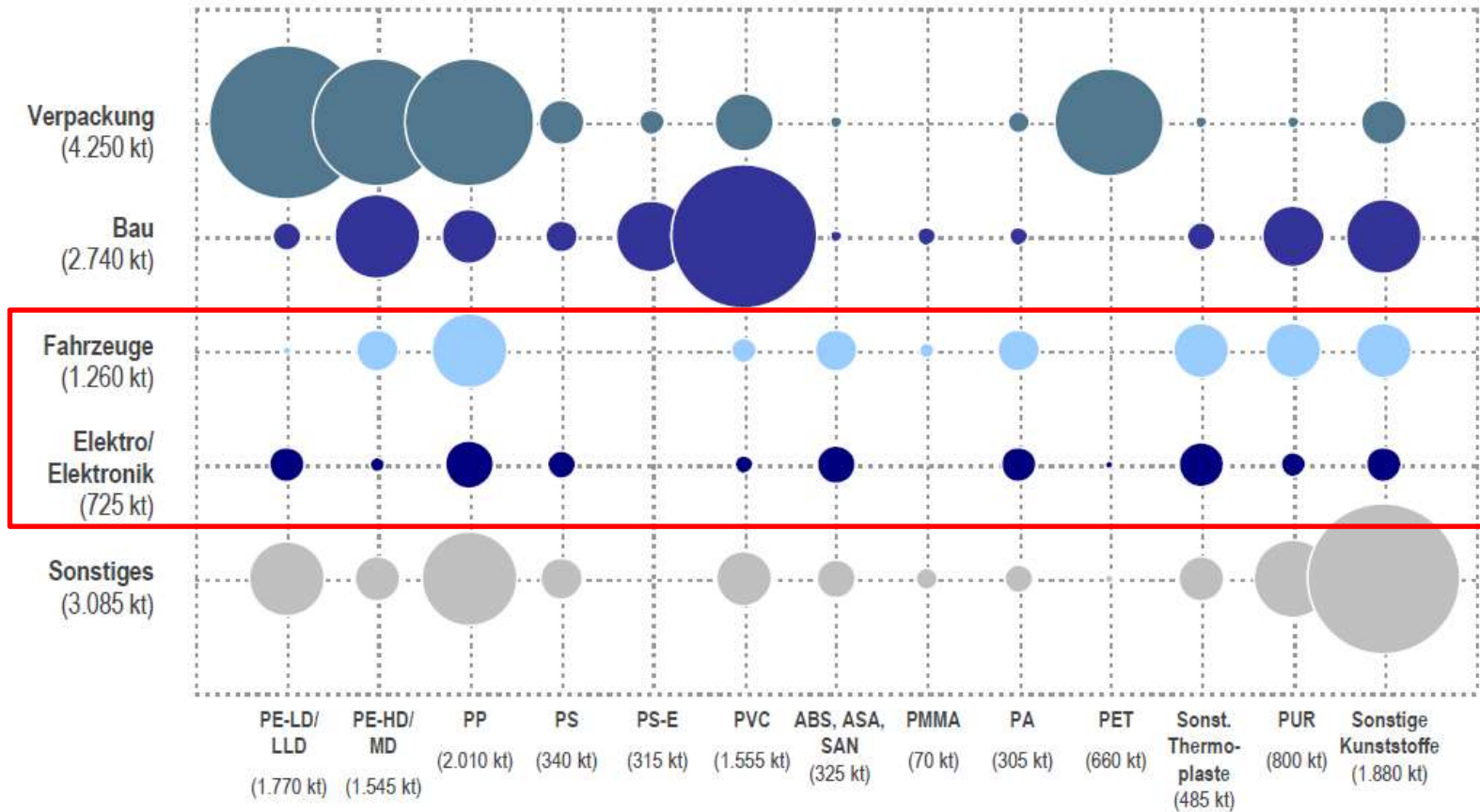


R. Scheuchl GmbH
Verfahrenstechnik | Umweltschutz | Anlagenbau | Maschinenbau



Herausforderungen – Elektroaltgeräte und Altfahrzeuge

Kunststoffarten in EAG und Altfahrzeugen



Quelle: Consultic 2016

Herausforderungen Elektroaltgeräte und Altfahrzeuge

Fraunhofer-Projekt „kunstwerk“



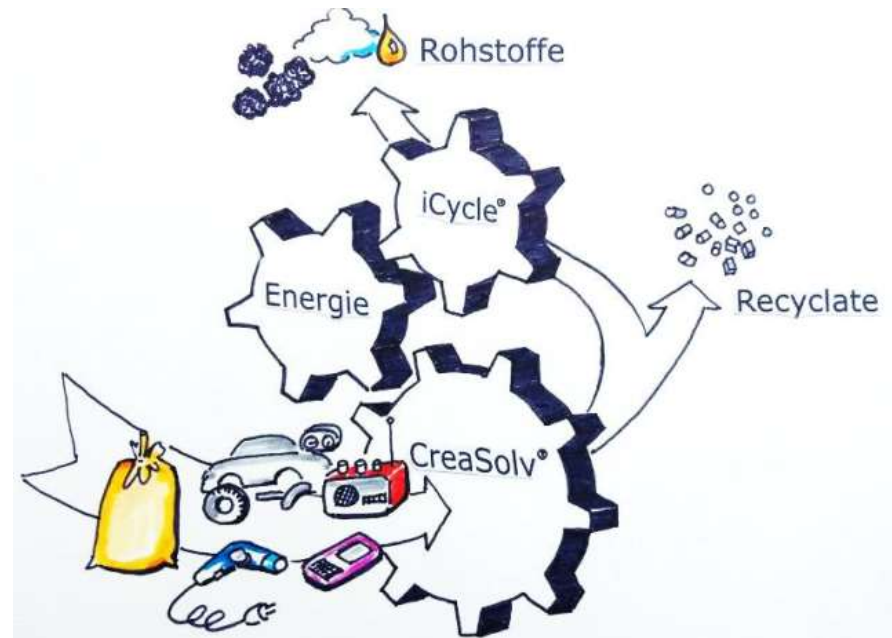
Leichtverpackungen



Elektroaltgeräte



Shredderleichtfraktion



Beteiligte Institute: Fraunhofer IVV & Fraunhofer UMSICHT Sulzbach-Rosenberg

Herausforderungen bei der Rückgewinnung von Wertstoffen aus Elektroaltgeräten und Altfahrzeugen

DGAW Regionalveranstaltung

Recycling von Elektroaltgeräten
und Altfahrzeugen

15. November 2018
Sulzbach-Rosenberg

Matthias Franke

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!