

# Bewertung der Verwertbarkeit von kritischen Rohstoffen – Monitoring von Recyclingeffizienz unter dem CRM Act

14.11.2024

Vera Susanne Rotter

Technische Universität Berlin,  
Fachgebiet Kreislaufwirtschaft und Recyclingtechnologie

## Futu

Future availability  
of secondary  
raw materials

## RaM



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Federal Department of Economic Affairs,  
Education and Research EAER  
**State Secretariat for Education,  
Research and Innovation SERI**

EU Framework Programmes



**Funded by  
the European Union**

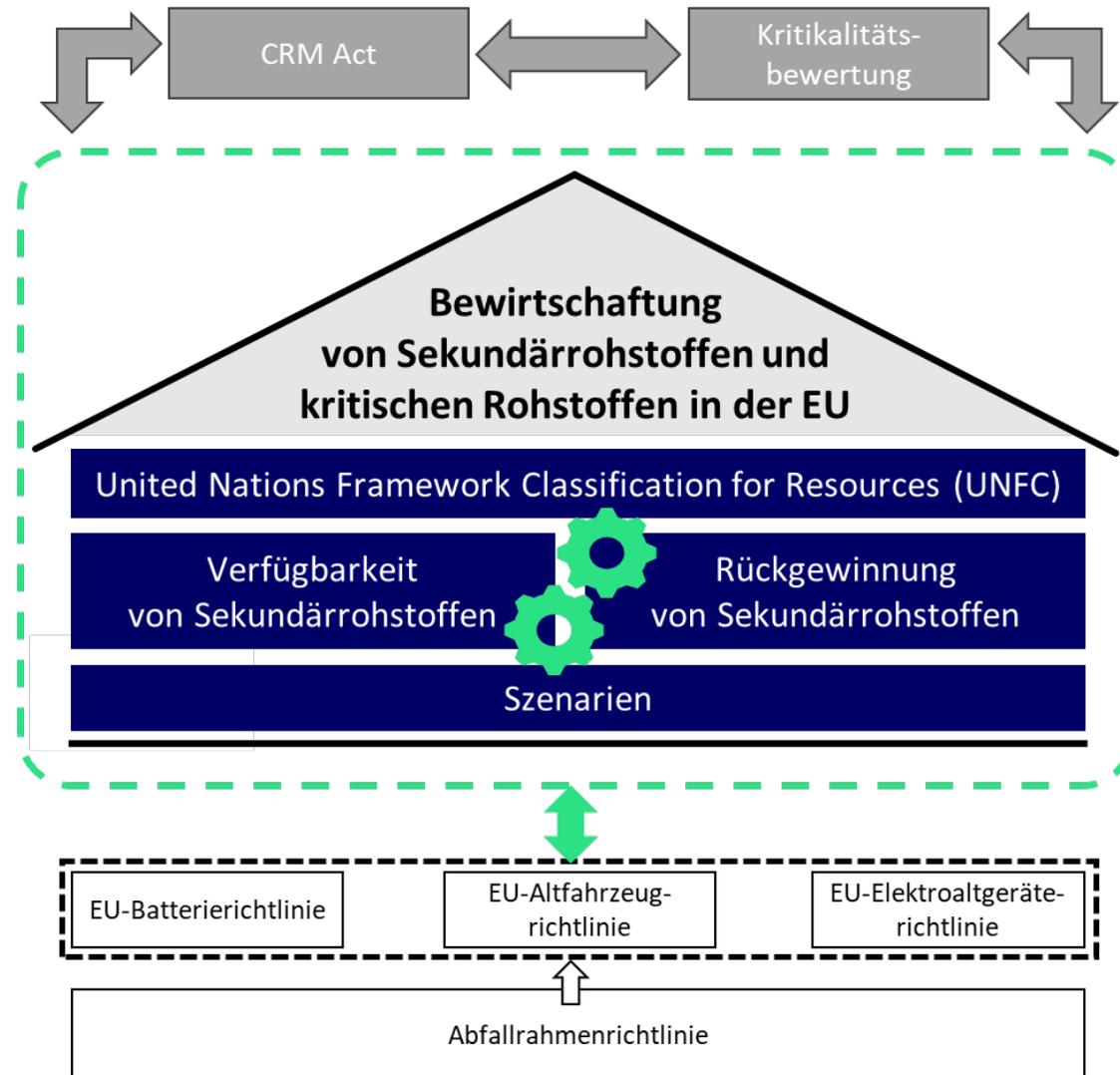


# Projekt FutuRaM



- Wissensbasis für Sekundärrohstoffe über die Verfügbarkeit und Rückgewinnbarkeit von Sekundärrohstoffen in der Europäischen Union, besonderer Schwerpunkt auf kritischen Rohstoffen
- Erstellung eines Webbasierten Informationsportal über BRGM (französischer Geologischer Dienst)

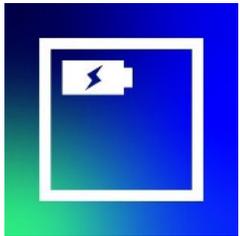
<https://futuram.eu/>



# Ansatz FutuRaM



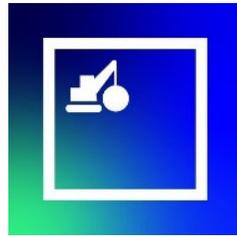
Alt-  
batterien



Alt-  
fahrzeuge



Bau- und  
Abbruchabfälle



Bergbau-  
abfälle



Elektro-  
altgeräte



Schlacken  
und Aschen



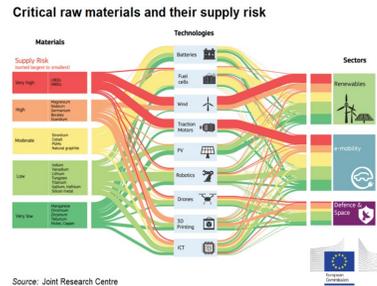
Sammlung generischer Daten zur  
Zusammensetzung von Produkten und  
Abfallströmen

Szenarienmodellierung des Lebenszyklus  
sowie der Recyclingprozesse bis 2050

Anpassung der United Nations Framework  
Classification (UNFC)  
für Sekundärrohstoffe

Verfügbarkeit und Rückgewinnbarkeit von  
Sekundärrohstoffen

# Monitoring von Recyclingeffizienz unter dem CRM Act



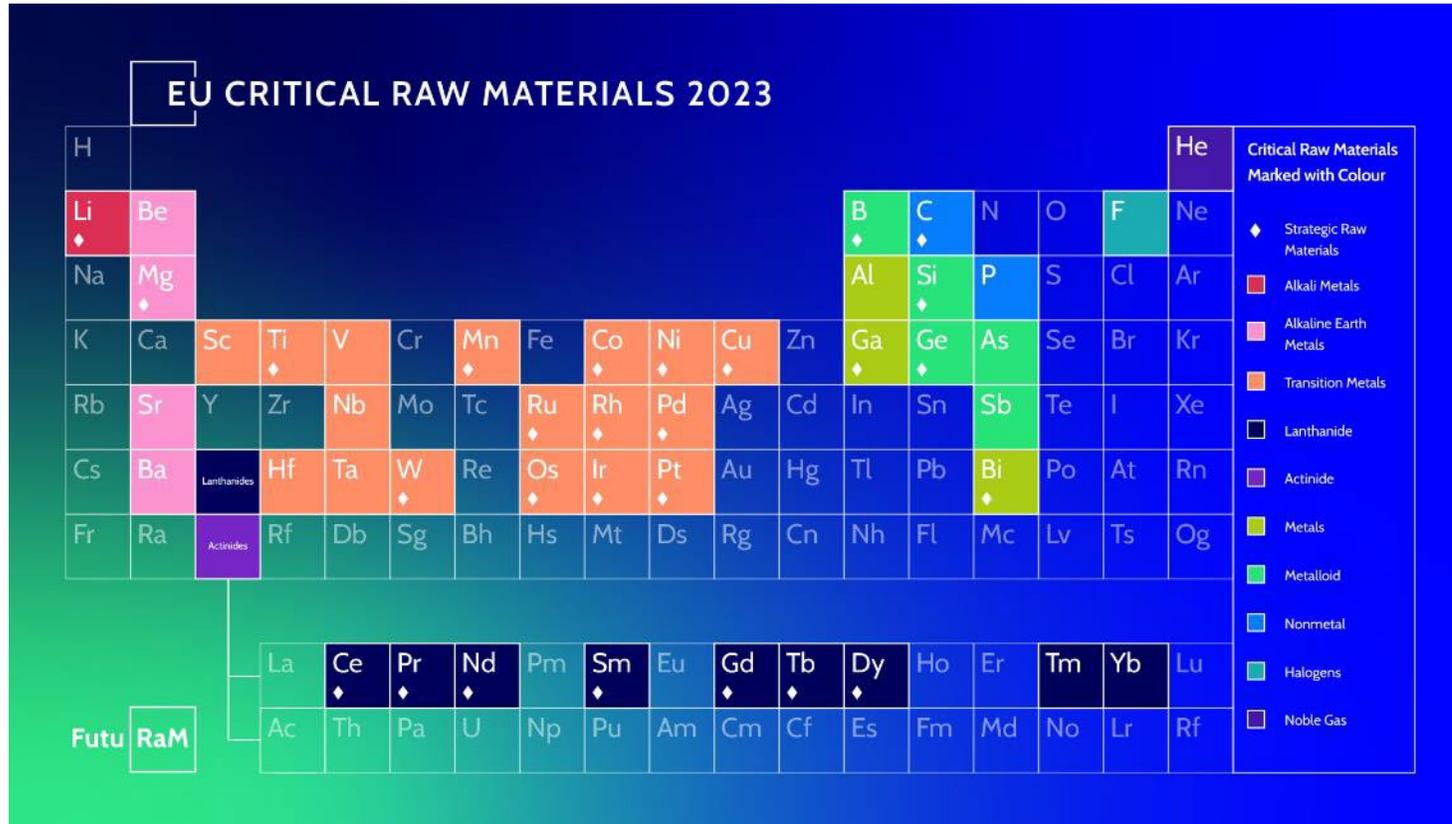
## Critical Raw Material Act der EU

## Bemessung der Recyclingfähigkeit kritischer Rohstoffe



## Behandlungsversuche für das Recycling von CRM

# Kritische Rohstoffe aus Sicht der EU



EN English

## Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs

Home Single market and standards Industry Entrepreneurship and SMEs Access to finance Sectors

Home > Sectors > Raw materials, metals, minerals and forest-based industries > Areas of specific interest >

### Critical raw materials

Raw materials are crucial to Europe's economy. They form a strong industrial base, producing a broad range of goods and applications used in everyday life and modern technologies. Reliable and unhindered access to certain raw materials is a growing concern within the EU and across the globe. To address this challenge, the European Commission has created a list of critical raw materials (CRMs) for the EU, which is subject to a regular review and update. CRMs combine raw materials of high importance to the EU economy and of high risk associated with their supply.

### Why critical raw materials are important

- **Link to industry** - non-energy raw materials are linked to all industries across all supply chain stages
- **Modern technology** - technological progress and quality of life rely on access to a growing number of raw materials. For example, a smartphone might contain up to 50 different kinds of metals, all of which contribute to its small size, light weight and functionality.
- **Environment** - raw materials are closely linked to clean technologies. They are irreplaceable in solar panels, wind turbines, electric vehicles, and energy-efficient lighting.

### What the Commission does

- **First list of CRMs** - in 2011, a list of 14 CRMs was published in the [communication on raw materials](#) <sup>(EN 1000)</sup>. The list of CRMs was established as a priority action of the EU 'raw materials initiative' of 2008. The Commission is committed to updating the list at least every 3 years to reflect production, market and technological developments.
- **Second list of CRMs** - in 2014, a first revised list of 20 CRMs was published in the [communication on the list of critical raw materials 2014](#) <sup>(EN 1000)</sup>.
- **Third list of CRMs** - in 2017, a third list of 27 CRMs was published in the [communication on](#)

# CRM act -

---



Die Verordnung verankert sowohl die **Liste der kritischen** als auch der **strategischen Rohstoffe** im EU-Recht.

Die Verordnung setzt klare **Benchmarks** für die heimischen Kapazitäten entlang der strategischen Rohstoffversorgungskette und für die Diversifizierung der EU-Versorgung bis 2030:

- mindestens **10 %** des jährlichen EU-Verbrauchs **aus EU-Förderung**,
- mindestens **40 %** des Jahresverbrauchs der EU aus der **EU-Verarbeitung**,
- mindestens **15 %** des jährlichen EU-Verbrauchs aus dem **EU-Recycling**,

**Nicht mehr als 65 %** des Jahresverbrauchs der Union an jedem strategischen Rohstoff auf jeder relevanten Verarbeitungsstufe **aus einem einzigen Drittland**.

# Art. 26 Nationale Maßnahmen Kreislaufwirtschaft

---



Mitgliedstaaten etablieren nationale Maßnahmen der Kreislaufwirtschaft (Auswahl):

- Steigerung der Sammlung, Sortierung und Aufarbeitung von Abfällen mit relevantem Potenzial für die Verwertung kritischer Rohstoffe einschließlich Metallschrott und Sicherstellung ihrer Einführung in das geeignete Recyclingsystem,
- Verstärkter Einsatz kritischer Sekundärrohstoffe
- Berücksichtigung des Rezyklatanteils bei Zuschlagskriterien im Zusammenhang mit der Vergabe öffentlicher Aufträge
- Steigerung der technologischen Reife von Recyclingtechnologien für kritische Rohstoffe ...
- Unterstützung der Anwendung etwaiger Qualitätsnormen für Recyclingverfahren von Abfallströmen, die kritische Rohstoffe enthalten

# Art. 28 Recyclingfähigkeit von Dauermagneten

---



Erfordernis der Kennzeichnung bestimmter Produkte ( z.B. Waschmaschinen, Wärmepumpen etc. mit einem deutlich sichtbaren, gut lesbaren und unverwischbaren Etikett tragen, auf dem Folgendes angegeben ist:

- a) ob diese Produkte einen oder mehrere Dauermagnete enthalten,
- b) wenn das Produkt einen oder mehrere Dauermagnete enthält, ob diese Dauermagnete zu einem der folgenden Typen gehören:
  - i. Neodym-Eisen-Bor,
  - ii. Samarium-Kobalt,
  - iii. Aluminium-Nickel-Kobalt,
  - iv. Ferrit.

# Art. 29 Rezyklatanteil von Dauermagneten

---



- Ab 2027 Deklaration für Dauermagnete  $>0,2$  kg, des Anteils von Neodym, Dysprosium, Praseodym, Terbium, Bor, Samarium, Nickel und Kobalt, der aus dem in den Dauermagneten enthaltenen post-consumer Abfall verwertet wurde
- Bis 2026 erlässt die Kommission Vorschriften für die Berechnung und Überprüfung des post-consumer Rezyklatanteils von Neodym, Dysprosium, Praseodym, Terbium, Bor, Samarium, Nickel und Kobalt, in Dauermagneten der in den in Absatz 1 genannten Produkte.

# Elementspezifische Recyclingziele



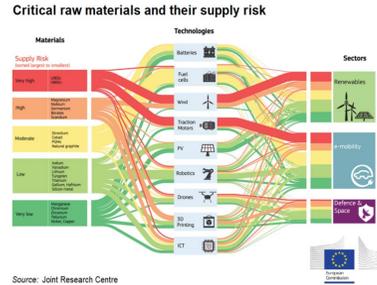
- Keine EU weiten aus dem CRM act
- Nur über Produktverordnungen z.B Batterie-Verordnung

ANHANG XII Teil C

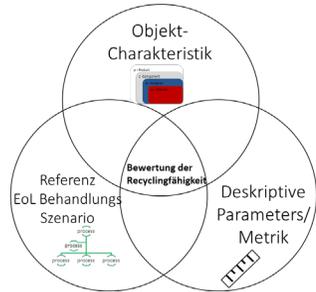
Zielvorgaben für die stoffliche Verwertung

stoffliche Verwertung	31. Dezember 2027	31. Dezember 2031
Kobalt	90%	95 %
Kupfer	90%	95 %
Blei	90%	95 %
Lithium	50 %	80 %
Nickel	90 %	95 %

# Monitoring von Recyclingeffizienz unter dem CRM Act



Critical Raw Material Act der EU

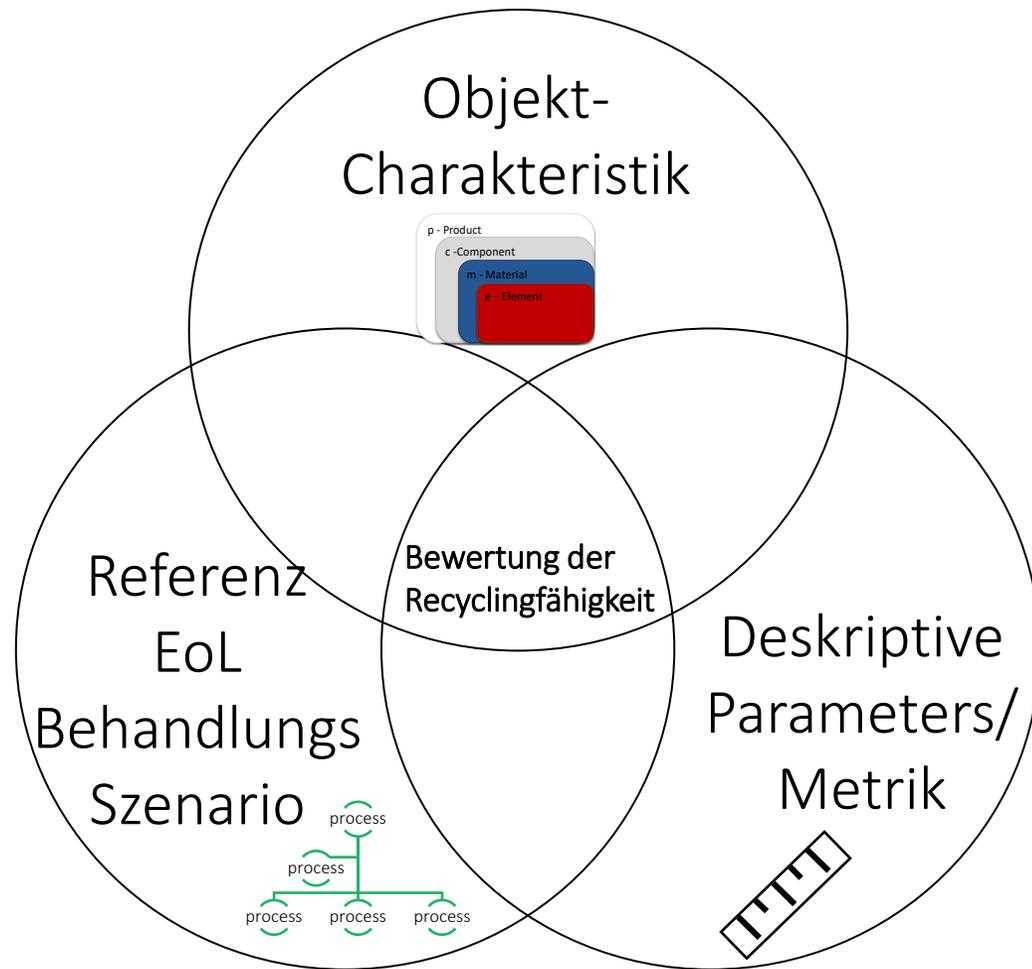


Bemessung der Recyclingfähigkeit kritischer Rohstoffe



Behandlungsversuche für das Recycling von CRM

# Konzepte zur Bewertung der Recyclingfähigkeit



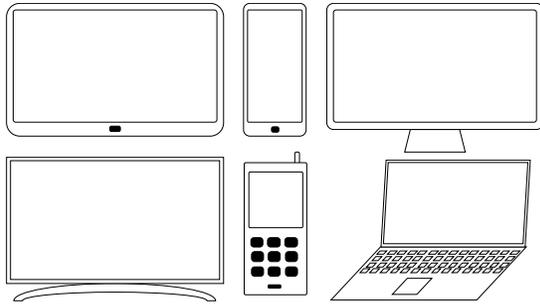
02/28/2024 20:23:09	DEUTSCHE NORM	April 2020
	DIN EN 45555	<b>DIN</b>
ICS 13.020.20		<b>INTERNATIONAL STANDARD</b>
	<b>Allgemeines Verfahren zur Bewertung der Recyclingfähigkeit energieverbrauchsrelevanter Roadfahrzeuge</b> <b>Deutsche Fassung EN 45555:2019</b>	<b>ISO 22628</b>
	General methods for assessing the recyclability and recoverability of road vehicles German version EN 45555:2019 Méthodes générales pour l'évaluation de la recyclabilité et de la valorisabilité des véhicules routiers Version allemande EN 45555:2019	First edition 2002-02-15
		<b>Road vehicles — Recyclability and recoverability — Calculation method</b>
		Véhicules routiers — Recyclabilité et valorisabilité — Méthode de calcul
	$R_{cyc} = \frac{\sum_{k=1}^n (m_k \cdot R_{cyc,k})}{m_{tot}} \cdot 100 \%$ $R_{cov} = \frac{\sum_{k=1}^n (m_k \cdot R_{cov,k})}{m_{tot}} \cdot 100 \%$	
	Dabei ist	
	$R_{cyc}$ die Recyclingfähigkeitsrate des Produkts;	
	$R_{cov}$ die Verwertbarkeitsrate des Produkts;	
	DIN-Normenausschuss Grundlagen des Umweltschutzes DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik	Reference number ISO 22628:2002(E)
	© DIN Deutsches Institut für Normung e. V. ist Inhaber aller ausschließlichen Rechte für Deutschland für die Verwertung, gleich in welcher Form und welchem Verfahren, sind in Deutschland vorbehalten. Für andere Länder: DIN e. V. alle sonstigen Rechte der Verwertung. Alleinverkauf durch Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin.	© ISO 2002

P. Mähltitz (2023): *Data Quality Framework for Recyclability Assessment*.  
Dissertation an der TU Berlin

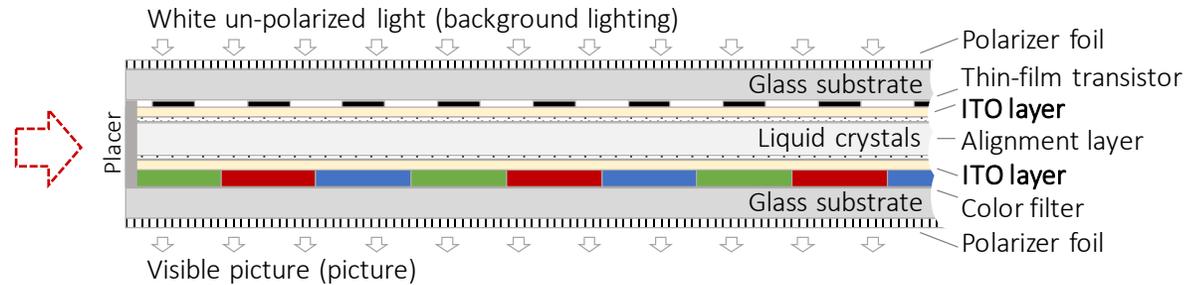
# Recyclingfähigkeit kritischer Rohstoffe Elektrogeräte



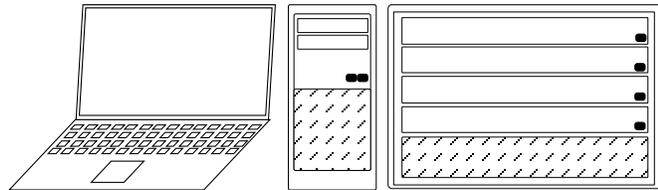
## Display devices



## Indium in LCD Panels



## Computer, Server



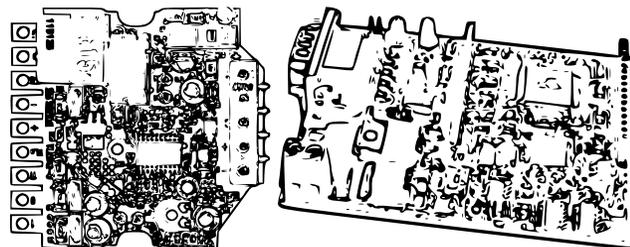
## SEE in Hard disk



## Neodymium-Iron-Boron Magnets



## Printed circuit boards in IT devices

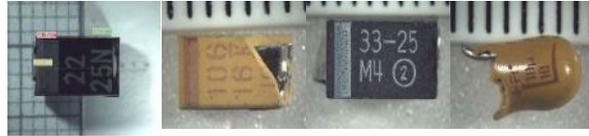


## Gallium in integrated circuits (ICs)



## Tantal in capacitors

# Recyclingfähigkeit kritischer Rohstoffe aus Elektrogeräten



**Ta-Capacitors**  
Tantalum 40-45%

**NdFeB magnets**  
Neodymium 23-25%  
Dysprosium 1-10%



**ITO layer in LCD**  
Indium 74%



**NiMH Batteries**  
Lanthanum & Cer 8-10%

Haupt-		Nebengruppen										-gruppen									
1		2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
1 (K)	1H											IIIa	IVa	Va	VIa	VIIa	VIIIa	He			
2 (L)	2Li	3Be											4B	5C	6N	7O	8F	9Ne			
3 (M)	11Na	12Mg	13Al	14Si	15P	16S	17Cl	18Ar													
4 (N)	19K	20Ca	21Sc	22Ti	23V	24Cr	25Mn	26Fe	27Co	28Ni	29Cu	30Zn	31Ga	32Ge	33As	34Se	35Br	36Kr			
5 (O)	37Rb	38Sr	39Y	40Zr	41Nb	42Mo	43Tc	44Ru	45Rh	46Pd	47Ag	48Cd	49In	50Sn	51Sb	52Te	53I	54Xe			
6 (P)	55Cs	56Ba	57La	58Ce	59Pr	60Nd	61Pm	62Sm	63Eu	64Gd	65Tb	66Dy	67Ho	68Er	69Tm	70Yb	71Lu	72Hf	73Ta	74W	



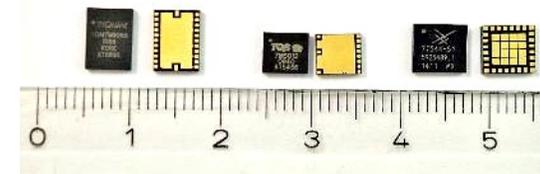
**Lithium Ion Batteries**  
Cobalt 3-10%



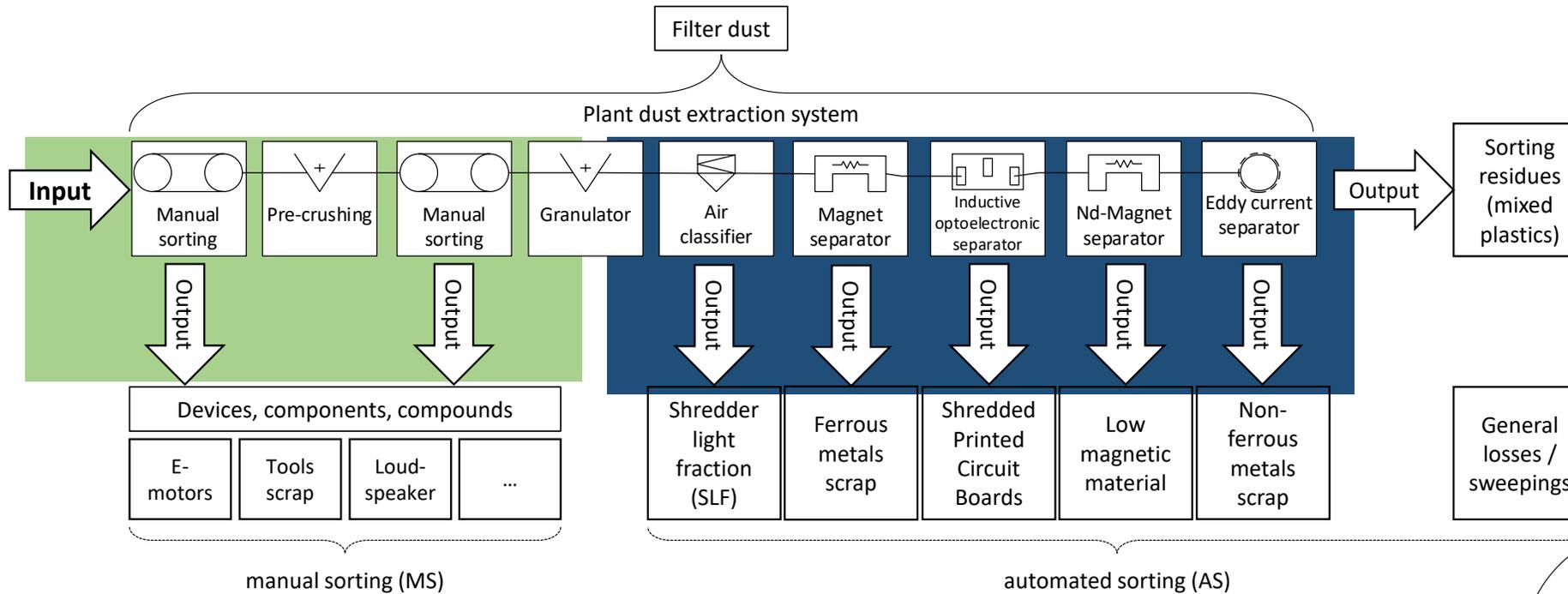
**LED Konverter**  
Lutetium 0-4%  
Europium 0-2%



**GaAs IC**  
Gallium 1-3%

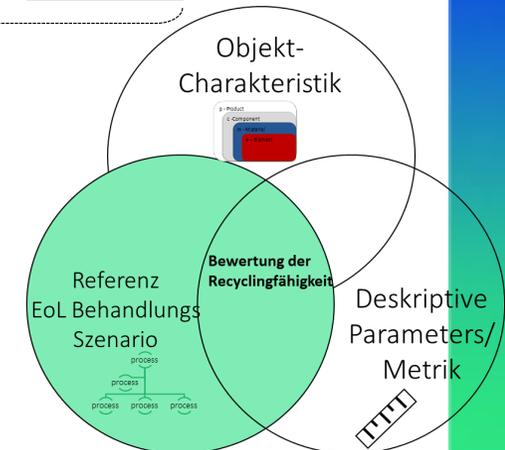


# Recyclingfähigkeit kritischer Rohstoffe Elektrogeräte



Depollution & selective treatment

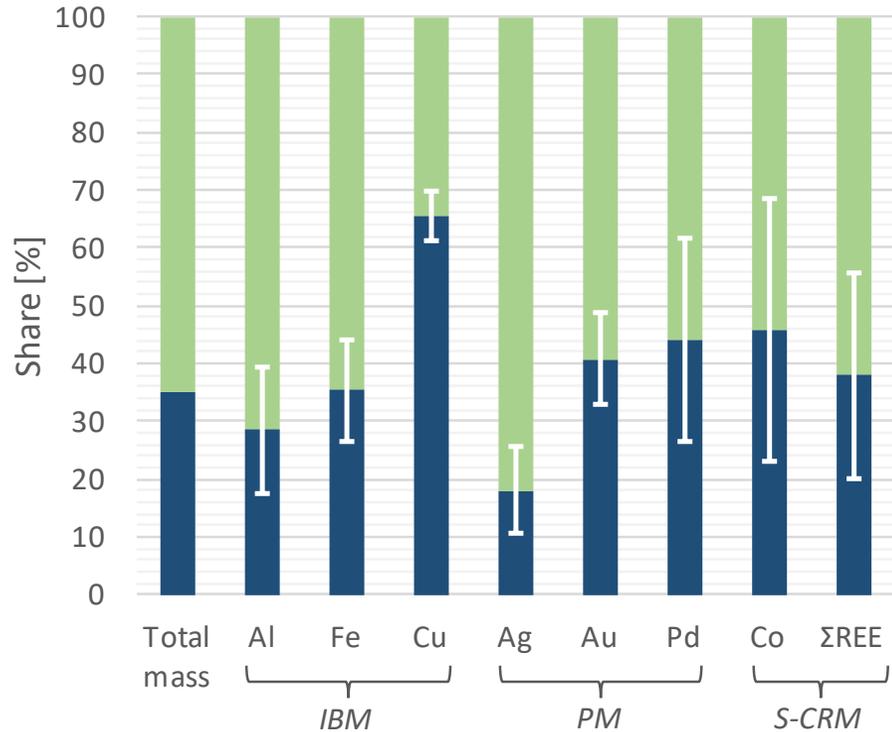
Automatic sorting



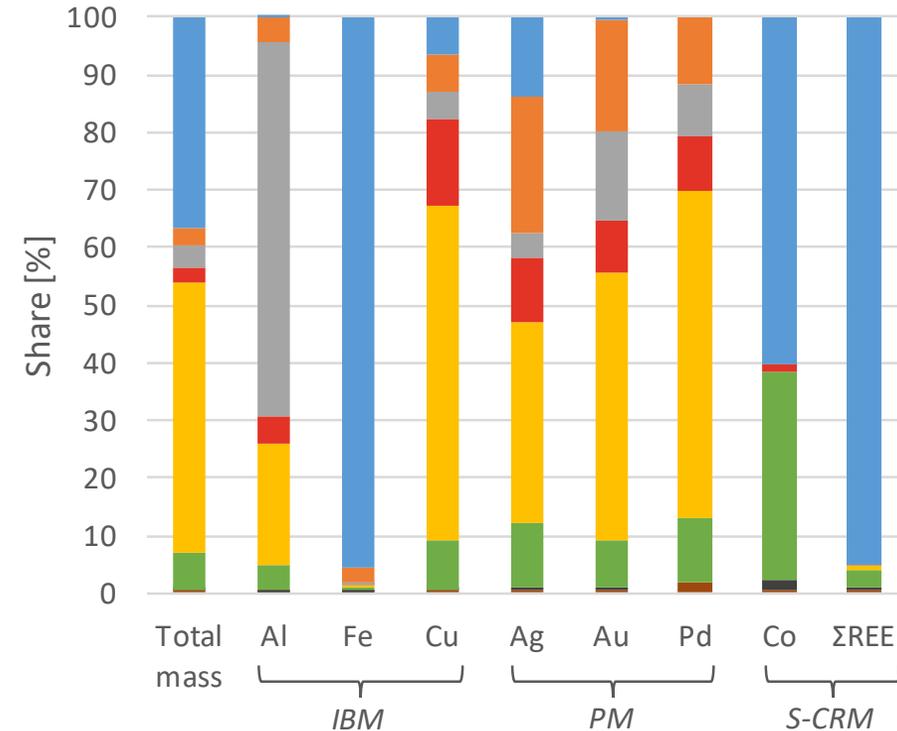
# Recyclingfähigkeit kritischer Rohstoffe Elektrogeräte



Mass balances



Reference 100% Input in mechanical processing



Automated Sorting

Manual Sorting

Sweepings

Filter dust (fine residues)

SLF (fluff)

Shredded PCB

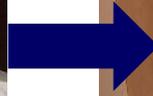
Sorting residues (mixed plastics)

Non-ferrous metals scrap

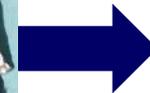
Low magnetic material

Ferrous metals scrap

# Dissipation in der Recyclingkette



*FE-Schrott*



*Al-Schrott*



*Cu & Edelmettalthaltiger-Schrott*

*SEE in Hard disk*



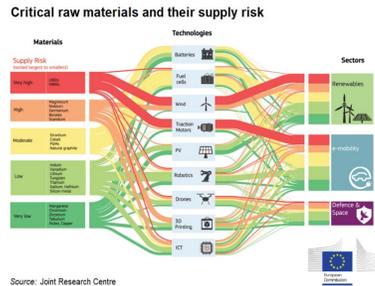
*Neodymium-Iron-Boron Magnets*



Nd: 200-250 g/kg

Nd: 5 g/kg

# Monitoring von Recyclingeffizienz unter dem CRM Act



## Critical Raw Material Act der EU



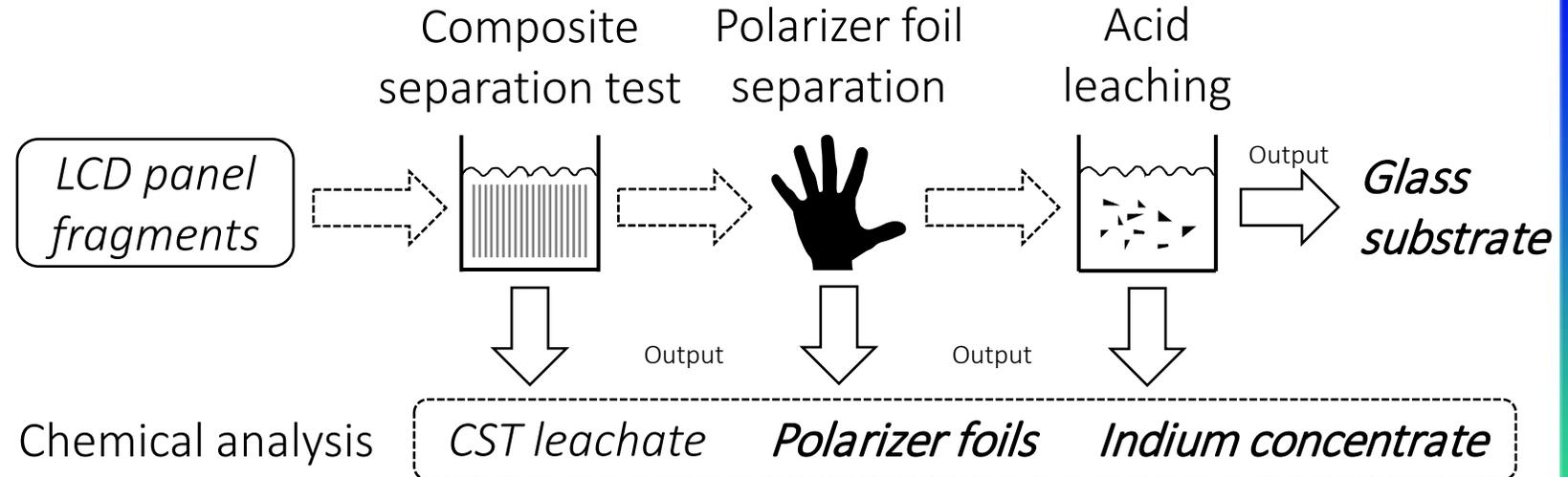
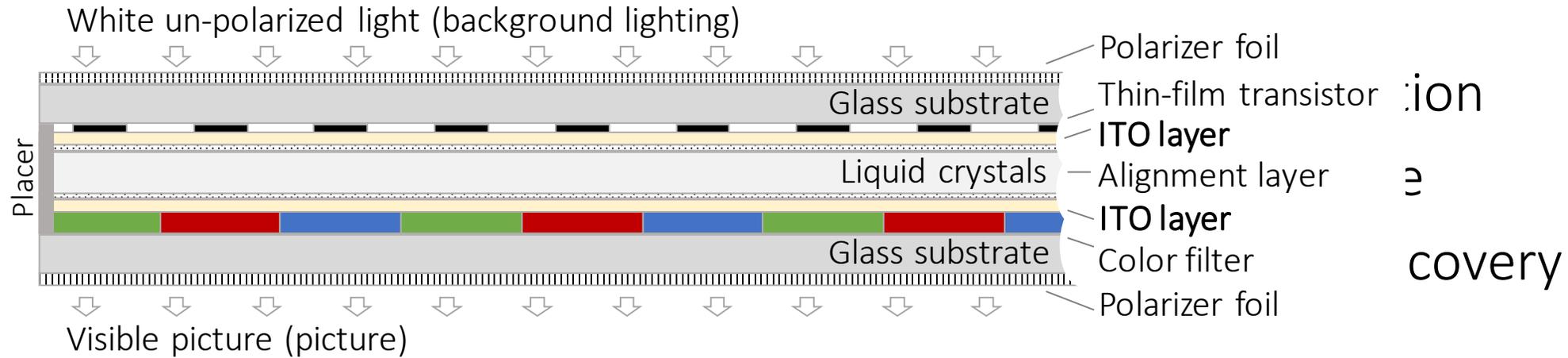
## Bemessung der Recyclingfähigkeit kritischer Rohstoffe



## Behandlungsversuche für das Recycling von CRM

# Separationstest für Werkstoffverbunde

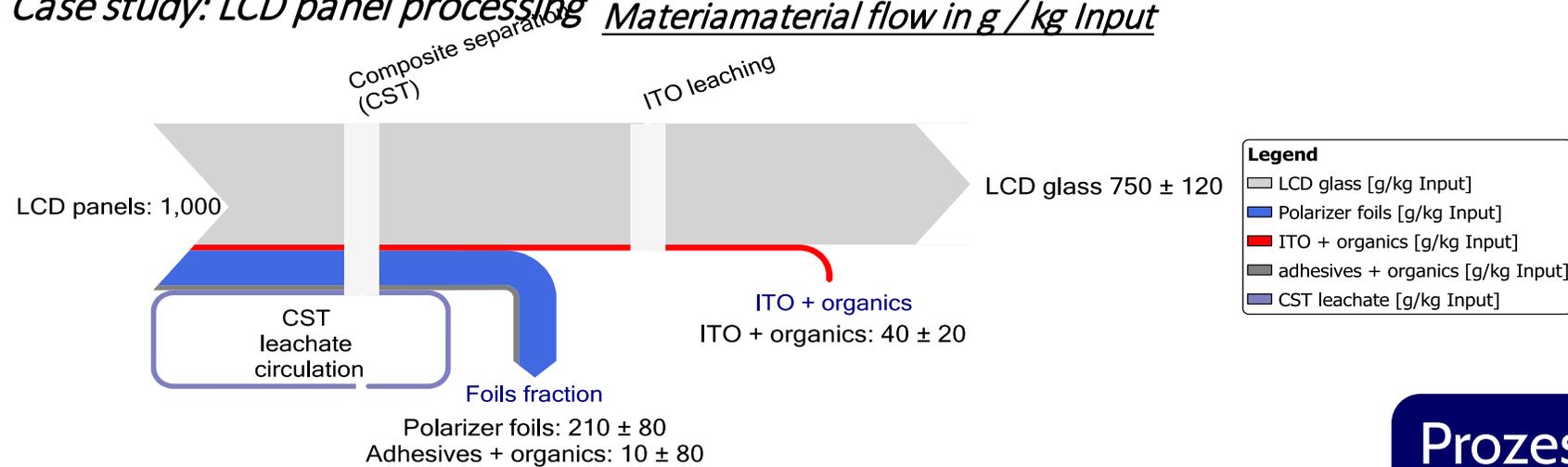
— Case study: LCD panel processing



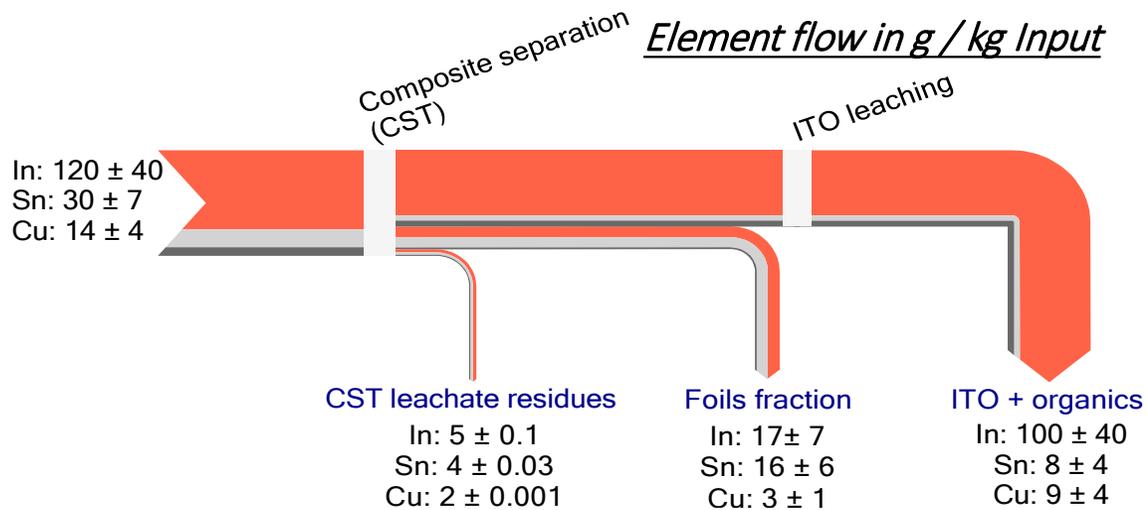
# Separationstest für LCD Panele



Case study: LCD panel processing Material flow in g / kg Input



Prozessrecyclingeffizienz  
83% Indium



Effizienz Sammlung?  
Effizienz Zerstörungsfreie Demontage?

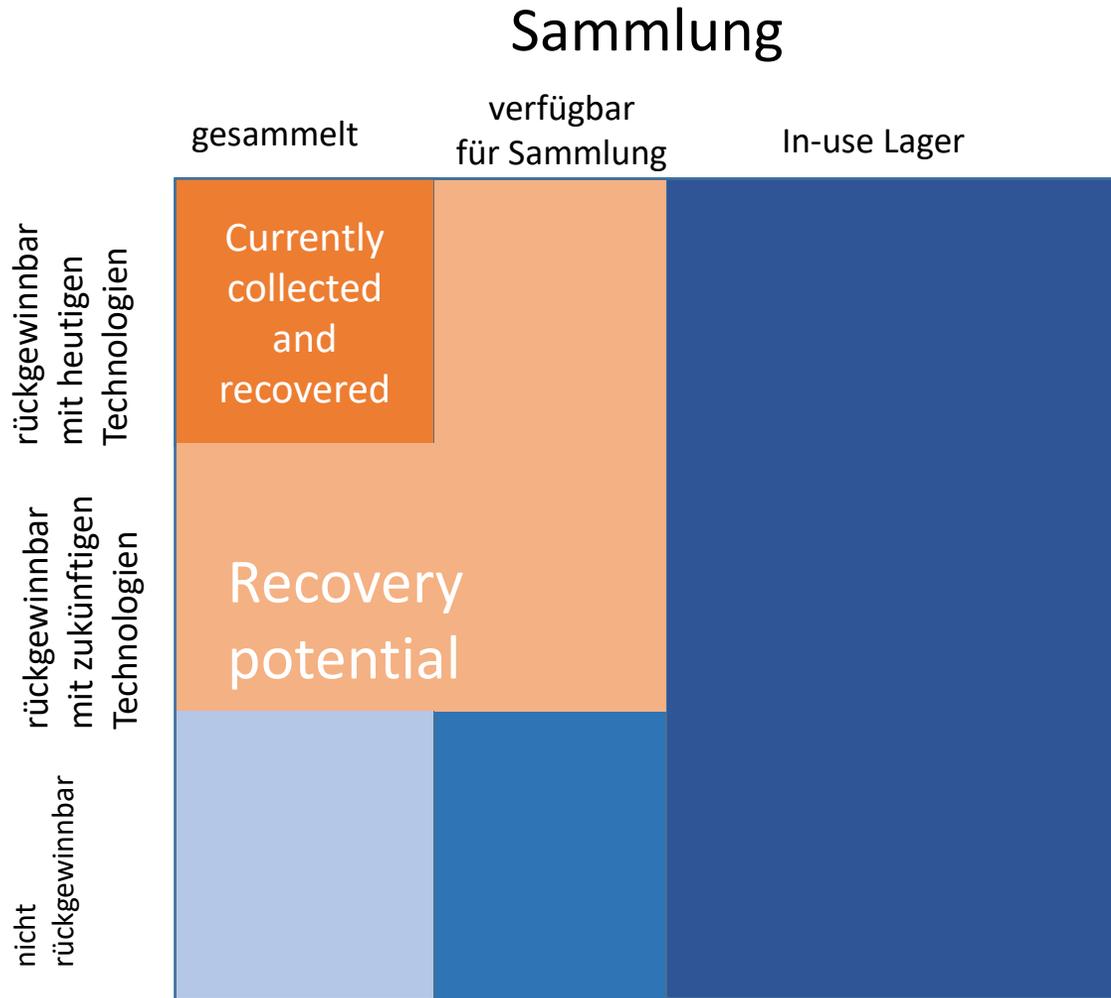
Beispiel je  $R_{coll}$  und  $R_{sep}$  80%  
reultiert in 53% Gesamt-Recyclingeffizienz

# Ausblick

## Bewertung der Verwertbarkeit von kritischen Rohstoffen



Produkt-basierte Recyclingfähigkeit



- ✓ Der EU Critical Raw Material Act wird nationale Anforderungen für mehr Kreislaufwirtschaft für CRM-haltige Produkte setzen
- ✓ Standardisierte Monitoring-Methoden sind notwendig um künftig Recyclingeffizienz nachzuweisen
- ✓ Alternativ können bei unbekanntem und heterogenem Input element-spezifische "loss rates" bestimmt werden
- ✓ Neben bestehenden Recyclingverfahren müssen auch verstärkt Sammlung und künftige Recyclingverfahren betrachtet werden

# Futu RaM

Future availability  
of secondary  
raw materials

## Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

[FutuRaM.eu](http://FutuRaM.eu)



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Federal Department of Economic Affairs,  
Education and Research EAER  
**State Secretariat for Education,  
Research and Innovation SERI**

EU Framework Programmes



**Funded by  
the European Union**

