

# Die iCycle<sup>®</sup>-Technologie – Metall- und Energie- rückgewinnung aus Shredderrückständen

 **Fraunhofer**  
UMSICHT

15. November 2018

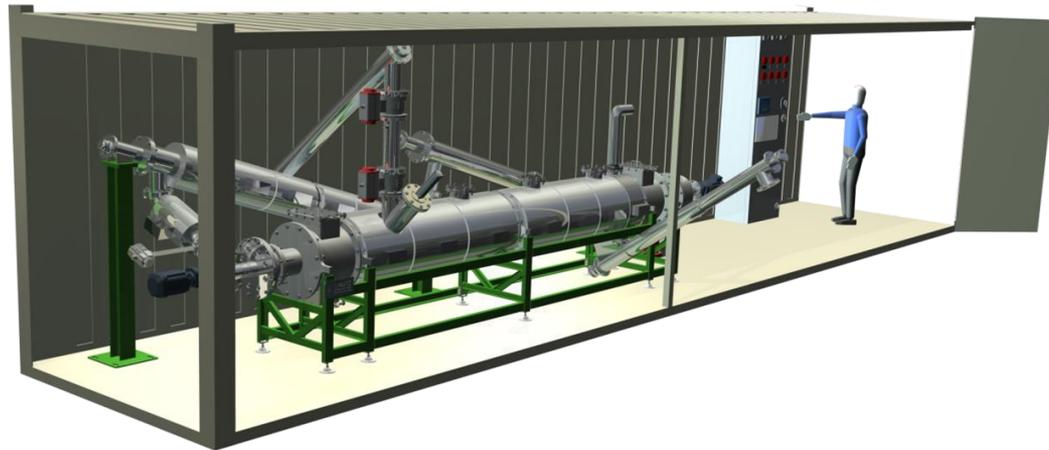
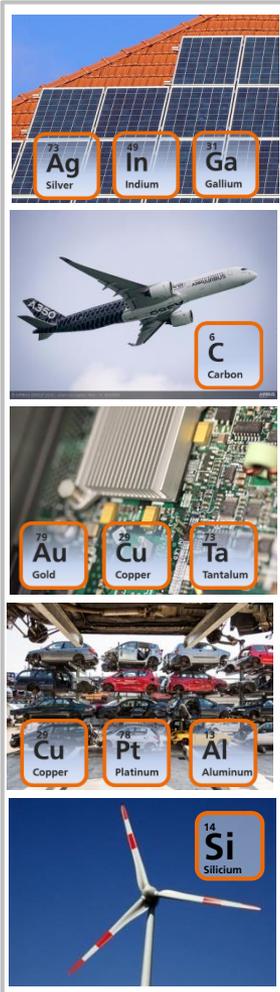


**iCycle**<sup>®</sup>  
intelligent composite recycling



# iCycle<sup>®</sup>-Technologie

*intelligent composite recycling*



Thermo-chemische Stofftrennung (Pyrolyse)  
bei >600 °C unter Sauerstoffabschluss



# Thermo-chemische Verfahren von Fraunhofer UMSICHT

## Die Entwicklung



- 1999-01: Haloclean®
  - E-Schrott, Kunststoffe, Biomasse
  - 30 - 100 kg/h

- 2009-13: Pyroformer
  - Biomasse
  - 100 kg/h



- seit 2014: TCR®
  - Biomasse, Kunststoffe
  - 300 kg/h

seit 2015: iCycle®

- Verbundmaterialien, E-Schrott, Kunststoffe
- 70 kg/h



# iCycle<sup>®</sup>-Technology

Plattform-Technologie



Kunststoffe



WEEE



Stäube



SLF



CFK



GFK



## iCycle<sup>®</sup>

intelligent composite recycling



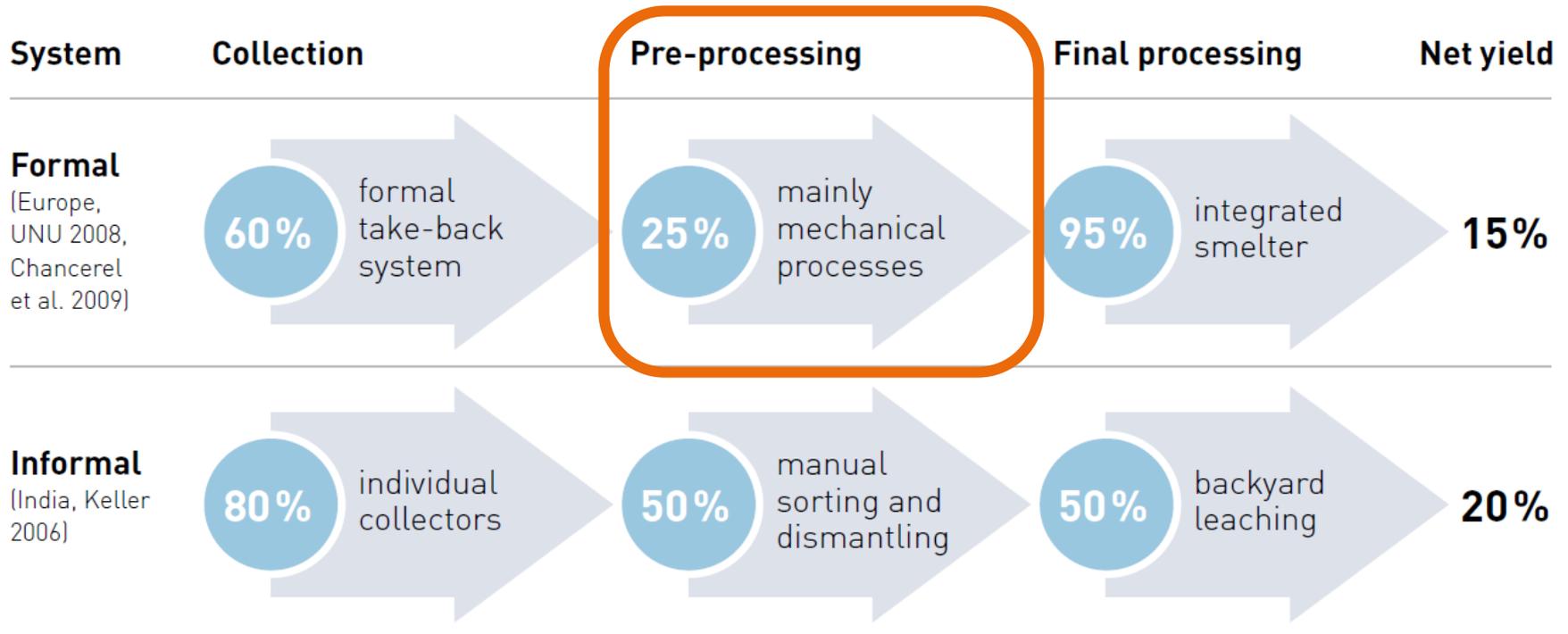
Metalle / Fasern



Energie

# Recycling von Elektro- und Elektronikschrott

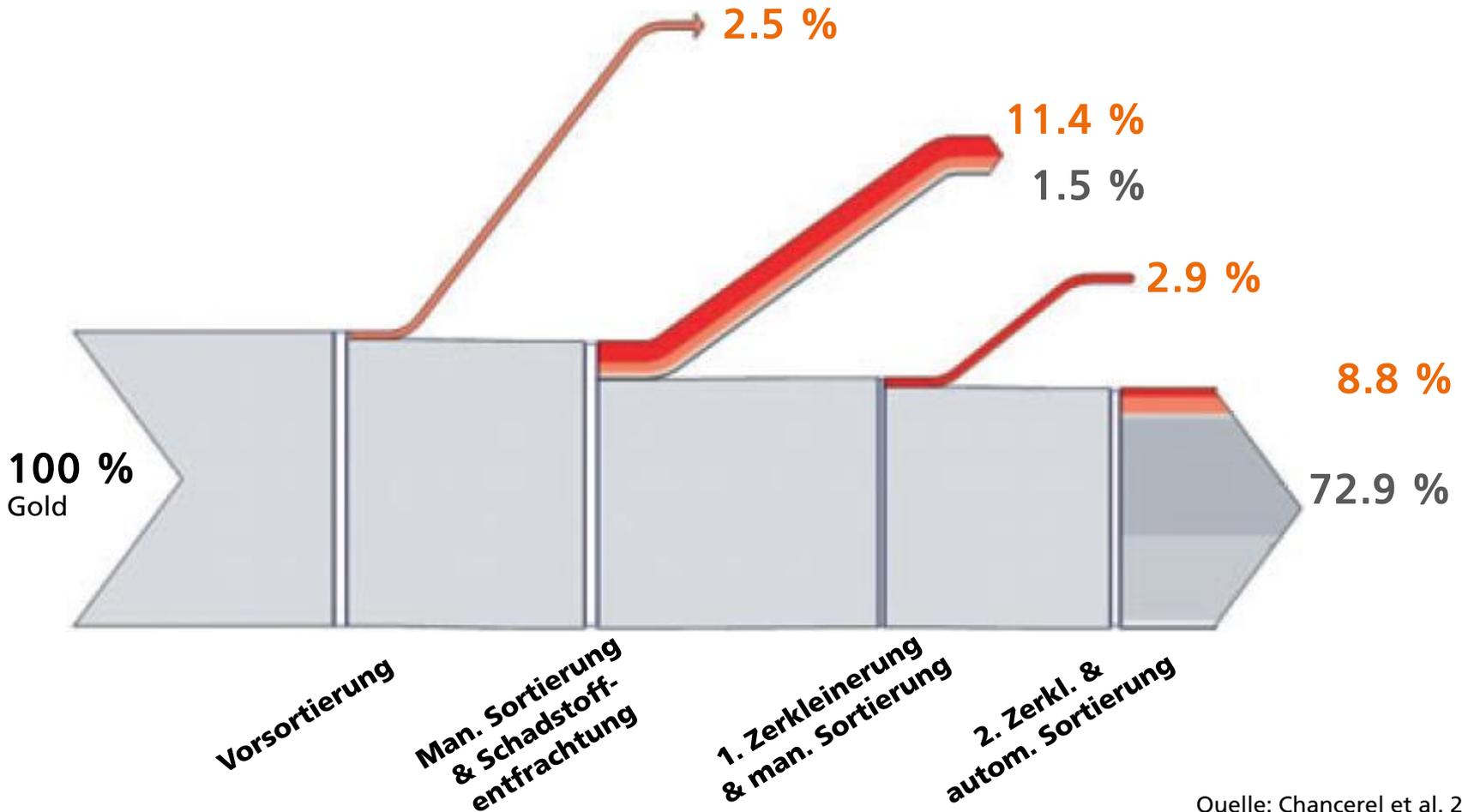
*Die Kehrseite: Globale End-of-Life Recyclingraten aus EAG*



Quelle: Reuter et al. 2013

# Recycling von Elektro- und Elektronikschrott

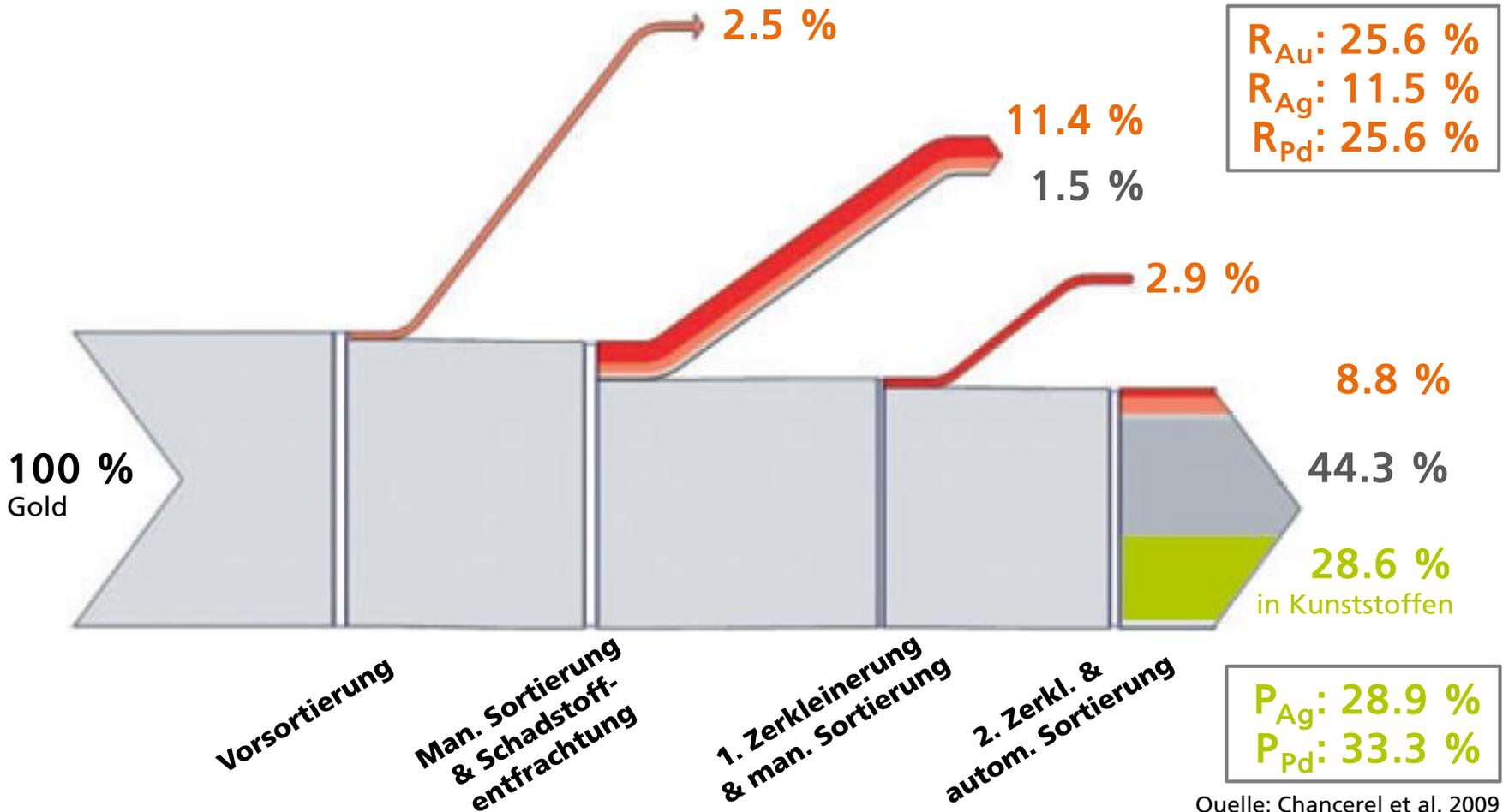
*Die Kehrseite: Massenflüsse von Ag, Au, Pd in der mechanischen Aufbereitung*



Quelle: Chancerel et al. 2009

# Recycling von Elektro- und Elektronikschrott

Die Kehrseite: Massenflüsse von Ag, Au, Pd in der mechanischen Aufbereitung



Quelle: Chancerel et al. 2009

# Elektro- und Elektronikaltgeräte (EAG)

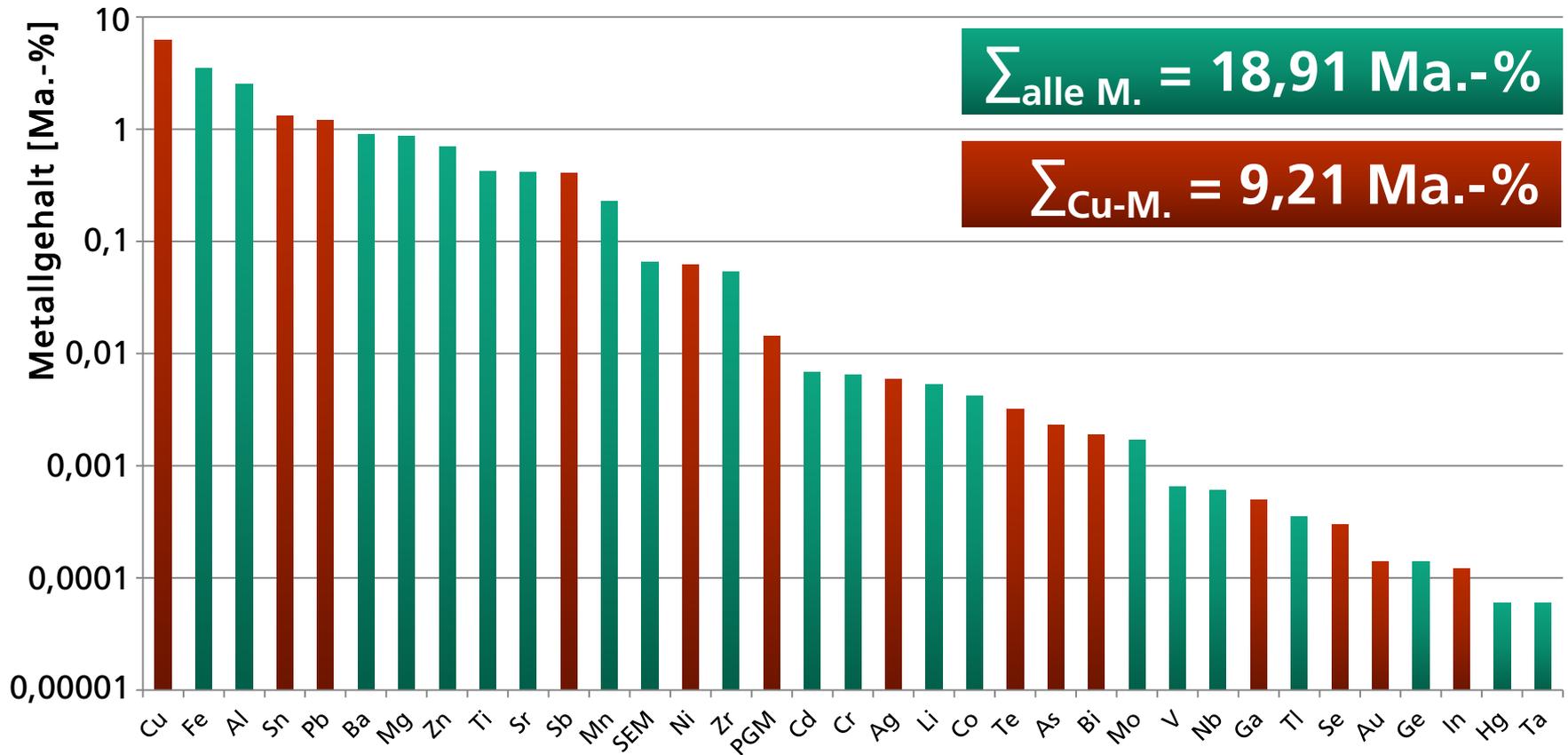
## Mechanische Aufbereitung von EAG



Quellen: VDI 2343; Kramer 2013

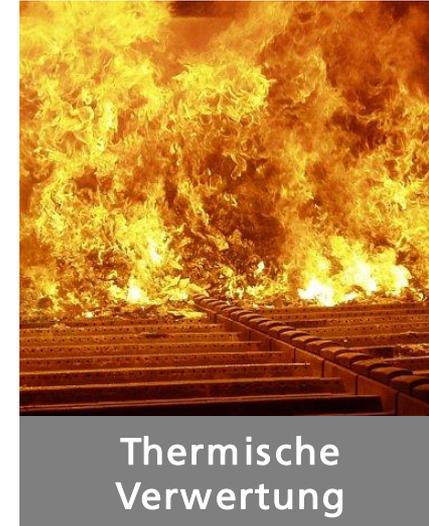
# Shredder-Rückstände aus der EAG-Aufbereitung

Potentiale



# Shredder-Rückstände aus der EAG-Aufbereitung

## Verwertungswege



- ✓ Rückgewinnung von bis zu 17 Metallen
- ✓ Recyclingquoten >95 %
- ✗ Kein Recycling von Al und vielen kritischen Metallen (Ge, Ta, SEM, ...)
- ✗ Begrenzte Einsatzmengen<sup>1</sup> (<10 % des EU-weiten Aufkommens)<sup>2,3,4</sup>

- ✓ „Gewinnung“ von Strom & Wärme
- ✓ Rückgewinnung von Fe, Al, Cu (>2 mm)
- ✗ Keine Rückgewinnung von Metallen <2 mm (87 %)
- ✗ Oxidation von Metallen
- ✗ Hohe Kosten (>140 €/t)<sup>5</sup>

Quellen: <sup>1</sup>Brusselaers et al. 2006; <sup>2</sup>Eurostat 2016; <sup>3</sup>Kawohl 2011; <sup>4</sup>Boliden 2016; <sup>5</sup>Katz 2016

# Shredder-Rückstände aus der EAG-Aufbereitung

*Erweitertes Metallrecycling durch iCycle®*



Shredder-Rückstände  
aus EAG



iCycle®

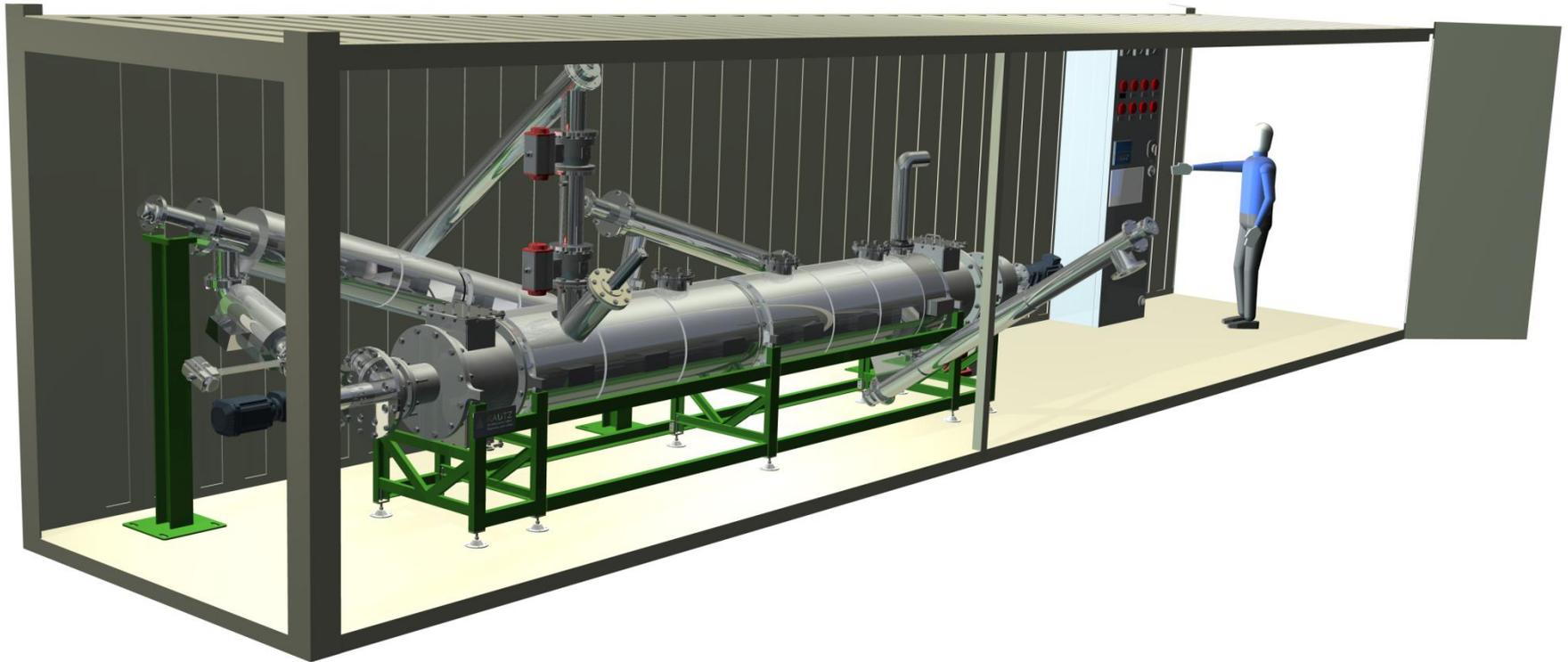


Integrierte  
Kupferschmelze

- Metallakkumulation im festen Pyrolyseprodukt
- Zersetzung von Kunststoffen
- Bildung hochkalorischer Nebenprodukte
- Flexibel skalierbar
- **Profitable und innovative Lösung**

# Shredder-Rückstände aus der EAG-Aufbereitung

*Beispiel II: Installation in einem 40ft-Container*



Kautz Technologies 2017

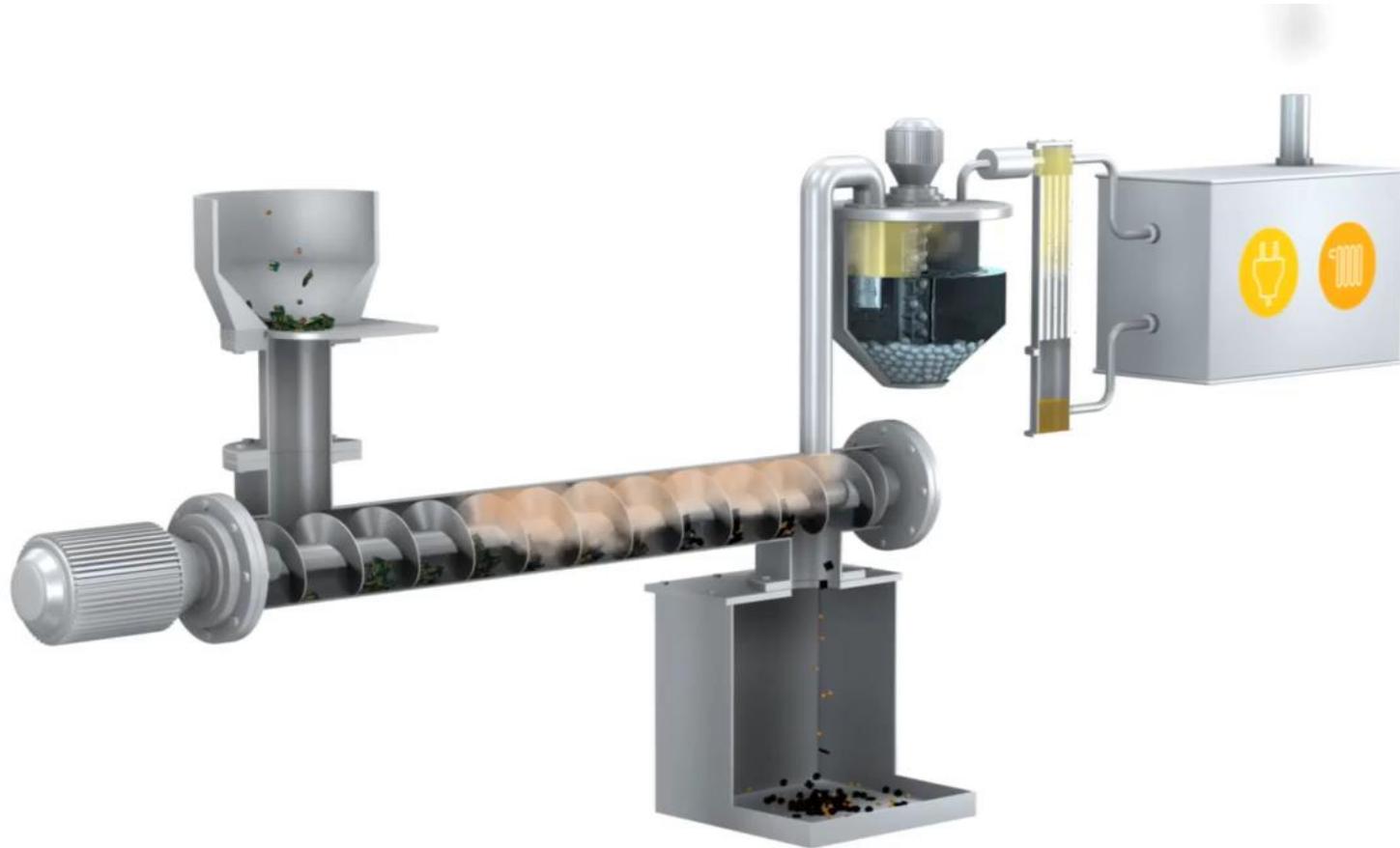
# Shredder-Rückstände aus der EAG-Aufbereitung

*Beispiel II: Installation in einem 40ft-Container*



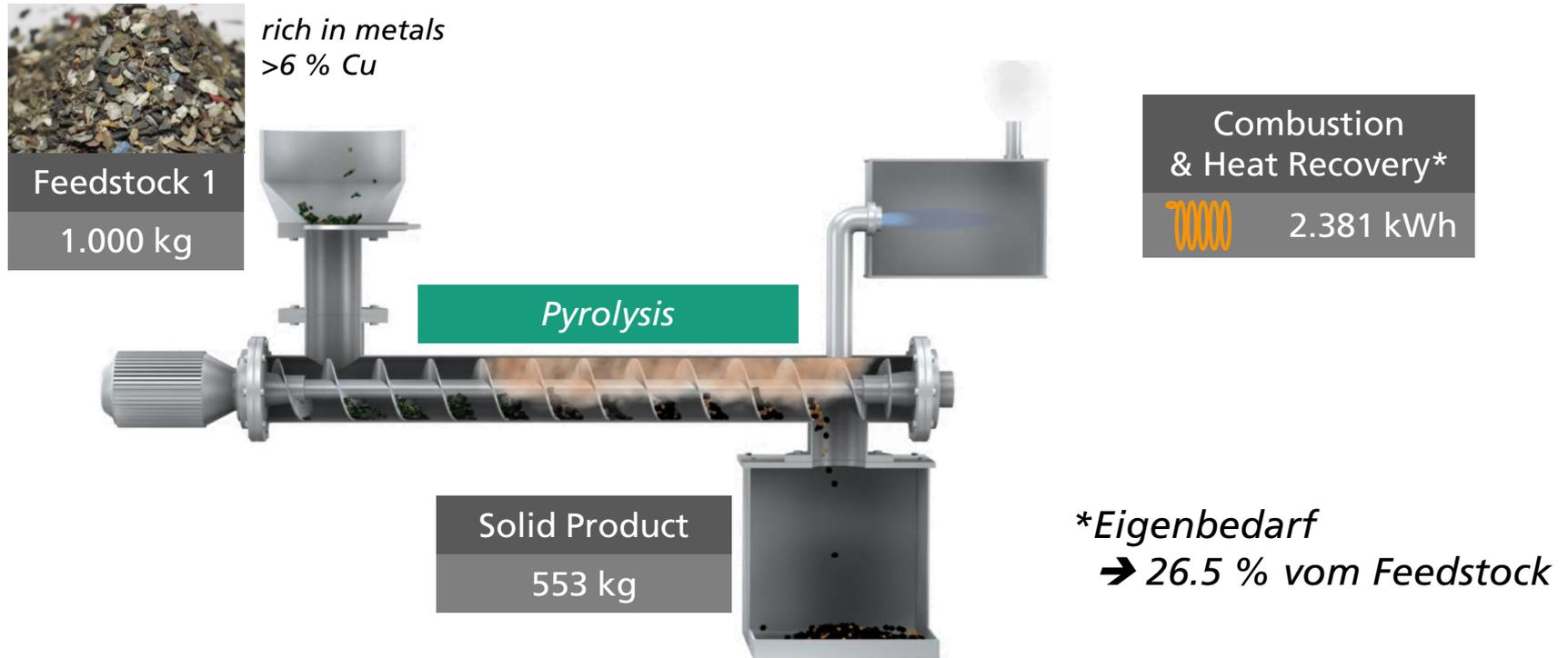
# Shredder-Rückstände aus der EAG-Aufbereitung

*Beispiel mit BHKW-Installation*



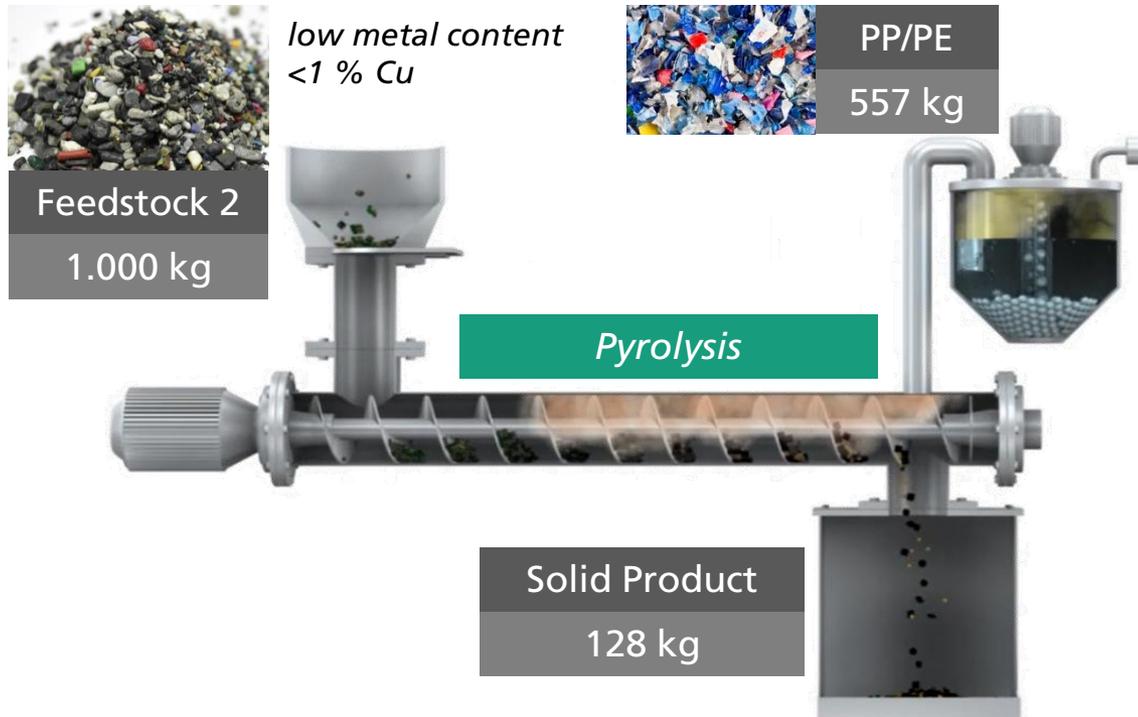
# Shredder-Rückstände aus der EAG-Aufbereitung

## Beispiel I: Metallrückgewinnung



# Shredder-Rückstände aus der EAG-Aufbereitung

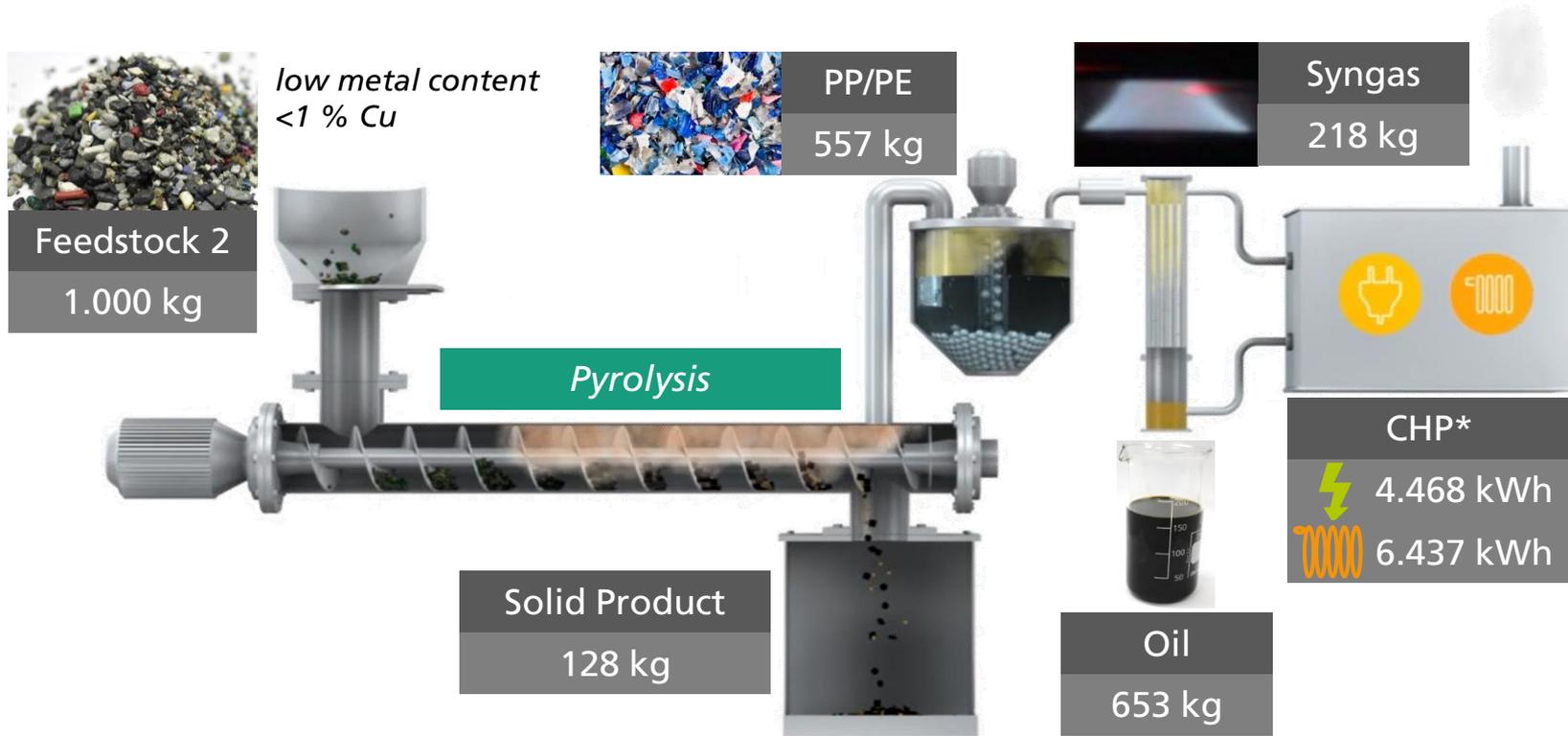
Beispiel II: Metall- und Energierückgewinnung



\*inklusive PP und Hilfsenergie (1,001 kWh Erdgas + 12,5 kg Heizöl EL)

# Shredder-Rückstände aus der EAG-Aufbereitung

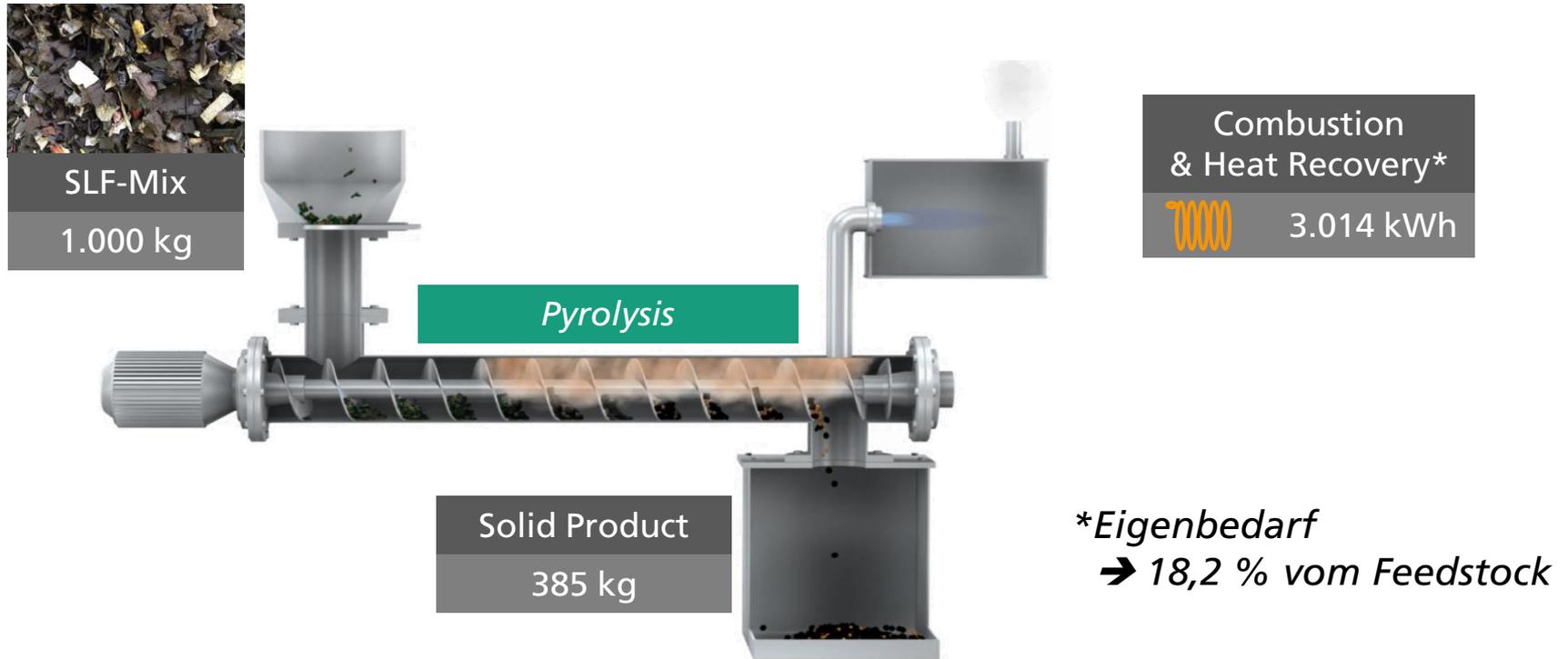
Beispiel II: Metall- und Energierückgewinnung



\*inklusive PP und Hilfsenergie (1,001 kWh Erdgas + 12,5 kg Heizöl EL)

# Shredder-Rückstände aus der EoL-V Aufbereitung

Beispiel: SLF-Mix

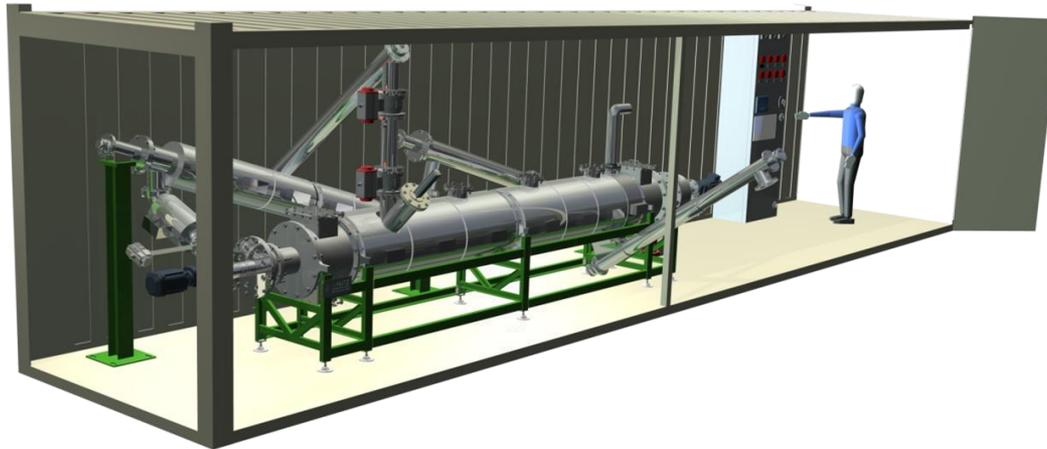


# iCycle<sup>®</sup>-Technologie

Plattform-Technologie



**iCycle<sup>®</sup>**  
intelligent composite recycling

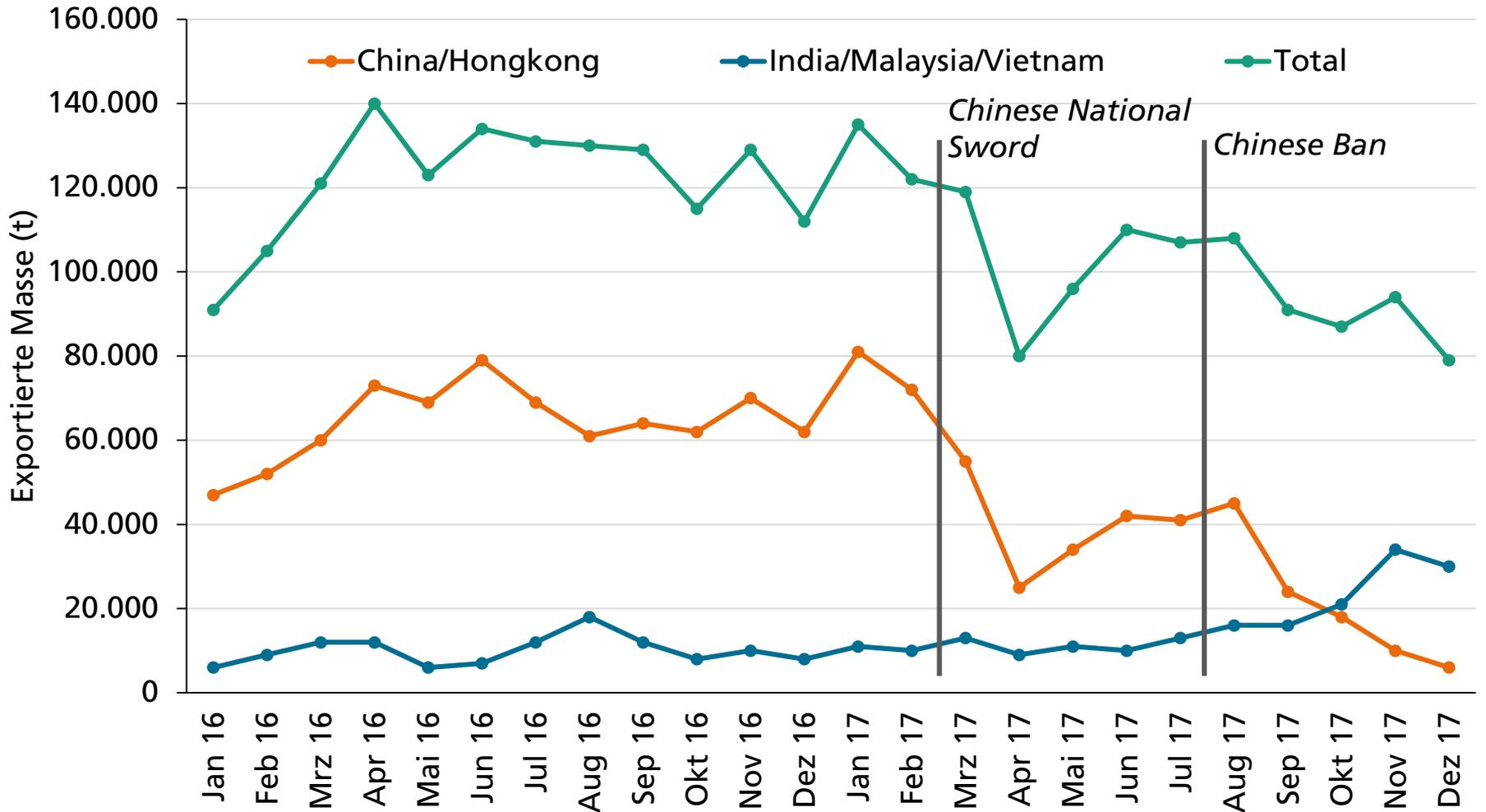


Weiterentwicklungen



# Globale Veränderungen im Kunststoffrecycling

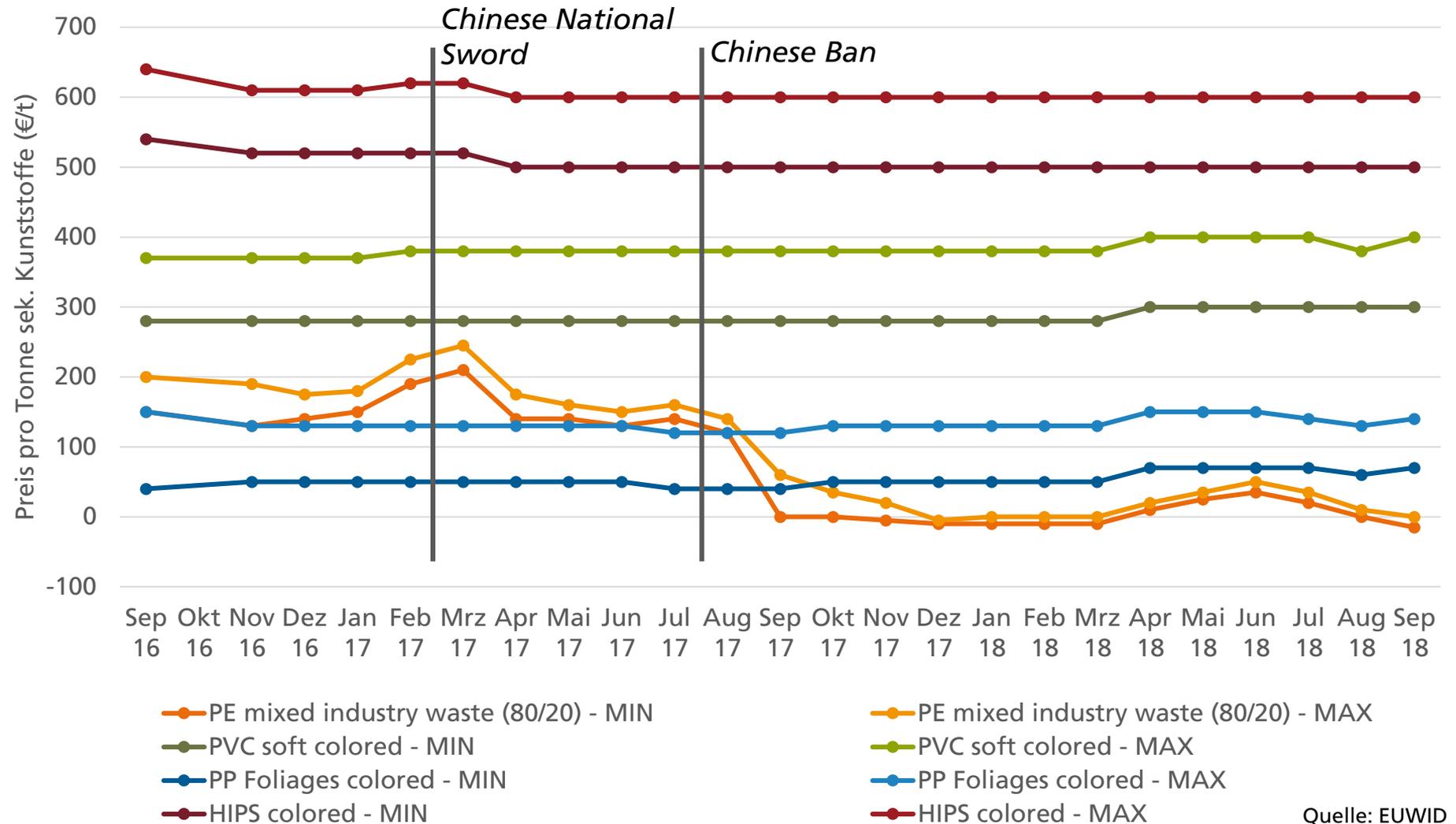
## Deutsche Exporte sekundärer Kunststoffe



Quelle: EUWID 10.2018

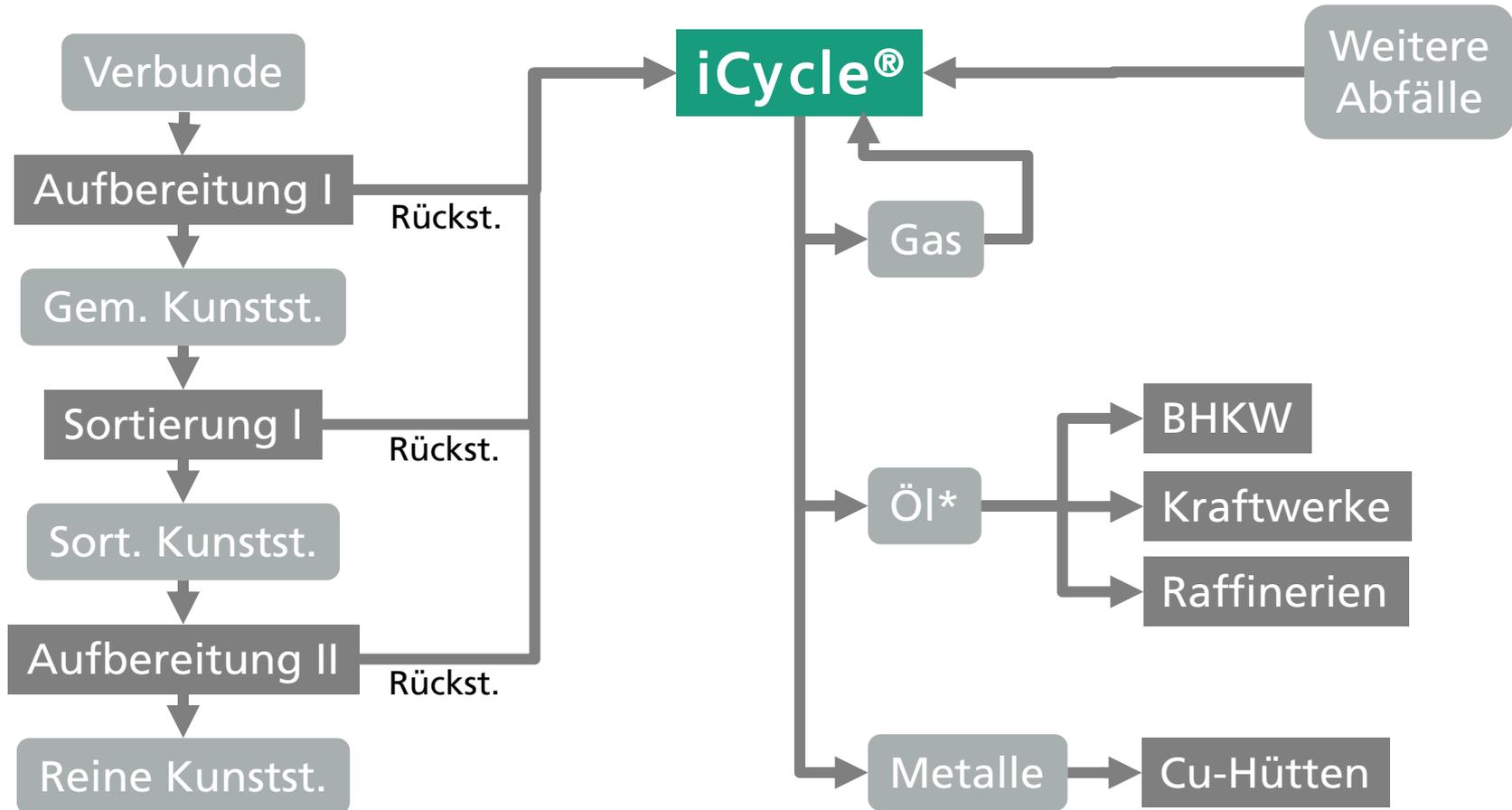
# Globale Veränderungen im Kunststoffrecycling

## Preisentwicklung sekundärer Kunststoffe (Deutschland)



# iCycle<sup>®</sup>-Technologie

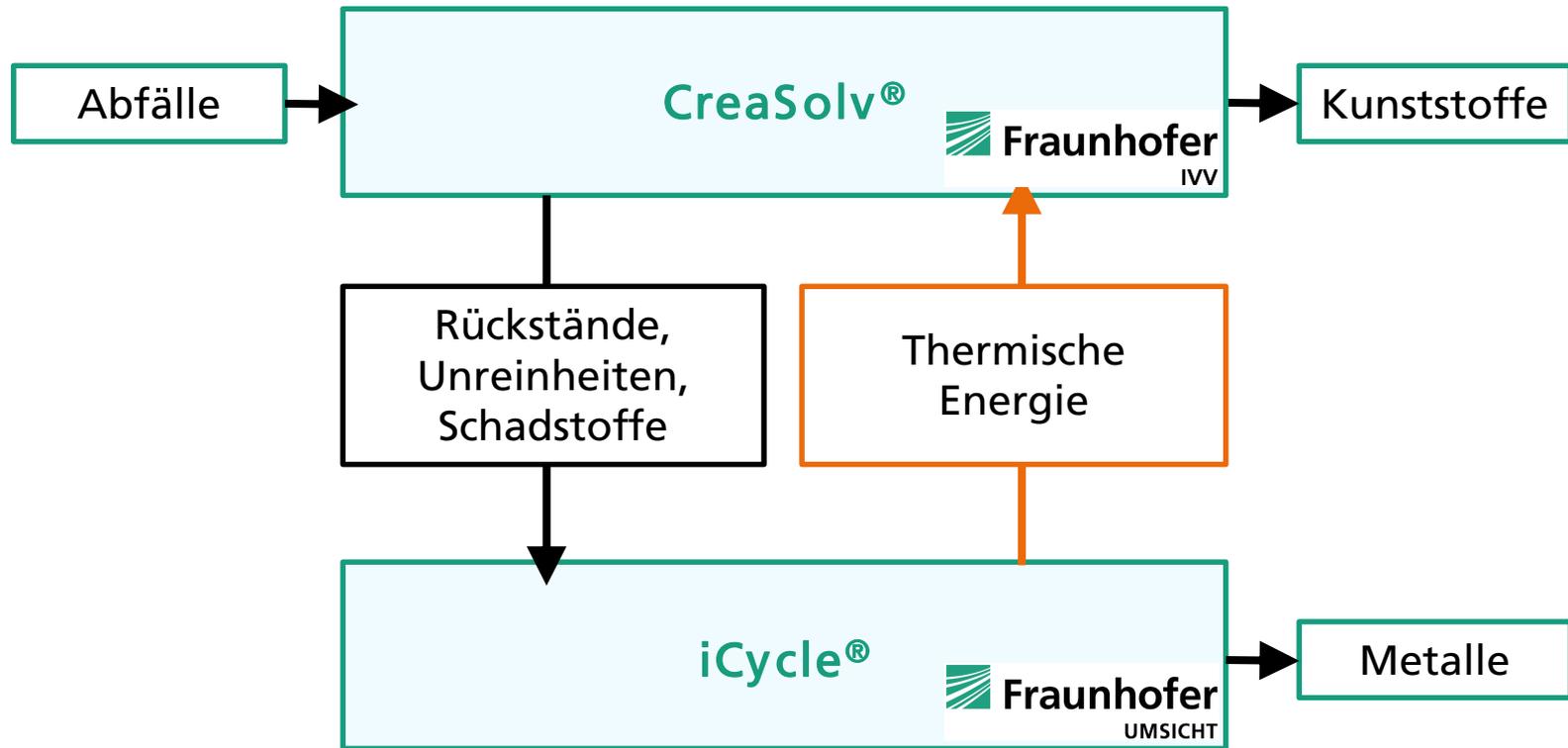
Anwendungsszenarien für Verbunde, Rückstände und Kunststoffe



\* Weitere Aufbereitungsschritte (z.B. Destillation) in Abhängigkeit von der Verwertung ggf. notwendig

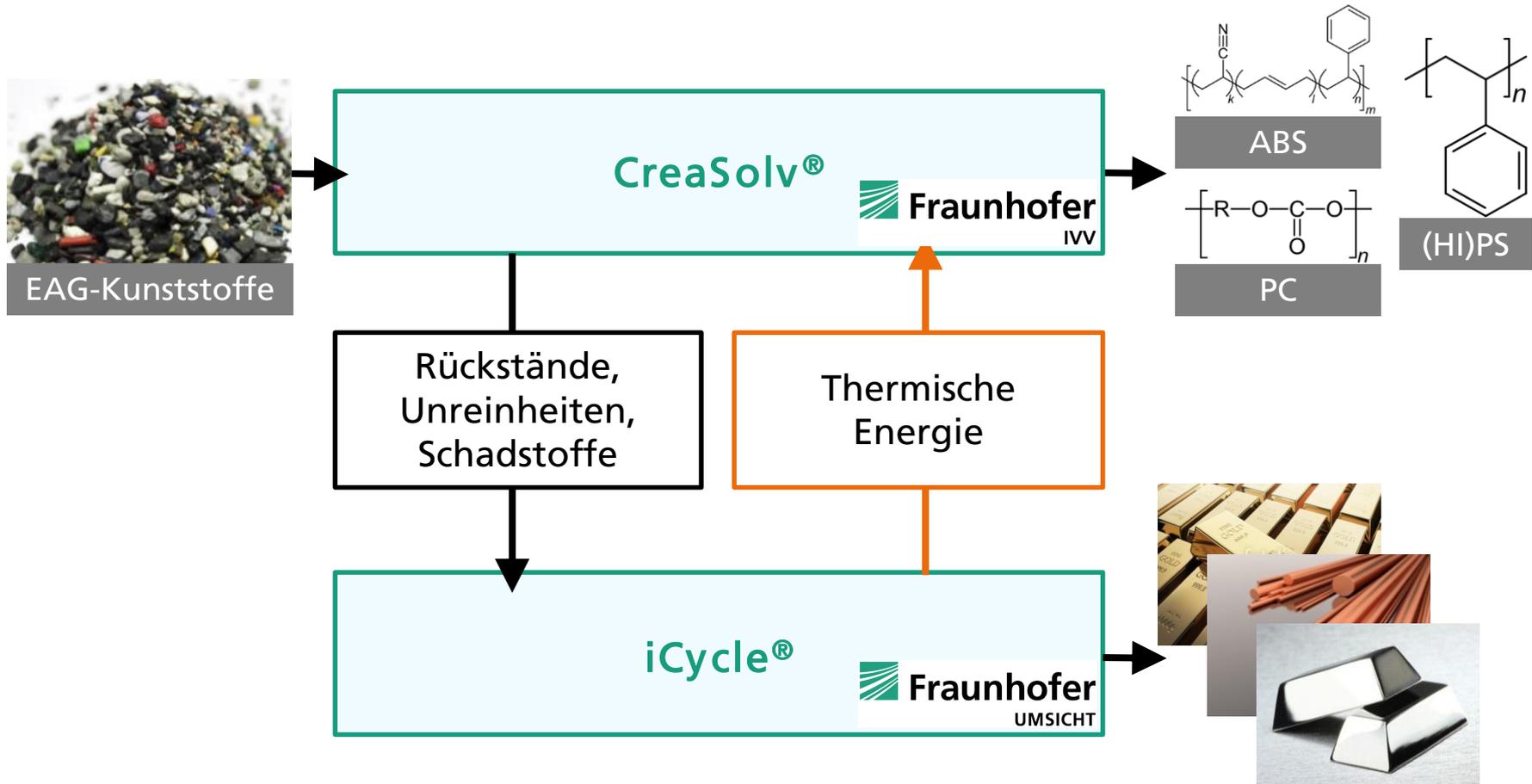
# iCycle® & CreaSolv® - Recycling von Kunststoff-Metall-Verbunden

*Kombination innovativer Fraunhofer-Technologien*



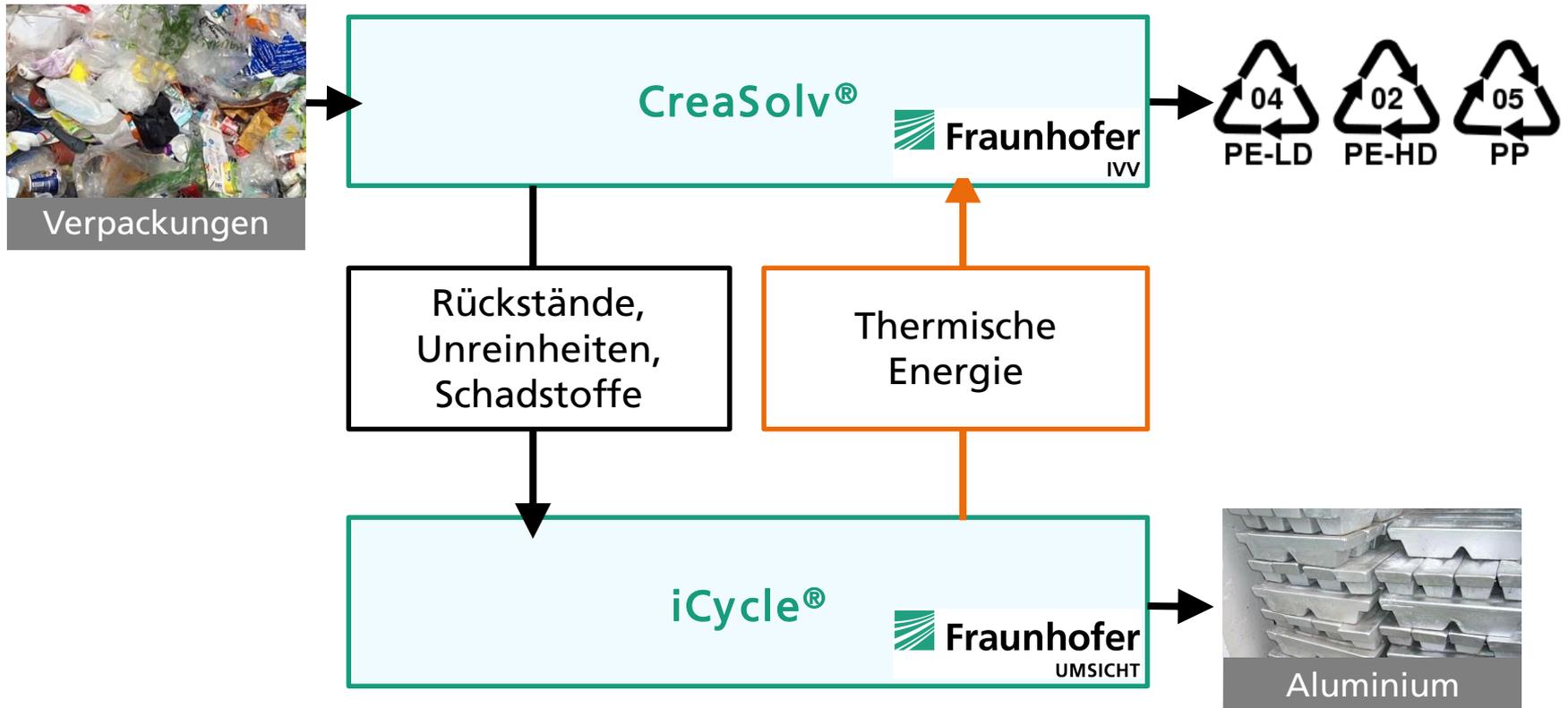
# iCycle® & CreaSolv® - Recycling von Kunststoff-Metall-Verbunden

Fokus I: Elektroaltgeräte (EAG)



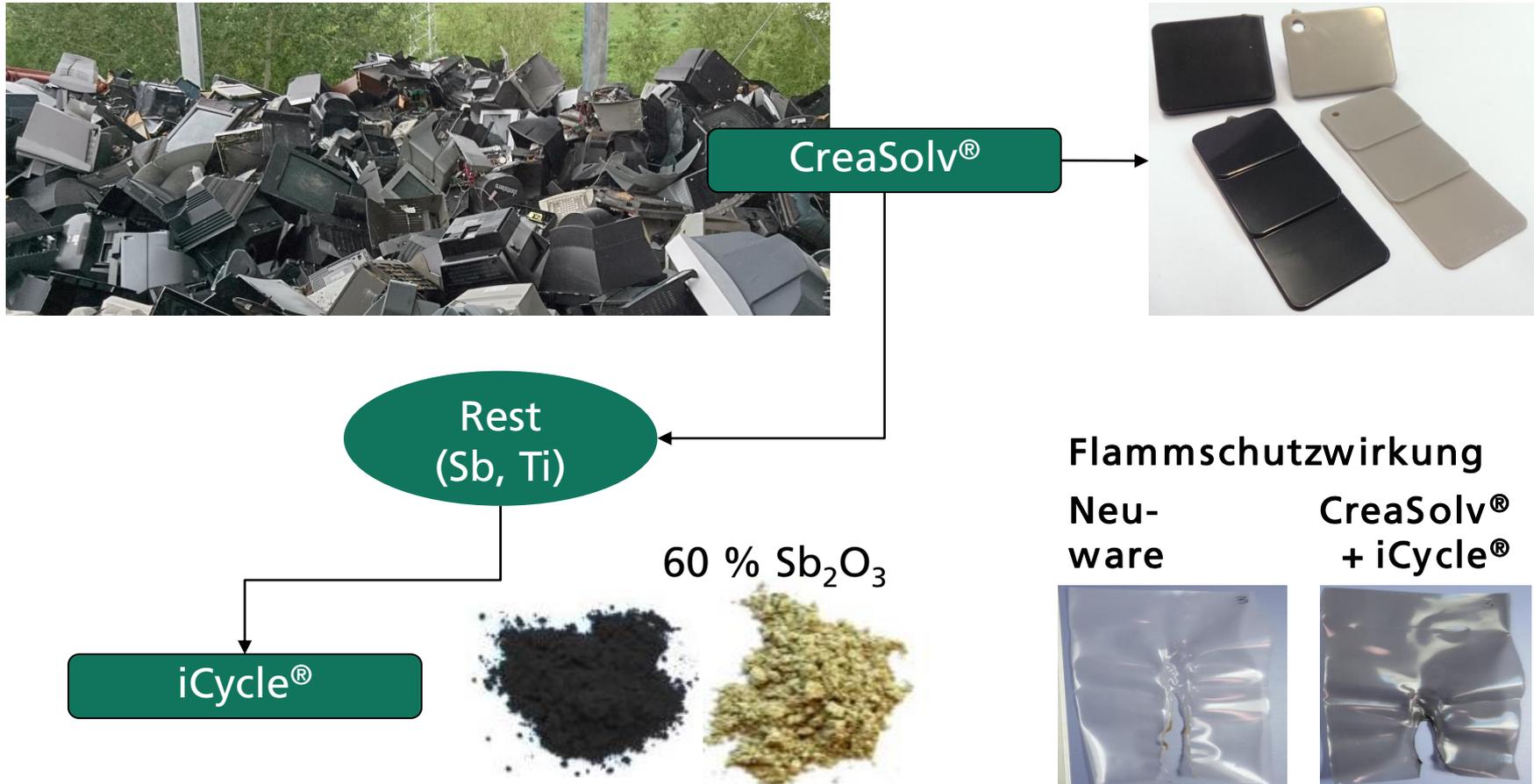
# iCycle® & CreaSolv® - Recycling von Kunststoff-Metall-Verbunden

Fokus II: Leichtverpackungen (LVP)



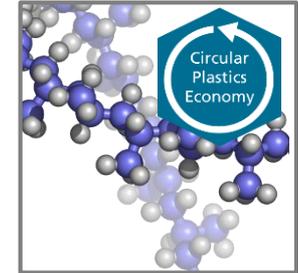
# iCycle® & CreaSolv® - Recycling von Kunststoff-Metall-Verbunden

*Spezialbeispiel: Verbesserung von Flammenschutzmitteln durch recyceltes  $Sb_2O_3$*

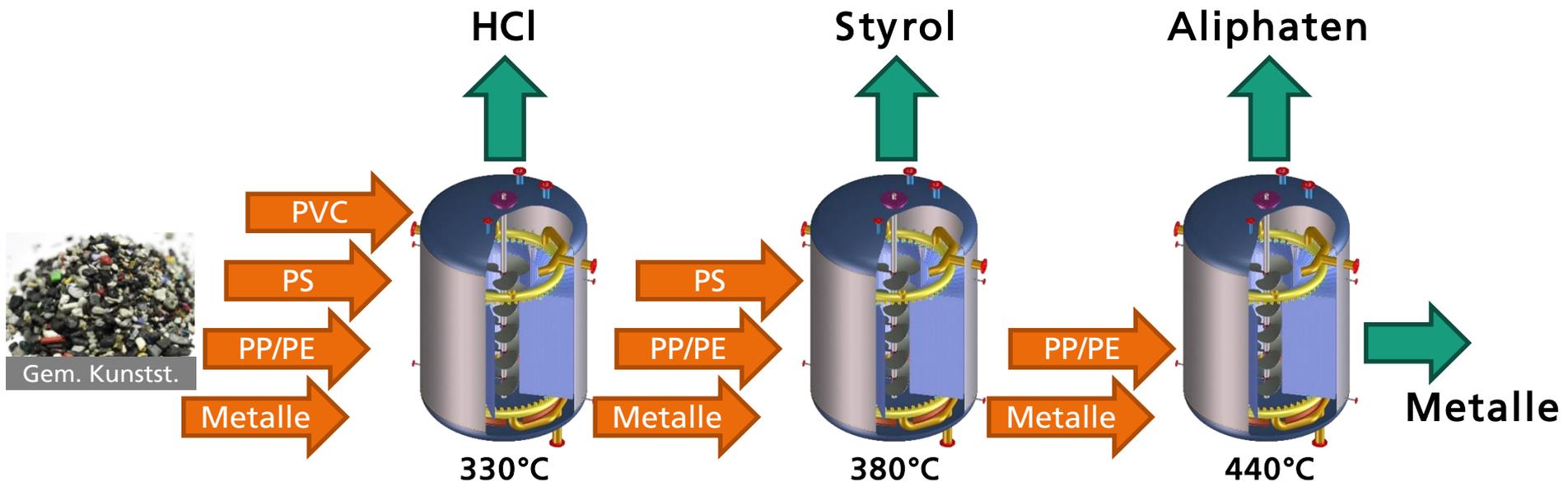


# ...und in Zukunft

## Feedstock-Recycling gemischter Kunststoffe



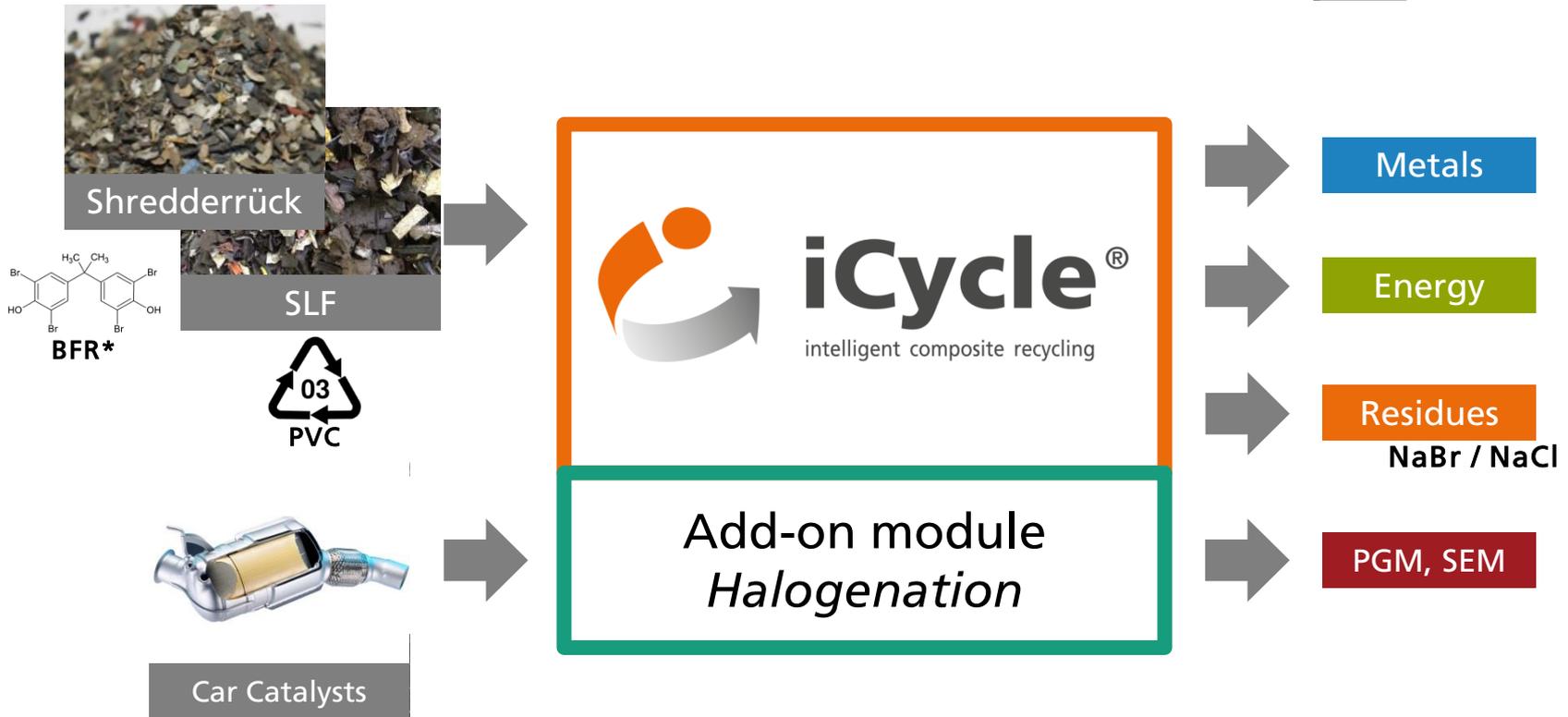
- Thermisches Auflösen und Zersetzen von Kunststoffen zu Monomeren
- Rückgewinnung von Metallen
- Energetische Nutzung unbrauchbarer Komponenten möglich



# ...und in Zukunft

## CI-Platform

17  
**CI-Platform**  
35,45



\*BFR: Brominated Flame Retardants (e.g. TBBPA)



**iCycle**®  
intelligent composite recycling



**Fraunhofer**  
UMSICHT

**Vielen Dank für  
Ihre Aufmerksamkeit!**



**Dr. Peter Hense**

Gruppenleiter Recyclingtechnologien

Telefon: +49 (0) 9661-908 435

E-Mail: [peter.hense@umsicht.fraunhofer.de](mailto:peter.hense@umsicht.fraunhofer.de)

