



FH MÜNSTER  
University of Applied Sciences



IWARU Institut für  
Infrastruktur · Wasser ·  
Ressourcen · Umwelt  
Arbeitsgruppe Ressourcen



GEFÖRDERT VOM  
Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

# Steigerung der Ressourcen- effizienz beim Recycling von Lithium-Ionen-Batterien

## Erweiterte mechanische Aufbereitung von LIB

Recy & DepoTech 2024, Leoben

**Merle Zorn M.Sc.**

Prof. Dr.-Ing. Sabine Flamme

<https://www.fh-muenster.de/iwaru/>

# Gliederung



**Einleitung**



**Recycling von Batterien**



**Erweiterte mechanische Aufbereitung**



**Bewertung der mechanischen Aufbereitung**



**Zusammenfassung und Ausblick**



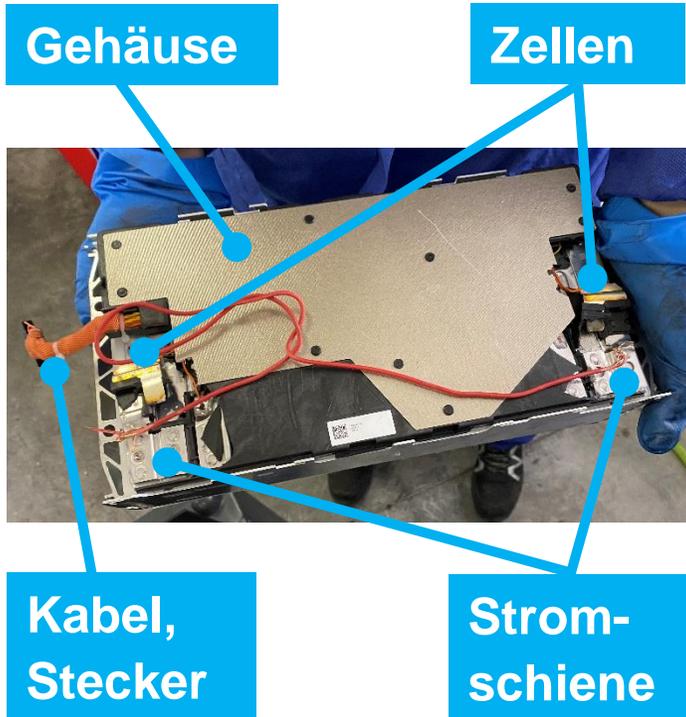


# Einleitung

# Einleitung

## Aufbau und Zusammensetzung

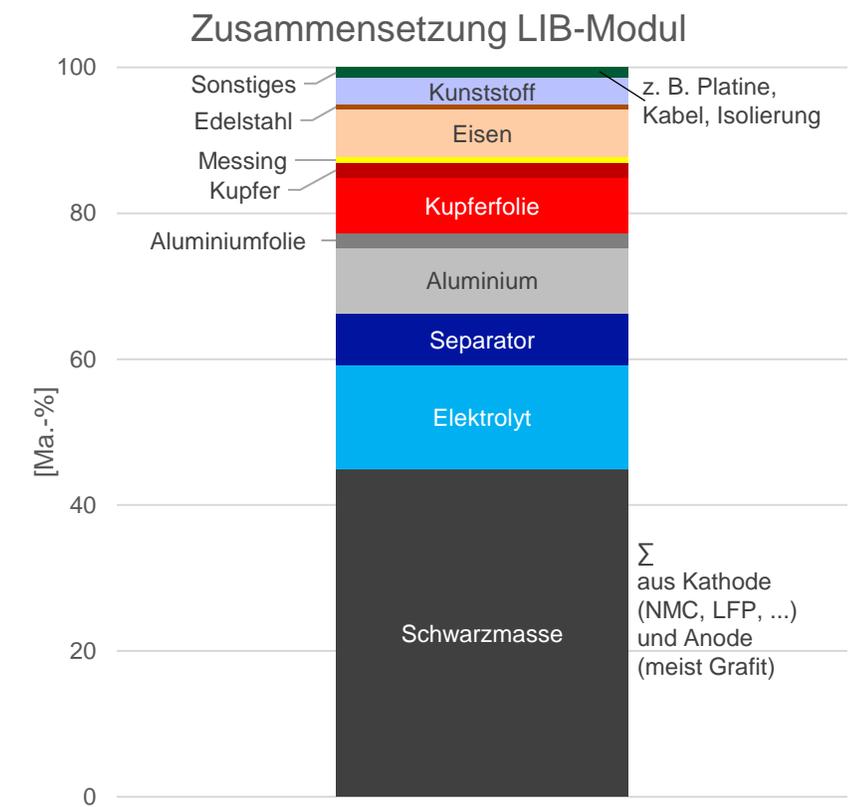
### Modul



### Zelle



### Materialien



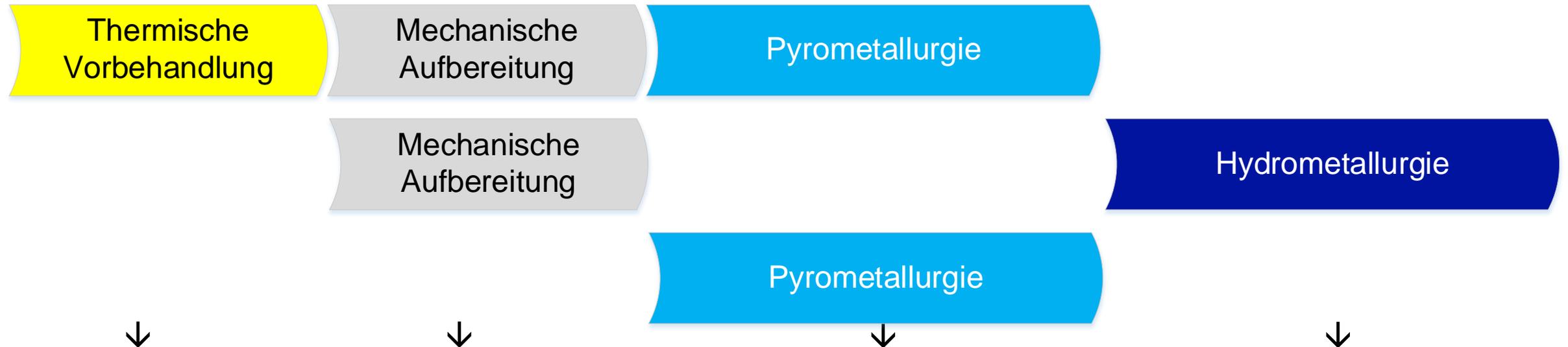
Eigene Erhebung und Literatur





# Recycling von Batterien

# Recycling von Batterien



## Funktion

Deaktivierung	Aufschluss (z. B. inert, trocken nass); Vorsortierung von Partikel	Hochtemperaturprozess; Aufkonzentrierung und Homogenisierung bestimmter Stoffe in Schmelze und Schlacke	Chemischer Prozess mit Säureaufschluss und Fällung in wässriger Phase; Erhalt hoher Selektivität und Produktreinheiten
---------------	--------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## Mögliche Rückgewinnung (beispielhaft)

	Fe ✓	Al ✓	Cu ✓	Ni ✓	Co ✓	Cu ✓	Ni ✓	Co ✓	Li ✓	Grafit ✓
--	------	------	------	------	------	------	------	------	------	----------





# Erweiterte mechanische Aufbereitung



LIB-Zelle  
NE-Konzentrat  
0,5-1mm  
Alureich

LIB-Zelle  
NE-Konzentrat  
0,5-1mm  
Kupferreich

LIB-Zelle  
NE-Konzentrat  
Schwarzmasse

LIB-Zelle  
NE-Konzentrat  
Elektrodenfolien

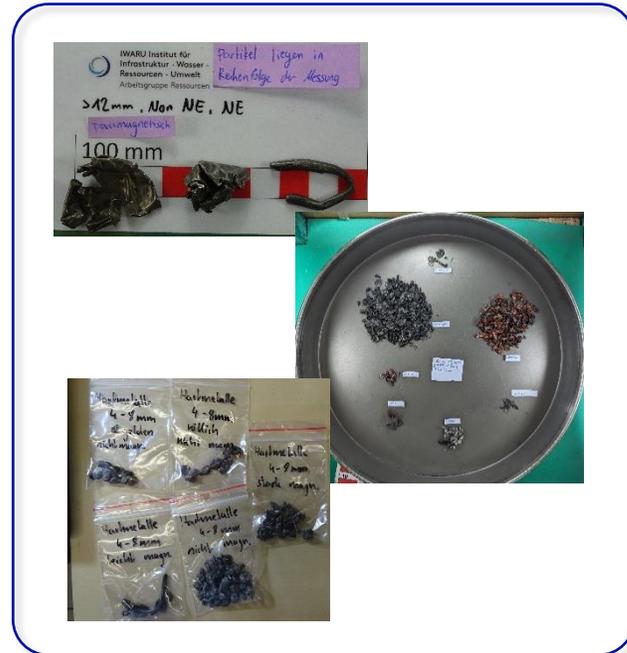
LIB-Modul  
NE-Konzentrat  
verkugelt

EV-LIB  
Fe-METALLE

# Erweiterte mechanische Aufbereitung

## Ablauf

### Vorbereitende Arbeiten



### Sortiersversuche



### Bewertung



# Erweiterte mechanische Aufbereitung

## Material

### Vorbehandlung

EoL-LIB Modul  
mit NMC



Thermische  
Vorbehandlung



Zerkleinerung



Abtrennung  
Schwarzmasse

### Versuchsmaterial

Platine

Aluminium  
(massiv)

Aluminium  
(Folie)

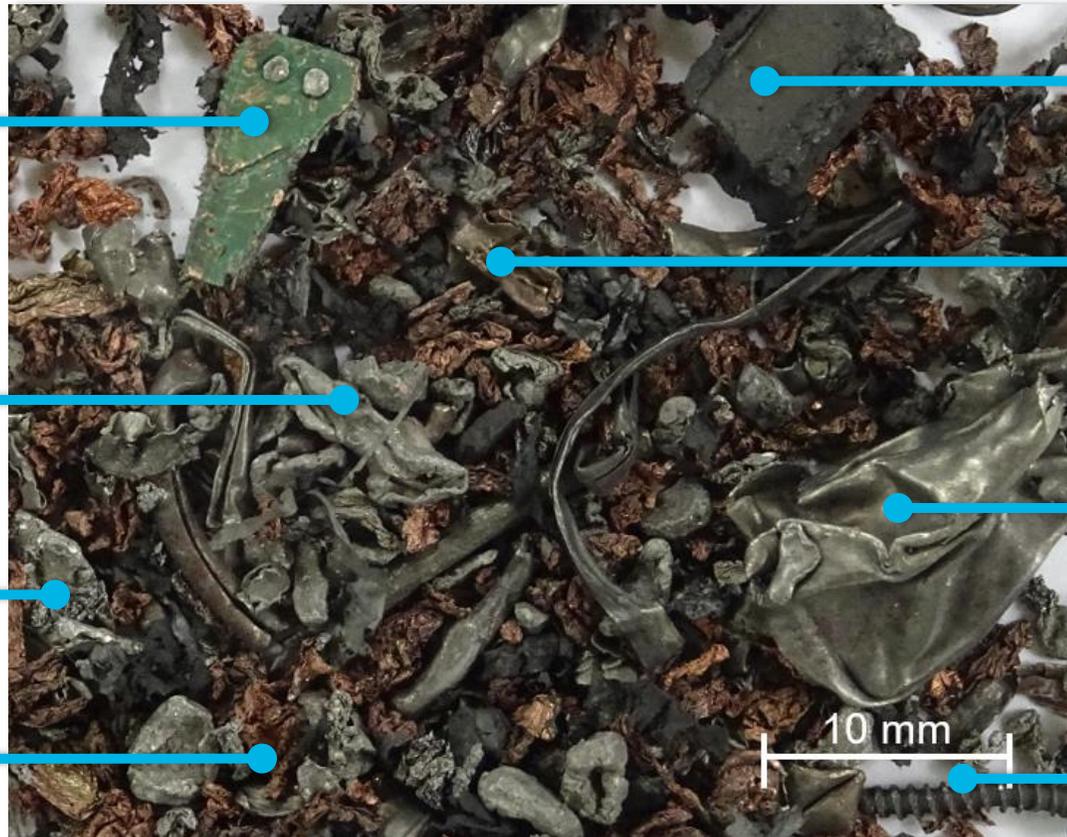
Kupfer  
(Folie)

Kunst-  
stoffrest

Kupfer  
(massiv)

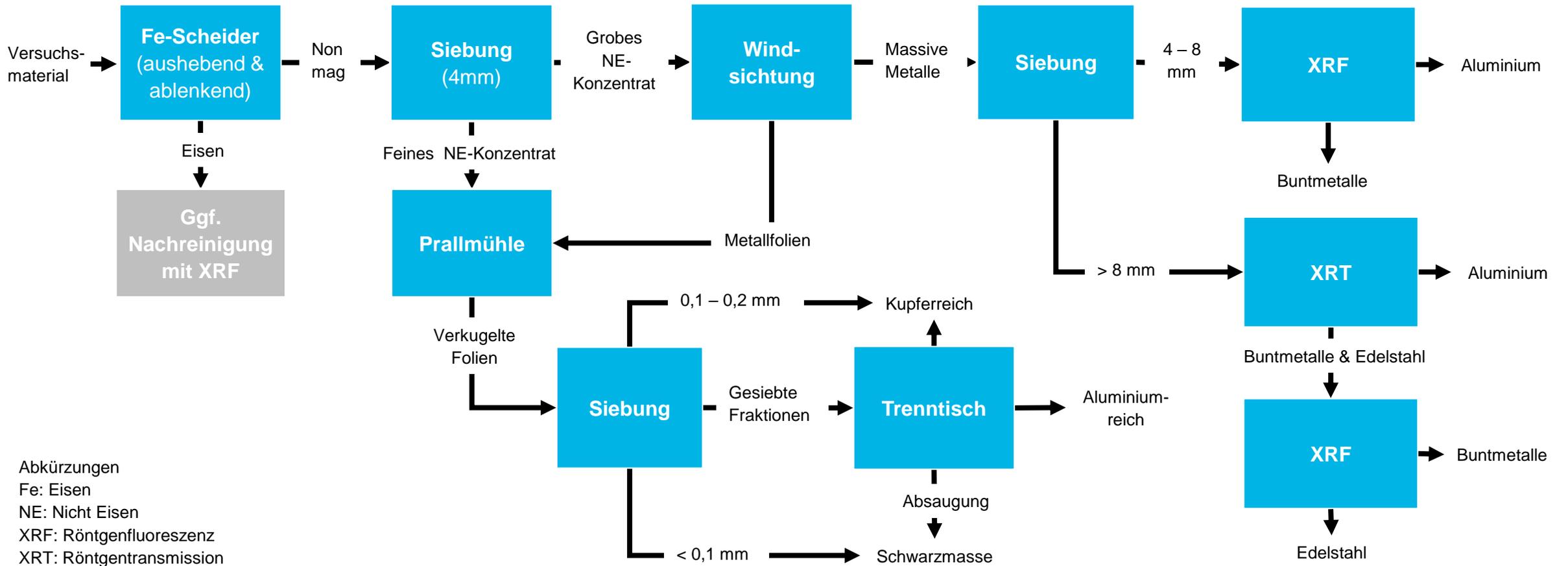
Gehäuse  
(Edelstahl)

Schraube  
(Eisen)



# Erweiterte mechanische Aufbereitung

## Sortierkaskade





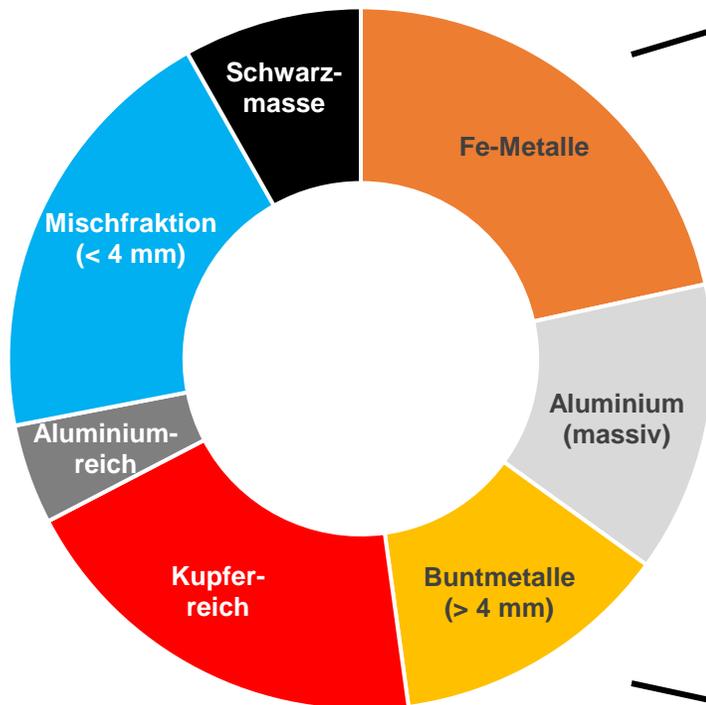
# Bewertung der mechanischen Aufbereitung



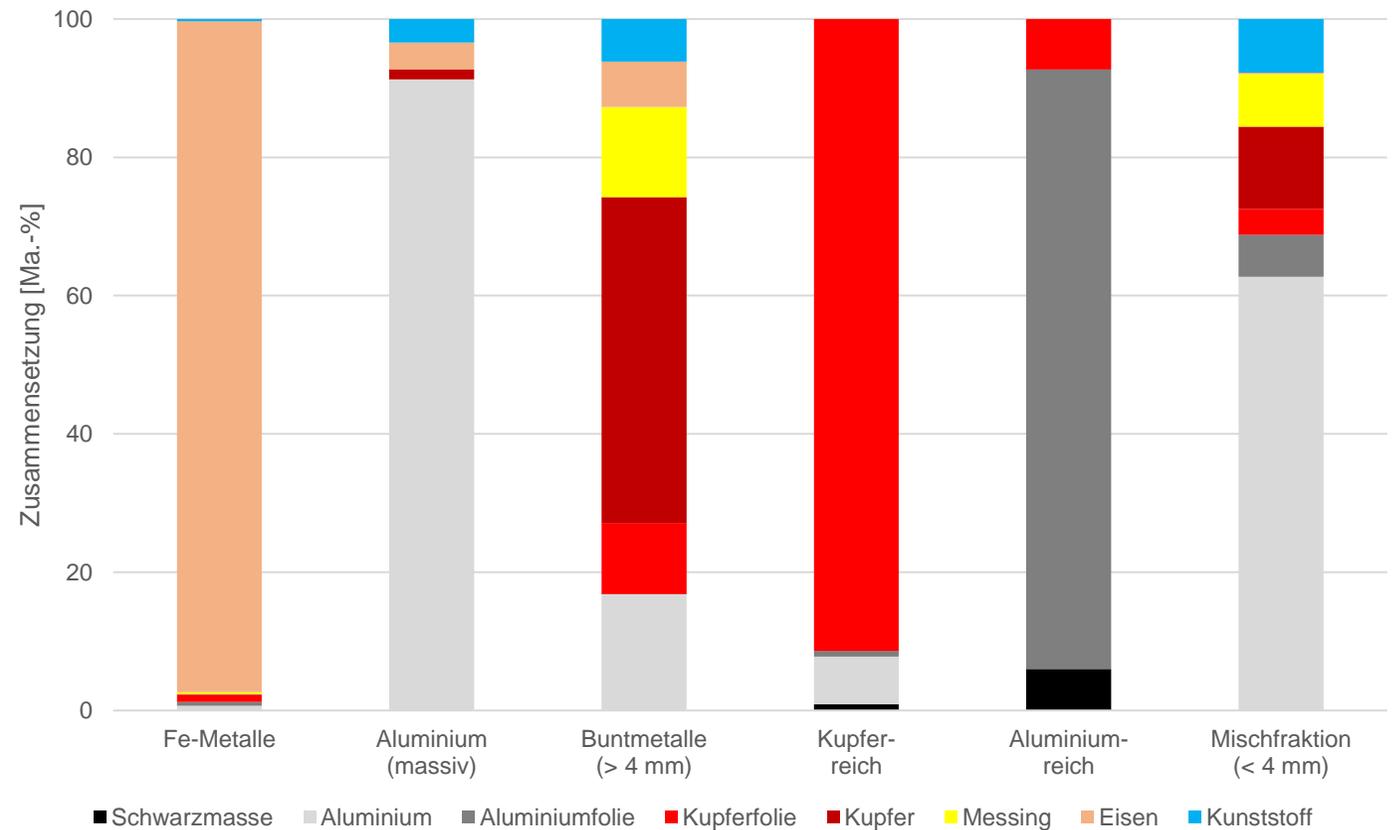
# Bewertung der mechanischen Aufbereitung

Technisch

## Outputfraktionen (modelliert)



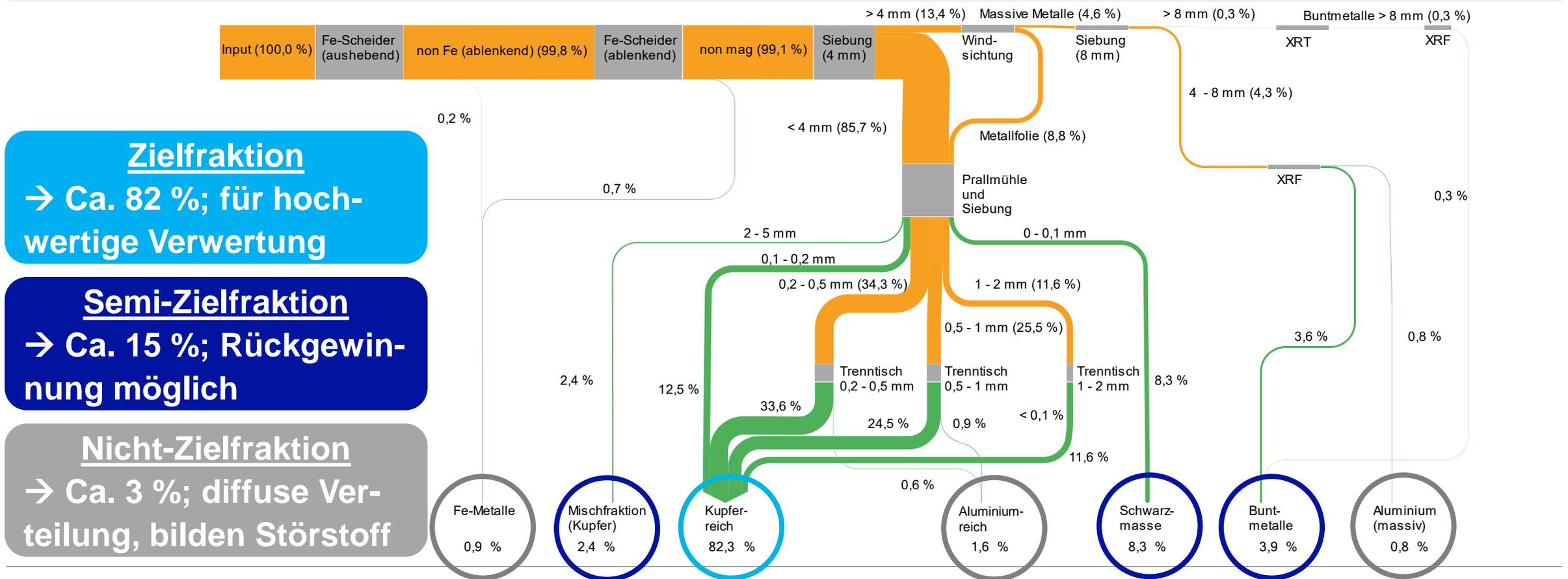
## Qualität der Outputfraktionen (modelliert)



# Bewertung der mechanischen Aufbereitung

Technisch

## Verbleib der Kupferfolie in der Sortierkaskade

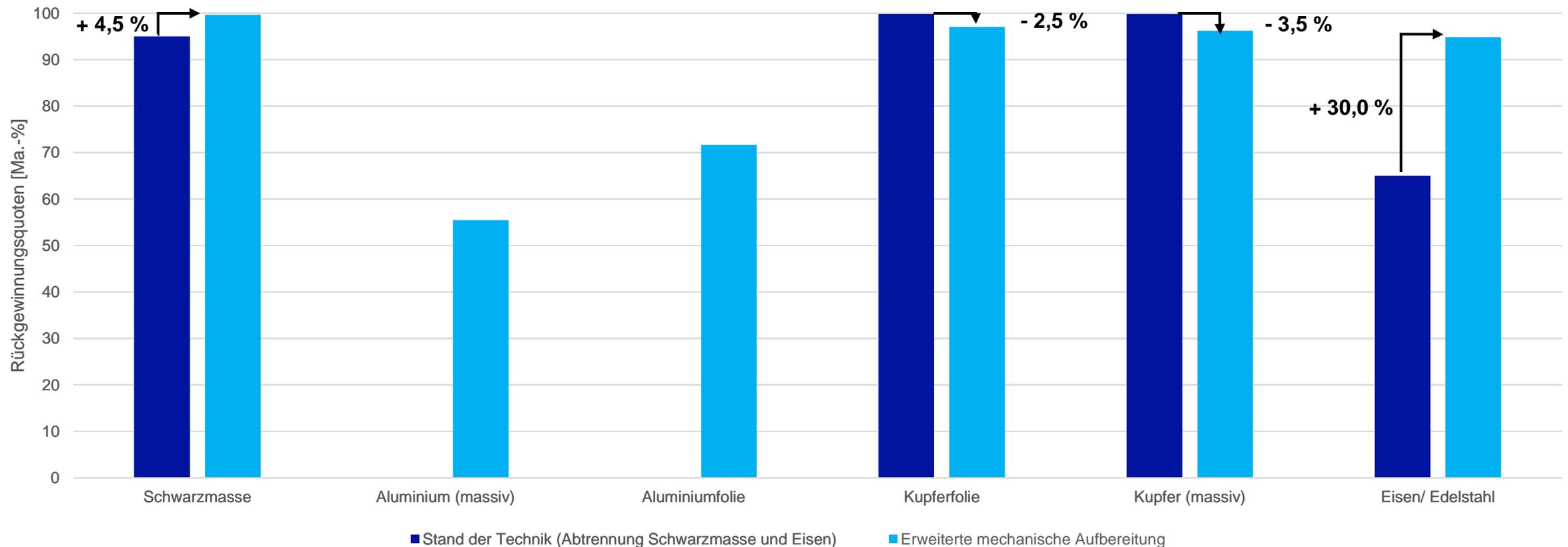


# Bewertung der mechanischen Aufbereitung



Technisch

## Rückgewinnungsquoten Stand der Technik und erweiterte mechanische Aufbereitung



# Bewertung der mechanischen Aufbereitung

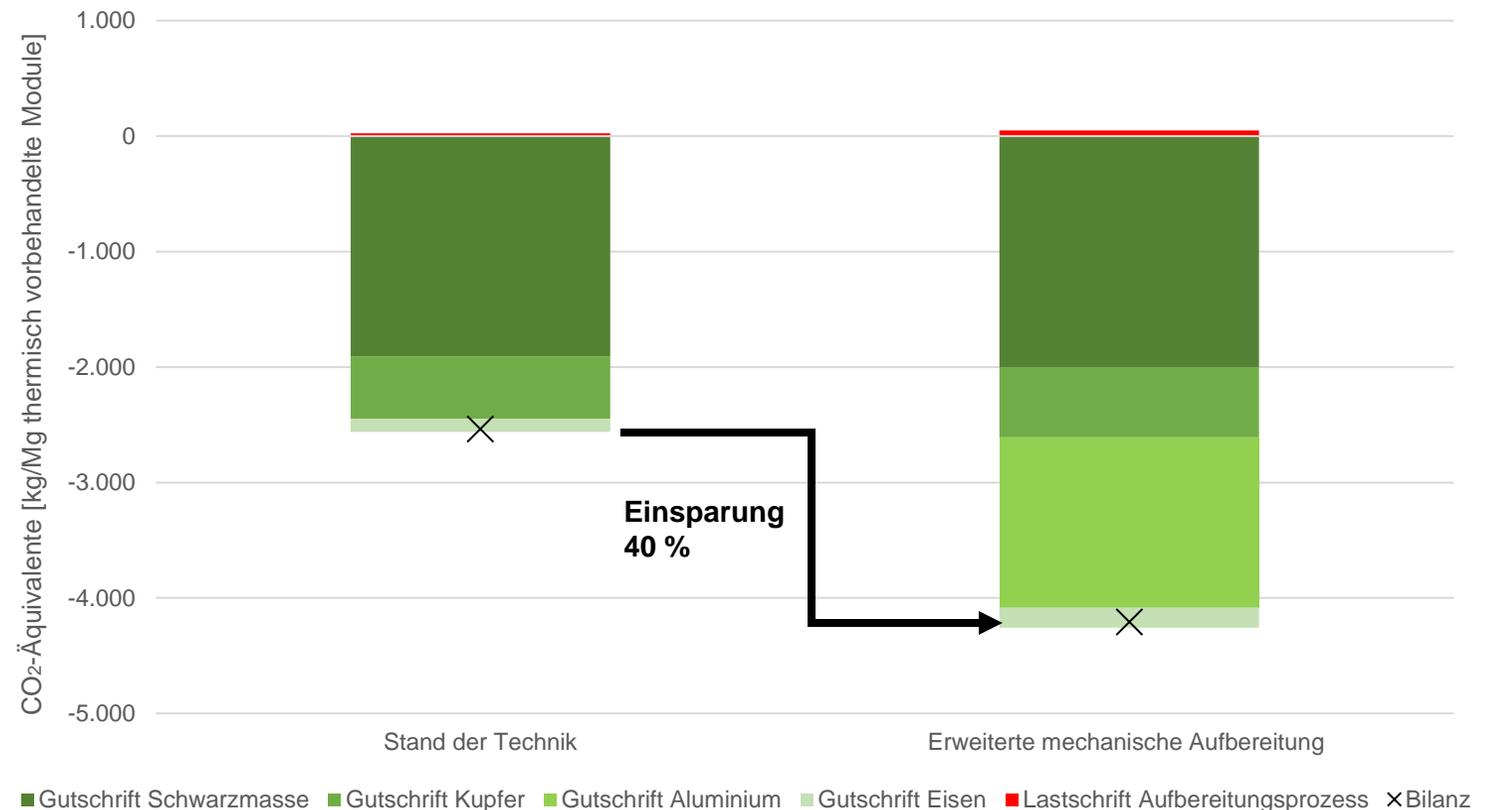
Ökologisch



## Abschätzung Last- und Gutschriften der mechanischen Aufbereitung

- Vergleichende CO<sub>2</sub>-Bilanz
- Systemgrenzen:  
Mechanische Aufbereitung  
bis Sekundärmaterial

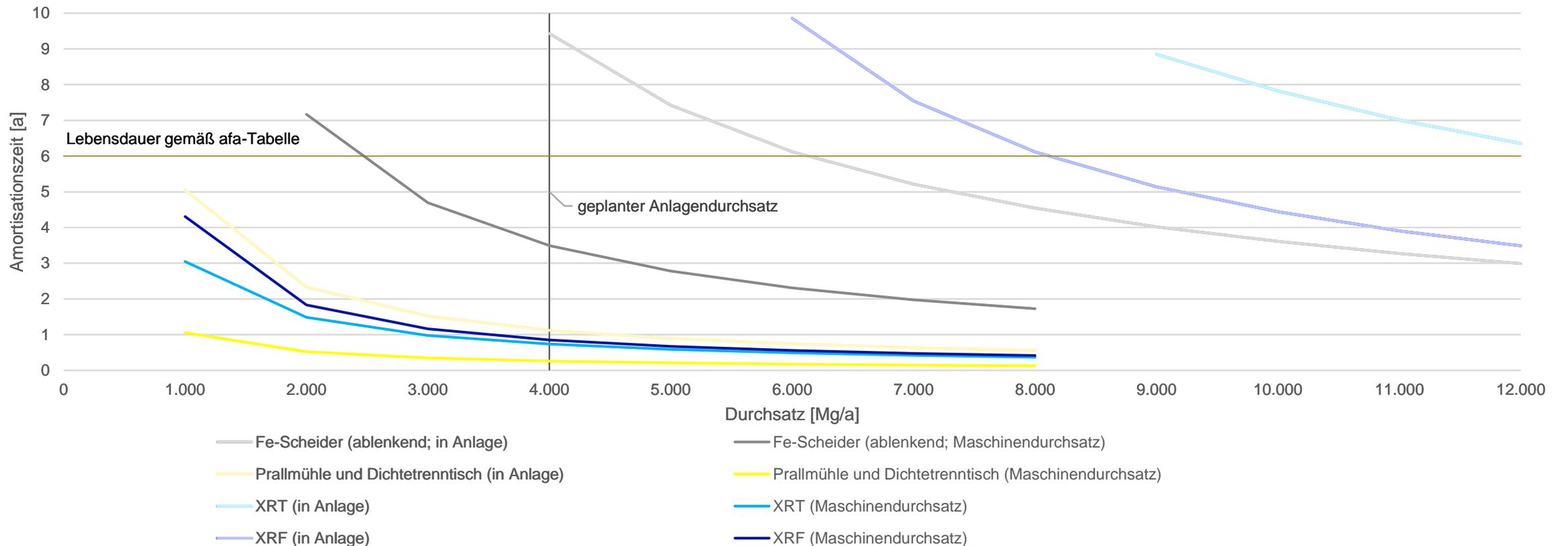
- Geringerer Energieverbrauch durch mechanische Aufbereitung im Vergleich zur Metallurgie
- Hohe Einsparungen durch Rückgewinnung von Aluminium



# Bewertung der mechanischen Aufbereitung

## Ökonomisch

### Amortisationszeit der Aggregate der erweiterten mechanischen Aufbereitung





# Zusammenfassung und Ausblick

# Zusammenfassung und Ausblick



- mechanische Aufbereitung komplex aber möglich
- Aufwand in Metallurgie wird verringert
- Hohe CO<sub>2</sub>-Einsparung durch Rückgewinnung von Aluminium
- Steigerung der Ressourceneffizienz



- Jeder weitere Aufbereitungsschritt verursacht zusätzlichen Aufwand (insb. Kosten)
- Inerte oder nasse Aufbereitung steigert Komplexität weiter
- Verbunde und Fehlsortierung verschlechtern Qualität des Outputs



- Design for Recycling?
  - Module ohne Eisen erfordern weniger Verarbeitungsschritte





# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Merle Zorn M.Sc.  
Prof. Dr.-Ing. Sabine Flamme

<https://www.fh-muenster.de/iwaru/>

