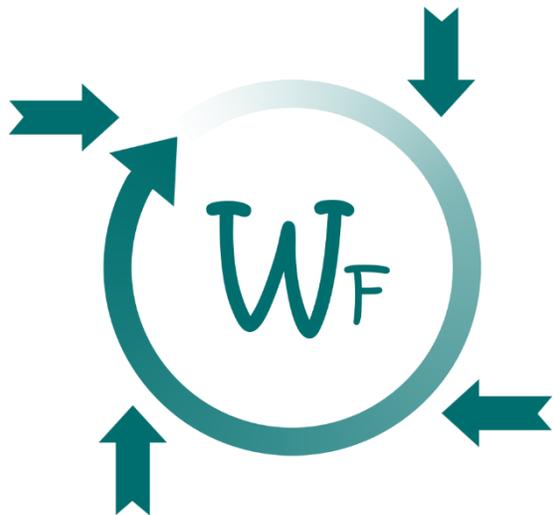
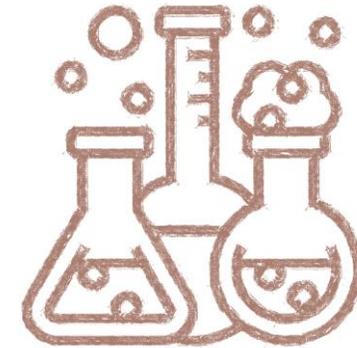
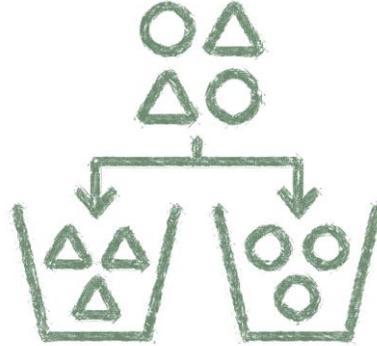
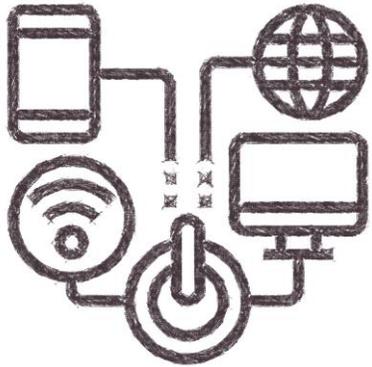


# Digitale Sortieranalyse und Messung kalorischer Parameter im Digital Waste Research Lab



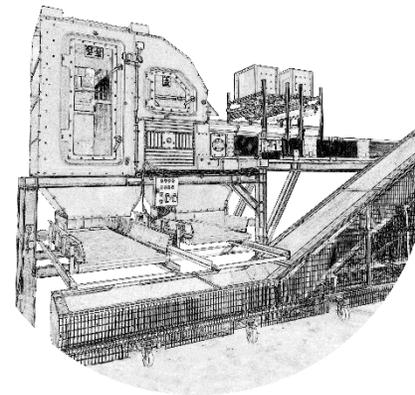
Lisa **KANDLBAUER**, Alexander EGARTER, Nina NOWAK, Renato SARC

Recy & DepoTech 2024 Leoben, 14.11.2024



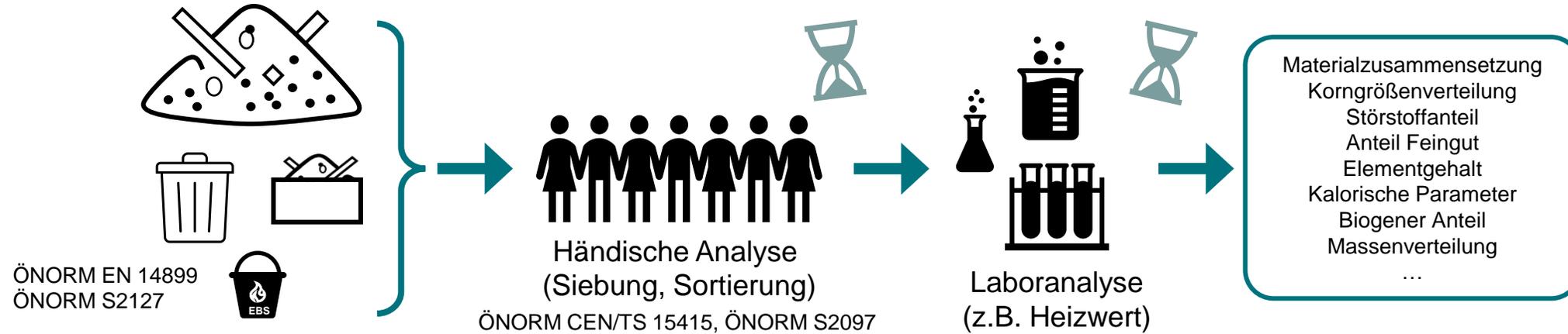
# Digitale Sortieranalyse und Messung kalorischer Parameter im Digital Waste Research Lab

Digitale Analysemethoden  
für Abfälle

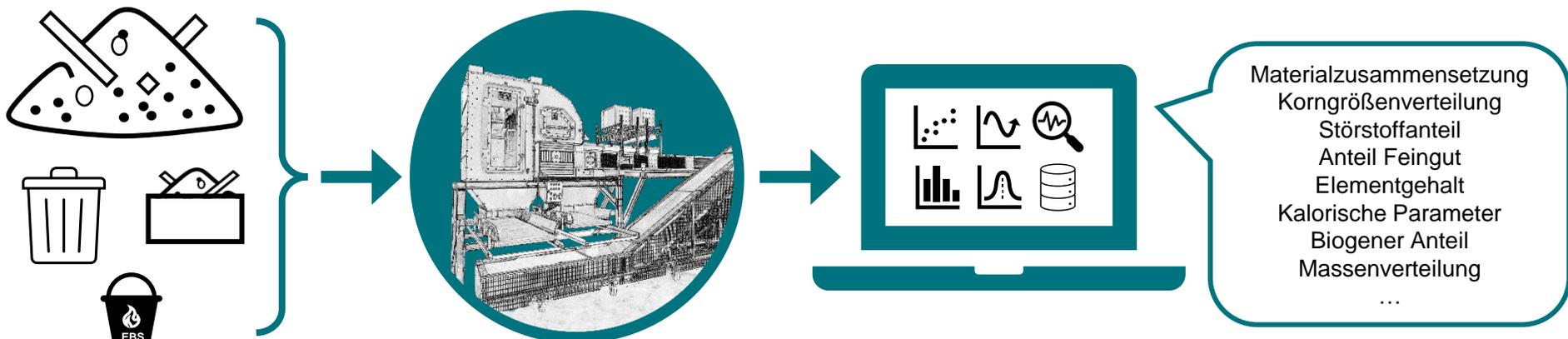


# Warum?

## Herkömmliche Abfallanalyse:



## Digitale Abfallanalyse :





# Digital Waste Research Lab (DWRL)

- Neue Infrastruktur am Lehrstuhl AVAW
- Standort: St. Michael/Oberstmk.
- Sortieranlage mit (semi-) mobiler Sensorik und Fördertechnik
- Adaptierbare Hard-/Software für spezifische Use-Cases
- Entwicklung an/von
  - Sensorik
  - Algorithmen
  - Methoden
  - Konzepten
  - ...

Link zur Publikation: **Kandlbauer et al. 2023**, Großtechnische experimentelle Forschung im Digital Waste Research Lab und Digitale Abfallanalytik und -behandlung, Österr Wasser- und Abfallw. <https://doi.org/10.1007/s00506-023-00999-1>

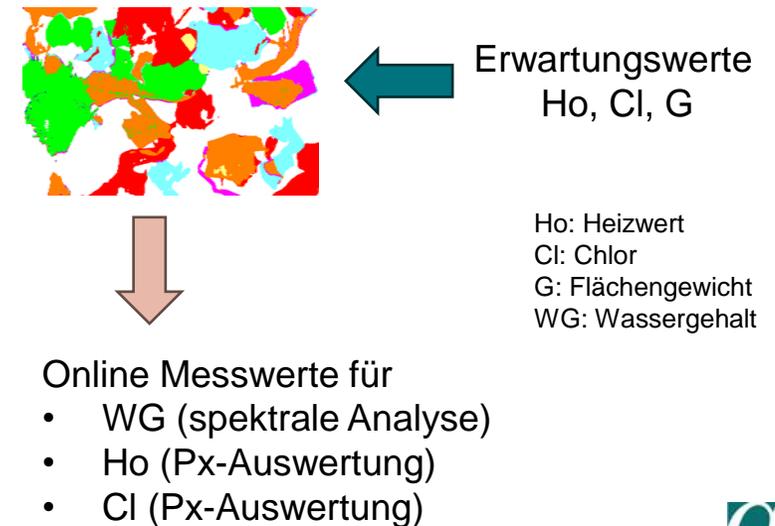


# Online-Online-Qualitätssicherung (OOQS)

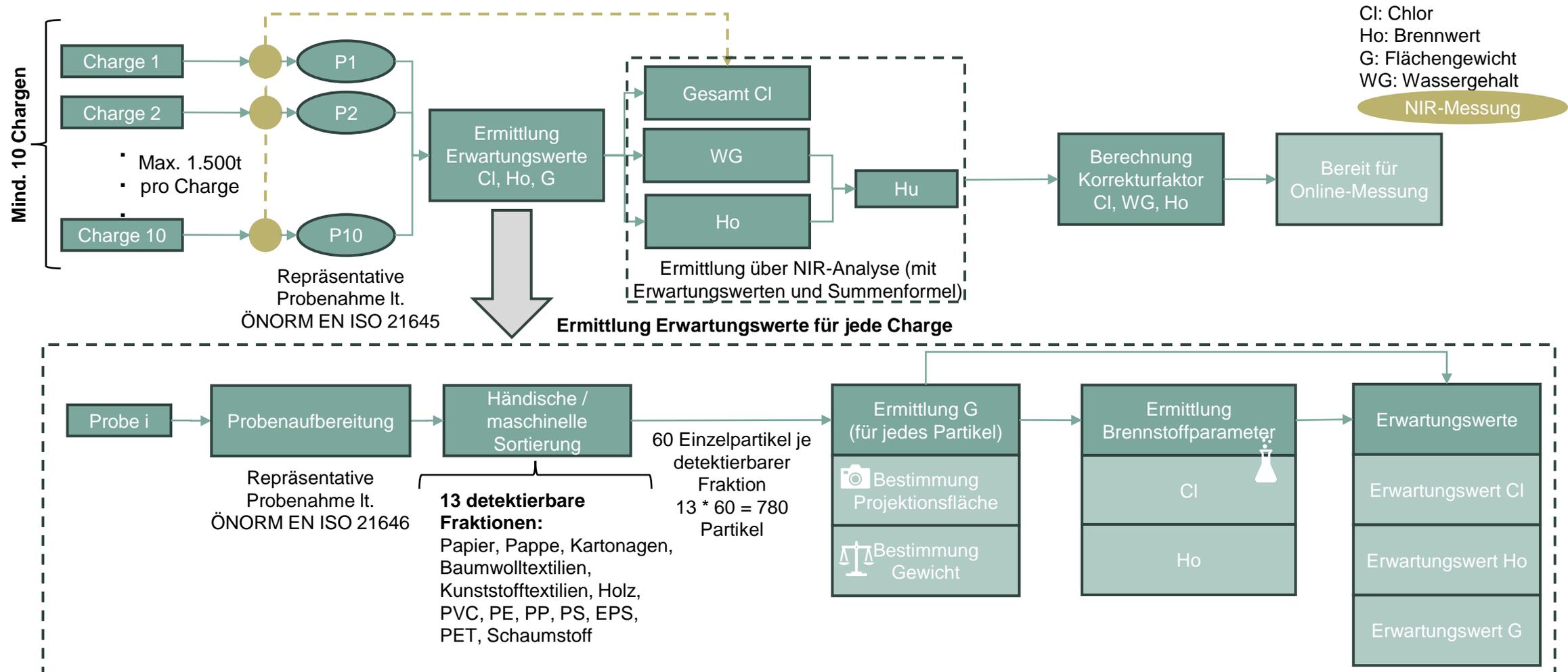
- Messung diverser Qualitätskriterien von EBS über digitale Methoden
  - Kalorische Parameter (Ho/WG)
  - Materialzusammensetzung/Sortieranalyse (Anteil PVC → Indikator für Cl-Gehalt)
- *DIN 54390: Feste Sekundärbrennstoffe - Echtzeit-Bestimmung von Parametern mittels Nahinfrarotspektroskopie (2022)*
- *prEN ISO 22075: Solid recovered fuels - Real-time determination of parameters by near-infrared spectroscopy (2024)*

Diese Dokumente legen ein Prüfverfahren zur kontinuierlichen Prozessanalyse (Echtzeitanalyse) durch Nahinfrarotspektroskopie zur indirekten Bestimmung folgender brennstoffcharakterisierender Parameter fest:

- Gesamt-Chlorgehalt;
- Wassergehalt;
- Heizwert.



# Probenahmekonzept und Analytik für Kalibrierung der Messung - angelehnt an DIN 54390



Schema angelehnt an DIN 54390 Anhang A

# Probenahmekonzept und Analytik für Kalibrierung der Messung - angelehnt an DIN 54390

Mind. 10 Chargen



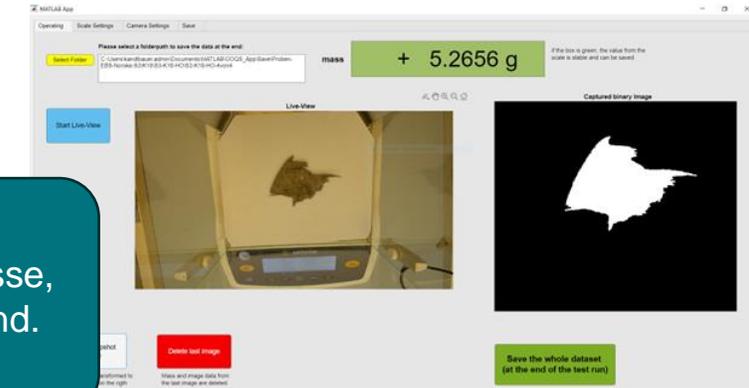
Repräsentative  
Probenahme lt.  
ÖNORM EN ISO 2164

Repräsentative Beprobung  
von 10 Chargen

Charakterisierung  
(Bestimmung Materialklasse,  
Fläche, Gewicht) von mind.  
7.800 Einzelpartikel

Nachvollziehbares,  
einheitliches, vergleichbares  
Verfahren zur OOQS

Mind. 390 Einzelproben für  
Laboranalyse (CI, WG, Ho)



Probe i



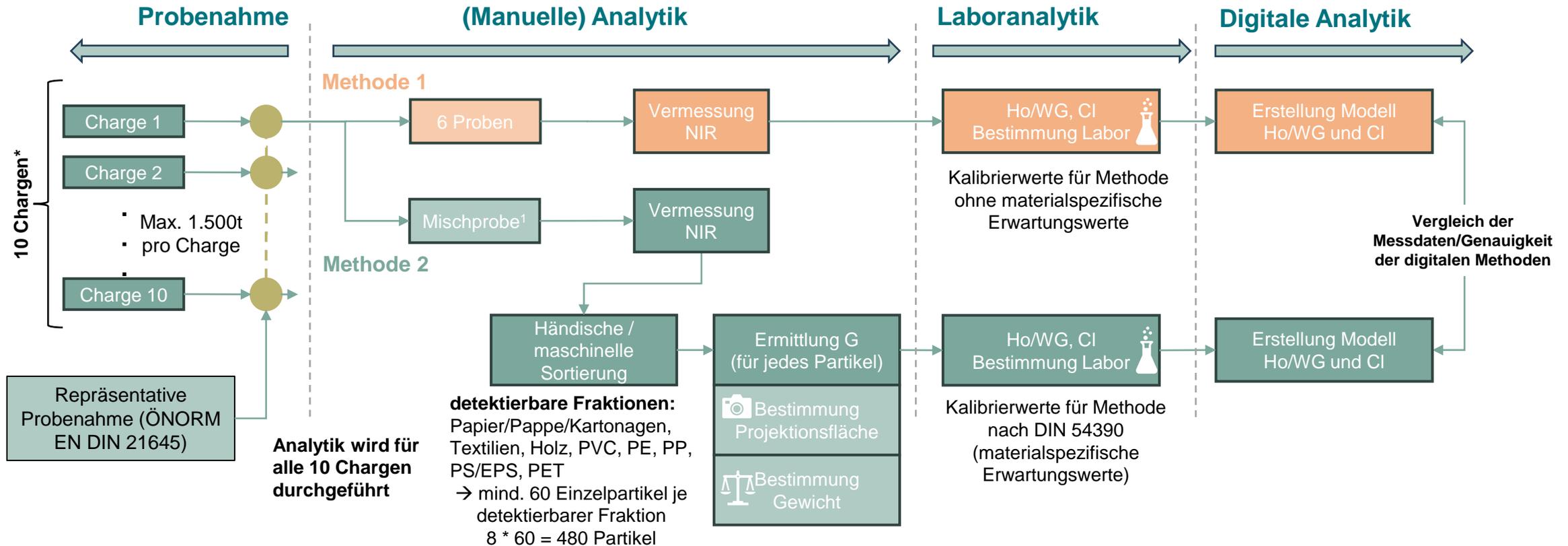
13 detektierbare  
Fraktionen:

Papier, Pappe, Kartonagen,  
Baumwolltextilien,  
Kunststofftextilien, Holz,  
PVC, PE, PP, PS, EPS,  
PET, Schaumstoff



Schema angelehnt an DIN 54390 Anhang A

# Probenahmekonzept und Analytik



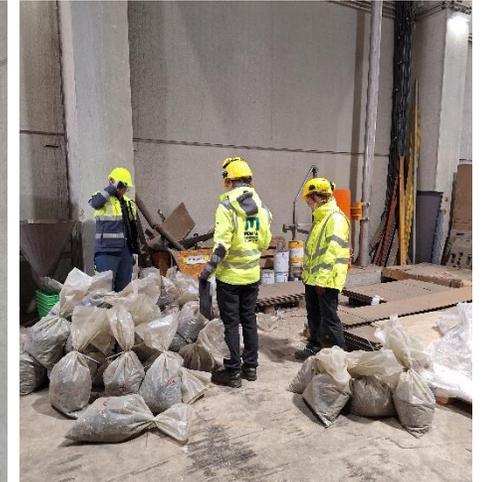
\* 1 Charge = Summe aller Tagesanlieferungen von 1 Lieferant, werden separat gesammelt und dann beprobt

<sup>1</sup> Mischprobe aus 24 Einzelproben nach Norm ÖNORM DIN EN 21645

G = Flächengewicht

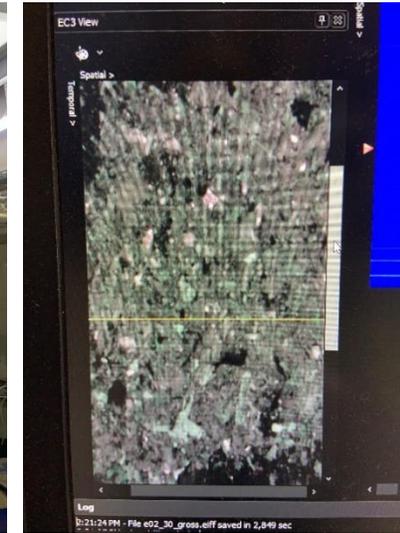
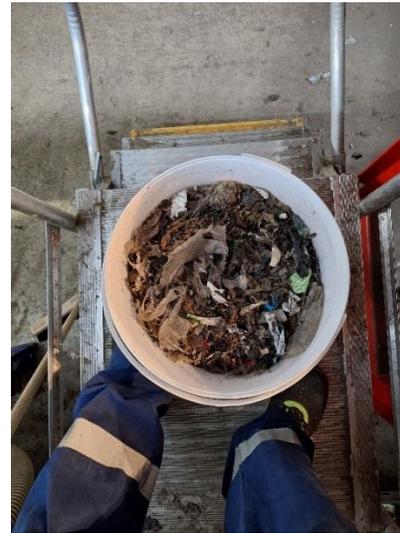
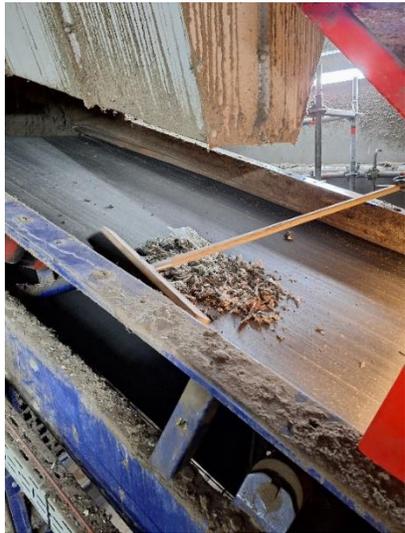
# OOQS: Arbeiten bei EBS-Verwerter

- Repräsentative Probenahme (Beprobung von 10 Chargen)



# OOQS: Arbeiten bei EBS-Verwerter

- Vermessung der Proben mit Analyser (NIR) vor Ort
  - Aufnahme Spektraldaten



# OOQS: Arbeiten am AVAW



Aufzeichnung Spektraldaten im DWRL inkl. Sortieranalyse

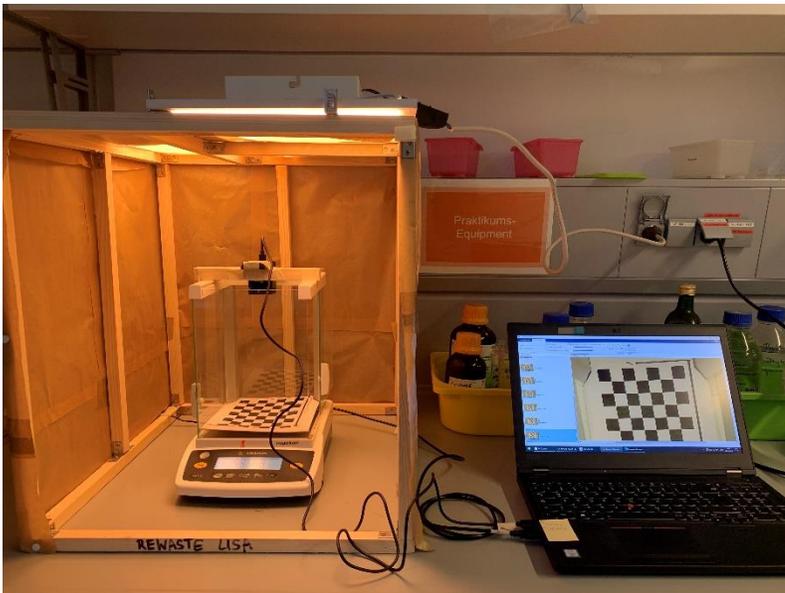


Siebanalyse (10mm) (links: grob; rechts: fein)

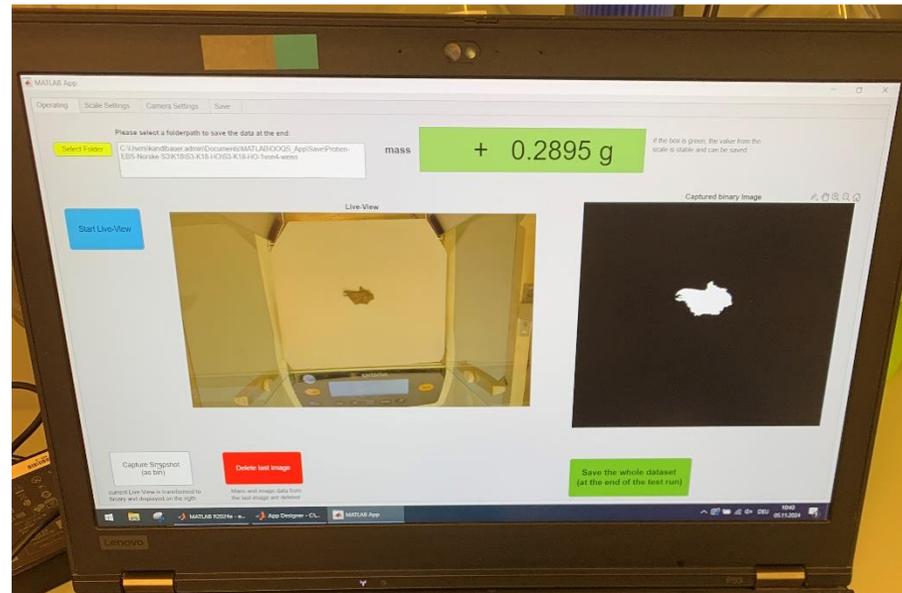


# Ergebnisse

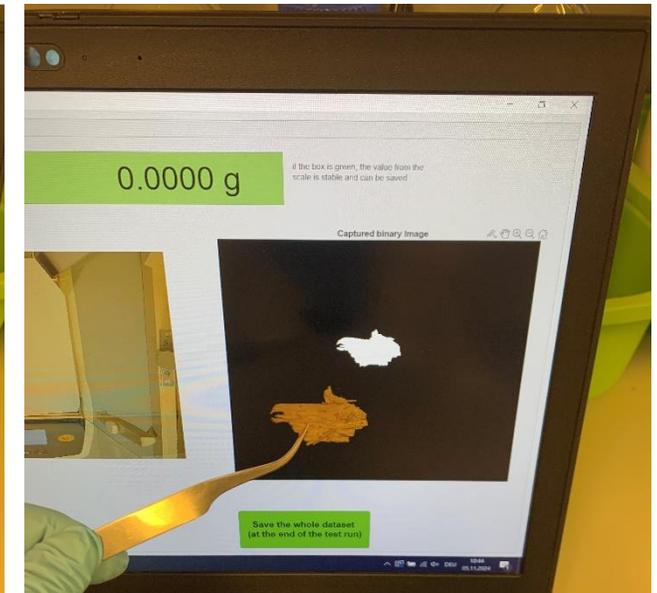
- Charakterisierung von Einzelpartikeln
  - Erfassung von Masse und Fläche von Einzelpartikel



Fotobox mit Kamera, Beleuchtung und Waage



Programmierte grafische Oberfläche und Beispielaufnahme eines Objektes (inkl. Umwandlung in ein Binärbild). Im oberen Bereich wird der aktuelle Wert der Waage angezeigt.



# Ergebnisse

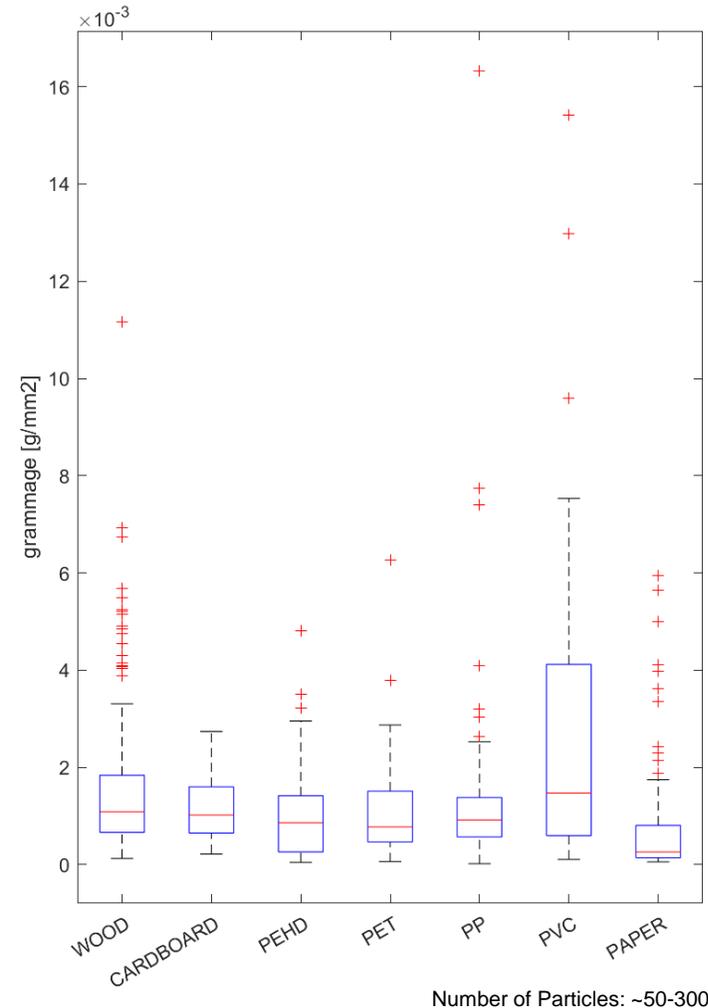
- Datenaufbereitung für Berechnung

Formel aus DIN 54390

$$\text{Brennwert} = \frac{\sum_{j=1}^n (E(q_{V,net})_j * E(G)_j * \sum_{j=1}^n (A)_j)}{\sum_{j=1}^n (E(G)_j * \sum_{j=1}^n (A)_j)}$$

$E(q_{V,net})_j$	Erwartungswert (Medianwert) des Brennwertes der Stoffgruppe j, in MJ/kg;
$E(G)_j$	Erwartungswert (Medianwert) des Flächengewichts G der Stoffgruppe j, in kg/m <sup>2</sup> ;
$(A)_j$	detektierte Projektionsfläche A der Stoffgruppe j, in m <sup>2</sup> ;
j	1...n Stoffgruppen.

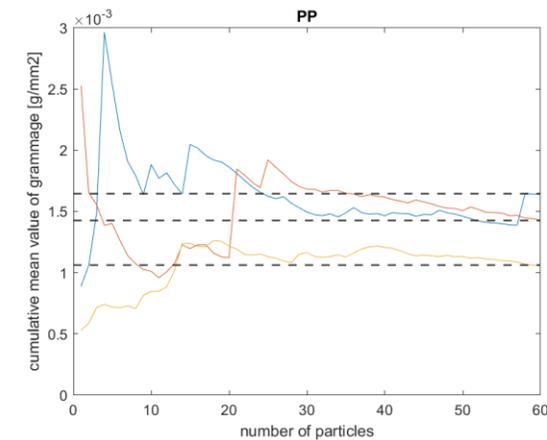
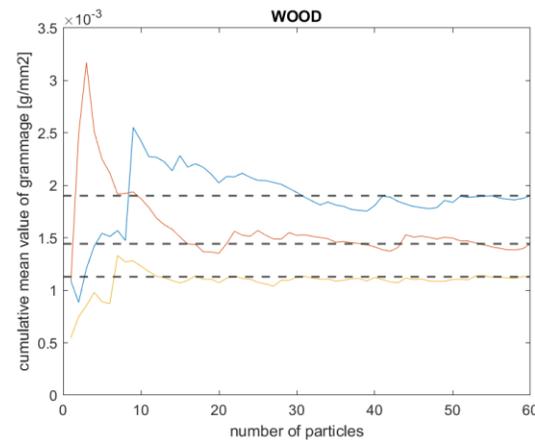
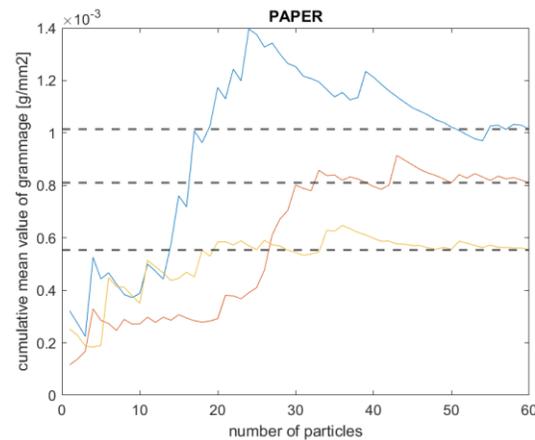
- Aufbereitung der Spektraldaten  
→ Falschfarbenbilder
- Analyse der materialspezifischen Flächengewichte



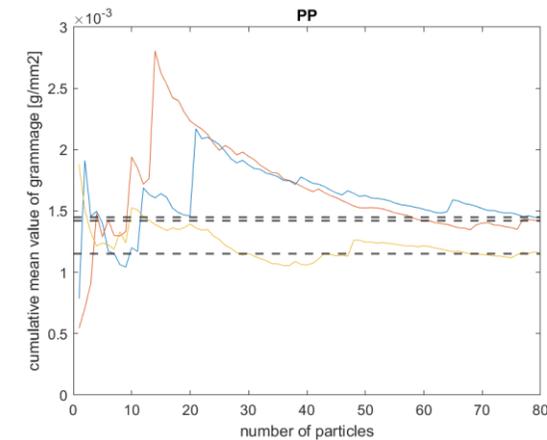
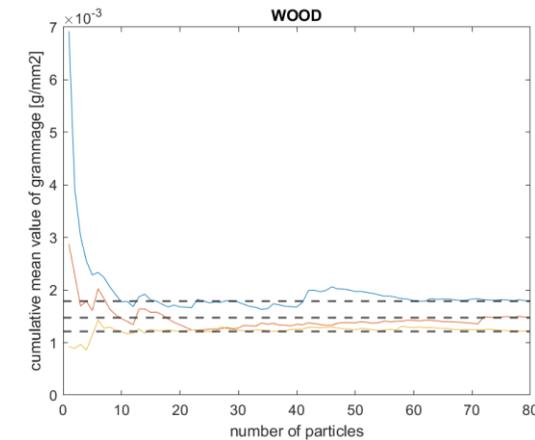
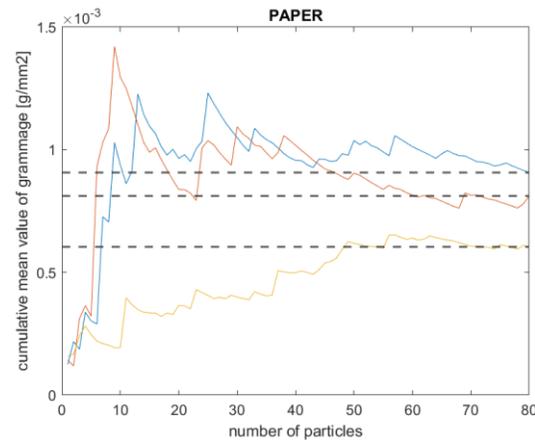
# Ergebnisse

- Was ist kritische/notwendige Anzahl an Partikeln?

n=60



n=80



# Nächste Schritte

- **Fertigstellung Materialanalytik**
  - Materialanalysen Labor → Erster Teil wird bereits analysiert (Ho, WG, CI)
  - Sortierung in Materialfraktionen (NIR, FTIR)
  - Bestimmung von Masse und Fläche der Einzelpartikel
- Untersuchung Einfluss Partikelauswahl (Anzahl, Art)
- Erstellung Vorhersagemodelle
  - Verknüpfung Spektraldaten mit Laborergebnissen
- Vergleich der Ergebnisse der Modelle bei untersch. Kalibriermethoden

**DI Lisa Kandlbauer**

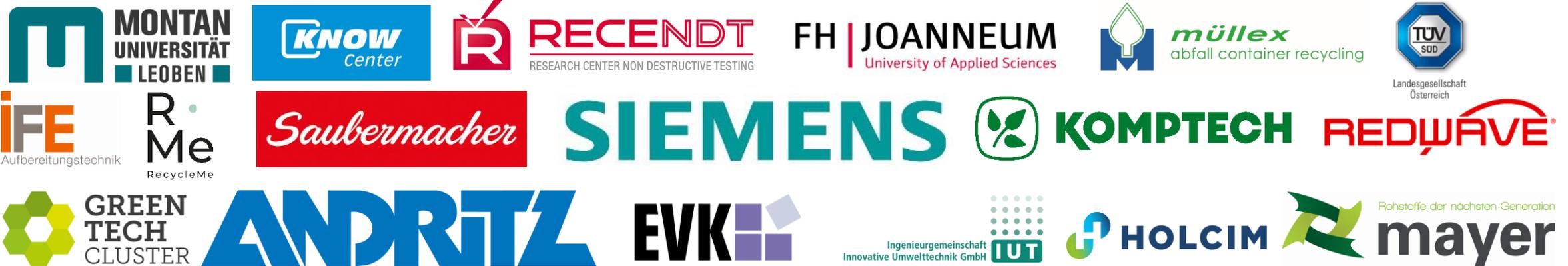
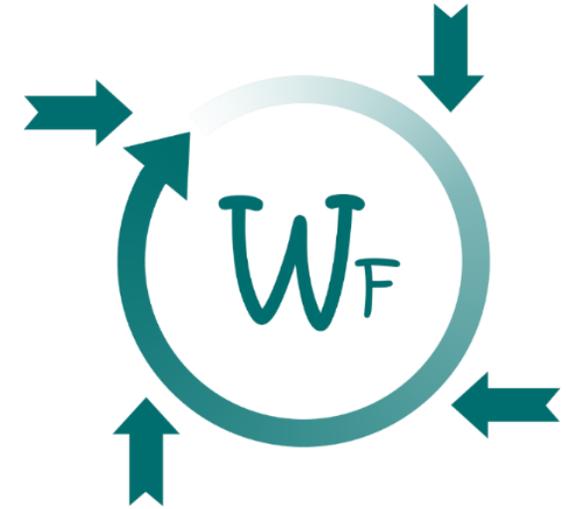
**Montanuniversität Leoben**

**Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft**

Festnetz: +43 (0) 3842 / 402 – 5140

E-Mail: [lisa.kandlbauer@unileoben.ac.at](mailto:lisa.kandlbauer@unileoben.ac.at)

<http://avaw.unileoben.ac.at>



Das Kompetenzzentrum **Recycling and Recovery of Waste for Future – ReWaste F** – (882512) wird im Rahmen von COMET – Competence Centers for Excellent Technologies durch BMK, BMAW und Land Steiermark gefördert. Das Programm COMET wird durch die FFG abgewickelt.



Competence Centers for  
Excellent Technologies

 Bundesministerium  
Klimaschutz, Umwelt,  
Energie, Mobilität,  
Innovation und Technologie

 Bundesministerium  
Arbeit und Wirtschaft

