

Entwicklung einer modularen Technologie zum Recycling von LFP-Batterien

SAB-Verbundprojekt LiFePo-Rec

C. Morgenstern, K. Weißflog / L. Wuschke
srw metalfloat GmbH / Scholz Recycling GmbH



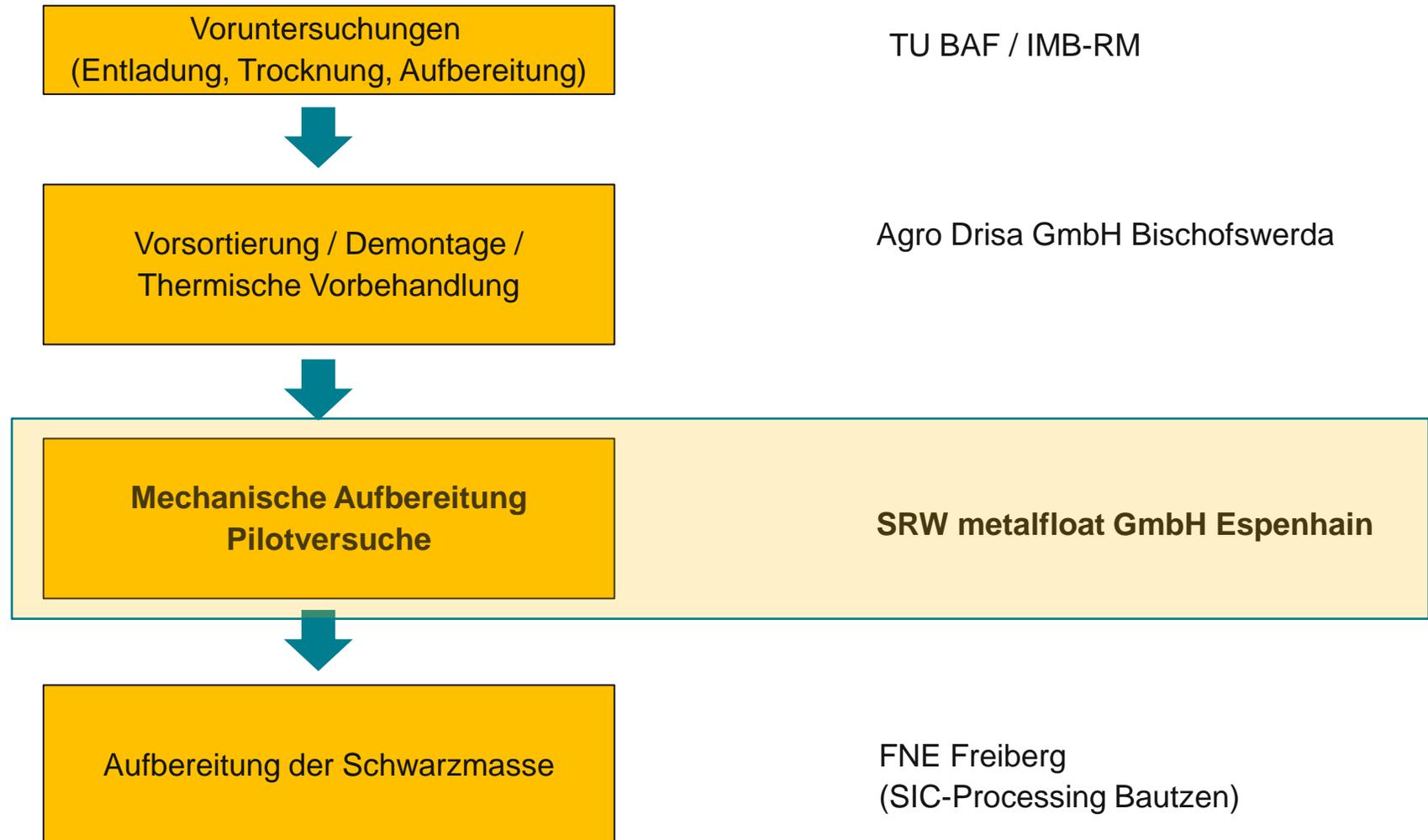
Freiberg, 10. Oktober 2023



Gliederung

| | Folie |
|--|-------|
| A Hintergrund und Einordnung des Projekts | 3 |
| B Arbeitspakete für SRW metalfloat GmbH | 4 |
| C Material, Maschinen und Methoden | 5 |
| D Ergebnisse | 6 |
| E Zusammenfassung und Ausblick | 16 |

Entwicklung einer modularen Technologie zum Recycling von LFP-Batterien



Schwerpunkte SRW:

1) Konzeption, Aufbau und Inbetriebnahme der Versuchsanlage

(Zerkleinerung, Klassierung, Sortierung)

2) Kleintechnische Voruntersuchungen mit Produktionsabfällen

(Anoden- und Kathodenabfälle ohne Elektrolyt)

3) Kleintechnische Untersuchungen mit vorbehandelten Batteriezellen

(entladene und vorgetrocknete Zellen eines Typs)

4) Kleintechnische Untersuchungen mit Mischungen

vorbehandelter Batteriezellen

Übersicht

Material

Anodenfolien

Kathodenfolien

Vorbehandelte Batteriezellen
(Monochargen)

Vorbehandelte Batteriezellen
(Mischungen)

Maschinen

Rotorschere

Granulator

Kreissschwingsiebmaschine

Zick-Zack-Sichter

Hammermühle

Aeroherd

Methoden

Siebanalyse

Sinkgeschwindigkeits-
analysen

Auslesen

Röntgenfluoreszenz-
analyse

Kohlenstoffanalyse

Leistungsmessung

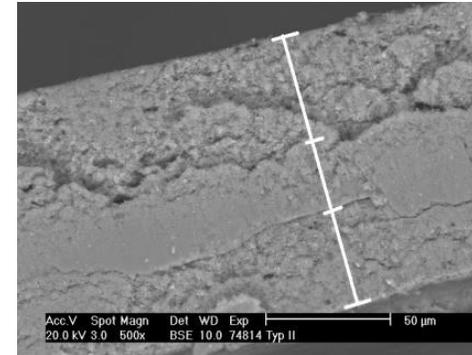
Voruntersuchungen mit Produktionsabfällen



Kathodenfolien



Anodenfolien



REM-Aufnahme Querschnitt Kathodenfolie

| Elektrode | Typ | Dicke mit Beschichtung t_B in μm | Dicke ohne Beschichtung t_F in μm | Flächengewicht mit Beschichtung G_B in mg/cm^2 | Flächengewicht ohne Beschichtung G_B in mg/cm^2 |
|-----------|-----|--|---|---|--|
| Kathode | T1 | 101 ± 2 | 22 ± 1 | 21,0 | 5,5 |
| Kathode | T2 | 120 ± 3 | 21 ± 1 | 26,7 | 5,4 |
| Anode | DS | 247 ± 4 | 8 | 26,8 | 5,6 |

Einfluß der Schicht- und Foliendicken auf die Zerkleinerung und Sortierung!

Input: 23 Zellen a 3,1 kg = 71 kg



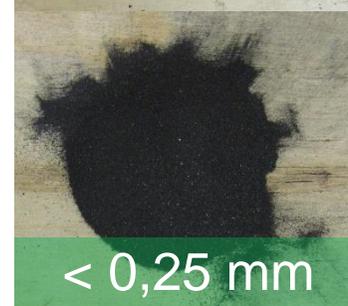
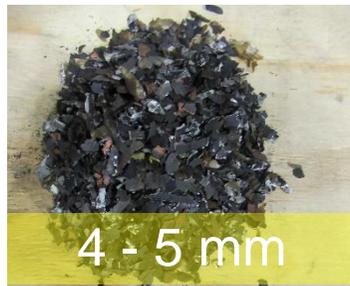
Zerkleinerung
in Rotorschere/
Granulator



Trocknung
in Labortrockner

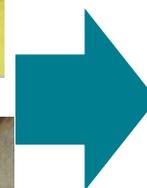


Klassierung I:

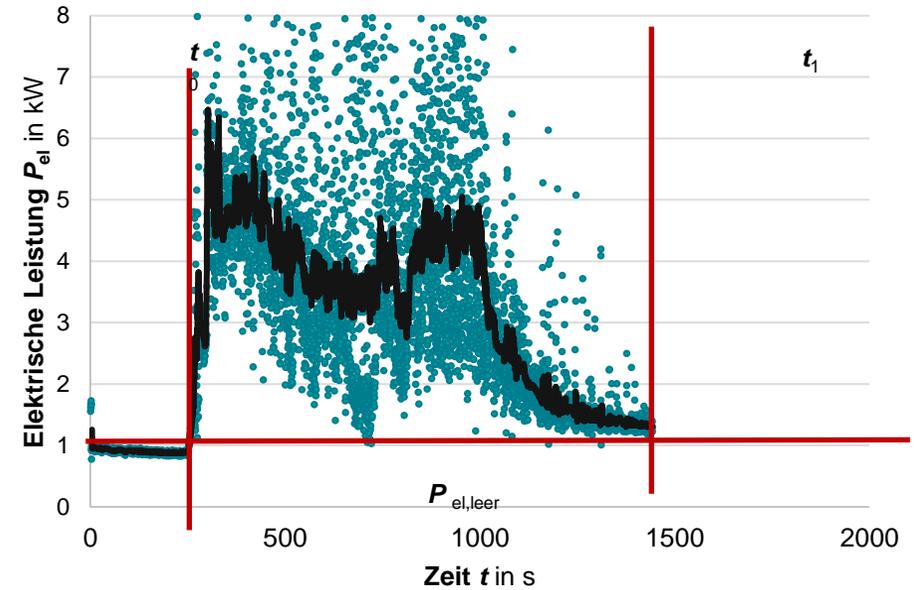


Klassierung
in Kreisschwing-
siebmaschine

Aerostromsortierung:

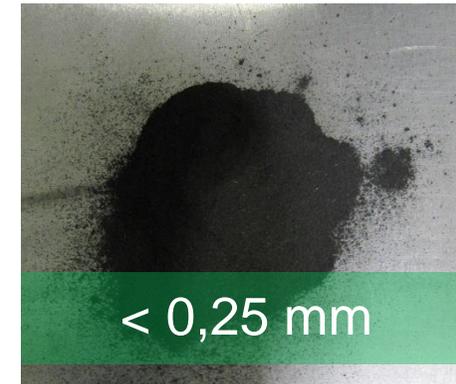
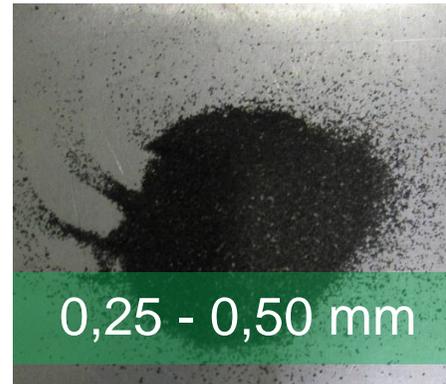
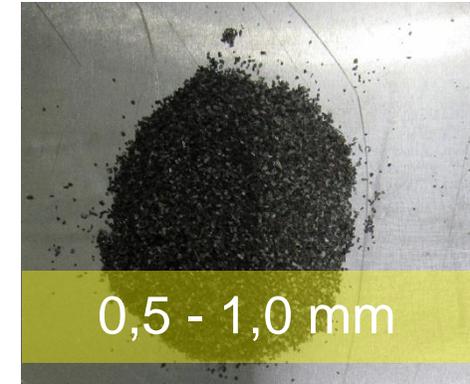
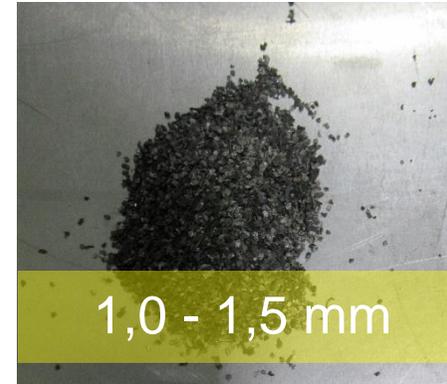
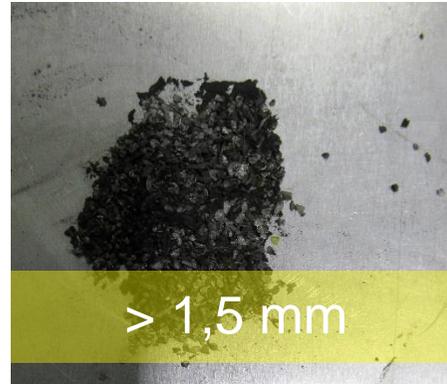


Nachzerkleinerung Hammermühle



Problem: Ausreichende Verkugelung / Entschichtung
und Kupfer- /Aluminiumverluste in Schwarzmasse als Zielkonflikt

Klassierung II



Klassierung

in Kreisschwing-
siebmaschine

Ziel: Bereitstellung von Versuchsmaterial für NFE

Aeroherdsortierung:



Sortierung
im Aeroherd



Massebilanz:

| Prozess | Nr. | Produkt | Produktklasse | R_m in % |
|------------------|-----|-----------|---------------------------|--------------|
| Zerkleinerung I | 1 | LM1 | Lösemittel | 1,9 |
| Trocknung I | 2 | LM2 | Lösemittel | 7,6 |
| Klassierung I | 3 | SM1 | Schwarzmasse | 4,5 |
| Klassierung I | 4 | SM1 | Schwarzmasse | 6,4 |
| Sichtung I | 5 | StG 1 | Separatorfolienkonzentrat | 1,7 |
| Sichtung III | 6 | SiG 3 | Metallkonzentrat | 6,6 |
| Sichtung III | 7 | StG 3 | Kunststoffkonzentrat | 21,4 |
| Zerkleinerung II | 8 | Rückstand | Kunststoffkonzentrat | 1,1 |
| Klassierung II | 9 | SM2 | Schwarzmasse | 21,3 |
| Klassierung II | 10 | SM2 | Schwarzmasse | 14,7 |
| Trocknung II | 11 | LM3 | Lösemittel | 1,7 |
| Sortierung I | 12 | Al1 | Aluminiumkonzentrat | 5,5 |
| Sortierung I | 13 | Cu 1 | Kupferkonzentrat | 2,7 |
| Sortierung II | 14 | Al2 | Aluminiumkonzentrat | 1,9 |
| Sortierung II | 15 | Cu2 | Kupferkonzentrat | 0,3 |
| Sortierung II | 16 | Metall | Metallkonzentrat | 0,8 |
| | | | Summe | 100,0 |

Stoffbilanz: Gehalte der Produkte

| Nr. | Produkt | Partikelgröße x in mm | Produktklasse | Masseausbringen R _m in % | Gehalt | | | | | | | | | | | | |
|------|-----------|-----------------------------|---------------------------|---|-----------------|------------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|-----------------|-----------------|-------------------|--------------------|-------|
| | | | | | c _{LM} | c _{Schw arz.} | c _{Stahl} | c _{Gehäuse} | c _{Cu-Kont.} | c _{Al-Kont.} | c _{Separ.} | c _{Kunst.} | c _{Cu} | c _{Al} | c _{Rest} | c _{Gesa.} | |
| | | | | | in % | in % | in % | in % | in % | in % | in % | in % | in % | in % | in % | in % | |
| | | | | 100,0 | | | | | | | | | | | | | 0,0 |
| P 1 | LM 1 | | LM | 1,9 | 100,0 | | | | | | | | | | | | 100,0 |
| P 2 | LM 2 | | LM | 7,6 | 100,0 | | | | | | | | | | | | 100,0 |
| P 3 | SM 1 | <0,25 | SM | 4,5 | | 95,6 | | | | | | | 4,1 | 0,3 | | | 100,0 |
| P 4 | SM 1 | 0,25 - 0,5 | SM | 6,4 | | 91,7 | | | | | | | 7,6 | 0,7 | | | 100,0 |
| P 5 | Steig. 1 | | Separatorfolienkonzentrat | 1,7 | | 32,1 | | | | | 49,3 | | | | | 18,6 | 100,0 |
| P 6 | Sink. 3 | >2 | Metallkonzentrat | 6,6 | | | 10,1 | | 67,1 | 22,8 | | | | | | | 100,0 |
| P 7 | Steig. 3 | >2 | Kunststoffkonzentrat | 21,4 | | 1,8 | | 84,9 | | | | | | | | 13,3 | 100,0 |
| P 8 | Rückstand | >2 | Kunststoffkonzentrat | 1,1 | | | | | | | | 100,0 | | | | | 100,0 |
| P 9 | SM 2 | <0,25 | SM | 21,3 | | 91,1 | | | | | | | 8,3 | 0,6 | | | 100,0 |
| P 10 | SM 2 | 0,25 - 0,5 | SM | 14,7 | | 86,5 | | | | | | | 10,9 | 2,6 | | | 100,0 |
| P 11 | LM 3 | | LM | 1,7 | 100,0 | | | | | | | | | | | | 100,0 |
| P 12 | Al 1 | 0,5 - 1,0 | Aluminiumkonzentrat | 5,5 | | 55,0 | | | | | | | 20,3 | 24,6 | | | 100,0 |
| P 13 | Cu 1 | 0,5 - 1,0 | Kupferkonzentrat | 2,7 | | 36,8 | | | | | | | 54,7 | 8,5 | | | 100,0 |
| P 14 | Al 2 | 1,0 - 1,5 | Aluminiumkonzentrat | 1,9 | | 18,2 | | | | | | | 11,0 | 70,9 | | | 100,0 |
| P 15 | Cu 2 | 1,0 - 1,5 | Kupferkonzentrat | 0,3 | | 12,4 | | | | | | | 44,9 | 42,7 | | | 100,0 |
| P 16 | Metall | 1,0 - 1,5 | Konzentrat | 0,8 | | 16,5 | | | | | | | 12,7 | 70,9 | | | 100,0 |

Stoffbilanz: Wertstoffausbringen

| Nr. | Produkt | Partikelgröße x in mm | Produkt- klasse | Masse- aus- bringen R _m in % | Wertstoffausbringen | | | | | | | | | | | |
|--------------|----------------|-----------------------------|-------------------------------------|---|---------------------|-------------------------|----------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| | | | | | R _{C LM} | R _{C Schw ar.} | R _{C Stahl} | R _{C Gehäuse} | R _{C Cu-Kont.} | R _{C Al-Kont.} | R _{C Separ.} | R _{C Kunst.} | R _{C Cu} | R _{C Al} | R _{C res.} | R _{C ges.} |
| | | | | | in % | in % | in % | in % | in % | in % | in % | in % | in % | in % | in % | in % |
| | | | | 100,0 | | | | | | | | | | | | |
| P 1 | LM 1 | | LM | 1,9 | 16,5 | | | | | | | | | | | 1,8 |
| P 2 | LM 2 | | LM | 7,6 | 68,1 | | | | | | | | | | | 7,6 |
| P 3 | SM 1 | <0,25 | SM | 4,5 | | 9,1 | | | | | | 2,6 | 0,3 | | | 4,5 |
| P 4 | SM 1 | 0,25 - 0,5 | SM | 6,4 | | 12,3 | | | | | | 6,9 | 1,1 | | | 6,4 |
| P 5 | Steig. 1 | | Separator- folien- konzentrat | 1,7 | | 1,1 | | | | 100,0 | | | | | 9,8 | 1,7 |
| P 6 | Sink. 3 | >2 | Metall- konzentrat | 6,6 | | | 100,0 | | 100,0 | 100,0 | | | | | | 6,6 |
| P 7 | Steig. 3 | >2 | Kunststoff- konzentrat | 21,4 | | 0,8 | | 100,0 | | | | | | | 90,2 | 21,4 |
| P 8 | Rück- stand | >2 | Kunststoff- konzentrat | 1,1 | | | | | | | | 100,0 | | | | 1,1 |
| P 9 | SM 2 | <0,25 | SM | 21,3 | | 40,6 | | | | | | 25,1 | 3,1 | | | 21,3 |
| P 10 | SM 2 | 0,25 - 0,5 | SM | 14,7 | | 26,6 | | | | | | 22,7 | 9,2 | | | 14,7 |
| P 11 | LM 3 | | LM | 1,7 | 15,4 | | | | | | | | | | | 1,7 |
| P 12 | Al 1 | 0,5 - 1,0 | Aluminium- konzentrat | 5,5 | | 6,3 | | | | | | 15,8 | 32,4 | | | 5,5 |
| P 13 | Cu 1 | 0,5 - 1,0 | Kupfer- konzentrat | 2,7 | | 2,1 | | | | | | 20,7 | 5,4 | | | 2,7 |
| P 14 | Al 2 | 1,0 - 1,5 | Aluminium- konzentrat | 1,9 | | 0,7 | | | | | | 3,0 | 32,5 | | | 1,9 |
| P 15 | Cu 2 | 1,0 - 1,5 | Kupfer- konzentrat | 0,3 | | 0,1 | | | | | | 1,8 | 2,9 | | | 0,3 |
| P 16 | Metall | 1,0 - 1,5 | Konzentrat | 0,8 | | 0,3 | | | | | | 1,4 | 13,2 | | | 0,8 |
| Summe | | | | | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

- Konzept für Versuchsanlage wurde erstellt,
- Versuchsanlage in Betrieb genommen,
- Voruntersuchungen mit Produktionsabfällen abgeschlossen,
- Kleintechnische Untersuchungen mit vorbehandelten LFP-Zellen abgeschlossen,
- Kleintechnische Untersuchungen mit Mischungen von LFP-Zellen erledigt

- Optimierung des Verfahrens anhand der Spezifikation
der Schwarzmasseverarbeiter erforderlich

- Weitere Versuche für neue Zelltypen erforderlich (Batteriedatenbank)

Fragen / Anmerkungen

M.Sc. Cyndi Morgenstern ; Dr. Lutz Wuschke; Dipl.-Ing. Kay Weißflog |
Forschung & Entwicklung

Berndt-Ulrich-Scholz-Straße 1 | 04571 Rötha OT Espenhain / Deutschland
Telefon +49 34206 614 344 | Fax +49 34206 614 39 | Mobil +49 172 3798966
Email lutz.wuschke@Scholz-Recycling.de | www.scholz-recycling.de

Scholz Recycling GmbH
Berndt-Ulrich-Scholz-Str.1
73457 Essing/Germany

Telefon +49 7365 84-0
Fax +49 7365 1481
info@scholz-recycling.de
www.scholz-recycling.de



Aerostromsortierung: Klasse 8 mm bis 10 mm

