

Batterie- Recycling und Filtration

Ein Fachbeitrag der MSE Filterpressen GmbH
über die Rolle der Fest-Flüssig-Trennung in
hydrometallurgischen Batterie-Recyclingprozessen.



Steigende Anforderungen im Batterie-Recycling

Mit dem Ausbau europäischer Batterierecyclingkapazitäten steigen die Anforderungen an Prozessstabilität, Rohstoffrückgewinnung und Betriebssicherheit deutlich. Zugleich gewinnt die Rückgewinnung strategisch relevanter Materialien wie Lithium, Nickel, Mangan, Kobalt und Graphit für Kreislaufwirtschaft und Rohstoffsicherheit an Bedeutung. Die EU-Batterieverordnung verschärft diese Entwicklung: Sie schreibt verbindliche Rückgewinnungsquoten für Lithium, Kobalt und Nickel vor – hohe Metallausbeuten sind damit nicht mehr nur ein wirtschaftliches, sondern ein regulatorisches Erfordernis.

Hydrometallurgische Verfahren haben sich dabei als zentraler Prozesspfad etabliert. Im Gegensatz zu rein thermischen oder trockenen Aufbereitungsverfahren ermöglichen sie eine besonders effiziente Rückgewinnung wertvoller Rohstoffe und gelten zugleich als sicherer sowie ressourcenschonender Ansatz im industriellen Batterierecycling. Im

industriellen Betrieb zeigt sich jedoch: Nicht einzelne Prozessschritte entscheiden über die Wirtschaftlichkeit – sondern deren Stabilität unter realen, variablen Bedingungen.

Im hydrometallurgischen Prozess werden Batteriematerialien typischerweise unter folgenden Bedingungen behandelt:

- Leaching bei 60–80 °C
- pH-Werte im sauren Bereich (≈ 1)
- Auflösung von Nickel, Mangan, Kobalt und Lithium aus der Black Mass
- anschließende mehrstufige Fällungsprozesse

Die Filtration trennt dabei Feststoffe aus dem Prozessslurry und stellt sicher, dass nachgelagerte Schritte wie Precipitation, Refining und Kristallisation mit definierten Medienqualitäten arbeiten können.

Warum Filtration ein kritischer Prozesshebel ist

Die Filtration beeinflusst nicht isoliert einen Prozessschritt, sondern mehrere zentrale Leistungsparameter gleichzeitig:

- Metallausbeute (Yield)
- Filtratqualität (TSS)
- Effizienz nachgelagerter Prozesse
- Chemikalien- und Wasserverbrauch
- Anlagenverfügbarkeit
- Einhaltung von Umwelt- und Sicherheitsanforderungen

Insbesondere die Effizienz der Kuchenwäsche ist ein entscheidender Faktor. Eine hohe Waschleistung entfernt unerwünschte Begleitstoffe und beeinflusst direkt die Reinheit der zurückgewonnenen Materialien.

In industriellen Anwendungen erreichen moderne Filterpressensysteme Wascheffizienzen von über 97 % – das heißt, mehr als 97 % der löslichen Begleitstoffe werden aus dem Filterkuchen entfernt. Das reduziert den Reinigungsaufwand in nachgelagerten Schritten unmittelbar. Solche Werte lassen sich jedoch nur erreichen, wenn Anlagen-

technik, Prozessführung und Mediencharakteristik präzise aufeinander abgestimmt sind. MSE beschäftigt sich bereits seit 2018 intensiv mit Filtrationslösungen für Batterie- und Recyclingprozesse und entwickelt gemeinsam mit namhaften Unternehmen der Branche maßgeschneiderte Konzepte entlang des gesamten Batterielebenszyklus.

Auf diese Weise reduziert sich der Aufbereitungsaufwand in nachgelagerten Prozessschritten erheblich. Eine hohe Reinheit wirkt sich zugleich positiv auf die Leistung (Energiedichte / Reichweite) der späteren Batterien aus.

Auch der Entwässerungsgrad spielt eine zentrale Rolle:

- Ein hoher Trockensubstanzgehalt reduziert
- Energiebedarf für die Trocknung
- Transportvolumen
- Handlingsaufwand im Downstream



Typische Herausforderungen in der Praxis

In Batterie- und Metallrecyclingprozessen treffen meist mehrere anspruchsvolle Einflussfaktoren zusammen. Dazu gehören:

abrasive
Metalloxide

feine, schwer
filtrierbare **Partikel**
(z. B. Graphit)

stark schwankende
Partikelgrößen-
verteilungen

variable
Viskositäten

hohe Anforderungen
an **Kuchenwäsche**

steigende
Anforderungen an
Emissionsschutz,
Expositions-
minimierung und
Arbeitssicherheit

Die Filtration muss dabei Slurries verarbeiten, die häufig eine sehr hohe Feinpartikelfraktion aufweisen. Besonders Graphitpartikel stellen aufgrund ihrer Morphologie und geringen Partikelgröße hohe Anforderungen an Filtermedien und Prozessführung.

Diese Kombination führt in der Praxis dann häufig zu:

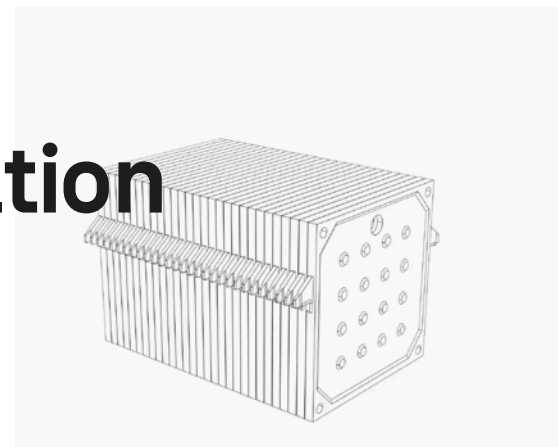
- schwankenden Filtratqualitäten
- schwankender Kuchenreinheit
- erhöhtem Waschmittelverbrauch
- instabilen Zykluszeiten
- steigender mechanischer Belastung der Anlage
- zusätzlichem Aufwand in nachgelagerten Prozessschritten

Konsequenzen unzureichender Filtration

Wenn die Fest-Flüssig-Trennung nicht stabil arbeitet, entstehen direkte wirtschaftliche und operative Risiken. Die wirtschaftliche Bedeutung verdeutlicht folgendes Rechenbeispiel aus der NMC-Filtration: Bei einem Chargenoutput von 2,4 t und einem durchschnittlichen Materialwert von rund 50 €/kg entspricht jede Charge einem Warenwert von ca. 120.000 € – ein einziger Prozentpunkt Yield-Verlust kostet somit rund 1.200 € pro Charge und summiert sich im kontinuierlichen Betrieb schnell zu sechsstelligen Beträgen pro Jahr. Dem stehen jährliche Betriebskosten der Filterpresse von unter 1,5 % der Investitionssumme gegenüber. Typische Risiken instabiler Filtration sind:

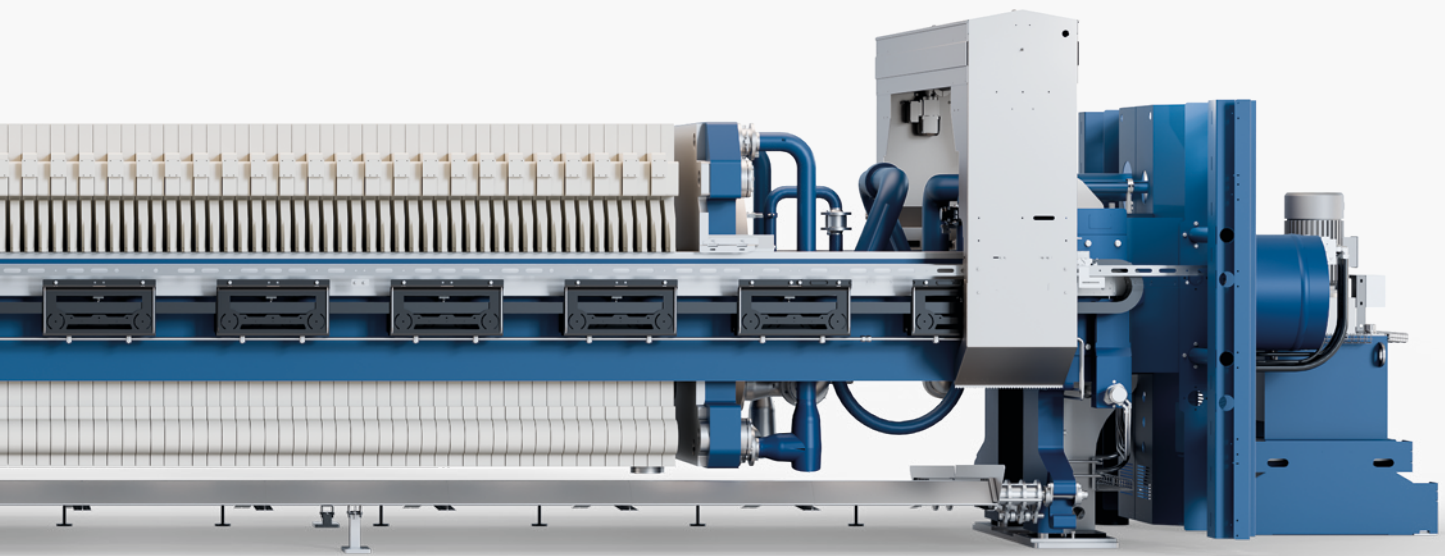
- Verlust wertvoller Metalle durch unzureichende Abtrennung
- Erhöhter Chemikalieneinsatz durch ineffiziente Waschprozesse
- Störungen nachgelagerter Prozesse (z. B. Precipitation, Refining)
- Reduzierte Anlagenverfügbarkeit durch Verschleiß und Störungen
- Erhöhte Emissions-, Expositions- und Sicherheitsrisiken

Gerade im Batterierecycling sind Sicherheitsaspekte besonders relevant. Während der Verarbeitung können feine Metall- und Graphitstäube entstehen, darunter auch lungengängige Kobaltpartikel. Daher ist es von zentraler Bedeutung, dass Anlagenkonzepte



eine möglichst geschlossene Prozessführung gewährleisten.

Filtration ist somit nicht nur ein Teilprozess, sondern ein zentraler Stabilitäts- und Wirtschaftlichkeitsfaktor. Effiziente Kuchenwäsche und hohe Entwässerungsleistung unterstützen die Materialreinheit, reduzieren nachgelagerte Prozessaufwände und können Trocknungs-, Transport- und Handlingkosten senken.



Technische Anforderungen an industrielle Filtrationslösungen

Um unter realen Prozessbedingungen stabil zu arbeiten, müssen Filtrationssysteme also mehrere Anforderungen gleichzeitig erfüllen. Entscheidend ist dabei eine medienorientierte Auslegung, die Filtration, Kuchenwäsche, Entwässerung, Automatisierung und Sicherheitsanforderungen gemeinsam betrachtet.

Zentrale Anforderungen sind:

- kontrollierte und geschlossene Medienführung
- reproduzierbare Prozessbedingungen bei schwankenden Eingangsdaten
- hohe mechanische Robustheit gegenüber abrasiven Medien
- effiziente und kontrollierbare Kuchenwäsche
- Minimierung von Emissionen und Exposition
- Skalierbarkeit vom Pilot- bis zum Produktionsmaßstab

○ —————

Zusätzlich müssen Filtermedien und Filterplatten speziell für hydrometallurgische Anwendungen ausgelegt sein, um hohe Filtratqualitäten und Entwässerungsleistungen sowie stabile Zykluszeiten und reproduzierbare Kuchenstrukturen zu gewährleisten.

Entscheidend ist dabei nicht nur die einzelne Komponente, sondern das Zusammenspiel aus Systemdesign, Steuerung und Prozessführung. Das gilt vom Pilotmaßstab, in dem Medienverhalten und Prozessparameter validiert werden, bis zur industriellen Skalierung.

Geschlossene Filterpressensysteme für anspruchsvolle Batterie- und Recyclingprozesse

In Batterie- und Recyclingprozessen reicht es also nicht aus, Filtration ausschließlich als klassischen Trennschritt zu betrachten. Insbesondere bei feinen Partikeln, abrasiven Medien oder hohen Anforderungen an die Reinheit der zurückgewonnenen Materialien entscheidet das Zusammenspiel aus Filtration, Kuchenwäsche, Entwässerung und Prozessführung über die Gesamtperformance der Anlage.



○ —————

Eine zentrale Rolle spielt dabei die effiziente Kuchenwäsche. Hohe Wascheffizienzen erfordern nicht nur geeignete Filtermedien, sondern ein tiefes Verständnis der jeweiligen Prozessbedingungen und Mediencharakteristika. Entscheidend sind unter anderem:

- die richtige Auslegung der Filterpressengröße
- eine homogene Durchströmung des Filterkuchens
- abgestimmte Werkstoffe für aggressive oder abrasive Medien
- die Auslegung von Verrohrung und Medienführung
- die Möglichkeit verschiedener Prozessschritte innerhalb der Filterpresse (z. B. Kuchenwäsche, Nachbehandlung, Trocknung)
- die passende Automatisierungs- und Steuerungstechnik

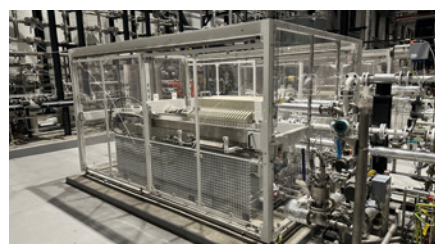
Erst das abgestimmte Zusammenspiel dieser Faktoren ermöglicht stabile und reproduzierbare Ergebnisse im industriellen Maßstab.

○ —————

Geschlossene Filterpressensysteme bieten dabei zusätzliche Vorteile, insbesondere hinsichtlich Prozesskontrolle, Arbeitssicherheit und Anlagenstabilität. Zu den wesentlichen Merkmalen zählen:

- vollständige Einhausung der Anlage
- definierte und kontrollierte Medienführung
- reduzierte Exposition für Bedienpersonal
- stabile Prozessbedingungen auch bei variierenden Medien
- hohe Anlagenverfügbarkeit im Dauerbetrieb

Dadurch lassen sich sowohl Prozessstabilität als auch Arbeitssicherheit gezielt verbessern.





MSE CellTRON-Serie

Mit der CellTRON-Serie bietet MSE ein Filterpressensystem, das speziell für Batterie- und Metallrecyclingprozesse ausgelegt ist. Dabei betrachtet MSE die Filterpresse nicht als Einzelkomponente, sondern als medien- und prozessorientierten Bestandteil der gesamten Prozesskette.

MSE bringt hierfür über 40 Jahre Erfahrung in der Fest-Flüssig-Trennung sowie umfangreiche Projekterfahrung im Batterieumfeld ein. Seit 2018 entwickelt das Unternehmen gemeinsam mit namhaften Akteuren der Branche Lösungen für unterschiedliche Anwendungen entlang des gesamten Batterielebenszyklus.

Die Systeme werden dabei häufig projektspezifisch ausgelegt, um unterschiedliche Mediencharakteristika, Prozessparameter und Kapazitätsanforderungen abzudecken.

Technische Eigenschaften:

- vollständig geschlossenes Anlagenkonzept
- integrierte CIP-Reinigungssysteme
- robuste Auslegung für abrasive Medien
- flexible Prozessführung innerhalb der Filterpresse
- skalierbar vom Pilotmaßstab bis zur Industrieanlage
- ausgelegt für hohe Verfügbarkeiten im kontinuierlichen Betrieb



AI:PureLogic

Ergänzend kann die Filtration durch adaptive Steuerungssysteme weiter optimiert werden. AI:PureLogic ermöglicht die dynamische Anpassung von:

Druckprofilen

Waschzyklen

Füllverhalten

Zykluszeiten

Filtertuch-
zustände

Durch Echtzeitanalyse von Prozessdaten lassen sich Filtrations- und Waschprozesse kontinuierlich stabilisieren und reproduzierbar auslegen.



Validierte Praxiswerte aus Batterieprozessen

Die folgenden Ergebnisse basieren auf realen Anwendungen und über 100 Versuchen in Batterie- und Recyclingprozessen im Pilot- und Produktionsmaßstab:

	Black Mass Filtration nach Leaching	NMC Precipitation Filtration	Impurity Precipitation	Batterieproduktion Downstream (Graphit)	Batterieproduktion Upstream (CAM Precursor)
Durchsatz (l/m ² /h)	551	608	—	—	—
Kuchenproduktion (kg/m ² /h)	147	139	—	—	—
Trockensubstanz im Filterkuchen (%)	> 70	> 60	> 55	> 68	> 94
Filtration (°C)	bis 80 °C	bis 80 °C	bis 80 °C	bis 80 °C	bis 80 °C
Anlagenverfügbarkeit (%)	> 98	> 98	> 98	> 98	> 98
TSS im Filtrat (ppm)	< 100	< 90	< 150	< 50	< 200
Kuchenwascheffizienz (%)	> 97,3	> 97,3	> 97,3	—	> 99
Waschflüssigkeitsbedarf	3:1	3:1	3:1	—	4:1
Besonderheit	hohe Prozess- stabilität bei feinen Partikeln				

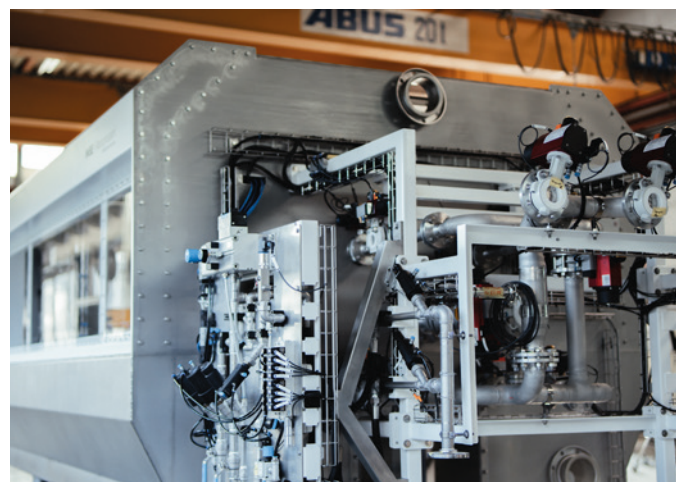
*Kuchenwascheffizienz bezogen auf lösliche Verunreinigungen.
Der Waschflüssigkeitsbedarf beschreibt das Verhältnis von Waschvolumen zu Kuchenporenvolumen.*

Rückgewinnungsraten von bis zu 96 %

In Kundenprojekten wurden mit MSE Filterpressen Metallrückgewinnungsraten von bis zu 96 % erreicht. Ausschlaggebend dafür ist die Filtration als vorgelagerter Schritt: Nur was im Filterkuchen zuverlässig zurückgehalten wird, steht den nachgelagerten Rückgewinnungsstufen überhaupt zur Verfügung. Die daraus zurückgewonnenen Materialien können hinsichtlich Reinheit und Leistungsfähigkeit mit Primärmaterial vergleichbar sein – in einzelnen Anwendungen sogar darüber hinausgehen.

Entscheidend hierfür ist die Kombination aus hoher Kuchenwascheffizienz, stabiler Prozessführung und reproduzierbarer Entwässerungsleistung. Alternative Maschinenkonzepte wie Zentrifugen, Bandfilter oder Trommelfilter stoßen bei feinen, schwer filtrierbaren Partikeln verfahrensbedingt an Grenzen: Die Kombination aus hohem Trockensubstanzgehalt, kontrollierter Kuchenwäsche und geschlossener Prozessführung lässt sich dort konstruktionsbedingt nur eingeschränkt abbilden.

Diese Ergebnisse zeigen: Auch unter anspruchsvollsten Medienbedingungen lässt sich eine stabile und reproduzierbare Filtration mit hohen Rückgewinnungsraten zuverlässig realisieren.





Filtration als Stabilitätsanker moderner Recyclingprozesse

Effizientes Batterierecycling erfordert Prozessschritte, die auch unter variablen Bedingungen zuverlässig funktionieren und die Rückgewinnung strategisch relevanter Rohstoffe wirtschaftlich unterstützen.

Die Filtration übernimmt dabei eine Schlüsselrolle:

- **sie stabilisiert nachgelagerte Prozesse**
- **reduziert Betriebskosten**
- **erhöht die Anlagenverfügbarkeit**
- **verbessert die Arbeitssicherheit**

Systeme, die Filtration als integrierten, kontrollierten Prozess verstehen, leisten damit einen entscheidenden Beitrag zur wirtschaftlichen und sicheren Skalierung von Recyclinganlagen – und stärken die Grundlage für eine industrielle Kreislaufwirtschaft im Batteriebereich.

Nächster Schritt

Wenn Filtration in bestehenden oder geplanten Prozessen eine kritische Rolle spielt, lohnt sich eine gezielte Analyse der Prozessparameter – bis hin zum Pilotversuch mit Ihrem Originalslurry im MSE-Technikum. So lassen sich Auslegung und Skalierung auf Basis realer Medien validieren.



**Unverbindliche Prozessanalyse
oder Pilotversuch anfragen**
mse-filterpressen.de