

Rollattrition für feinkörnige Mineralien, Erze oder Metalle

Michael Bräumer

Als energiesparende Variante herkömmlicher Attritionsverfahren für Feinkorn wird die Rollattrition in diesem Beitrag vorgestellt.

Für den Aufschluss von Verbunden und Verwachsungen sind verschiedene Techniken bekannt. Die Attrition basiert auf den Beanspruchungsarten Prallen, Reiben, Rollen oder Schwingen bis hin zur Ultraschallwäsche.

Die Rollattrition mithilfe von Hydrozyklonen ist für feinkörnige Güter < 2 mm geeignet, dort wo die für grobkörnigere Güter eingesetzten Läuterverfahren (Läutertrommeln, Schwertwäscher, Rührwerksattritionen) ihre Korngrößenbedingten Grenzen finden. In den meisten Einsatzfällen findet eine mehrfache Rezirkulation statt. Hierdurch wird sichergestellt, dass alle Teilchenoberflächen durch die Attrition ausreichend lange behandelt werden.

Bisherige Erfahrungen zeigen, dass der Energieaufwand und die Verschleißkosten im Allgemeinen durchschnittlich im Verhältnis von 1:1 zueinander stehen. Dadurch kann davon ausgegangen werden, dass eine Verminderung der Energiekosten gleichzeitig auch eine Verminderung der Verschleißkosten nach sich ziehen wird.

Technische Erklärung der Rollattrition

Im Fliehkraftfeld eines Hydrozyklons werden feinkörnige Teilchen gegeneinander gerieben, sodass ein Nassschleifeffekt innerhalb der Rotationsreibung entsteht, wobei der Schwerpunkt auf einer schnellen kreisenden Bewegung bei mittlerer bis hoher Trübedichte liegt. Die Teilchen sollen mit unterschiedlichen Rotationsgeschwindigkeiten gegeneinander prallen und reiben. Dieser Effekt gelingt bei feinkörnigerem Aufgabegut in einem 4-Wege-Hydrozyklon noch intensiver als in einem 3-Wege-Hydrozyklon, weil die Summe der Reibungswege und Kornaufprallereignisse dort strömungsbedingt noch höher ist.

Diese Anwendung der Rollattrition eignet sich besonders gut für die Oberflächenbehandlung von Mineralien, Erzen oder Metallen sowie Verbunden bzw. Verwachsungen, welche von unerwünschten Anhaftungen befreit bzw. getrennt werden sollen. Gegenüber Zellenrührwerksattritoren kann bei feineren Kornbandbreiten bis 2 mm ein günstigeres Energienutzenverhältnis erzielt werden.

Einsatzmöglichkeiten für Attritionen

Einsatzmöglichkeiten für Attritionen sind

- Ölgewinnung aus Ölsanden und Ölschiefen, Reinigung von verunreinigten Sanden,
- Qualitätsverbesserung von Industriemineralien oder REA-Gips durch Abtragen von anhaftenden Metalloxidschichten,
- Kornformverbesserung durch Abrundung,
- Quarzsandaufbereitung – Alternative zur Flusssäureattrition,
- Trennung von Verbunden im Feinstbereich,
- Aufkonzentration von Erzen im Feinstbereich < 100 µm,
- Aufbereitung von Steinsalzen zu Streusalzlösungen.

Ziele sind unter anderem die Verminderung der Eisenoxidanhaftung am Quarzkorn (wenn die Anhaftung äußerlich ist) sowie Auflösung von Kornverbunden sowie die Entschlammung und Läuterung von Roh- oder Recyclingstoffen.

Damit das Verfahren praktikabel einsetzbar ist, muss das System verstopfungsfrei betriebs-sicher sein, auch bei den üblichen Schwankungen der Zusammensetzung brauchbare Ergebnisse liefern und vollautomatisch gesteuert werden können. Zudem sollte es so variabel sein, dass damit auch auf Änderungen der Nachfrage reagiert werden kann. Der Prozess kann durch Gewichts- und Temperaturmessung gesteuert werden, mit dem Ziel gleichbleibender Feststoffkonzentration im Arbeitskreislauf des Hydrozyklons. Da die interne Reibung der Partikel gegeneinander in Wärme umgesetzt wird, kann auch die Messung des Temperaturanstiegs für die Prozesssteuerung verwendet werden.

Rollattrition von Sand

Der Sand wird flüssig in pumpfähigem Zustand (oder trocken) gemäß Bild 1 auf ein Schutzsieb mit 2 mm Maschenweite aufgegeben und gelangt in den Pumpenzulaufbehälter, aus dem die Pumpe auf den Hydrozyklon 1 fördert; dessen Oberlauf wird in den Pumpenzulaufbehälter rezirkuliert. Bei größeren Trübenmengen werden mehrere Hydrozyklone parallel geschaltet. Die Aggregate werden aufgrund der Korngrößenverteilung des Aufgabegutes und der Aufgabenstellung ausgewählt. Der Anteil an Schlammkorn sollte nicht zu hoch sein, damit die Rollattrition effektiv genug funktioniert, andernfalls muss – wie bei allen anderen Attritions- und Läuterverfahren auch – eine vorherige Entschlammung vorgenommen werden.

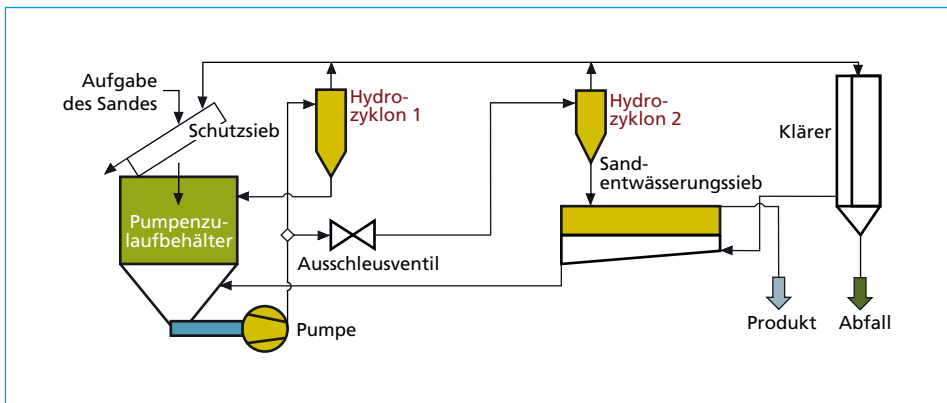


Bild 1: Fließbild Rollattrition von Sand

Der Unterlauf von Hydrozyklon 1 gelangt im freien Gefälle in den Pumpenzulaufbehälter zurück, wodurch der Kreislauf geschlossen ist. Der behandelte Produktstrom wird über das Ausschleusventil auf den Hydrozyklon 2 ausgeschleust. Dessen Oberlauf wird auf das Schutzsieb rezirkuliert. Der Unterlauf des Hydrozyklons 2 gelangt als gereinigtes Produkt auf das Sandentwässerungssieb und wird dort auf etwa 13 bis 18 % Restfeuchte entwässert. Der noch sandhaltige Unterlauf des Sandentwässerungssiebs wird zum Pumpenzulaufbehälter rezirkuliert.

Diese Art der Betriebsweise ermöglicht sowohl kontinuierlichen als auch diskontinuierlichen Betrieb. Durch die Verkürzung der Ventilöffnungsdauer des Ausschleusventils wird die Attritionsdauer verlängert.

Das abgetrennte Wasser wird, soweit möglich, im geschlossenen Kreislauf gefahren, enthält aber noch Schluffanteile kleiner 25 bis 63 μm sowie die abgeriebenen Schadstoffe. Ab einem spezifischen Trübedichtegrenzwert sollte eine Teilmenge ausgekreist werden; der Wasseranteil davon kann als Verdünnungswasser vor der Aufgabe wiederverwendet werden.

Vorteile

Das Rollattritionsverfahren arbeitet im Bereich höherer Trübedichten, wodurch weniger Wasser bewegt werden muss, dadurch wird Energie gespart. Durch geschickte Strömungsführung werden Pralleffekte zur Kornreinigung und Abrundung genutzt. In Korngrößenbereichen $< 2\text{ mm}$ kann gegenüber Rührwerksattritionen oft ein Drittel des Energieaufwandes eingespart werden.

Der Grund ist folgender: je feiner die Korngröße ist, desto höher sollte die Bewegungsgeschwindigkeit in m/s sein, damit die Agglomerate abgelöst werden können. Während bei größeren Agglomeraten mehr Druck-Reibung zur Anwendung kommt, kommt bei feineren Agglomeraten eher die Geschwindigkeit (Nassschleifeffekt) zur Anwendung. Die Bewegung der Teilchen gegeneinander ist sowohl schleifend, prallend als auch rollend.

Versuche mit der Aufbereitung von kanadischen Ölsanden haben ergeben, dass die Anwendung der Rollattrition im Korngrößenbereich von 0,5 bis 4 mm wirtschaftlicher sein kann als andere Attritionsverfahren, welche sich für gröbere Aufgabekörnungen eignen, und sogar vorteilhafter als die Anwendung von thermischen Verfahren.

Reinigung von Quarzsand – Entfernung oberflächlicher Oxidanhafungen

Im Mai 2011 wurde Quarzsand durch Rollattrition in einem 3-Wege-Zyklon von Eisenoxidanhafungen gereinigt. Prozessparameter und -ergebnisse sind im Folgenden skizziert:

- Feststoff-Konzentration der Trübe: 10 Gew.-%, Eintrittsdruck 2 bar,
- Korngröße des Quarzsandes: 0,1 bis 0,6 mm ,
- Erwärmung: 3,5 K in 4 Minuten,
- Eisenoxidgehalt des Aufgabeguts: 0,315 % Fe_2O_3 ,
- Eisenoxidgehalt des Quarzsands nach 4 Minuten: 0,157 % Fe_2O_3 .

Rollattrition mit 4-Wege-Gegenstromhydrozyklonen

Der 3-Wege-Zyklon kann durch einen 4-Wege-Gegenstromzyklon ersetzt werden. Dadurch kann die Kornverteilung auf das produktspezifische Optimum innerhalb des jeweiligen Zyklonkreislaufs eingestellt werden. Der 4-Wege-Zyklon bietet zusätzlich die Möglichkeit der variablen Gegenstromeinstellung und damit eine effektivere zusätzliche Entschlammung.

Der Gegenstromzyklon gemäß Bild 2 ist ein 4-Wege-Hydrozyklon, der im Unterschied zu herkömmlichen Hydrozyklonen keinen Konus besitzt, sondern einen tangentialen Unterlaufaustrag mit zentralem Gegenstromeinlauf. Gleichzeitig mit der Fliehkraftabscheidung wird in den Oberlaufstrudel über den Gegenstromeinlauf in Richtung des Zyklonoberlaufs ein einstellbarer, (optional pulsierender) Gegenstrom gefahren, wobei sich die Zahl der Prallereignisse erhöht, das Gutbett auflockert und der Auswaschungserfolg verbessert.

Bild 3 zeigt einen 4-Wege-Gegenstromzyklon aus Polyurethan für $9\text{ m}^3/\text{h}$ Trübedurchsatz bei 3 bar Eintrittsdruck.

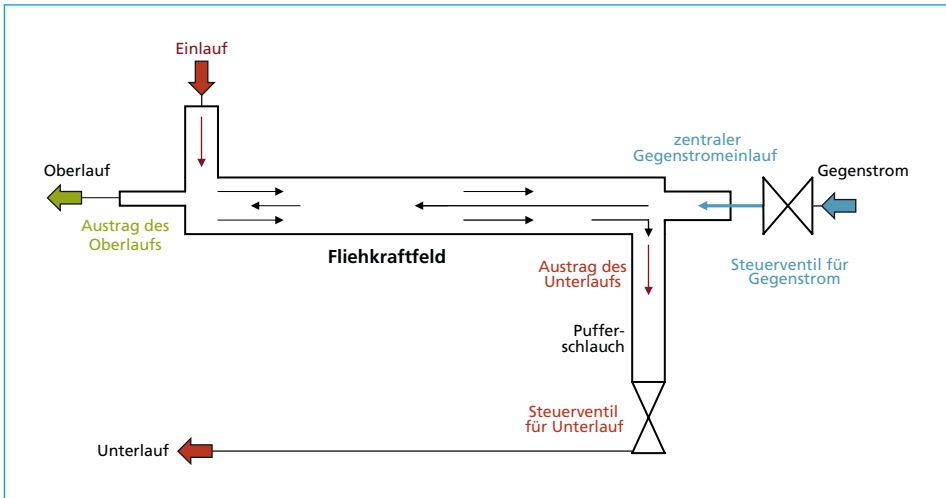


Bild 2: Prinzipskizze des 4-Wege-Gegenstromhydrozyklons



Bild 3: 4-Wege-Gegenstromhydrozyklon aus Polyurethan

Fasern und Leichtgut werden im Oberlauf ausgetragen. Optional können in einer weiteren Nachwaschstufe Gutkornverluste weiter ausgewaschen und intern zum Gegenstromeinlauf rezirkuliert werden, unter Einsparung einer Pumpe, wenn aus dem Austrag des Unterlaufs eines 4-Wege-Hydrozyklons direkt auf den Gegenstromeinlauf der vorausgehenden 4-Wege-Zyklonstufe gefahren wird. Diese Einsparungsoption ist dadurch möglich, weil der Druck am tangentialen Ausgangsstutzen etwa siebzig

bis achtzig Prozent des Einlaufdrucks beträgt, während fliehkraftbedingt der Gegendruck im Stutzen des Gegenstromeinlaufs nur bis etwa 10 % des Einlaufdrucks beträgt. In vielen Einsatzfällen lässt sich dadurch eine Pumpenstufe einsparen.

Sowohl mittels einer Taktzeiteinstellung des Austragsventils am Austragsstutzen des Unterlaufs als auch einer Einstellung des Volumenstromes ist der Auswaschungsgrad an Unterkorn bzw. Leichtkorn während des Betriebes ohne Umbau regelbar. Der Unterlaufaustrag ist tangential ausgeführt und kann optional ebenfalls mittels einer Steuerung im Unterlauf geregelt gefahren werden. Hierdurch ergibt sich die Möglichkeit der Anpassung des Trübesplitverhältnisses bei laufendem Betrieb sowie eine Verbesserung der Trennschärfe durch Minderung des Unterkornanteils im Unterlauf oder bei der Erzaufbereitung einer Verminderung des feinen Bergeanteils.

Für Korngrößenanteile $> 2 \text{ mm}$ wird, bei Mengenanteilen $> 3 \%$, zweckmäßigerweise das Aufgabegut in einer Schlauchschwingmühle (ESA) vorbehandelt. Durch die autogene Mahlung wird der Aufschluss mit weniger Energieaufwand erzielt.

Bei der Verarbeitung des Feinmaterials zusammen mit den größeren Kornfraktionen gemeinsam in einem ESA-Schwingmühlenprozess lassen sich die Energieaufwendungen für die Zerkleinerung der Grobanteile nutzen, um die Attrition der Feinanteile bzw. den Voraufschluss durchzuführen. In einigen Fällen lässt sich dabei mindestens eine Siebstufe sowie ungefähr ein Drittel des Energieaufwandes einsparen.

Erklärung der Arbeitsweise

Der Vorteil der Rollattrition lässt sich physikalisch durch die Partikelgröße erklären: Während sich für grobstückige Güter im Korngrößenbereich von 4 bis 100 mm Verfahren mit hohem Druck und geringer Geschwindigkeit gut eignen wie Läutertrömmeln (8 bis 100 mm) oder Schwertwäscher (4 bis 32 mm) oder Rührwerksattritionen mit stehenden Wellen (im Bereich von 2 bis 8 mm), eignet sich die Rollattrition (Zyklonattrition) für feinkörnigere Produkte zwischen 0,03 und 3 mm.

Beim Zusammentreffen grober Teile zu deren Abreinigung müssen zwangsläufig große Kräfte aufgewendet werden. Dies resultiert in relativ hohen Antriebsleistungen der Geräte. Wenn im feinen Bereich bei einer optimalen Feststoffkonzentration gearbeitet wird, ist je Tonne Durchsatzleistung weniger elektrische Antriebskraft erforderlich, um die Anhaftungen am Korn zu entfernen. Nach Erfahrungen des Autors liegt hierfür die optimale Aufgabekonzentration je nach Produkt und dessen Sieblinie bei 25 bis 35 Gewichtsprozent Feststoffanteil, bzw. 250 bis 350 g/l.

Damit die Rollattrition gut funktioniert, darf die Trübe nicht zu dünn sein, weil sonst keine ausreichenden Reibkräfte auftreten. Andererseits darf sie auch nicht zu dick sein, weil sonst der Hydrozyklon verstopfen könnte. Dieser Zusammenhang ist aus dem Betrieb von Rührwerksattritionszellsystemen ausreichend bekannt. Je feiner die Korngröße des zu behandelnden Materials, desto besser eignet sich die Rollattrition gegenüber der Rührwerksattrition für die Reinigung.

In bisherigen Versuchen hat es sich gezeigt, dass das Reinigungsergebnis durch einen minimalen Anteil $< 5\%$ an Grobkorn 0,5 bis 3 mm verbessert wird. Offensichtlich hat das Überkorn ähnliche Wirkung auf das Feingut wie Mahlkörper in einer Kugel- oder Schwingmühle. Auch die Erfahrungen mit Schwingattritionsgeräten bei der Aufbereitung von Straßenkehrriechen bestätigen dies. Allerdings darf die Verstopfungsgrenze des verwendeten Zyklons nicht überschritten werden. Die Faustregel lautet: engster Durchlass/3 = maximales Korn. Bei Hydrozyklonen darf maximal 5 bis 10 % der Partikelgröße im oberen Aufgabekornbereich liegen, weil bei zu hohen Grobkornanteilen Einlaufverstopfungen möglich sind, aber im Interesse der Betriebssicherheit unbedingt vermieden werden müssen.

Einstellung der optimalen Arbeitskonzentration

Allerdings stellt die Einstellung der optimalen Trübekonzentration eine praktische Herausforderung dar. Die Lösung liegt in einer Prozesssteuerung, bei der das Gewicht der Trübe über eine Wiegevorrichtung ermittelt und ausgewertet wird, um damit eine Rezirkulation so zu steuern, dass die Trübekonzentration im Kreislauf konstant bleibt. Bevor eine Blockade auftritt, wird die Aufgabe aus dem Überlauf rückverdünnt.

In manchen Fällen empfiehlt es sich, die Prozessdauer variabel zu gestalten, indem der Anteil der internen Materialrezirkulation variiert werden kann. Beispielsweise bei der Reinigung von Quarzsand von anhaftenden Eisenoxiden kann es vorkommen, dass die Anforderungen der Produktabnehmer sich ändern oder der Eisengehalt des Aufgabegutes variiert. Somit kann der Resteisenoxyidgehalt am Quarzkorn durch die Behandlungsdauer auf einen konstanten Wert eingestellt werden.

Aufbereitung von REA-Gips

Ebenso stellt die Rollattrition eine kostengünstige Möglichkeit im Bereich der Aufbereitung von Abgasentschwefelungsgips dar. Der Gips-Weißegrad wird verbessert, indem Metalloxide abgereinigt werden, soweit sie sich an der Außenseite des Kornes befinden. Diese mechanische Abreinigung hat wesentliche Vorteile gegenüber der chemischen Abreinigung

des Gipses, wie sie bereits in einigen Kraftwerken bei der Erzeugung eines weißen Gipses praktiziert wird:

Bei der Absorption des SO_2 in Abgasentschwefelungsanlagen (REA) werden im Wäscher durch Oxidationsluftkompressoren zusätzlich überstöchiometrisch feine Luftbläschen in den Wäschersumpf zugegeben, um das aus dem SO_2 gebildete Sulfit in der Suspension in Sulfat (Gips) zu überführen. Dabei werden jedoch auch in den Wäscher eingetragene Mangan- und Eisenverbindungen (aus dem Kalkstein oder der Flugasche) zu schwerlöslichen Oxiden oxidiert, die sich als färbende Bestandteile auf der Oberfläche der Gipspartikel im Wäschersumpf niederschlagen. Bei einigen Anlagen konnte man jedoch durch Überwachung des Redoxpotentials der Wäschersuspension mit Hilfe von Elektroden und durch Verringerung des Oxidationslufteintrages das Oxidieren der färbenden Bestandteile Eisen und Mangan verhindern, wodurch der Gips wieder weißer wurde. Es gehen nämlich bei einem niedrigeren Redoxpotential die Eisen- und Manganverbindungen wieder in Lösung und werden mit dem Abwasserstrom in die Abwasserreinigungsanlage ausgetragen. Als nachteilig hat sich bei dieser Betriebsweise jedoch erwiesen, dass über den Abgaspfad im Wäscher abgeschiedenes Quecksilberchlorid unter bestimmten Redoxbedingungen in der Wäschersuspension wieder reduziert werden kann und als metallisches Quecksilber den Wäscher mit dem Reingas verlässt. Das heißt, dass hierdurch der Quecksilber-Abscheidegrad im Wäscher vermindert werden kann.

Die Rollattrition bietet somit einen Weg für bessere Gipsqualitäten ohne Erhöhung der Quecksilberwerte im Reingas.

Feinerzaufbereitung

Ein weiteres Einsatzgebiet der Rollattrition wird durch die langfristig steigenden Eisenerzpreise die Behandlung feinstkörniger Erze sein, welche Verbundkörner enthalten. Die Rollattrition stellt eine kostengünstige Alternative gegenüber einer weiteren Aufmahlung dar, sofern der Korngrößenbereich sich unter $250\ \mu\text{m}$ befindet. Insbesondere bei sehr feinen Partikelgrößen $< 100\ \mu\text{m}$ sind die Schichtdicken der Anhaftungen geringer als bei gröberen Partikeln und daher eignet sich ein Abschleifen mit geringen Drücken und höheren Fließgeschwindigkeiten für das Abreinigen besser. Die Begründung liegt hierbei in der unterschiedlichen Festigkeit der Bindungen zwischen dem Erz und der Gangart. Außerdem wird von der Fliehkraftseparation – im Unterschied zur Magnetscheidung – auch der nichtmagnetische Erzanteil erfasst.

Salzlöse- und Reinigungsanlagen

Eine weitere Einsatzmöglichkeit der Rollattrition liegt in der Aufbereitung von teillöslichen Produkten wie Steinsalz, wo im gleichen Prozess Auflösung der Sole und Abscheidung nichtlöslicher Störstoffe stattfinden sollen. Bei üblichen Steinanteilen von ein bis zwei Prozent lässt sich ein einstufiger 3-Wege-Hydrozyklon verwenden, um die Störstoffe aus der Sole abzuscheiden. Bei Verwendung von Rohsalzen mit höheren Anteilen schwerlöslicher Kristallstrukturen kann eine mehrfache Kreislaufführung der noch ungelösten Mischkristalle die Soleausbeute verbessern. Bei einem neuen Pilotprojekt zur Einsparung der eingesetzten Streusalzmengen im Straßendienst wurde im Februar 2012 bei einem Trennschnitt $< 20\ \mu\text{m}$ eine Rollattritionsstufe erfolgreich eingesetzt.

Vermeidung von Abwasser

Damit ein Nassaufbereitungsprozess praktikabel und wirtschaftlich möglich wird, sollte die Entstehung von Abwasser vermieden werden und das Prozesswasser mit minimalem Aufwand aufbereitet und wiederverwendet werden.

Je feiner nutzbare Partikel wie Feinsand oder Schluff aus dem Prozesswasser zurückgewonnen werden können, desto mehr verringert sich die Feststoffmengenbelastung in der Wasseraufbereitung.

Einsatz von geschlossenen Wasserkreisläufen

Es ist möglich in der Nassaufbereitung die Entstehung von Abwasser vollständig zu vermeiden. Seit 1990 wurde diese Technik häufiger in Bodenwaschanlagen eingesetzt und immer weiter optimiert, ebenso beim Großtunnelbau; hier hat sich die Tendenz zu feineren Zyklontrennschnitten bei höheren Trübedichten weiter fortgesetzt.

Für den Einsatz von Nassaufbereitungsverfahren ist entscheidend, dass die dafür eingesetzte Technik wirtschaftlich, einfach und betriebssicher ist. Daher setzen sich auf die Dauer solche Verfahren durch, die das eingesetzte Prozesswasser so intensiv wie möglich nutzen.

Aus dem Bereich der Bohrtrüberegenerierung im Tunnelbau ist bekannt, dass Zyklonkreisläufe mit einer Trübedichte von bis zu 1,3 kg/l (bei dT50 Trennschnitten von 15 bis 25 μm) im Oberlauf gefahren werden können. In vielen Fällen, z.B. bei Organikabscheidung, ist das Aufbereitungsergebnis in einer autogenen Schwertrübe sogar besser als bei der Gegenstromwäsche mit Klarwasser. Wenn die Notwendigkeit für ein möglichst sauberes gewaschenes Produkt besteht, wird sinnvollerweise die sauberste Prozesswassersorte von hinten in den Produktfluss geleitet. Auf diese Weise kann mit einer begrenzten Wassermenge mehr Feststoff verarbeitet werden (je Tonne Feststoff etwa 0,5 bis 1,5 m^3 Prozesswasser).

Wasserbilanz

Bei einem erdfeuchten Aufgabegut mit zwei bis vier Prozent Restfeuchte und einer durchschnittlichen Produktrestfeuchte von vier bis sechs Prozent des Feststoffaustrages ergibt sich eine negative Wasserbilanz von 2 % der Aufgabemenge in Kubikmeter Wasser je Tonne Aufgabegut, einschließlich eines damit automatisch verbundenen Entsalzungsprozesses für das Prozesswasser über die abgeschiedene Restfeuchte.

Diese fehlende Wassermenge kann ausgeglichen werden durch

- Frischwasser,
- Regenwasser,
- Deponiesickerwasser oder Haldensickerwasser,
- Mitverarbeitung von Abfällen mit positiver Wasserbilanz,
- Mitverarbeitung von Abwässern,

soweit dies mit den gesetzlichen Regelungen im Einklang steht.

Voraussetzung für den funktionssicheren Einsatz von geschlossenen Prozesswasserkreisläufen ist eine Abscheidung der Feianteile, damit eine übermäßige Anreicherung vermieden wird. Die Abscheidung der Feianteile geschieht zweckmäßigerweise im Korngrößenbereich von 15 μm bis 1 (4) mm über Hydrozyklone in Kombination mit einem Entwässerungssieb und für die Korngrößen < 45 μm über Sedimentationsklärer, wobei deren Restfeuchteanteil aus den Halden aufzufangen und rezirkuliert werden kann, wie es bei einem vorschrittmäßigen Deponiebetrieb ohnehin geschieht. Nicht in allen Fällen ist eine Schlammentwässerungstechnik mit Siebbandpressen, Vakuumfiltern, Kammerfilterpressen oder Zentrifugen erforderlich.

Sofern keine langen Transportwege anstehen, kann ggf. auf eine weitergehende Schlammentwässerung oder Trocknung verzichtet werden.

Vorteile durch geschicktes Stoffstrommanagement

Durch geschicktes Stoffstrommanagement können durch Einsatz von Hilfsstoffen Kosten eingespart werden.

Da mit dem Wasseranteil, der im Ausgangsprodukt verbleibt, auch Salze und andere Ionen aus dem Prozesswasserkreislauf ausgeschieden werden, ist bei positiver oder ausgeglichener Wasserbilanz in den meisten Fällen keine Aufsalzung oder Anreicherung von Schadstoffen zu befürchten.

Sollten Schwermetalle in übermäßigem Umfang im Prozesswasser gelöst vorliegen, besteht die Option der sulfidischen Fällung. Dafür müssen meistens keine zusätzlichen Chemikalien zugesetzt werden, wenn die Organikfracht oder die Hilfsstoffe sulfidische Bestandteile enthalten.

Ausschleusung der angereicherten Feinanteile

Die Feinanteile < 63 µm, die mit dem Aufgabegut in den Prozesswasserkreislauf eingebracht werden, müssen im gleichen Massenstrom auch wieder abgeschieden werden, damit das Prozesswasser pumpfähig bleibt. Hierfür gibt es verschiedene technische Lösungen, die einfachsten Systeme sind in Tabelle 1 zuerst genannt.

Tabelle 1: Technische Lösungen zur Abscheidung der Feinanteile aus dem Prozesswasser

Sedimentationssystem	Eigenschaften	Einsatzbereich Volumenströme
Sedimentationsbecken/Spülfelder	hoher Platzbedarf geringe Investition	alle
Sedimentationssilos Entwässerungscontainer	geringe Investition	< 10 m³/h
Lamellenklärer oder Schrägklärer	geringer Platzbedarf	> 20 m³/h
Bandfilter oder Vakuumbandfilter	geringere Restfeuchte	< 30 m³/h
Siebbandpressen	mittlere Investition	5 – 20 m³/h 1 – 2 t TS/h pro m Bandbreite
Zentrifugen oder Dekanter	geringer Platzbedarf höhere Energiekosten	> 20 m³/h
Kammerfilterpressen Membrankammerfilterpressen	hoher Entwässerungsgrad hohe Investitionskosten, sinnvoll bei weiteren Transportwegen	> 10 m³/h

Vorteile eines Multitaskingbetriebs

Mit Multitaskingbetrieb ist hier die Verarbeitung von verschiedenen, zueinander passenden Stoffströmen in einem Arbeitsgang in der gleichen Aufbereitungsanlage gemeint, soweit die Stoffe füreinander gesetzlich als Hilfsstoffe zugelassen und geeignet sind.

Am Beispiel der gemeinsamen Verarbeitung von Straßenkehricht und Abfallverbrennungaschen im Nassverfahren werden im Folgenden einige Vorteile dargestellt.

Die beim nassen Aufbereitungsverfahren von Abfallverbrennungaschen ausgewaschenen Feinanteile weisen einen hohen Aluminiumgehalt auf, der gemeinsam mit organischen Säuren ein Fällungsmittel ergibt.

Der Feinascheanteil führt zu einer deutlichen Verminderung störender Gerüche und hat die Wirkung eines Retentionsmittels. Dadurch können Kosten für Geruchsbekämpfungsmaßnahmen und Fällungs- bzw. Flockungsmittel vermindert werden. Die in Rostaschen aus Abfallverbrennungsanlagen manchmal vorkommenden Dioxine und Furane werden mit dem Organiküberlauf bereits in der Schlauchschwingmühle abgeschieden und können dann zusammen mit der Gesamtrestorganik in die Verbrennung rezirkuliert werden.

Da die trockenen Aufbereitungsverfahren im Korngrößenbereich < 4 mm insbesondere bei der Metallrückgewinnung keine befriedigenden wirtschaftlichen Erfolge mehr erzielen, lässt sich hier über die Nassaufbereitung der Feianteile auch noch die Rückgewinnung der verlorenen Wertstoffe, Metalle einschließlich Edelmehle, realisieren.

Besonders für die Aufbereitung von metallhaltigen Filterstäuben bietet sich ein Multitaskingbetrieb gemeinsam mit Verbrennungsgaschen an, damit die Abrasivität der Aschen/Schlackenbestandteile genutzt wird, um in Kunststoffen eingeschmolzene Wertmetalle zu lösen, und zwar partikelgrößenabhängig bei 0 bis 32 mm mittels Schlauchschwingmühle und < 3 mm mittels Rollattrition.

Hierzu wurden 2010 bereits einige Technikumsversuche bei der UVR-FIA GmbH in Freiberg durchgeführt. Dabei wurde nachgewiesen, dass sich mit diesem Ansatz unter anderem auch die Rückgewinnungsquote der feinen Wertmetalle steigern lässt.

Die Rollattrition wird seit 2008 in Hamburg bei der Bodenwaschanlage der TerraCon GmbH erfolgreich im Dauerbetrieb eingesetzt und trägt dazu bei, dass auch im Feinsand TOC-Werte < 1 % erreicht werden können. Über einen Teil dieser Anlage wurde bereits 2009 ausführlich berichtet [1].

Sandwäschen

Sandwaschvorrichtungen in Kläranlagen, die ihr Aufbereitungsziel im Hinblick auf TOC, Fette oder Geruch bisher noch nicht erreicht haben, können mit einer Rollattrition nachgerüstet werden.

Die folgenden Angaben zeigen ein Betriebskostenbeispiel einer Rollattrition für $18 \text{ m}^3/\text{h}$ Trübekreislauf mit 250 g/l Feststoffanteil. Die effektive Feststoffdurchsatzleistung beträgt 1 t/h bei einem Rezirkulationsfaktor von 5.

Maschineninvestition für den Gegenstromzyklon:	5.500 EUR
Investitionen für Pumpe, Rohrleitungen, Behälter und Steuerung:	35.500 EUR
Gesamtinvestition:	etwa 41.000 EUR

Der elektrische Anschlusswert beträgt 7,5 kW.

Die Gesamtbetriebskosten je Tonne Durchsatz liegen bei etwa 4 bis 6 EUR. Bei größeren Einheiten können die Behandlungskosten je Tonne Feststoffdurchsatz auch unter 2 EUR liegen.

Literatur

- [1] Bräumer, M.: Veredlung von Mineralstoffen aus Abfall durch Nassaufbereitung mit der Vertikalsetzmaschine. In: Thomé-Kozmiensky, K. J.; Goldmann, D. (Hrsg.): Recycling und Rohstoffe, Band 2. Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2009, S. 381-387

UMWELTGERECHTES BATTERIE-RECYCLING.

WIR SCHLIESSEN DEN KREISLAUF.



SAMMLUNG, TRANSPORT UND LAGERUNG

Altbatterien,
metallische Bleiabfälle

RECYCLING-PROZESS UND ENERGETISCHE VERWERTUNG



RÜCKFÜHRUNG IN PRODUKTIONS-KREISLAUF

Bleibatterieindustrie, Chemische Industrie,
Elektroindustrie, Automotive Industrie

WERTSTOFF-PRODUKTION

Primär-/Sekundärblei, Blei-Legierungen,
PP-Compounds, Schwefelsäure,
Natriumsulfat

BERZELIUS METALL GmbH

Emser Straße 11
56338 Braubach
Fon +49 2627 983-0
Fax +49 2627 983-251
E-Mail info@berzelius.de
www.berzelius.de

BERZELIUS M E T A L L

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Recycling und Rohstoffe – Band 5

Karl J. Thomé-Kozmiensky, Daniel Goldmann.

– Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2012

ISBN 978-3-935317-81-8

ISBN 978-3-935317-81-8 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Copyright: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky

Alle Rechte vorbehalten

Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky • Neuruppin 2012

Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky,

Dr.-Ing. Stephanie Thiel, M.Sc. Elisabeth Thomé-Kozmiensky

Erfassung und Layout: Janin Burbott, Petra Dittmann, Sandra Peters,

Martina Ringgenberg, Ginette Teske

Druck: Mediengruppe Universal Grafische Betriebe München GmbH, München

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.