

Klassieren von Abfallgemischen

Thomas Pretz und Alexander Feil

1.	Klassierprozesse	578
2.	Transportprozesse	580
3.	Erfolg von Klassierprozessen.....	584
4.	Zusammenfassung	585
5.	Literatur	585

Die in der Grundstoffindustrie inzwischen übliche Modellierung von Prozessen ist bislang für Recyclingprozesse noch nicht standardisiert worden. Hier gibt es erst vereinzelte Ansätze, die komplexen Prozesse von mechanischer Aufbereitungstechnik in Anwendungen auf Abfallgemische zu modellieren und mit Modellen Prognosen über die Potenziale von Recyclingtechnologien zu erstellen [1, 10, 11]. Um modellieren zu können, ist ein gründliches Verständnis der Prozesse und des Verhaltens von Abfallpartikeln in den jeweiligen Prozessen erforderlich. Im Folgenden wird über einige grundlegende Aspekte des Klassierens berichtet, einem Verfahrensschritt, von dem ein erfahrener Akteur sagt: *...einer der wichtigsten mechanischen Aufbereitungsschritte für körnige Schüttgüter ist die Siebklassierung* [3]. Abfallgemische sind in der Regel *selten nichtkohäsive, freifließende Schüttgüter*, sie lassen sich *allenfalls als kohäsive, zusammenhaltende Schüttgüter* charakterisieren [9] und stellen daher besonders siebschwierige Güter dar.

Im Gegensatz zur Sortentrennung (Sortierung) erfolgt die Klassierung nach der Stoffeigenschaft *Partikelgröße*, die in vielen Fällen anthropogener Stoffherkunft von anderen Stoffeigenschaften wie der Festigkeit, der Flexibilität bzw. der Elastizität oder auch geometrischen Merkmalen überlagert wird. Diese Materialeigenschaften führen in Folge vorhergegangener Materialbeanspruchungen zu spezifischen Formen, so dass der Trenneigenschaft *Partikelgröße* die *Partikelform* überlagert wird. Daneben wirken sich die Materialart, die Feuchtigkeit sowie die Einflüsse aus der temporären Gesellschaft mit anderen Stoffgruppen unmittelbar auf die Grundeigenschaften *Größe* und *Form* aus.

Mechanische Aufbereitungsprozesse dienen der Trennung von Stoffgemischen nach Stoffmerkmalen, die eine möglichst eindeutige Zuordnung eines Trennproduktes zu einer Merkmalskategorie (hier: Korngröße) zulassen. Die üblichen Prozessfließbilder sind entsprechend in Bild 1, das ein Grundfließbild darstellt, aufgebaut. In der Praxis finden alle Prozesse in kontinuierlicher Form statt, so dass gleichzeitig mit den Trennprozessen ein kontinuierlicher Stofftransport stattfindet.



Bild 1:

Grundfließbild für mechanische Stofftrennverfahren

Nach Bild 1 ist in zahlreichen Fällen zunächst eine Aufschlusszerkleinerung erforderlich, die eine Freilegung einzelner Partikel für die folgende Stofftrennung ermöglicht. Bei Recyclingprozessen sind die ursprünglichen Stoffeigenschaften der vorherigen Nutzungsphase, die sogenannten *Artikeleigenschaften*, von so hoher Bedeutung für eine spätere Sortentrennung, dass die Aufschlusszerkleinerung häufig lediglich lose Verbunde öffnen soll, ohne die eigentlichen Partikel zu zerstören.

1. Klassierprozesse

Die in den meisten Recyclingverfahren auf Sieben durchgeführte Klassierung trennt Stoffgemische nach ihrer geometrischen Größe auf Siebelagen mit mehr oder weniger definierter geometrischer Form von Sieböffnungen unter Einsatz mechanischer Energie.

Nach Bild 1 lassen sich die Klassierprozesse drei Zielen zuordnen. Als 1. Ziel gilt in vielen Fällen, überdimensionierte Partikel mit einer für den Folgeprozess nicht verträglichen Partikelgröße aus einem Stoffgemisch zu entfernen. Das 2. Ziel besteht in der Entfernung von feinen Partikeln, die weitere Aufbereitungsprozesse stören, deren Effizienz beeinträchtigen oder die Sortierprodukte als Verunreinigungen kontaminieren. Erst nachgeordnet ist das 3. Ziel zu nennen, Recyclingprodukte in einer spezifischen Kornklasse bereitzustellen.

Vorlaufende Klassierprozesse sind für die nachfolgenden Trennprozesse von herausragender Bedeutung, da:

- 1.) Partikel, die dem Sortierstrom entzogen werden, für ein gezieltes Recycling nach eindeutigen Merkmalen nicht mehr zur Verfügung stehen,
- 2.) bei der Klassierung nicht abgetrennte Partikel als Fehlasträge in den folgenden Sortierstoffströmen die Effizienz von Trennprozessen beeinträchtigen können,
- 3.) Verluste an Wertstoffen durch Umleitung einzelner Partikel in nicht weiter sortierte Stoffströme erzeugt werden und
- 4.) die Massen- und Volumenverteilung für alle Folgeprozesse deren Trenneffizienz maßgeblich bestimmt.

In Recyclingverfahren trennen Siebklassierprozesse Stoffgemische primär nach dem Merkmal Partikel- oder Korngröße und sekundär nach der Partikelform. Bunge [2] beschreibt den Begriff Korngröße wie folgt: *...die Definition des Begriffs **Korngröße** erlaubt einen **Ermessensspielraum** und enthält damit eine willkürliche Komponente. Bei Kugeln wird...der Durchmesser als Korngröße definiert, bei allen anderen geometrischen Formen ist die Definition der Korngröße jedoch mit einem subjektiven Faktor behaftet.* Diese Definition zeigt die Problematik, Merkmale, die einer subjektiven Interpretation unterliegen, in mathematischen Modellen hinterlegen zu wollen.

Sowohl die Partikelgröße als auch die Partikelform werden durch vorherigen Gebrauch, den Aufenthalt in einem Sammelgefäß, der verdichtenden mechanischen Beanspruchung beim Transport und anschließender Auflockerung in einer Stofftrennanlage mehrfach verändert. In Recyclingprozessen weisen Partikel in Stoffgemischen allerdings nicht nur 3-D Formen auf, es sind vielmehr auch Partikel mit vorwiegender 2-D Struktur und in einigen Fällen auch mit einer 1-D Struktur anzutreffen. Diese Einteilung erfolgt unter der Definition, dass sich einzelne Dimensionen um mindestens einen 10er-Faktor von den übrigen Dimensionen unterscheiden. Die vorlaufende Nutzung legt geometrische Dimensionen fest, die in vielen Fällen nach der Nutzungsphase durch leichte mechanische Einwirkungen verändert werden. So liegt eine ursprünglich 3-D Kartonverpackung nach Gebrauch und geringer mechanischer Beanspruchung in der Logistikkette als 2-D Partikel vor. Ein Partikel mit einer ursprünglichen 2-D Form wiederum kann mit leichter mechanischer Beanspruchung auf dem Weg zum Trennprozess zu einem 3-D Gebilde umgeformt werden.

Für Siebtrennprozesse werden mechanisch erregte Siebe eingesetzt, die spezifische Geometrien der Sieböffnungen aufweisen. Neben einfachen quadratischen, rechteckigen oder runden Sieböffnungen kommen auch Maschinen zum Einsatz, die konstruktionsbedingt variable Formen der Sieböffnungen aufweisen wie etwa sogenannte Spannwellen-, Stern- oder Scheibensiebe. Bei dem durch mechanische Erregung unterstützten Transport eines Siebgutes über einen Siebgutträger mit definierten Öffnungen spielen sowohl die Lage als auch die Form und Partikelgröße eine Rolle, ob und mit welcher Wahrscheinlichkeit einzelne Partikel den Siebgutträger passieren können.

Die geometrische Durchgangswahrscheinlichkeit W_D errechnet sich nach Meinel [6] aus dem Zusammenhang $((l-d)/l)^2$ mit l =Sieböffnung und d =Korngröße. Der reziproke Wert der Durchgangswahrscheinlichkeit wiederum gibt die Anzahl n an Kontakten eines Kornes mit dem Siebgutträger an, die ein Passieren einer Öffnung als wahrscheinlich erscheinen lässt [12]. Nach endlicher Zeit und damit einer begrenzten Anzahl von Partikel-Siebkontakten $n < n_w$ verlassen die Partikel den Siebgutträger entweder als Teil des Siebüberlaufs oder des Siebdurchgangs. Damit beschreiben die Parameter *Verweilzeit im Trennbereich*, *Häufigkeit von Partikelkontakten mit Sieböffnungen* und *Beweglichkeit einzelner Partikel auf dem Siebgutträger* die wesentlichen Faktoren einer Abscheidewahrscheinlichkeit von Partikeln, die kleiner als die Sieböffnungen sind. Alle bisher veröffentlichten Untersuchungen wurden an kohäsionslosen Schüttgütern auf Basis mineralischer Rohstoffe in Kornbereichen < 10 mm durchgeführt. Deren Verhalten in Klassierprozessen gilt oft nicht als *siebschwierig*, was jedoch auf die meisten Abfallgemische als Ausgangsstoff für Recyclingprozesse zutrifft. Als siebschwierig gelten Stoffgemische, die

- einen erheblichen Anteil an Grenzkorn enthalten, d.h. Partikel, deren Merkmale nahe an der Trenngrenze liegen;
- einen signifikanten Anteil an Haftkorn aufweisen, das sich aufgrund von Bindekräften (häufig Wasserbindekräfte) auf der Oberfläche größerer Partikel anlagert, bzw.
- Ballkorn-Eigenschaften aufweist, d.h. zur Bildung von Agglomeraten oder Konglomeraten neigt [6].

2. Transportprozesse

Um eine Trennung von feinen (Siebdurchgang) und groben Partikeln (Siebüberlauf) vorzunehmen, muss das Verhalten des Schüttguts auf einem bewegten Sieb näher untersucht werden. Die Bewegung erfolgt durch Wurf bei Flachsieben sowohl als auch bei Trommelsieben, den beiden in Recyclingprozessen am häufigsten eingesetzten Maschinentypen. Die Übertragung der Maschinenbewegung auf die Schüttung wurde eingehend durch Meinel [8] beschrieben: *Durch korngößenabhängige Stoßzahlen N_{ST} tritt jener Entmischungseffekt auf, der den Aufenthalt der feinen Korngrößen in Trennflächennähe unter kleinen Wurfweiten und Transportgeschwindigkeiten und der größeren Körner mit großen Sprüngen und Transportgeschwindigkeiten in Trennflächenferne über die Siebfläche bewegt.* Dementsprechend kann bei der Wurfsiebung nicht einfach von **der** Transportgeschwindigkeit eines polydispersen Siebgutes gesprochen werden, da jede Größen- und Formklasse ihre spezifische Transportgeschwindigkeit im Sieb aufweist und somit allenfalls eine *mittlere* Transportgeschwindigkeit in Ansatz gebracht werden kann.

Im Hinblick auf eine Prozessmodellierung stellt die Ermittlung geeigneter *mittlerer* Transportgeschwindigkeiten bzw. Verweilzeiten damit die eigentliche Herausforderung dar.

Während der Siebdurchgang in einem kontinuierlichen Prozess allein aufgrund der Schwerkraft den Siebboden passiert, muss der Siebrückstand mechanisch über den Siebboden bis zum Austrag transportiert werden. Für diesen Transport steht grundsätzlich nur eine begrenzte Zeit zur Verfügung. Da zuführende Förderer mit etwa 0,5 bis

1,0 m/s in die Siebmaschinen eintragen, darf zur Beschränkung von Überschüttungen die Transportgeschwindigkeit in der Siebmaschine nicht beliebig reduziert werden. Wird hier ein Faktor von 0,1 angenommen, so errechnet sich eine Transportgeschwindigkeit von z.B. 0,1 m/s bzw. bei einer Sieblänge von 10 m eine Verweilzeit von 100 Sekunden. Diese mittlere Verweilzeit steht für die Auflockerung des Siebgutes, die anschließende Schichtung nach der Korngröße auf dem Siebgutträger und den eigentlichen Trennvorgang zur Verfügung. Führt ein Siebprozess zu keiner signifikanten Volumenminderung im Siebüberlauf, so muss aufgrund des grundsätzlich limitierten Transportvolumens mit deutlich höherer Transport-Geschwindigkeit als im o.g. Beispiel bzw. kürzerer Verweilzeit kalkuliert werden.

Auf dem Weg zwischen Aufgabe und Abwurf des Siebüberlaufs reduziert sich der auf dem Sieb transportierte Massenstrom um den Anteil des Siebdurchgangs. Da sich die feinen Partikel des Siebdurchgangs in Hohlräumen des Aufgabegutes verbergen, ist mit einem Siebprozess nicht zwingend eine Reduzierung des Volumenstroms verbunden, der als Siebüberlauf ausgetragen wird. Insbesondere heterogene Abfallgemische zeigen im Siebüberlauf häufig eine signifikante Reduzierung der Schüttdichte und damit eine spezifische Volumenzunahme. In den Bildern 2 und 3 sind Ergebnisse von Schüttdichtenmessungen dargestellt, die in Forschungsvorhaben ermittelt wurden. [5, 13]

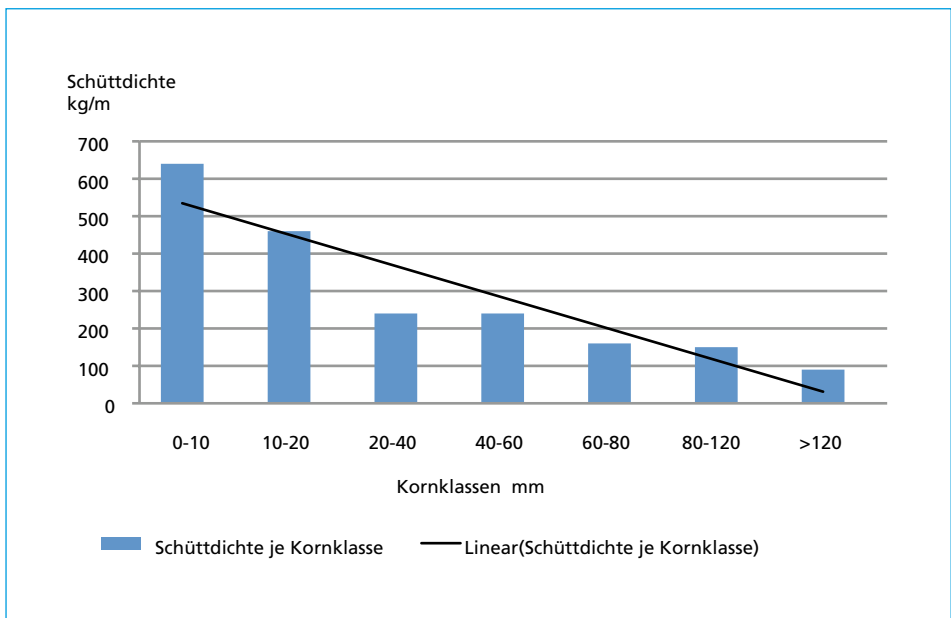


Bild 2: Kornklassenspezifische Schüttdichten Haushaltsabfall

Wie aus den Bildern 2 und 3 hervorgeht, sinkt die Schüttdichte mit zunehmender Korngröße, so dass die Schüttdichten grober Siebfractionen um den Faktor 2 bis 3 geringer ausfallen als die der feineren Kornklassen. Im Verhältnis zu den jeweiligen Ausgangs-Schüttdichten der Mischungen kommt es immer zu einer spürbaren Auflockerung des Volumenstroms im Siebüberlauf. Ist die mittlere Transportgeschwindigkeit

auf dem Sieb signifikant geringer als auf dem zuführenden Förderer, kommt es zusätzlich zu einem Aufstau von Siebüberlauf auf der Siebfläche. Der Massenverlust durch Feingutaustrag geht dann nicht einher mit einer verbesserten Siebwirkung aufgrund des größeren Angebotes an offenen Sieböffnungen. Vielmehr bewegen sich die größeren Partikel mit deutlich höherer Transportgeschwindigkeit [8]. Damit nimmt die Zahl an Kontakten von Partikeln mit dem Siebboden ab, die Wahrscheinlichkeit einer Sieböffnungspassage nimmt ab.

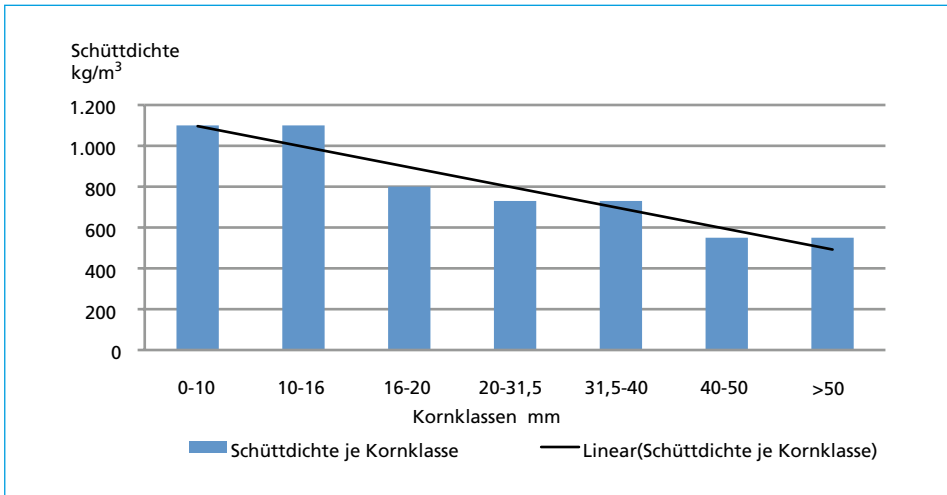


Bild 3: Kornklassenspezifische Schüttdichten von NE-Konzentrat aus Rostaschen

Bild 4 zeigt ein weiteres Siebergebnis aus [5], das neben der Zunahme der Schüttdichte bei feineren Körnungen insbesondere die in technischen Prozessen üblichen Merkmalschwankungen über eine große Anzahl von Untersuchungen beschreibt.

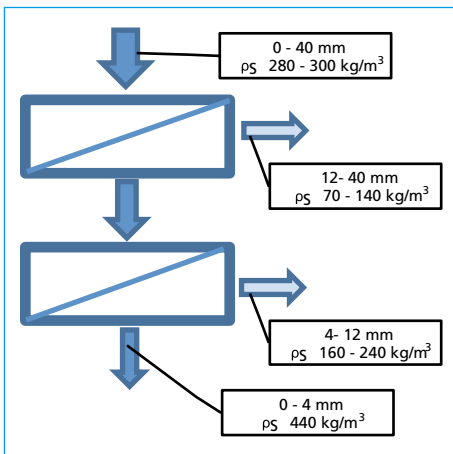


Bild 4: Verteilung von Schüttdichten in technischem Siebprozess

Mit den in Bild 5 dargestellten Ergebnissen eigener Untersuchungen [7] wird dieser Zusammenhang verdeutlicht. Die Untersuchung erfolgte mit kubischen Modellpartikeln, deren Abmessungen eine Passage von 80 mm-Rundloch-Sieböffnungen in einem Labortrommelsieb mit einem Durchmesser von 1,5m sicher erlauben. *Sicher* ist hier so zu verstehen, dass unter Anwendung der DIN 66165 eine Prüfsiebung solange betrieben wird, bis sich der Siebdurchgang um weniger als 0,1 Massenprozent ändert. Unter dieser Definition lag der Äquivalentdurchmesser aller Partikel unterhalb der Sieböffnungsweite. Bei dem Aufgabegut handelte es

sich um ein ideales Schüttgut identischer Formen, während in realen Mischungen erhebliche Behinderungen durch elastische 2-D Partikel sowie verhakendes und Konglomerate bildendes Gut auftreten.

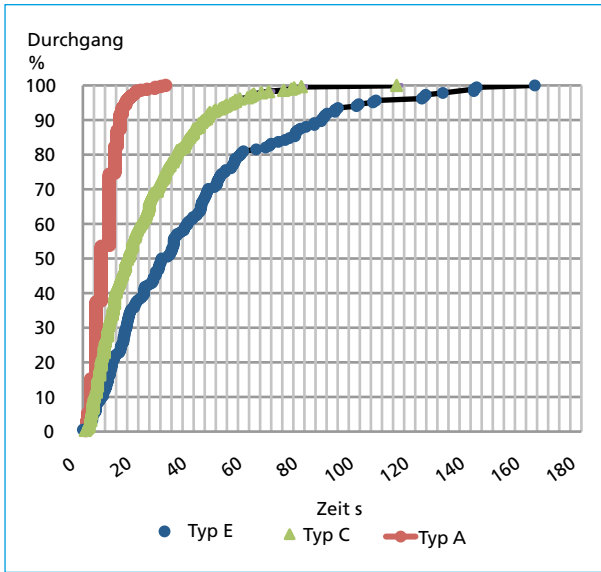


Bild 5:

Siebdurchgang als Funktion der Zeit

Selbst unter idealisierten Bedingungen zeigt sich, dass ein hoher Massenanteil potentiellen Feingutes (hier Median oder 50 Prozent Siebdurchgang) bereits nach kurzer Siebdauer den Siebboden passiert hat. Anschließend verlangsamt sich der Trennprozess allerdings bei gleichbleibender Transportgeschwindigkeit (hier: Drehzahl des Trommelsiebes).

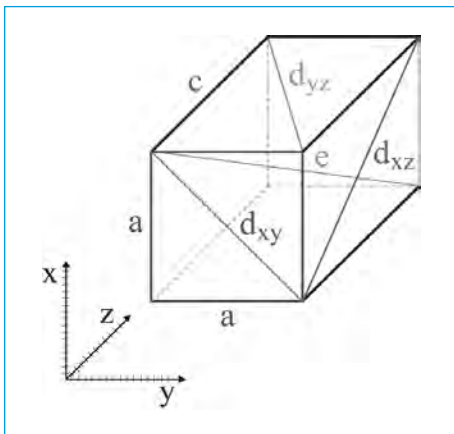


Bild 6: Siebprüfkörper

Die diskontinuierlichen Untersuchungen wurden mit individualisierten Prüfkörpern kubischer Form durchgeführt, deren Abmessungen nach Bild 6 mit den äußeren Kantenlängen, der Raumdiagonale und der maximalen Flächendiagonale beschrieben werden. Bei den Prüfkörpern des Typs A sind alle Dimensionen kleiner als die runde Sieböffnung, bei denen des Typs C ist die Raumdiagonale größer als die Sieböffnung und die des Typs E weisen zusätzlich eine die Abmessung der Sieböffnung überschreitende Flächendiagonale auf. Trotz der deutlich unterschiedlichen Abmessungen sind alle prüfkörpertypen mit einem Äquivalentdurchmesser von < 80 mm zu charakterisieren.

Quelle: Kaufeld, S.; Feil, A.; Pretz, Th.: Zeitlich differenzierte Einzelkornfassung bei der Siebklassierung mittels Radiofrequenz Identifikation. Chemie Ingenieur Technik Vol. 86, Issue 6, Juni 2014, p.891f

Wird der im statischen Batch-Betrieb ermittelte Zusammenhang auf einen kontinuierlichen Siebprozess übertragen, ergibt sich formabhängig eine grundsätzlich limitierte Durchgangswahrscheinlichkeit für die Siebung feiner Partikel. Nur eine überproportionale Erhöhung der Prozessdauer, die durch sehr niedrige Transportgeschwindigkeiten in Verbindung mit sehr langem Prozessweg erreicht werden könnte, führt zu hoher Siebausbeute.

3. Erfolg von Klassierprozessen

Die vorne benannten Klassierprozesse sind die Voraussetzung, um aus einem in der Eigenschaftsverteilung eingeschränkten Stoffgemisch einzelne Wertstoffgruppen sortieren zu können. Wie alle mechanischen Trennprozesse arbeitet auch die Siebung nur mit endlichem Wirkungsgrad, d.h. zur Abtrennung z.B. in eine Stoffgruppe Feinkorn vorgesehene Partikel werden nur mit einem Erfolg < 100 Prozent in die entsprechende Kornfraktion überführt. Es verbleibt ein sogenannter *Fehlaustrag* im zur weiteren Sortentrennung vorgesehenen Stoffstrom, der zu einer reduzierten Effizienz entsprechender Trennprozesse führt.

Der Aspekt des kontinuierlichen Transportes von Siebüberlauf über ein Sieb mit begrenzter Geschwindigkeit erschwert in den Fällen hoher Massenanteile an Siebüberlauf mit niedriger Schüttdichte die Durchgangswahrscheinlichkeit für feine Partikel, die die umgebende Matrix aus groben, volumenreichen Einzelkörnern nicht durchdringen können und damit nicht oder mit zu geringer Häufigkeit in Kontakt mit freien Sieböffnungen gelangen können.

Besonders problematisch stellt sich die Klassierung dar, wenn sich durch das kontinuierliche Zusetzen von Sieböffnungen die offene Siebfläche A_0 kontinuierlich verringert und damit zu einer reduzierten Durchgangswahrscheinlichkeit und in der Folge zu einer veränderlichen Stoffstromteilung führt [7, 12]. Variable Siebwirkungsgrade h_s führen zu einem kontinuierlich ansteigenden Massenverhältnis von Siebüberlauf zum Siebdurchgang und damit zu variablem Fehlaustrag von Feinkorn in einen für eine Sortierung vorgesehenen Stoffstrom.

Bild 7 stellt diesen Zusammenhang am Beispiel eines Trommelsiebes mit 60 mm Rundlochöffnungen dar, das für die Klassierung von Roh-Haushaltsabfall eingesetzt wurde.

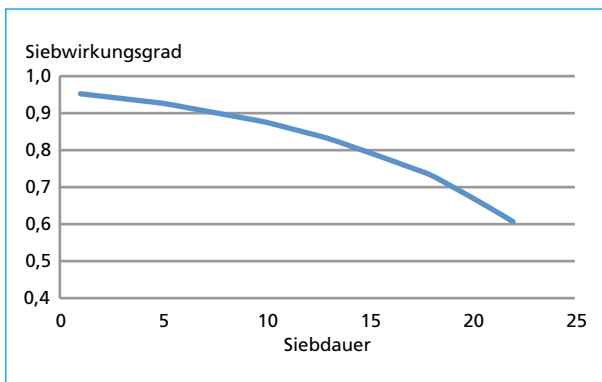


Bild 7:

Veränderlicher Sieberfolg über der Nutzungsdauer

Als Konsequenz der oben beschriebenen Verhältnisse wird zur Aufrechterhaltung kalkulierbarer Separationsbedingungen häufig ein Siebschnitt gewählt, der bei akzeptablem Reinigungsaufwand für die Klassiereinrichtungen über organisatorisch definierte Zeiträume wie z.B. eine Anzahl von Schichten zu begrenzter Veränderung von Massenverhältnissen führt. In der Aufbereitungspraxis liegt ein derartiger, organisatorisch sinnvoller Betriebspunkt unter Umständen weit von verfahrenstechnisch erforderlichen Betriebspunkten entfernt.

4. Zusammenfassung

Die Siebklassierung ist in Recyclingverfahren der wichtigste Prozessschritt zur Vorbereitung von Stoffströmen für die eigentliche Sortentrennung. Da die Trenngrade einzelner Merkmalsklassen ebenso unterschiedlich ausfallen wie deren Transportgeschwindigkeiten im Klassierprozess, verlangt eine Modellierung der Siebklassierung intensive Kenntnisse über das Verhalten von Abfallpartikeln im Trennprozess. Der Beitrag zeigt den grundlegenden Einfluss von Partikelgröße und -form auf das Verhalten im kombinierten Trenn- und Transportvorgang auf Sieben auf, deren Kenntnis in die mathematische Modellierung als Werkzeug für eine Simulation von Recyclingprozessen einfließt.

5. Literatur

- [1] Beyer, Ch.: Modellierung und Simulation von Abfallaufbereitungsanlagen unter besonderer Berücksichtigung der Stoffstromvektorisierung. Dissertation RWTH Aachen, Juli 2002
- [2] Bunge, R.: Mechanische Aufbereitung, Wiley-VCH 2012, S. 10f
- [3] Firmenprospekt IFE, www.ife-bulk.com
- [4] Kaufeld, S.; Feil, A.; Pretz, Th.: Zeitlich differenzierte Einzelkornfassung bei der Siebklassierung mittels Radiofrequenz Identifikation. Chemie Ingenieur Technik Vol. 86, Issue 6, Juni 2014, p.891f
- [5] MARSS, LIFE11 ENV/DE/000343, Laufzeit: 09/2012 – 12/2015, <https://sharepoint.ecampus.rwth-aachen.de/units/iar/marss/public/SitePages/Homepage.aspx>
- [6] Meinel, A.: Zu den Grundlagen der Klassierung siebschwieriger Materialien. Aufbereitungs-Technik 40 (1999) Nr. 7, S. 313ff
- [7] Meinel, A.: Zur Klassierung siebschwieriger Schüttgüter-grundlegende Betrachtungen. Aufbereitungs-Technik 42 (2001) Nr.7, S. 315ff
- [8] Meinel, A.: Zur Rolle und Optimierung der Siebboden- und Siebgutbewegung auf Wurfsiebmaschinen, Aufbereitungs-Technik 46 (2004), Nr.7, S. 42f
- [9] Meinel, A.: Zu Theorie und Praxis des Siebbodeneinsatzes in der Wurfsiebung, Aufbereitungs-Technik 46 (2005), Nr. 7
- [10] Mrotzek, A.: Modellgestützte Stoffflussanalyse der Ersatzbrennstoff-herstellung aus Abfallgemischen. Dissertation RWTH Aachen, Nov. 2008
- [11] Neugebauer, J.: Entsorgungswirtschaftliches Stoffstrom-Controlling. Dissertation RWTH Aachen, Jan. 2008
- [12] Schmidt, P.; Körber, R.; Coppers, M.: Sieben und Siebmaschinen, Wiley-VCH 2003, S. 18ff
- [13] VeMRec-Verlustminimiertes Metallrecycling aus Müllverbrennungsrückständen durch sensorgestützte Sortierung, BMBF R³, Laufzeit: 05/2012 -04/2015, <https://sharepoint.ecampus.rwth-aachen.de/vo/vemrec/public/default.aspx>

Entsorgung von Verpackungsabfällen



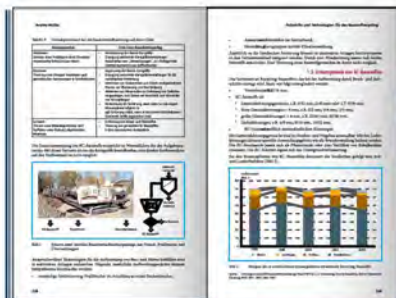
Herausgeber: Karl J. Thomé-Kozmiensky
Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Entsorgung von Verpackungsabfällen

ISBN: 978-3-944310-01-5
Erschienen: 2014
Hardcover: 350 Seiten
mit zahlreichen Abbildungen
Preis: 40.00 EUR

Themen:

- Funktionen von Verpackungen
- Produktverantwortung
- Recht und Praxis in Deutschland und Österreich
- Organisation
- Verfahrenstechnik
- Ökoeffizienz
- Kosten
- Probleme
- Perspektiven



Bestellungen unter www.vivis.de
oder

Dorfstraße 51
D-16816 Nietwerder-Neuruppin
Tel. +49.3391-45.45-0 • Fax +49.3391-45.45-10
E-Mail: tkverlag@vivis.de

vivis
TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar

Karl J. Thomé-Kozmiensky, Daniel Goldmann (Hrsg.):
Recycling und Rohstoffe – Band 8

ISBN 978-3-944310-20-6 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 2015
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: Ginette Teske, Sandra Peters, Carolin Bienert, Janin Burbott,
Max Müller, Cordula Müller
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 Funk-sendung, 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.