



Aufbereitung und Recycling

7. und 8. November 2007

Freiberg

Veranstalter:

Gesellschaft für Umweltverfahrenstechnik und Recycling e.V. Freiberg - UVR

Wiss.- techn. Gesellschaft für Verfahrenstechnik Freiberg - FIA - e.V.

Tagungsorganisation

UVR-FIA GmbH

Prof. Dr. habil. Hanspeter Heegn
Chemnitzer Str. 40, 09599 Freiberg

Telefon 03731 1621256

Fax 03731 1621299

E-Mail: info@uvr-fia.de

www.uvr-fia.de

Vortragsprogramm
Tagung Aufbereitung und Recycling
am 7. und 8. November 2007

Mittwoch 7. November 2007

10.00 Eröffnung

10.05 Prof. Dr.-Ing. habil. Stefan Heinrich und Dr.-Ing. Mirko Peglow (Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg): Wechselwirkungen und Mechanismen bei der Partikelherstellung in Wirbelschichten

10.35 Dr.-Ing. Rüdiger Schramm (Zadcon, Dessau): Auslegung von Drehrohtrocknern

11.05 -11.30 Pause

11.30 Dipl.-Ing. (FH) Katrin Schmidt und Prof. Dr. habil. Hanspeter Heegn (UVR-FIA GmbH Freiberg): Zerkleinerung und mechanische Aktivierung von Calciumphosphat für Biozement

12.00 Maria Schäfer (TU Bergakademie Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik); **Dr.-Ing. Manfred Nebelung und Dr. Annegret Potthoff** (IKTS Dresden): Online-Charakterisierung hochkonzentrierter keramischer Schlicker

12.30 Dipl. Ing. Ralf Löbe (Maschinenfabrik G. Eirich, Hardheim): Aufbereitungstechnologien zum Recycling von Reststoffen z.B. Stäube, Schlämme und Filterkuchen aus der Stahlindustrie

13.00-14.00 Mittagspause und Posterausstellung

14.00 Dipl.-Ing. Siegfried Kalmbach (Umweltbundesamt, Dessau): Kriterien zur hochwertigen Verwertung von metallhaltigen Abfällen

14.30 Dipl.-Ing. Jens Markowski, Dipl.-Ing. Sven Hildebrand, Dr.-Ing. Christian Stollberg und Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Ay (Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Lehrstuhl Aufbereitungstechnik): Vorbereitung und Realisierung der Demonstrationsanlage für ein neues Verfahren zur Rückgewinnung von Kunststoffen und Metallen aus Elektronikschrott auf der Basis mechanischer, optischer und biotechnologischer Trennprozesse

15.00 Dipl.-Ing. Gudrun Sapich und Dipl.-Ing. Karin Weimann (BAM – Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin, Fachgruppe IV.3) **Paul, S.** (FHTW Berlin): Nassmechanisches Recycling von Photovoltaik-Dünnschichtmodulen –EU LIFE Projekt RESOLVED

15.30-16.00 Pause

16.00 Prof. Dr. Helmut Flachberger (Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung Montanuniversität Leoben): Untersuchungen zur physikalischen Aufbereitung von Natursalzprodukten aus alpinen Salzlagerstätten

16.30 Dr.-Ing. Ulrich Kohaupt (Steinert Elektromagnetbau GmbH Köln): Magnetscheidung und Sensorsortiersysteme, Klassik und Moderne in der Aufbereitungstechnik

17.00 Prof. Dr.-Ing. Thomas Neeße (Universität Erlangen-Nürnberg): Boom im internationalen Bau von Aufbereitungsanlagen

18.00 Gesellige Abendveranstaltung der Tagungsteilnehmer

Vortragsprogramm
Tagung Aufbereitung und Recycling
am 7. und 8. November 2007
(Fortsetzung)

Donnerstag 8. November 2007

8.30 Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus Husemann (TU Bergakademie Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik): Zerkleinerungsgrundlagen in Schlagstiftmühlen

9.00 Dipl.-Ing. Uwe Bruder (Derrick Corp. Hirschau): Feinsiebung im Nass- und Trockenbereich

9.30 Dipl.-Ing. Daniel Droop und Dipl.-Ing. Jürgen Stein (Hosokawa Alpine AG, Augsburg): Ventoplex C – der optimierte Umluftsichter

10.00-10.30 Pause

10.30 Dr. Andreas Jungmann und Dipl.-Ing. Andreas Schiffers (CALA Aufbereitungstechnik GmbH & Co. KG Herzogenrath): CALA DryFlow Separator – eine neue Entwicklung zur trockenen Dichtesortierung im Feinkornbereich

11.00 Dipl.-Ing. (FH) Detlev Messerschmidt (HOMBAK Maschinen- und Anlagenbau Bad Kreuznach): Trockenmechanisches Verfahren zur Rückgewinnung von Fasern aus Spuckstoffen

11.30 PD Dr.-Ing. habil. Andreas Momber (RWTH Aachen, Fakultät für Georessourcen und Materialtechnik): Neue Ergebnisse beim selektiven Trennen von Faserverbunden

12.00 Schlusswort

[Poster und Präsentationen \(Anmeldungen bis Oktober 2007\)](#) Seite 36

Adressen der Autoren der Tagung "Aufbereitung und Recycling" Seite 39

Aktuelle Arbeitsgebiete der UVR-FIA GmbH Seite 42

Vorankündigung der Tagung Aufbereitung und Recycling 2008 Seite 44

Wechselwirkungen und Mechanismen bei der Partikelherstellung in Wirbelschichten

Prof. Dr.-Ing. habil. Stefan Heinrich und Dr.-Ing. Mirko Peglow

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Fakultät für Verfahrens- und Systemtechnik

Für eine Vielzahl von Feststoffprodukten ist die Überführung vom flüssigen in den festen Zustand der letzte Produktionsschritt. Dabei spielen die durch die Formulierung erzeugten Eigenschaften, wie Staubfreiheit, Fließfähigkeit und Partikelgrößenverteilung, zunehmend eine wichtige Rolle. Sind die Eigenschaften nicht im Zusammenhang mit dem Wechsel des Aggregatzustandes direkt zu erzielen, müssen mitunter aufwendige Verfahren zur Formgebung nachgeschaltet werden. Eine Alternative zu den klassischen Verfahren der Feststoffherzeugung aus Flüssigkeiten (Lösungen, Suspensionen, Emulsionen, Schmelzen), wie Kristallisation, Sprühkühlung oder insbesondere Sprühtrocknung, stellt die Wirbelschicht-Sprühgranulation dar. Wirbelschichten werden daher häufig für die **Granulation** oder auch die **Beschichtung** von Feststoffpartikeln eingesetzt. Die Beschichtungs- oder Binderflüssigkeit wird dabei meist mittels Zweistoffdüsen in die Wirbelschicht eingedüst. Der Partikelwachstumsmechanismus ist von den Partikel-Tropfen-Interaktionen abhängig und hat einen maßgeblichen Einfluss auf die Partikelmorphologie und somit auf die Produktqualität. Trotzdem ist nur wenig über die Details des Granulationsprozesses bekannt, da der Granulationsprozess nicht visuell zugänglich ist.

In der vorgestellten Arbeit nutzen wir für die detaillierte Untersuchung des Granulationsverhaltens in einer bedüsten blasenbildenden Wirbelschicht fundamentale deterministische Modelle. Dazu wird ein Diskretes-Elemente-Modell (DEM) angewendet, um die Dynamiken der kontinuierlichen Gasphase sowie der diskreten Tropfen und Partikel zu beschreiben. Für jedes Element werden die Impulsbilanzen gelöst, wobei der Impulsaustausch zwischen jeder dieser 3 Phasen wird durch individuelle Elemente charakterisiert wird. Die Bewegungs- sowie die Widerstandskraft der Tropfen werden exakt beschrieben, und es wird auch der Effekt des Feuchtegehaltes auf die Partikel-Partikel Kollisionen studiert.

Die Ergebnisse der DEM-Simulationen werden mit lokalen Messungen der Volumenkonzentrationen und der Geschwindigkeiten der Partikel unter Nutzung eines neuartigen faseroptischen Messsystems in einer zylindrischen Wirbelschicht mit einem Durchmesser von 400 mm beschrieben. Die Simulationen und Messungen wurden mit 3 unterschiedlichen Wirbelschichten aus porösen Aluminiumoxidpartikeln vom Geldart B-Typ durchgeführt: eine blasenbildende Wirbelschicht ohne Eindüsung, eine von unten gasbedünte blasenbildende Wirbelschicht sowie eine von unten flüssigkeitsbedünte blasenbildende Wirbelschicht unter Berücksichtigung von Tropfen.

Es wird gezeigt, wie das DE-Modell genutzt werden kann, um Informationen über die Interaktionen der diskreten Phasen, z.B. bezüglich der Wachstumszone in der flüssigkeitsbedünten Wirbelschicht oder der Keimbildung von nicht-abgeschiedenen Sprühtropfen und die Größe von trockenen und feuchten Zonen zu erhalten.

Außerdem befasst sich der Vortrag mit der Untersuchung der **Partikelbildung durch Agglomeration** in flüssigkeitsbedünten Wirbelschichten unter Berücksichtigung der Partikelfeuchte. Als Agglomerate werden aus feinen Primärpartikeln zusammengesetzte Teilchen bezeichnet, welche im Vergleich zum Ausgangsstoff günstigere Produkteigenschaften aufweisen. Die Feuchtigkeit der Agglomerate

wurde in der Vergangenheit neben der Partikelgröße als eine entscheidende Eigenschaft identifiziert, welche den Vorgang der Agglomeration maßgeblich steuert. Ziel der vorgestellten Arbeiten ist es, die Partikelbildung durch Agglomeration in Sprühwirbelschichten unter Anwendung populationsdynamischer Methoden erstmalig unter Berücksichtigung der Partikelfeuchte im Rahmen eines von der DFG geförderten Forschungsvorhabens zu untersuchen. Eine Vielzahl von Parametern beeinflusst das Ergebnis der diskontinuierlichen Agglomeration in Sprühwirbelschichten: Produkt (Art des Stoffes, Nullfüllung), Binder (Art, Konzentration in der Sprühflüssigkeit), Düse (Art, mittlerer Tropfendurchmesser, Abstand von der Wirbelschicht, Flüssigkeitsmassenstrom und -temperatur), Gas (Eintrittstemperatur und -feuchte), Wirbelschicht (anfängliche Betthöhe bzw. Masse der Nullfüllung, Gasgeschwindigkeit) und natürlich Dauer des Experiments.

Die experimentellen Untersuchungen erfolgen an einer neu errichteten Laboranlage DN 150. Diese ist apparativ und messtechnisch so gestaltet, dass eine genaue Erfassung der Prozessparameter Gaseintritts- und Gasaustrittsbeladung, Gasmassenstrom und der Temperaturen möglich ist. Darüber hinaus kann die zeitliche Entwicklung der Partikelgrößenverteilung sowohl in-line mit der Partikelsonde IPP70 der Fa. Parsum als auch off-line mit dem Partikelgrößenanalysator Camsizer ermittelt werden.

Es werden erste experimentelle Untersuchungen auf der Ebene der mittleren Partikelfeuchte zur Verbesserung der Datenlage und Identifikation von wichtigen Prozessgrößen vorgestellt. Hierzu zählt beispielsweise die in-situ Messung der mittleren Partikelfeuchte auf Basis der Gasein- und Gasaustrittsfeuchten. Weiterhin werden die Grenzen der stabilen Agglomeration bzw. die Übergangsbereiche zur Granulation systematisch ausgelotet.

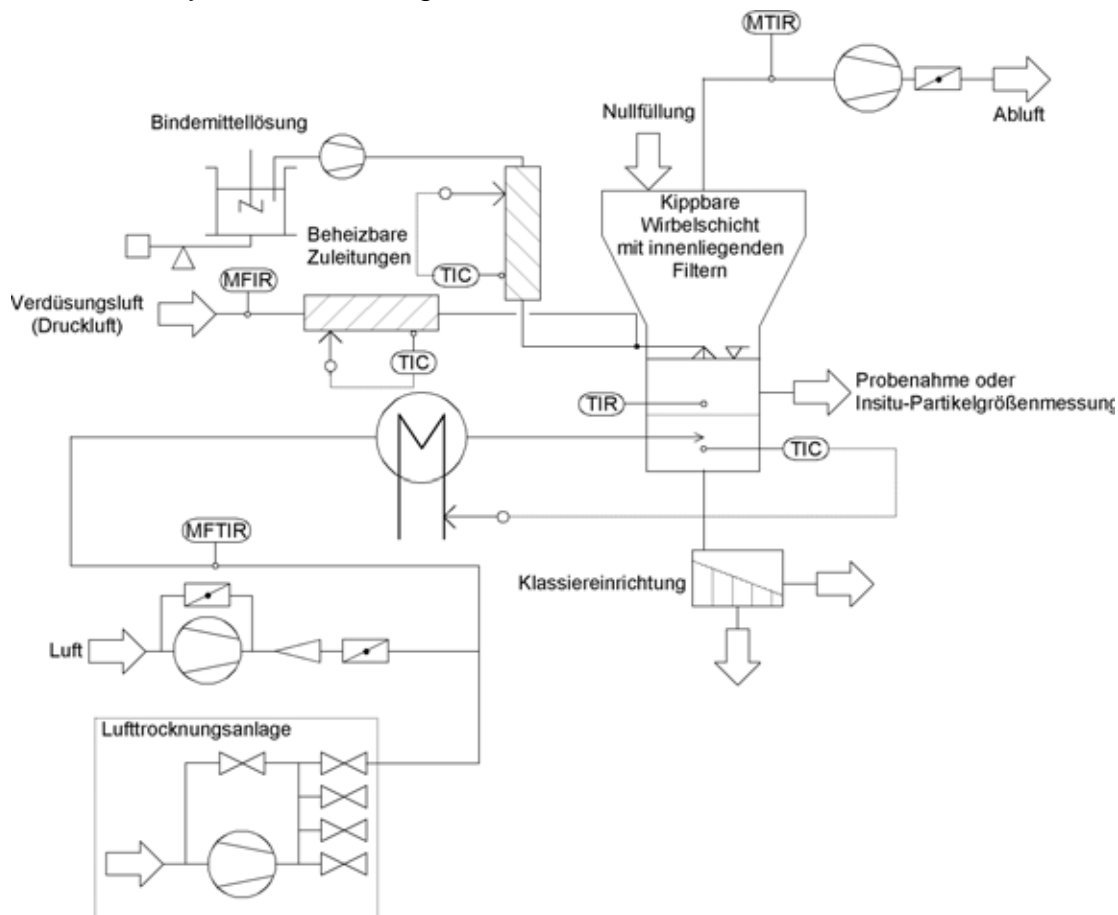


Abb.: Schema der verwendeten Wirbelschicht-Versuchsanlage zur Agglomeration.

Auslegung von Drehrohrtrocknern

Dr.-Ing. Rüdiger Schramm
Zadcon Dessau

Es wird ein PC – Auslegungsprogramm für Drehrohrtrockner vorgestellt. Für die Bestimmung des Drehrohrtrocknervolumens wird die Verdampfungszahl, auch raumbezogene Trocknungsgeschwindigkeit genannt, herangezogen. Die Verdampfungszahl ist ein Erfahrungswert der beeinflusst wird von den Trocknungseigenschaften und der Art der Einbauten.

Da das zur Trocknung im Drehrohrtrockner erforderliche Heißgas die Doppelfunktion

- Wärmeträger und
- Aufnahmemedium des zu verdampfenden Wassers hat,

kann die Wärmebilanz erst aufgestellt werden, wenn der Heißgas- und Abgasvolumenstrom bekannt ist. Um dies zu ermöglichen, wird ein spezifischer Wärmebedarf angenommen, der dann nach vorliegender Wärmebilanz iterativ korrigiert wird. Mit Hilfe der statistischen Verbrennungsrechnung werden anhand des Wärmebedarfs die Rauchgasmengen ermittelt. Der Heißgasvolumenstrom ergibt sich durch Zugabe von Mischluft vor dem Trockner und der Abgasvolumenstrom unter Berücksichtigung des verdampften Wasser im Trockner.

Die so bestimmte Größe des Drehrohrtrockners mit seinen Material- und Gasströmen, seinen Temperaturen und dem Wärmebedarf ist auf seine bestimmungsgemäße Arbeitsweise zu überprüfen.

Das erfolgt durch:

1. die Überprüfung des Taupunktes
2. die Gasflussüberprüfung
3. Materialflussüberprüfung.

Dabei ist das Ziel der Taupunktüberprüfung, dass an keiner Stelle des Drehrohrtrockners und des nachgeschalteten Filters der Taupunkt des Abgases unterschritten wird, um so Kondensationserscheinungen zu vermeiden.

Ziel der Gasflussüberprüfung ist, dass kein Trockengut in größeren Mengen durch den Gasstrom aus dem Trockner in den Filter mitgerissen wird. Bei der Materialflussüberprüfung wird der Zusammenhang des Füllungsgrades, der Verweilzeit, der Trocknerneigung und der Drehzahl ermittelt.

Aufgrund der durchgeführten Überprüfungen werden bei Erfordernis

- die Heißgastemperatur
- die Neigung der Trommel und
- die Abmessungen der Trommel

korrigiert.

Der Vorteil der Nutzung des Auslegungsprogramms wird abschließend vorgestellt, in dem Zustände vorgegeben werden, die nach dem vom Rechenprogramm durchgeführten Überprüfungen eine Korrektur erfordern.

Zerkleinerung und mechanische Aktivierung von Calciumphosphat für Biozement

Dipl.-Ing. (FH) Katrin Schmidt und Prof. Dr. habil. Hanspeter Heegn

UVR-FIA GmbH Freiberg

Ausgehend von Entwicklungsarbeiten der Firma InnoTERE GmbH in Dresden zu neuartigen Knochenzementen und Knochenersatzmaterialien wurden bei UVR-FIA GmbH Freiberg Untersuchungen zur Feinzerkleinerung und mechanische Aktivierung von Calciumphosphat durchgeführt. Biozemente sollen dafür sorgen, dass sich künstliche Gelenke im Körper seltener lockern und Knochenbrüche schneller und sicherer ausheilen. Calciumphosphate (CP) werden wegen ihrer chemischen Ähnlichkeit mit den natürlichen Knochenmineralien in den meisten synthetischen Knochenersatzmaterialien eingesetzt. Die Materialien auf der Basis von Calciumphosphaten können auf Grund ihrer speziellen Mikro- und Nanostrukturierung in den Knochenstoffwechsel einbezogen werden. Gleichzeitig sollen diese Materialien die Anforderungen an ein universell einsetzbares Knochenersatzmaterial erfüllen (z. B. Injizierbarkeit, Formbarkeit, hohe Festigkeit nach der Aushärtung, einfache Handhabung, Porosität). Die Anwendungen reichen von der Zahnmedizin bis hin zur Orthopädie.

Ein wesentlicher Beitrag zur Überführung des innovativen Konzepts in die Praxis ist die Entwicklung einer effektiven Technologie zur Herstellung der Knochenzemente, wobei nach den bisherigen Erkenntnissen die mechanische Aktivierung des Calciumphosphats eine wichtige Verfahrensstufe ist.

Für die vorliegenden Untersuchungen wurde α -Tricalciumphosphat (α -TCP - Whitlockit) eingesetzt, das durch reaktive Sinterung einer Mischung aus 2 mol CaHPO_4 und 1 mol CaCO_3 von der Fa. InnoTERE hergestellt wurde.

Zur Entwicklung einer effektiven Mahltechnologie für α -TCP wurden Untersuchungen in unterschiedlichen Mühlen durchgeführt. Die Mahlprodukte wurden durch Teilchengrößenanalyse mit Lasergranulometrie (Gerät Sympatec Helos), Oberflächenbestimmung nach BET (Differential-BET-Apparatur 'Areometer' der Fa. Ströhlein) und Röntgenpulverdiffraktometrie (Gerät D 5000 der Fa. Siemens/Bruker) charakterisiert. Die Messergebnisse der Röntgendiffraktometrie lieferten Informationen über den Phasenbestand und die Mikrostruktur von polykristallinen Feststoffen (Amorphisierung, Primärteilchengröße und Gitterverzerrungen). Außerdem wurde mit Lösungskalorimetrie (Kalorimeter 2277 Thermal Activity Monitor der Fa. Thermometric-TA INSTRUMENTS) am Institut für Physikalische Chemie der TU Bergakademie Freiberg die durch die mechanische Aktivierung im Material zusätzlich gespeicherte Energie bestimmt.

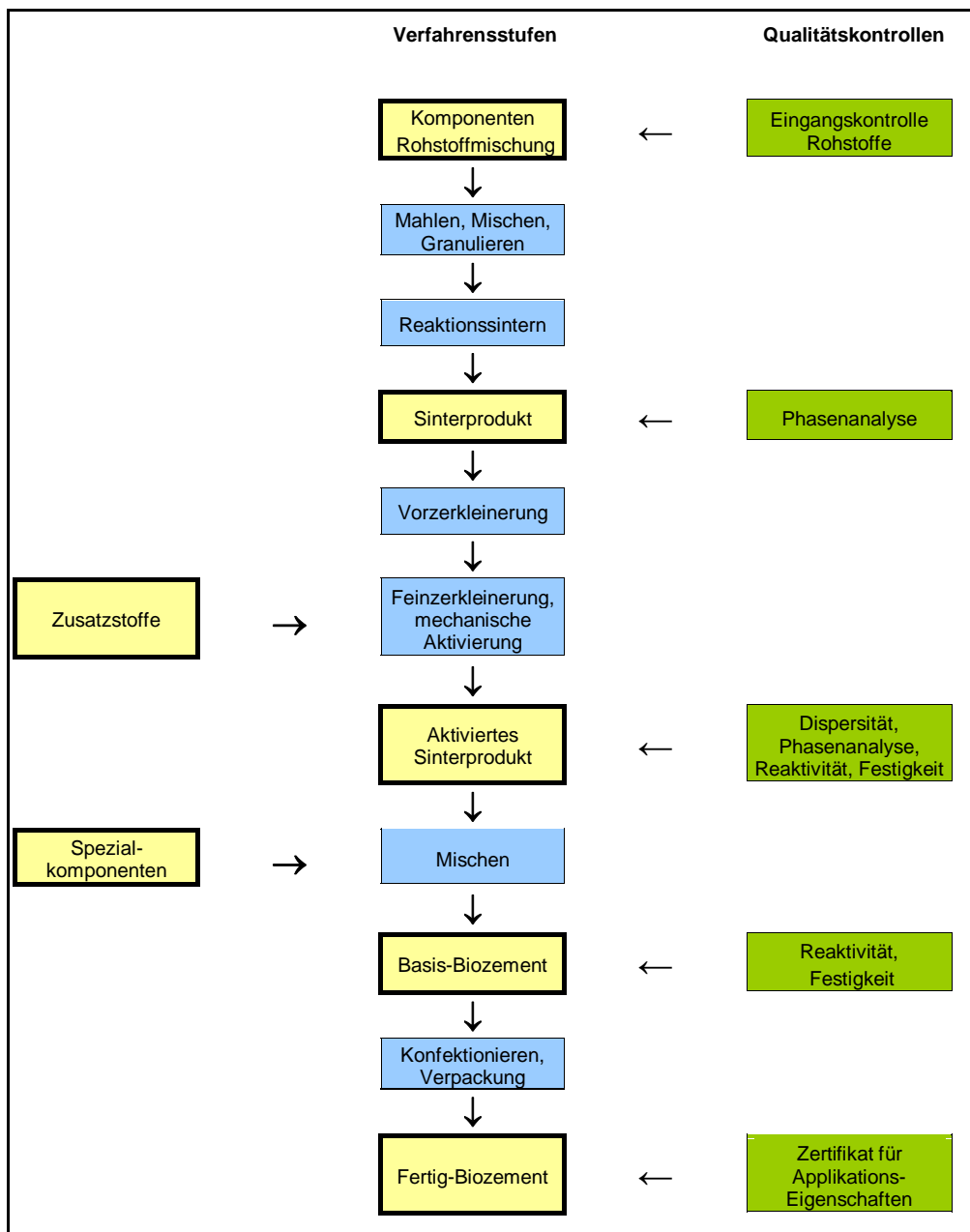
In Übereinstimmung mit früheren Erkenntnissen zu anderen Stoffsystemen ist bei allen für die Feinzerkleinerung und mechanische Aktivierung verwendeten Mühlen (Mechanoreaktoren) die Energieübertragung auf das Mahlgut durch Mahlkörper und Mahlwerkzeug entscheidend für die erzielbaren Effekte. Neben diesen grundlegenden Faktoren müssen aber auch die Applikationseigenschaften des Mahlprodukts beachtet werden. Das betrifft im vorliegenden Fall die Kontamination mit Abrieb des Mahlwerkzeugs und die Agglomerationsneigung des Mahlgutes. Die vergleichenden Untersuchungen mit unterschiedlichen Mühlen zeigten, dass Porzellan-Trommelmühlen mit Zirkonoxid als Mahlkörpern zur mechanischen Aktivierung von α -TCP für Biozemente gut geeignet sind. Die positive Wirkung von

Mahlhilfsmitteln zur Verminderung der Agglomeration des Mahlgutes wurde nachgewiesen.

Für die Herstellung von Zementprobekörpern wurden ausgewählte Muster von mechanisch aktiviertem α -TCP verwendet. Die Charakterisierung der Zementprobekörper erfolgte mittels Druckfestigkeits- und Biegefestigkeitsmessungen mit der Universalprüfmaschine Z 100 der Fa. Zwick an der Fachhochschule Nordhausen.

Wie erwartet nimmt mit steigender Druckfestigkeit auch die Biegefestigkeit zu. Mit steigender Porosität nimmt die Festigkeit des Zements ab, wobei die Porosität mit Zunahme des Wassergehalts der Zementmischung zunimmt. Bei den Untersuchungen zeigte es sich auch, dass die Kristallinität des TCP-Pulvers großen Einfluss auf die Festigkeit des ausgehärteten Zements hat. Mit einer stärkeren Amorphisierung nimmt die Druckfestigkeit bei gleichem Wassergehalt zu.

Aus den Untersuchungen werden Schlussfolgerungen für den vorgesehenen Produktionsmaßstab gezogen, so dass eine Produktion von Biozementen gemeinsam mit dem Kooperationspartner nach dem unten gezeigten Schema erfolgen könnte.



Online-Charakterisierung hochkonzentrierter keramischer Schlicker

Maria Schäfer¹, Dr.-Ing. Manfred Nebelung² und Dr. Annegret Potthoff²

¹TU Bergakademie Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und
Aufbereitungstechnik

²Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme(IKTS) Dresden

Die Herstellung keramischer Hochleistungswerkstoffe erfordert eine hohe und konstant bleibende Qualität der Ausgangstoffe bzw. der technologisch bedingten Zwischenprodukte. Um die Schlickereigenschaften gezielt einstellen zu können, sind Kenntnisse über die Wechselwirkungen zwischen Feststoffen, Fluid und Hilfsmitteln innerhalb der Suspension notwendig. Besondere Bedeutung kommen dabei den Oberflächeneigenschaften, insbesondere den Oberflächenladungsverhältnissen der Partikel zu. Sie bestimmen die für die Weiterverarbeitung erforderliche Stabilität des Schlickers mit, die sich in der Viskosität widerspiegelt.

Ziel ist die Optimierung der Schlickereigenschaften während der Aufbereitung bei der Mischmahlung in Rührwerkskugelmöhlen. Durch geeignete Dosierung und somit optimale Ausnutzung der Hilfsmittel sollen das Zerkleinerungsergebnis verbessert und die für die Weiterverarbeitung wichtige Stabilität des Schlickers gewährleistet werden. Dazu werden akustophoretische Messungen mit dem Feld-ESA-Messgerät durchgeführt, mit deren Hilfe im hochkonzentrierten Orginalschlicker die Oberflächenladungsverhältnisse online charakterisiert werden können. Die Untersuchungen wurden an Aluminiumoxid- sowie an Siliziumcarbid-Suspensionen vorgenommen.

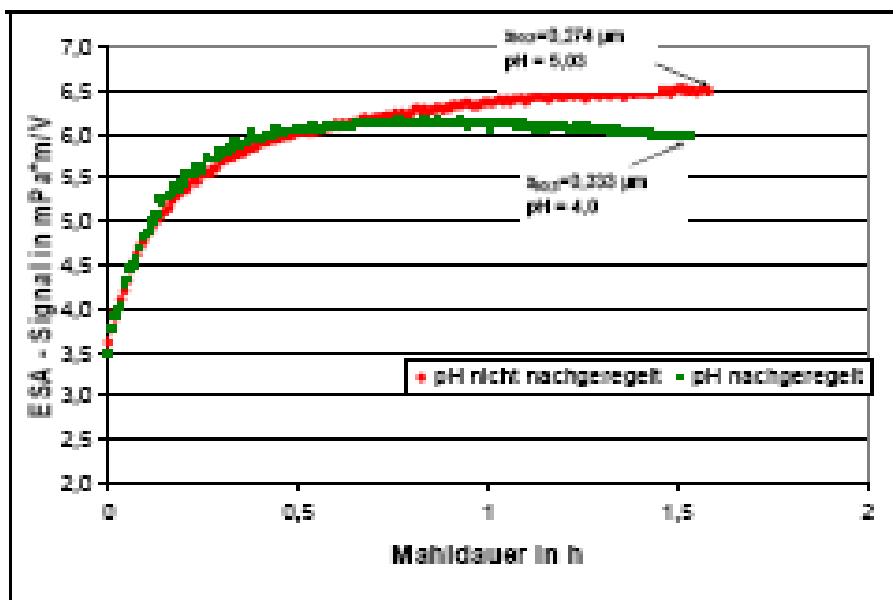


Abbildung 1: Verlauf des ESA-Signals über der Mahldauer bei unterschiedlichen Stabilisierungsbedingungen (Al₂O₃-Suspension)

Bei Online-Untersuchungen der elektrostatischen Stabilisierung einer Aluminiumoxidsuspension mit Salpetersäure zeigt sich eine Korrelation zwischen ESA-Signal und Mahlfortschritt. Erreicht das ESA-Signal hohe Werte, ist dies ein Hinweis auf eine hohe elektrostatische Stabilisierung der Suspension. Dadurch ist die Agglomerationsneigung der Partikel geringer und ein höherer Feinheitsgrad ist erreichbar.

Es zeigt sich, dass die Stabilisierungsbedingungen von großer Bedeutung sind. Beispielsweise erweist sich ein Konstanthalten des pH-Wertes während der Mahlung als ungünstig (siehe Abbildung 1). In der Literatur wird dies mit der Bildung einer Aluminiumhydroxidschicht an der Partikeloberfläche begründet. Deren Existenz konnte bei dem hier verwendeten Stoffsystem nicht nachgewiesen werden.

Anhand von Zerkleinerungsversuchen mit dem Dispergator Dolapix CE64 lässt sich zeigen, dass die Ergebnisse, welche mit dem Feld-ESA erzielt werden, sehr gut mit der Viskosität des Schlickers korrelieren (siehe Abbildung 2). Zu Beginn der Mahlung ist die Suspension elektrostatisch und sterisch stabil. Mit zunehmender spezifischer Oberfläche reicht die Dispergatormenge nicht mehr aus, um die Partikeloberfläche abzusättigen und die Suspension zu stabilisieren. Eine Nachdosierung des Dispergators wird nötig. Mit Hilfe des ESA-Signals lässt sich dieser Zeitpunkt sehr genau bestimmen.

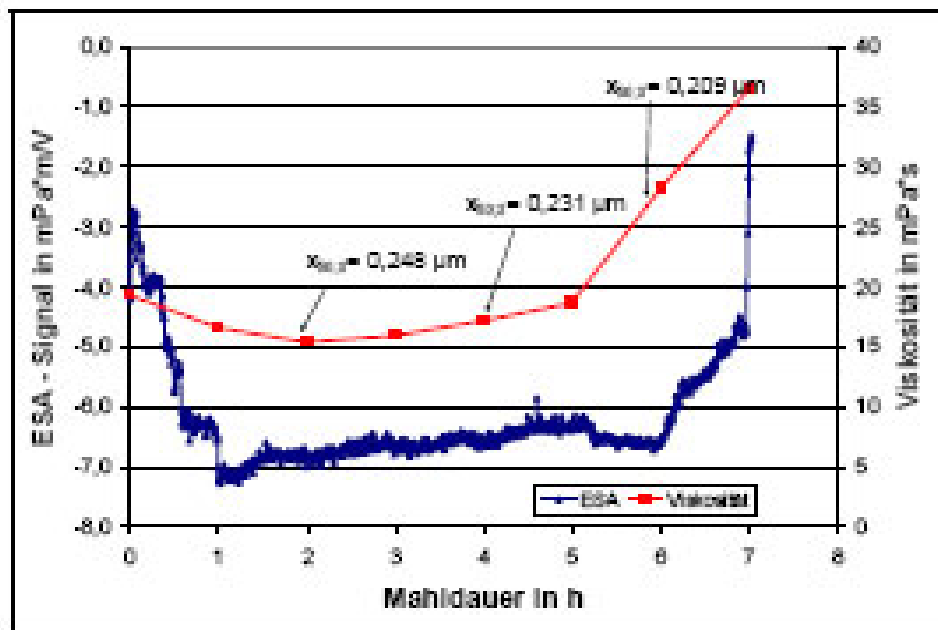


Abbildung 2: Verlauf von Viskosität und ESA-Signal über der Mahldauer (Al₂O₃-Suspension)

Die gute Korrelation zwischen Viskosität und ESA-Signal lässt sich auch am Siliziumcarbid zeigen. Hierbei wird der - ebenfalls elektrostatisch wirkende - Dispergator KV5151 verwendet. Durch Titration bei kontinuierlicher Erfassung des ESA-Signals lässt sich zunächst die optimale Menge des Dispergators für die Ausgangssuspension ermitteln und kontinuierlich während der Aufbereitung überwachen.

Die Ergebnisse zeigen, dass mit dem Feld-ESA-Gerät eine Änderung der Oberflächenladungsverhältnisse während des Aufbereitungsprozesses online nachvollzogen werden kann. Damit sind eine kontinuierliche Prozesssteuerung und -regelung zur Qualitätskontrolle von Schlickereigenschaften möglich.

Aufbereitungstechnologien zum Recycling von Reststoffen z.B. Stäube, Schlämme und Filterkuchen aus der Stahlindustrie

Dipl. Ing. Ralf Löbe

Maschinenfabrik Gustav Eirich, Hardheim

Die Stahlindustrie geht neue Wege für das Recycling von Stuben und anderen Reststoffen. Ziel ist die vollkommene Vermeidung von Abfällen (Zero Waste Technologien).

Ähnlich wie in anderen Industrien steigt aufgrund verscharfelter Umweltgesetzgebung der Druck auf Stahlwerke zu umweltfreundlicherer Produktion. Dies bewirkt vor allem Maßnahmen zur Reduzierung von Energieverbrauch, Emissionen und Abfallstoffen. Deshalb wurden in den letzten Jahren mehrere Verfahren entwickelt und zur Produktionsreife gebracht, mit denen Stahlwerksreststoffe wieder aufgearbeitet oder direkt in den Stahlerzeugungskreislauf zurückgeführt werden.

Die Wirtschaftlichkeit dieser Verfahren beruht auf

- der Verringerung von Emissionen
- der Einsparung von Deponiekosten
- der Wiederverwertung der in den Reststoffen enthaltenen Wertstoffe wie Fe und Zn

In diesem Beitrag werden u.a. verschiedene Verfahren vorgestellt, bei denen anfallende Reststoffe wieder in den Produktionskreislauf zurückgeführt werden.

Die Reststoffe liegen in der Regel als feine Filterstäube oder Schlämme vor. Um sie recyclingfähig zu machen, müssen sie deshalb bei den meisten Verfahren in eine Form überführt werden, die ein staubfreies Handling ermöglicht.

Hierfür sind verschiedene Aufbereitungsverfahren im Einsatz:

- Agglomerieren
- Pelletieren (Aufbaugranulierung)
- Brikettieren
- Verpressen zu Steinen

Das geeignete Verfahren hängt davon ab, in welchem Prozess die Reststoffe wieder in die Produktion zurückgeführt werden. Bei all diesen Verfahren kommt dem Mischprozess eine entscheidende Bedeutung zu.

Die eingesetzten Mischaggregate müssen häufig mehrere verfahrenstechnische Aufbereitungsschritte gleichzeitig bewerkstelligen:

- Mischen
- Befeuchten / Feuchte verteilen / Feuchte abführen
- Aufschließen
- Verdichten
- (Vor-) Granulieren
- Reagieren
- Kühlen

Hierfür hat sich als Mischaggregat der Gegenstrom-Intensivmischer, in der Branche meist nur „Eirich-Mischer“ genannt, durchgesetzt. Besondere Herausforderungen an die eingesetzten Mischer ergeben sich aus den häufig extrem unangenehmen

mechanischen, physikalischen und chemischen Eigenschaften der verwendeten Reststoffe.

Diese sind bisweilen:

- schleißend (Sinterstäube, Koks)
- korrosiv (chloridhaltig)
- pyrophor (feines Fe-Pulver)
- reaktiv (Branntkalk)
- extrem klebrig bzw. zu Anbackungen neigend

Eine gute Mischung und Aufbereitung dieser schwierigen Materialien ist die wesentlichste Voraussetzung für einen erfolgreichen Anlagenbetrieb. Der Einsatz von Eirich-Mischern hat sich auf diesem Gebiet in vielen Anlagen bewährt.

Kriterien zur Beurteilung einer hochwertigen Verwertung von metallhaltigen Abfällen

Dipl.-Ing. Siegfried Kalmbach

Umweltbundesamt Dessau

In Deutschland fallen große Mengen von Industrieabfällen an, die wertvolle Metalle enthalten. Gleichzeitig werden Metalle mit teilweise hohen Auswirkungen auf die Umwelt aus Primärrohstoffen gewonnen. Im Rahmen einer nachhaltigen Ressourcennutzung bzw. Ressourcenschonung ist deshalb eine hochwertige Verwertung von metallhaltigen Abfällen mit umweltseitig akzeptablen Aufbereitungsverfahren anzustreben.

Nach den Grundpflichten der Kreislaufwirtschaft hat gemäß § 5 Abs. 2 des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (KrW-/AbfG) die Verwertung von Abfällen Vorrang vor deren Beseitigung. Dabei ist „eine der Art und Beschaffenheit des Abfalls entsprechende hochwertige Verwertung anzustreben“. Somit ist also auch noch innerhalb der „Verwertung“ eine Differenzierung in mehr oder weniger hochwertige Verwertungen vorzunehmen.

Die Diskussion um diese Grundpflichten hat sich insbesondere bei der Verwendung von Abfällen zum Versatz unter Tage entwickelt. Beim Bergversatz werden Abfälle (oftmals zusammen mit anderen Materialien) unter Nutzung ihrer bauphysikalischen Eigenschaften zu bergtechnischen oder bergsicherheitlichen Zwecken unter Tage verwendet. Falls nun diese Versatzmaterialien andere wertgebende Inhaltsstoffe besitzen oder für andere Anwendungen zur Verfügung stehen können, sind Konfliktfälle möglich. Untersuchungen haben gezeigt, dass es auch Fälle gibt, in denen eine weniger hochwertige Verwertung oder gar eine Beseitigung einer hochwertigen Verwertung vorzuziehen ist.

Losgelöst von den stark schwankenden Weltmarktpreisen für Metalle, die letztlich nur ökonomisch darüber entscheiden, ob sich eine Verwertung der Metallfraktion im Abfall „lohnt“, muss im Sinne des Ressourcenschutzes darüber entschieden werden, wann eine „hochwertige Verwertung“ solcher metallhaltigen Abfälle geboten ist.

Die „Verordnung über den Versatz von Abfällen unter Tage“ (Versatzverordnung-VersatzV) von 2002 hat hier erste Regelungen getroffen, die den Vorrang der Rückgewinnung von Metallen unter bestimmten Rahmenbedingungen aufgreift. Für die sieben Metalle Zink, Blei, Kupfer, Zinn, Chrom, Nickel und Eisen sind in der VersatzV Konzentrationen in Abfällen festgelegt, ab denen keine Verwertung im Bergversatz mehr stattfinden darf. Einschränkend gilt allerdings, dass die Gewinnung der Metalle aus den Abfällen technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar sowie unter Einhaltung der Anforderungen an die Zulässigkeit einer solchen Verwertung durchführbar ist.

Mit der „Verordnung über die Verwertung von Abfällen auf Deponien (Deponieverwertungsverordnung- DepVerwV) von 2005 wurden die Regelungen aus der VersatzV auch auf die Verwertung von Abfällen auf obertägigen Deponien übertragen.

Die in diesen Verordnungen festgelegten Metallgehalte orientieren sich dabei an den Metallgehalten in den Primärerzen, die für die Herstellung dieser Metalle verwendet werden. Damit ist quasi in erster Näherung sichergestellt, dass bei gleichen Technologien und Umweltstandards die metallurgische Aufarbeitung von Erzen mit der Aufbereitung von metallhaltigen Abfällen vergleichbar ist.

VersatzV und DepVerwV konkretisieren allerdings nicht näher die „hochwertige Verwertung des Abfalls“, so dass diese Regelungen bislang in der Praxis nur bedingt Anwendung finden. Das Umweltbundesamt hat deshalb im Rahmen eines Forschungsvorhabens „Kriterien zur Beurteilung einer hochwertigen Verwertung metallhaltiger mineralischer Abfälle“ entwickeln lassen. Insbesondere zwei Aspekte waren hierbei zu berücksichtigen:

Zum einen sind zur Beurteilung einer hochwertigen und umweltverträglichen Verwertung die Aufbereitungs- und Verwertungsverfahren der Abfälle selbst von Bedeutung, vor allem die Art und Weise, wie umweltfreundlich und energiesparend die Verfahren arbeiten, um die Metalle zurück zu gewinnen. Zum andern sind die Aufbereitungsverfahren für Abfälle den Prozessen gegenüberzustellen, mit denen die Primärrohstoffe in Form der Erze aufbereitet und die Metalle schließlich gewonnen werden. Dabei zeigt sich, dass gerade im außereuropäischen Raum ist die Metallgewinnung oft mit großen Umweltbelastungen verbunden.

Die wichtigsten Ergebnisse dieser Untersuchung werden vorgestellt.

Vorbereitung und Realisierung der Demonstrationsanlage für ein neues Verfahren zur Rückgewinnung von Kunststoffen und Metallen aus Elektronikschrott auf der Basis mechanischer, optischer und biotechnologischer Trennprozesse

**Dipl.-Ing. Jens Markowski, Dipl.-Ing. Sven Hildebrandt,
Dr.-Ing. Christian Stollberg und Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Ay**

Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Fakultät Umweltwissenschaften
und Verfahrenstechnik, Lehrstuhl Aufbereitungstechnik

Im Zuge der seit 2006 in Deutschland geltenden gesetzlichen Regelungen zur Verwertung von ausgedienten Elektro- und Elektronikgeräten besteht ein Bedarf an neuartigen Technologien, um die wertvollen Inhaltsstoffe dieser Geräte einer anspruchsvollen stofflichen Verwertung zuzuführen.

Gemeinsam mit vier mittelständischen Unternehmen wurde deshalb an der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus mit Unterstützung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung ein Verfahren entwickelt, welches eine Wiederverwertung der im Elektro- und Elektronikschrott enthaltenen Kunststofffraktionen sowie der Metalle, insbesondere der Edelmetalle, ermöglicht. Kernstück des Projektes ist die Entwicklung einer innovativen Technologie zur Abtrennung der metallischen Bestandteile von den Leiterplatten mittels mikrobiologisch basierter Verfahrenstechnik. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Sortierung des Kunststoffgemisches mit Nahinfrarot-Technik. Die derart separierten Kunststoffe werden im Rahmen des Verfahrens so weit aufbereitet, dass sie als Recycling-Granulat einer Nutzung zugeführt werden können.

In einer Demonstrationsanlage wurden die Funktionsfähigkeit und die Bilanzierung des Verfahrens im industriellen Maßstab vorgenommen.

Die zur Verarbeitung vorgesehenen Elektronik-Altgeräte durchlaufen zunächst eine Grobzerkleinerung, bei der ein erster Aufschluss erfolgt. An dieser Stelle werden die Voraussetzungen für die folgenden Sortierschritte gelegt, denn sowohl die nachfolgende Leiterplattenseparation als auch die NIR-Sortierung der Kunststoffe stellen definierte Anforderungen an die zerkleinerten Materialien, ohne die eine sichere Identifizierung mit den optischen Systemen nicht möglich ist. Des Weiteren erfolgt durch die verwendete Zerkleinerungstechnik eine zerstörungsfreie Ablösung der von ihren Inhaltsstoffen her problematischen Kondensatoren von den Leiterplatten. Diese als besonders überwachungsbedürftige Abfälle zu behandelnden Bauelemente können in einem späteren Sortierschritt sehr effektiv von den übrigen Materialien abgetrennt und in einer Restfraktion gezielt aufkonzentriert werden.

Die der Zerkleinerung folgende Aufbereitungsstufe dient der Abtrennung von Fe-Metallen (z. B. Gehäuse und Chassis) mittels Überbandmagnet aus dem Produktstrom. Durch die Vorzerkleinerung sind die Eisenteile so weit freigelegt und von anhaftenden Fremdstoffen befreit (Verunreinigungen < 3%), dass sie ohne weitere Vorbehandlung einer Vermarktung zugeführt werden können.

Nach der Absiebung des Feinkorns beinhaltet der sich anschließende Aufbereitungsschritt die Abtrennung der Leiterplatten aus dem Stoffstrom mittels einer Kombination aus Hochfrequenz- und Farbdetektion. Mit dem im Rahmen des Projektes speziell entwickelten Aggregat werden die Leiterplatten gezielt separiert und können somit ohne störende Fremdkomponenten in die biologische Laugung gegeben werden.

Mit der gleichen Sortiereinheit kann nach Umstellung der Steuerung die Aushaltung der noch im Hauptstrom befindlichen NE-Metalle (v. a. Kupfer- und Aluminiumteile) erfolgen. Eine nochmalige Umschaltung ermöglicht die Abscheidung der sortierfähigen Kunststoffe, die anschließend in der NIR-Sortierstufe weiter aufgetrennt werden. Nach Abscheidung der Kunststoffe verbleibt eine mengenmäßig sehr geringe Restfraktion (Anteil < 4 Ma.-%), die vor allem Störstoffe (wie z.B. Kondensatoren) beinhaltet und einer Entsorgung zuzuführen ist.

Die separierten Leiterplatten werden einer mikrobiologischen Behandlung mit einer speziellen Laugungslösung unterzogen. Mit einer aus der Galvanotechnik entlehnten Apparatur ist es möglich, innerhalb von etwa 36 Stunden die metallischen Bestandteile der Leiterplatten und der Bauelemente komplett von den Platinen-Grundkörpern zu lösen. Während das Kupfer in Lösung geht, liegen die anderen Metalle (z. B. Zinn und Blei aus den Lötstellen) als fester Niederschlag im Laugungsbecken vor. Aufgrund spezifischer Dichteunterschiede sind eine Abtrennung des Schlammes von der Lösung sowie dessen anschließende Verwertung ohne aufwändige Maßnahmen möglich.

Die in der Vorsortierung separierte Kunststoff-Mischfraktion wird einer Sortierung mit Nahinfrarotlicht unterzogen. Die angewendete Technologie basiert auf der Identifikation der von den Kunststoffteilen reflektierten Wellenlängenbereiche des Lichts und dem anschließenden Vergleich mit einer speziell erstellten Bibliothek. Damit können die häufigsten im Elektronikschrott vorkommenden Kunststoffe, wie z. B. ABS, PS, PC-ABS oder PPE-SB sowie deren Modifikationen erkannt und separiert werden. Die Erkennung und Sortierung von Kunststoffen, die bestimmte Flammhemmer enthalten, ist mit dieser Technologie ebenfalls möglich.

Die sortenrein vorliegenden Kunststoffteile werden granuliert und so in eine marktgängige Struktur gebracht. Nach der nochmaligen Zerkleinerung erfolgt die Abscheidung der freigelegten Klein- und Kleinstmetalle. Die entsprechenden Kunststoffrecyclate liegen durchweg in einer hohen Qualität vor. Die Materialproben im Rahmen der Anlagenbilanzierung wiesen eine Reinheit von generell über 93% auf.

Erste Versuche mit einer 50 kN-Spritzgussmaschine zeigten, dass die Verarbeitung der Granulate prinzipiell ohne weitere Aufbereitung möglich ist. Zur verbesserten Homogenisierung des Recyclates und zur Eliminierung der restlichen Störstoffe sollte jedoch die weitere Verarbeitung vorzugsweise über eine Extrusion mit anschließendem Spritzguss erfolgen. Dabei können während des Extrusionsvorganges durch Schmelzefilter die restlichen störenden Partikel ausgehalten und so eine gleichmäßige Qualität ohne Schwachstellen im Produkt erreicht werden.

Auf der Basis der in den Labor- und Technikumsversuchen entwickelten Technologie wurde im Zeitraum Mai bis Juli 2007 in der Produktionshalle der ERLOS GmbH Zwickau eine semimobile Demonstrationsanlage nach dem entwickelten Verfahren installiert und in einer industriellen Größenordnung betrieben. Sowohl die mechanische Aufbereitung als auch die biologische Laugung und die Kunststoffsortierung funktionierten dabei erwartungsgemäß und ohne Störungen. Im Rahmen des Betriebs erfolgten die Bilanzierung des Gesamtverfahrens, die Ermittlung einzelner Schwachstellen und darauf aufbauend die Festlegung der weiteren Vorgehensweise zur Verfahrens- und Anlagenoptimierung. Eine besondere Herausforderung bestand beim Anlagenbetrieb darin, dass neben separat aufgestellten und fördertechnisch verknüpften Aggregaten, Teile der am Standort bestehenden Kunststoffaufbereitungsanlage in den Prozess integriert werden mussten.



Abb.1 : Demonstrationsanlage (Mechanische Aufbereitung, Bioreaktor, NIR-Sortierung)

In der Anlage wurden während des Demonstrationsbetriebes ca. 700 kg Elektronikschrott verarbeitet. Im laufenden Betrieb konnte mit der realisierten Konfiguration ein Durchsatz von 0,3 t/h erreicht werden.

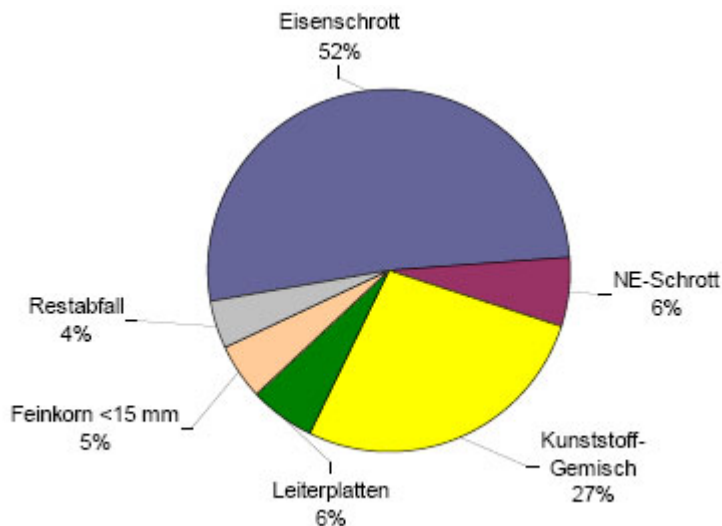


Abb. 2: Bilanzierung der Demonstrationsanlage - Ergebnisse der mechanischen Aufbereitung

Die beim Betrieb der Demonstrationsanlage gesammelten Erfahrungen bei der Verarbeitung von Elektronikschrott sowie die Verfahrensbilanzierung sollen perspektivisch die Grundlage für die Errichtung entsprechender Aufbereitungsanlagen bilden. Weiterhin ist vorgesehen, die komplexen Aufbereitungsmodule systematisch weiter zu entwickeln und zu optimieren. So soll beispielsweise die gezielte selektive Laugung bestimmter Metallgruppen ermöglicht werden. Gleichzeitig erfolgt die Erweiterung der Flammhemmererkennung, um alle vom ElektroG berührten Substanzen auch im laufenden Betrieb zu identifizieren und auszuhalten.

Nassmechanisches Recycling von Photovoltaik-Dünnschichtmodulen – EU LIFE Projekt RESOLVED

Dipl.-Ing. Gudrun Sapich¹, Dipl.-Ing. Karin Weimann¹ und S. Paul²

¹BAM – Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin, Fachgruppe IV.3

²Fachhochschule Technik und Wirtschaft Berlin

Die Produktion von Dünnschichtmodulen gewinnt zunehmend an Bedeutung – bis 2012 wird ein Anteil von 20 %¹ an den gesamten installierten Photovoltaikmodulen vorausgesagt. Ursache hierfür ist einerseits die derzeitige Siliziumknappheit. Andererseits geben auch die, im Vergleich zu herkömmlichen Silizium-Solarzellen, geringen Produktionskosten der Dünnschichttechnologie den entscheidenden Antrieb.

Die Photovoltaik-Technologie als regenerative Energiequelle basiert auf dem Prinzip der Nachhaltigkeit. Um diesem Anspruch gerecht werden zu können, müssen nicht nur Herstellungsprozess und Betrieb, sondern insbesondere auch der „end-of-life-cycle“ betrachtet und optimiert werden. Eine Ablagerung von Modulschrott auf Deponien ist nicht als geeigneter Entsorgungsweg anzusehen. Mit dem Einsatz von Cadmiumtellurid (CdTe) und Kupfer-Indium-Diselenid/Disulfid (CIS) als Halbleitermaterialien bei den derzeit gängigen Dünnschicht-Modultypen spielen weiterhin zunehmend auch stoffliche Aspekte eine Rolle. Für die endlichen Ressourcen Indium und Tellur steigen die Weltmarktpreise, eine Erschöpfung der Lagerstätten ist abzusehen.

Eine geeignete Recyclingstrategie zur Vermeidung der Deponierung von Modulschrott und zur Schonung von Ressourcen wird im EU LIFE Projekt RESOLVED entwickelt und demonstriert. Wesentliche Verfahrensschritte sind:

- Freilegung des Halbleiters durch Zerstörung des Modulverbundes
- Separation der Halbleiterschichten vom Glas
- Dekontamination des Glases
- Anreicherung des Halbleiters.

Im Rahmen des Projektes kann gezeigt werden, dass eine Anreicherung des Halbleitermaterials (CdTe oder CIS), sowie die Dekontamination der Hauptmassen (Glas und Kunststoff) mittels nassmechanischer Verfahren möglich sind. Zum Einsatz kommen dabei unter anderem Attritionszellen (siehe Bild), um die Halbleiterschichten vom Glas zu separieren. Mittels Flotation werden die Wertstoffe aufkonzentriert. Die Ergebnisse der nassmechanischen Untersuchungen werden dargestellt.

Attritionszelle:
Das abgeriebene Halbleitermaterial ist als dunkle Suspension (rechte Bildseite) erkennbar



¹ WTC - Wicht Technologie Consulting: Think small!, Ausgabe 1, Band 2, Februar 2007

Untersuchungen zur physikalischen Aufbereitung von Natursalzprodukten aus alpinen Salzlagerstätten

Helmut Flachberger

Lehrstuhlleiter am Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung
Montanuniversität Leoben

Die Gewinnung von Natriumchlorid aus Steinsalz-Rohsolen hat in Österreich eine lange Tradition. Über Jahrhunderte war die Pfannenverdampfung das vorherrschende Verfahren, bis diese energieintensiven Pfannen durch die bahnbrechende Erfindung des Thermokompressionsverfahrens durch den österreichischen k.u.k. Ministerialbeamten Peter Ritter von Rittinger verdrängt wurde.

Wie viele andere europäische Salinen setzt auch die Salinen Austria AG in ihrer in Ebensee situierten Saline dieses Verfahren nach wie vor ein. Mehrere parallel geschaltete Verdampfer produzieren gegenwärtig etwa 850.000 t/a an Siedesalz, angestrebt sind durch eine gegenwärtig in Umsetzung befindliche Erweiterung etwa 1,2 Mio. t/a. Das Produktspektrum ist vielfältig und reicht von Auftausalz für den Winterdienst, diverse Produkte für die chemische Industrie, Pharmasalz für die Medizin, Gewerbesalz und natürlich Speisesalz.

In jüngster Zeit erfreuen sich so genannte Natursalzprodukte immer größer werdender Beliebtheit. Diese auch als Kristallsalz bekannten Produkte werden in Drogerien und Reformhäusern mit z.T. beträchtlichen Preisen vertrieben. Die Unternehmensleitung der Salinen Austria AG stellte sich daher die Frage, ob auch salzreichere Partien der in Verhieb stehenden Lagerstättenkörper des ostalpinen Salinars zur Erweiterung der Produktpalette genutzt werden könnten.

Allerdings wurden die in zwei Phasen gebildeten Salzflöze durch die Auffaltung der Alpen stark miteinander und mit dem Nebengestein vermengt, wobei das so genannte Haselgebirge – ein salzreiches Mineralgemenge, das sich u.a. aus den unterschiedlichsten Salzen, Gips, Anhydrit, Calcit und diversen Tonen zusammensetzt – gebildet wurde.

Die Untersuchungen hatten nun zum Ziel, die Möglichkeiten der physikalischen Aufbereitung des Haselgebirges zur Herstellung eines Natursalzproduktes aus salzreichen Gebirgszügen des Salzbergbaues Altaussee zu prüfen. Die Proben wurden seitens der Salinen Austria AG zur Verfügung gestellt, die Untersuchungen am Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung der Montanuniversität Leoben und auch bei ausgesuchten Anlagenbaufirmen durchgeführt.

Für die Untersuchungen wurde der Korngrößenbereich $<6,3$ mm festgelegt, hinreichende Aufschlussverhältnisse lagen ab einer Korngröße <1 mm vor. Durch Anwendung eines aus Elektroscheidung und Magnetscheidung bestehenden Verfahrenspluralismus konnte im Korngrößenbereich $1/0,1$ mm ein Natursalzprodukt mit einem leichtlöslichen Anteil von 99,5 % hergestellt werden. Die optische Sortierung kann dabei im größeren Korngrößenbereich eine Voranreicherung und damit eine verbesserte Ausgangslage für die nachfolgenden Sortierschritte bewirken, dies zeigten orientierende Untersuchungen bei MOGENSEN. Die Setzarbeit schied aufgrund der deutlich geringeren Selektivität, der als aufwändig zu bezeichnenden Solewirtschaft wie auch der kostenintensiven Trocknung der Produkte aus.

Magnetscheidung und Sensorsortiersysteme, Klassik und Moderne in der Aufbereitungstechnik

Dr.-Ing. Ulrich Kohaupt

Steinert Elektromagnetbau GmbH Köln

Die Magnetscheidung hat in den letzten Hundert Jahren erhebliche Fortschritte gemacht. So sind heute leistungsstarke Überbandmagnetscheider oder Magnettrommeln aus der Aufbereitung von primären und sekundären Rohstoffen nicht mehr weg zu denken. Sie arbeiten mit elektrischen Spulen oder aber auch mit Permanentmagneten. Insbesondere die permanentmagnetischen Werkstoffe haben den Einsatzbereich erheblich ausgeweitet. Heutige NE-Metall-Scheider arbeiten dank dieses Materials weltweit sehr effektiv.

Absolut neuartige Sortierkriterien werden in den nächsten Jahren die Sensorsortiersysteme auch für den Mineralienbereich anbieten. Sortiersysteme erzeugen in Abgrenzung zu klassischen Trennverfahren die sortierende Kraft nicht selbst über das Unterscheidungskriterium, z.B. Magnetisierbarkeit. Die Sortierung wird räumlich und funktional unterteilt in die Erkennung der Materialunterschiede durch einen geeigneten Sensor und die physische Trennung der Materialien durch einen gezielten Druckluftstoß auf das interessante Partikel. Typisch ist das Sortieren mittels Farberkennung, Induktion, Röntgenstrahlen und Nahinfrarotspektrum. Andere Unterscheidungskriterien werden in nächster Zeit sicherlich dazu kommen. Diese Verfahren befinden sich in der Sekundärrohstoffwirtschaft seit vielen Jahren im Dauereinsatz. Im Mineralienbereich sind insbesondere Durchsatzfragen bislang noch nicht umfassend geklärt. Auch kommt dazu, dass man derartigen auf Computern basierende Technologien skeptisch gegenübersteht.

In dem Vortrag wird auf die genannten Verfahren eingegangen und zu einer Diskussion über die Zukunft der Aufbereitungstechnik eingeladen werden.

Boom im internationalen Bau von Aufbereitungsanlagen

Prof. Dr.-Ing. Thomas Neeße

Universität Erlangen-Nürnberg

Angesichts des internationalen Rohstoffbooms haben der Erzbergbau, und damit auch die Erzaufbereitung, einen enormen Auftrieb bekommen. Das schlägt sich nieder im Ausbau bestehender Aufbereitungsanlagen sowie in Neubauten. Dabei ist folgendes zu beobachten:

Für bestehende Anlagen:

- Erhöhung der Kapazität durch volle zeitliche Auslastung,
- Gewinnung zusätzlicher Wertstoffkomponenten aus den Abgängen,
- Höheres Niveau der automatischen Prozessführung.

Für Neuanlagen gelten außerdem folgende Gesichtspunkte:

- Kurze Planungs- und Bauzeiten,
- Einsatz großer Maschinen und Apparate in wenigen Parallelsträngen,
- Vordringen der biologischen Laugung,
- Stärkere Beachtung des Umweltschutzes.

Diese Tendenzen werden an Beispielen von Aufbereitungsanlagen in Schweden, Finnland, den USA, der Türkei und Südafrika gezeigt.

Verstärkte Forschung und Entwicklung wird vor allem motiviert durch die Forderung nach einer zügigen Anlagenplanung und Inbetriebnahme. Die Planung von Aufbereitungsanlagen umfasst die Durchführung von Labor- und halbtechnischen Versuchen, die Auslegung der einzelnen Prozesse und schließlich den Entwurf des gesamten Aufbereitungsverfahrens. Bei der Bewältigung dieser Aufgaben wird in zunehmendem Maß die Computertechnik in Anspruch genommen.

Die Prozesssimulation im halbtechnischen Maßstab kann helfen, den experimentellen Aufwand merklich zu reduzieren. Das wird für Hydrozyklontrennung und Druckfiltration an Hand von Software gezeigt, die an der Universität Erlangen entwickelt wurde.

Bei der Anlagenprojektierung und –inbetriebnahme ist man auf dem Weg zur „virtuellen Aufbereitungsanlage“. Bisher sind schon beachtliche Erfolge bei der Simulation von Transport- und Bunkerprozessen, Brechen, Mahlen, Sieben und Mischen erzielt worden. Im Vortrag werden Animationen dieser Prozesse auf der Basis der Discrete Element Method (DEM) gezeigt, die den beachtlichen internationalen Stand dokumentieren. Diese Simulationen werden auch für das Training des Anlagenpersonals angewendet. Vorsicht ist insofern geboten, dass diese Computersimulationen sich nicht verselbständigen dürfen, sondern mit einer angemessenen experimentellen Datenbasis kalibriert werden.

Zerkleinerungsgrundlagen in Schlagstiftmühlen

Prof. Dr.-Ing. Klaus Husemann

TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und
Aufbereitungstechnik

Schlagstiftmühlen (Desintegratoren) gehören zur großen Gruppe der Feinprall- bzw. Schlägermühlen.

Außer den von den Feinprallmühlen bekannten Vorteilen

- kurze Verweilzeiten im Beanspruchungsraum, dadurch z.B. kompakte (druckfeste) Bauweise möglich
- die Partikelkonzentration ist in der Regel so gering, dass die Vorteile der Einzelkornzerkleinerung zum Tragen kommen und die Beanspruchung fast ausschließlich an den Prallorganen erfolgt,
- das Einzelpartikel nur bei Prallbeanspruchung entnimmt sich die Energie, die seiner Größe und seinen stofflichen Eigenschaften entspricht (im Gegensatz zur Druck- oder Schlagbeanspruchung),
- die Partikelgröße der Zerkleinerungsprodukte liegt zwar über 1 μm , aber die Veränderungen in den Partikeln reichen weit in den Nanometerbereich hinein (Gitterverzerrung, Primärteilchengröße u.a.)

haben darüber hinaus Schlagstiftmühlen zwei weitere Vorteile:

- Infolge der kleineren Beanspruchungsorgane (Schlagstifte) können Stiftmühlen im Gegensatz zu anderen Feinprallmühlen Beanspruchungsgeschwindigkeiten bis zur Schallgrenze realisieren. Es kommt hinzu, dass es eine kritische Drehzahl (analog zur Kugelmühle) bzw. ein kritisches Drehzahlverhältnis (analog zur Schwingmühle, Planetenmühle) für den Rotor bzw. die Rotoren bei Schlagstiftmühlen nicht gibt und die mögliche Beanspruchungsgeschwindigkeit im Arbeitsbereich einer Strahlmühle liegt.
- In Schlagstiftmühlen kann die Größe des Beanspruchungsraumes (u.a. durch den Abstand zwischen den Stiften innerhalb eines Stiftkreises, Abstand zwischen den Stiftkreisen, Stiftgröße und -form), die Anzahl der Beanspruchungsereignisse (u.a. durch Zahl der Stiftkreise, Materialdurchsatz) und die Beanspruchungsstärke u.a. durch Rotordurchmesser und -drehzahl) gezielt verändert werden.

Beide o.g. Vorteile der Schlagstiftmühle werden mittelfristig an Bedeutung gewinnen, weil der Trend zu immer feineren Produkten geht. Das gilt auch für die Produktpalette aus weichen bis mittelharten Stoffen, für die sich Schlagstiftmühlen eignen (z.B. auch zunehmend organische Stoffe).

Im Vortrag werden deshalb Ergebnisse von Schlagstiftmühlen vorgestellt, in die auch langjährige experimentelle Untersuchungen einbezogen sind. Dabei lässt sich zeigen, dass die Mahlgutfeinheit letztendlich vom Produkt aus massebezogener Beanspruchungsenergie und Beanspruchungsanzahl bestimmt wird.

Im Einzelnen werden dazu die Feinheitzunahme und ausgewählte Kenngrößen der mechanischen Aktivierung in Abhängigkeit von den technologischen Einflussgrößen in Schlagstiftmühlen (Rotordrehzahl, Rotordurchmesser, Zahl und Abstand der Stiftkreise, Abstand zwischen den Stiften eines Stiftkreises, Materialdurchsatz)

dargestellt. Dabei lässt sich z.B. zeigen, dass die mittlere Feinheit des Mahlgutes linear mit dem Quadrat der Beanspruchungsgeschwindigkeit und damit linear mit der Beanspruchungsenergie zunimmt - unabhängig davon, wie und welche weiteren technologischen Einflussgrößen variiert werden. Demgegenüber nimmt die Feinheit des Mahlgutes näherungsweise mit der dritten Potenz der Anzahl der Teilchenstöße zu.

Außerdem kann gezeigt werden, dass die Produktkorngrößenverteilung einer Schlagstiftmühle unter bestimmten Bedingungen (hohe Beanspruchungsgeschwindigkeit, Ausgangsmaterial nicht eng klassiert) einer logarithmische Normalverteilung (LNV) gehorcht. Das Ergebnis ist insofern bemerkenswert, weil eine LNV bisher nur bei der Einzelkornbeanspruchung von Kugeln gefunden wurde. Bei der Einzelkornbeanspruchung von unregelmäßig geformten Partikeln bzw. bei der Druckbeanspruchung in geschlossenen Gutbetten konnte die LNV auch nachgewiesen werden - allerdings nur über eine so genannte Mischverteilung, die sich in - der LNV gehorchenden - Teilkollektive zerlegen lässt. Als Ursache für den Befund in der Schlagstiftmühle wird die Einzelkorn-Prallbeanspruchung bei großer Beanspruchungsgeschwindigkeit und die für Schlagstiftmühlen typische Mehrfachbeanspruchung (siehe o.g. Einfluss der Beanspruchungszahl) vermutet. Die Auswahlfunktion (bei Einzelkörnern Beanspruchungswahrscheinlichkeit) kann demgegenüber nach Untersuchungen von Peukert an Schlägermühlen (gehören zu Feinprallmühlen) durch eine RRSB-Verteilung im Sinne einer Versagenswahrscheinlichkeit beschrieben werden - ein Ergebnis, das auch Stoyan für Gutbetten gefunden hat. Der Hinweis von Heinrich Schubert, dass der Unterschied zwischen der RRSB und LNV bei der Zerkleinerung wahrscheinlich nicht sehr groß ist, ist wegen der nur begrenzten Genauigkeit der Messergebnisse auch für Schlagstiftmühlen zu beachten.

Feinsiebung im Nass- und Trockenbereich

Dipl. Ing. Uwe Bruder

Derrick Corporation USA, Buffalo NY, Büro Deutschland

Es war H. William Derrick Jr. (Bild), bis 1946 Konstrukteur beim Flugzeugbauer Curtis Wright in Buffalo, der zusammen mit seinem Schwiegervater William L. Wettlaufer den ersten Hochgeschwindigkeits-Vibrationsmotor für Siebmaschinen entwickelte und erfolgreich für Fein- und Feinstsiebungen einsetzte.

Mit der Gründung des eigenen Unternehmens 1951 in Buffalo begann ein Aufstieg aus zunächst bescheidenen Anfängen bis zum heutigen internationalen Ansehen. Dabei konzentrierte man sich während der ersten Jahre auf Anwendungen der neuen Hochgeschwindigkeits-Siebmaschinen bei Klassierproblemen in der Aufbereitung von Bergbauprodukten und sonstigen Industriemineralen sowie in der chemischen Industrie.

Nasssiebung

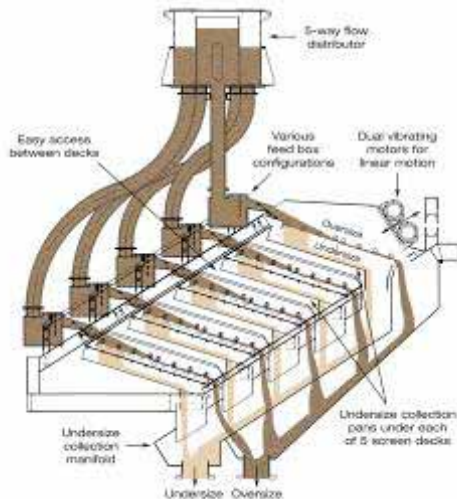
Schon im Jahre 1977 wurden die ersten Hochgeschwindigkeits-Multifeed Siebmaschinen ausgeliefert. Sie wurden in den Folgejahren vielhundertfach z. B. in Mahlkreisläufen der Erz- und Industriemineralaufbereitung eingesetzt und konnten dort ihr Leistungsvermögen auch bei schwierigen Klassieraufgaben unter Beweis stellen.



Multifeed Screen

Ständig steigende Anforderungen an die Trenngenaugigkeit gepaart mit zum Teil beachtlichen Durchsatzsteigerungen der Betriebe leiteten in der zweiten Hälfte der 90er Jahre bei Derrick eine Entwicklung ein, die mit der Serienreife des neuen Stack Sizers im Jahre 2001 einen Abschluss fand. In Bild ist das Prinzip des Derrick Stack Sizers dargestellt. Wie der Name sagt, handelt es sich bei der neuen Maschine um bis zu 5 übereinander „gestapelte“ Siebrahmen, die von einem Doppelmotor-System angetrieben werden. Die parallelen Siebrahmen werden je nach Aufgabenstellung mit Neigungswinkeln zwischen 15 grd und 25 grd abwärts eingestellt. Die Beschickung jedes Siebdecks erfolgt über einen Trübeverteiler oberhalb des Stack Sizers, der mit der Siebmaschine eine Verfahreseinheit bildet. Die Über- und

Unterläufe sämtlicher Siebdecks werden innerhalb des Systems jeweils zusammengeführt und durch zwei Auslässe ausgetragen.



Prinzip des Stack Sizers



5-Deck Stack Sizer

Das Derrick Nasssieb vom Typ Repulp Screen ist die ideale Maschine für die Produktion von sauberen Siebüberläufen frei von Unterlaufkörnung. Wie die Abbildung zeigt, sind die Sprühdüsen direkt über den so genannten Waschtrögen installiert. Die hohe Effektivität der Siebung und die max. Entfernung von Feinkorn aus dem Grobgut werden durch das Repulp System und das „Wiedersieben“ erreicht.

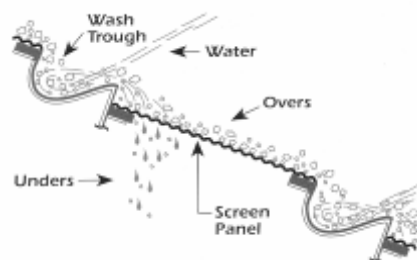
Das Sprühwasser wird nicht direkt auf den Siebbelag aufgegeben. Es sprüht in den Waschtrog und erzeugt somit eine neue Suspension. Wird das Sprühwasser direkt auf den Siebbelag aufgegeben führt das zu erhöhtem Wasserverbrauch und zum Durchspülen von Grobkorn in das Feingut.

Bei der nassen Feinsiebung werden die Unterlaufpartikel mittels Wasser durch den Siebbelag gespült. Hat das Wasser den Siebbelag passiert findet keine Siebung mehr statt. Das Feinkorn verbleibt im Grobgut und wird in Siebüberlauf mit ausgetragen. Durch das Repulp System wird ständig neue Suspension geschaffen die das Durchspülen der feinen Partikel durch den Siebbelag ermöglicht.

Es ist möglich mit der Eindeck Repulp Maschine mehrere Trennschnitte zu erzeugen. Dazu muss die Unterlaufwanne geteilt werden und unterschiedliche Siebdecks verwendet werden.



Repulp Screen



Repulp Prinzip

Trockensiebung

Der heutige Trend zu größeren Durchsätzen hat nur ein Ziel – immer mehr Material kostengünstiger mit immer weniger Ausrüstung zu erzeugen.

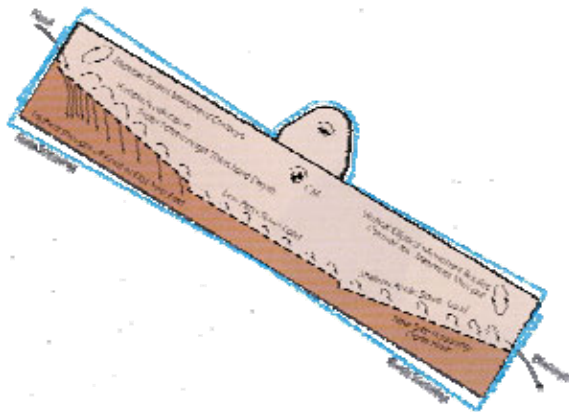
Ein breites Sortiment an Einzel- und Doppeldeck-Trockensiebmaschinen ist bei Derrick verfügbar. Jede Maschine ist zugeschnitten auf die örtlichen Einsatz- und Installationsbedingungen, und wird komplett geliefert mit passendem Aufgabekasten, Produktsammelwannen und Staubumhausung. Die Deckel und Türen in der Staubumhausung erlauben zusammen mit den seitlichen Öffnungen im Vibrations-Siebrahmen einfache Inspektionen oder Wechsel der Siebeläge.

Die Siebeläge des Unterdecks bei einer Doppeldeck-Maschine können sogar ausgewechselt werden, ohne dass das Oberdeck ausgebaut werden muss. Verglichen mit anderen Siebmaschinentypen, sind die Anforderungen an die Unterstützungsstruktur bei Derrick Maschinen sehr viel geringer, da sie nahezu keine dynamischen Lasten auf die Unterstruktur übertragen.

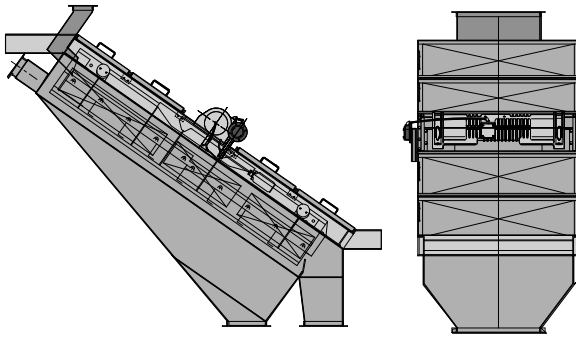
Die hochfrequente Vibration geringer Amplitude, die von den Derrick-Motoren erzeugt wird, bewirkt eine typische vertikal-elliptische Siebrahmenbewegung, die das Grobgut schnell über das Siebdeck transportiert. Dadurch wird eine dünne Materialschicht erzeugt, die zu großem Durchsatz und hoher Effizienz führt. Abhängig von der gewünschten Trennung und vom Anteil an Grob- und Grenzkorn in der Aufgabe, sind unterschiedliche Siebdeckneigungen verfügbar.

Falls erforderlich, können durch spezielle Unterlaufwannenkonstruktionen Mehrfachtrennschnitte gefahren werden. Es ist auch zu bedenken, dass es bei hohen Aufgabetonnagen wirtschaftlicher sein kann, Kombinationen aus Einzel- und Doppeldeck-Maschinen einzusetzen, statt Maschinen mit drei und mehr Decks.

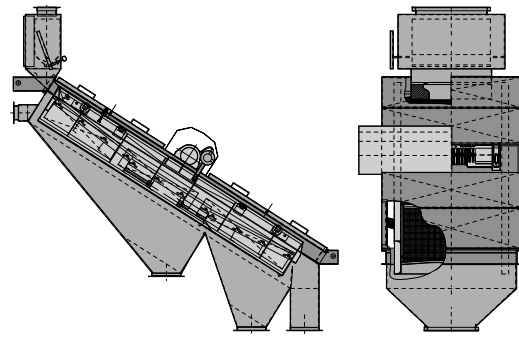
Derricks weltweiter Erfolg in der Trockensiebung beruht auch auf der ständigen Weiterentwicklung von verstopfungsarmen Siebdecks. Als Beispiel sei hier auf das einzigartige Derrick Floating Backing Wire-System hingewiesen, wodurch es sogar möglich ist, relativ feuchte Materialien abzusieben, die andere Siebdecks sofort zusetzen würden.



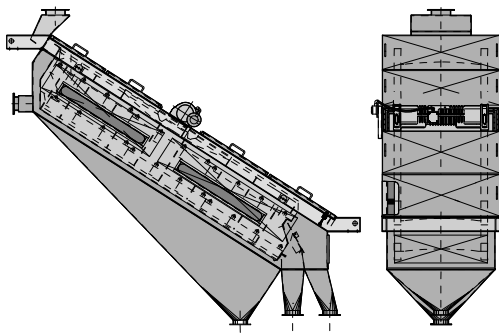
Eindecker mit 3 Produkten



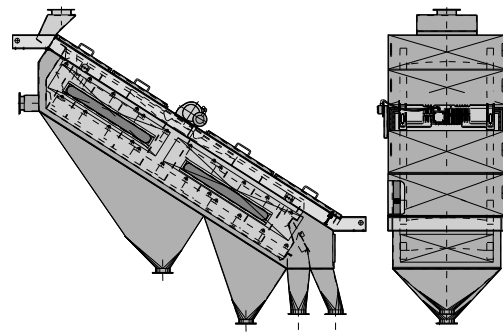
Eindecker mit 2 Produkten



Eindecker mit 3 Produkten

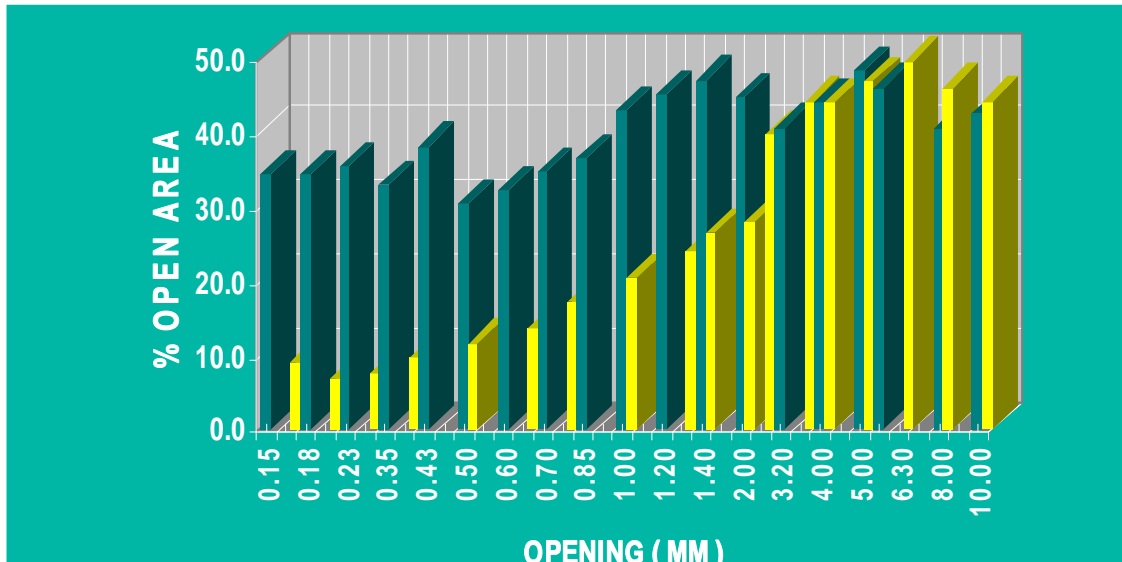


Doppeldeck Sieb mit 3 Produkten



Doppeldeck Sieb mit 4 Produkten

Derrick Polyurethane Siebbeläge



- Offene Siebfläche bei Derricksiebbelägen
- Konventionelle Siebbeläge anderer Hersteller

Ventoplex C - der optimierte Umluftsichter

Dipl.-Ing. Daniel Droop

Hosokawa Alpine AG, Augsburg

Allgemeines

Umluftsichter, auch Streuwindsichter genannt, werden seit mehr als 100 Jahren in den verschiedensten Bauformen hergestellt. Charakteristisch für alle Varianten ist der intern erzeugte Luftstrom, so dass der Sichter ohne weitere Anlagenperipherie wie Filter oder Gebläse betrieben werden kann. Der Einsatzbereich liegt eher bei den "groben" Korngrößen; es werden üblicherweise Trennschnitte im Bereich von etwa 50 bis 200 Mikrometern gefahren. Umluftsichter eignen sich für große Durchsatzleistungen und abrasive Produkte, so dass ihr Anwendungsbereich vor Allem in der Mineralstoffindustrie zu finden ist.

Funktion

Die Hauptkomponenten eines Umluftsichters sind der Ventilator zur Erzeugung des Luftstromes und weitere drehende Einbauten zur Erzeugung der Rotationsströmung für die Sichtung sowie für die Verteilung des Aufgabegutes. Dieses wird per Schwerkraft ohne Luftabschluss in den Sichter dosiert und vom Streuteller gleichmäßig in die Sichtluft verteilt. In der Rotationsströmung erfolgt abhängig vom Sichtertyp eine Quer- oder Gegenstromtrennung der groben und feinen Partikel. Das Grobgut wird mit Hilfe der Schwerkraft unten aus dem Innengehäuse des Sichters ausgebracht. Das Feingut folgt der Luftströmung durch das Ventilatorrad, wird im Außengehäuse durch Fliehkraft aus der Luft abgetrennt und ebenfalls per Schwerkraft über eine Schleuse ausgetragen.

Die Luft zirkuliert innerhalb des Sichters in einem geschlossenen Kreislauf zurück in die Sichtzone.

Ventoplex

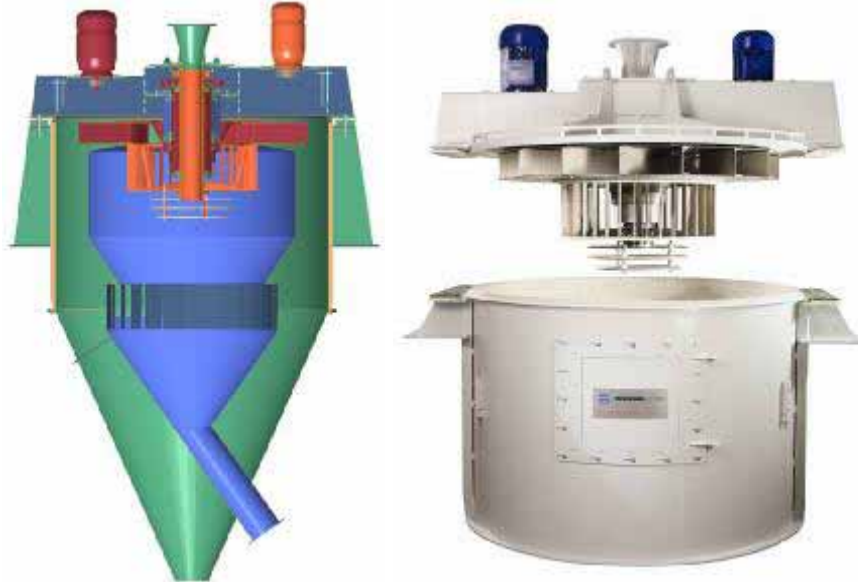
Bei der ursprünglichen Konstruktion des Ventoplex, die auf das Jahr 1907 zurückgeht, wird die Rotationsströmung durch eine Kombination aus Streuteller, Hauptventilator und Verstellventilator auf einer gemeinsamen Welle erzeugt. Die Klassierung erfolgt in verschiedenen Zonen dieser Anordnung in einer überlagerten Aufstrom- und Fliehkrafttrennung.

Die Einstellung der Feinheit kann im Betrieb durch Höhenverstellung des Ventilators vorgenommen werden. Die hier vorgestellte Neukonstruktion Ventoplex "C" erfolgte unter folgenden Zielvorgaben:

- Erweiterung des Feinheitsbereichs auf 32 µm
- Flexible Einstellung aller Parameter während des Betriebs
- Vereinfachung der Konstruktion und Kosteneinsparung
- Wirkungsvoller Verrschleißschutz für abrasive Produkte
- Verbesserte Servicefreundlichkeit.

Die signifikanteste Neuerung besteht im Ersatz des Verstellventilators durch ein Schaufel-Sichtrad. Über eine koaxiale Lagerung können Ventilator und Sichtrad mit unterschiedlicher Drehzahl betrieben werden. Über Frequenzumrichter lässt sich sehr einfach die optimale Kombination aus Luftumwälzung und Sichtbedingungen für jedes Material und jede Feinheit einstellen. Die Zuführung des Produkts erfolgt zentral durch die Hohlwelle, bei großen Baugrößen seitlich über eine

Zuführschnecke. Der Streuteller ist unter dem Sichttrad angebracht und läuft mit gleicher Drehzahl; ggf. kann ein separater Antrieb vorgesehen werden. Der Verschleißschutz ist wegen der vereinfachten Geometrie an allen betroffenen Bauteilen möglich und besteht in der Regel aus einer Kombination von Keramik und Elastomer. Neben den üblichen Zugang durch Mannlöcher kann der gesamte Sichtkopf des Ventoplex C zum Service vom Gehäuse abgehoben werden.



Ventoplex C21V

Anwendungsgebiete

Die Baureihe überdeckt einen Kapazitätsbereich von etwa 500 kg/h bis 80 t/h Aufgabematerial, wobei abhängig vom Trennschnitt die Feingutleistung bei 200 kg/h bis 30 t/h liegt. Umluftsichter sind in fast allen Bereichen industrieller Pulverproduktion zu finden.

Neben dem Mineralmehlbereich (z.B. Kalkstein, Brechsande, Quarz, Feldspat, Kalk, Bentonit, Gips, Kaolin, Glas, Zement, Kohle) finden sich auch Anwendungen für chemische Rohstoffe und im Nahrungsmittelbereich.

Mahlkreislauf

Der Ventoplex kann als alleinstehender Sichter zur Oberkornabtrennung oder zur Entstaubung verwendet werden. Häufiger jedoch findet man ihn als Bestandteil einer Mahl-Sicht-Anlage. Das aus der Mühle austretende Umlaufgut wird dem Sichter zugeführt, das Feingut als Endprodukt ausgeschleust und das Grobgut zur Mühle zurückgeführt.

In der Regel findet man den Umluftsichter in Kreislaufschaltungen mit einer Kugelmühle, wobei oft auch die Kombination mit Feinstdichtern zur simultanen Herstellung von verschiedenen Körnungen aus demselben Aufgabematerial erfolgt.

CALA DryFlow Separator – eine Neue Entwicklung zur trockenen Dichtesortierung im Feinkornbereich

Dr. Andreas Jungmann und Dipl.-Ing. Andreas Schiffers

CALA Aufbereitungstechnik GmbH & Co. KG Herzogenrath

Die trockene Aufbereitung von Roh- und Reststoffen hat international ein enormes Interesse gefunden, da der Gebrauch von Wasser häufig mit hohen Kosten verbunden ist, technisch nicht erwünscht ist oder Wasser einfach nicht verfügbar ist. Oftmals ist es aus wirtschaftlichen und umweltpolitischen Gründen erforderlich, die Rohstoffgewinnung und vor allem die Aufbereitung auf trockenem Wege zu betreiben.

In vielen Bereichen sind entsprechende Verfahren bereits erfolgreich umgesetzt. Im Grobkornbereich sind hier vor allem die Sensorsortierung, die trockene Magnetscheidung und die Dichtesortierung zu erwähnen, wogegen im Feinen die Sortierung im elektrischen Feld und die Magnetscheidung eingeführte Verfahren sind. Dabei ist die Elektrostatikscheidung im Hinblick auf ihre geringe Durchsatzleistung vor allem zur Aufbereitung von Vorkonzentraten anwendbar.

Da es Lagerstätten und Rohstoffe gibt, deren Gewinnung/Aufbereitung bislang mangels einer trockenen Sortierung im Feinkornbereich nicht wirtschaftlich möglich war, sind es gerade trockene Aufbereitungsverfahren mit höherer Leistungsfähigkeit, die aktuell im Rahmen der Rohstoffsicherung eine enorme Beachtung finden.

Nachfolgend und im Vortrag wird ein Verfahren vorgestellt, welches das traditionell einfache Verfahren der Dichtesortierung nutzt, auch Rohstoffe zu sortieren, die bislang als nicht wirtschaftlich aufbereitbar galten, bzw. deren Aufbereitung nur wirtschaftlich bedingt vertretbar war.

Der CALA DryFlow Separator CDF nutzt auf trockenem Wege das Prinzip der Dichtesortierung in der Wirbelschicht. Im Korngrößenbereich von 40 – 1000 µm werden (Vor-)Konzentrate erzeugt, die wirtschaftlich zum Wasser (zur Endaufbereitung) zu transportieren sind, bzw. abschließend aufkonzentriert werden.

Im Vortrag werden das Funktionsprinzip der Maschine und spezifische Leistungswerte beschrieben.

Beispielhaft werden Sortierergebnisse der Aufbereitung von

- Erzen
- Schwermineralsanden
- Industriemineralen sowie
- Sekundären Rohstoffen (Schlacken)

dargestellt und diskutiert. Hierbei wird weiterhin ein Vergleich zu den Sortierergebnissen von nass im gleichen Kornspektrum arbeitenden Wendelscheidern angeführt.

Trockenmechanisches Verfahren zur Rückgewinnung von Fasern aus Spuckstoffen

Dipl.-Ing. Detlev Alexander Messerschmidt

HOMBAK Maschinen- und Anlagenbau GmbH Bad Kreuznach

Bei der Herstellung von Papier ist der Einsatz von Altpapier Stand der Technik. Heute werden fast alle Papiersorten fast ausschließlich aus Altpapier hergestellt. Die Produkthanforderungen, nicht nur in Deutschland, erfordern die vorhandenen Verunreinigungen aus dem Altpapier zu entfernen. Dazu ist ein hoher verfahrenstechnischer Aufwand erforderlich. Es fallen bei diesem Prozess erhebliche Reststoffmengen (so genannte Rejekte und Deinkingreststoffe) an, die mit hohen Kosten entweder stofflich/thermisch verwertet oder beseitigt werden müssen. Dabei ist anzumerken, dass in Deutschland seit Mitte 2005 (TA Siedlungsabfall) ein Ablagerungsverbot für solche Materialien besteht. Es ist zu erwarten, dass es innerhalb der EU in Kürze ähnliche Regelungen geben wird.

Vor diesem Hintergrund wurde ein Verfahren entwickelt, welches einerseits die nun explodierenden Entsorgungskosten reduziert, andererseits die Ausbeute des eingesetzten Altpapiers erhöht.

Dazu wurde eine Maschinenteknik entwickelt, welche zähelastische Materialien von bruchfähigen Materialien auflöst und anschließend trennt. Heute, nach über einem Jahr Erfahrung mit einer Pilotanlage (Durchsatz ca. 5 t/h) können wir über die ersten Ergebnisse informieren.

Die Anlagentechnik:

Die Anlage übernimmt die in der Rejektpresse vorbehandelten Spuckstoffe. Die gepressten und verklumpten Spuckstoffe werden nun in ihre Bestandteile zerlegt. Anschließend werden die Papierrohfasern abgetrennt. Die zähelastischen Bestandteile wie Folien, Lumpen, etc. werden aus dem Prozess ausgeschleust und weiterhin als Spuckstoffe der Verwertung/Beseitigung zugeführt. Die abgetrennten Papierrohfasern werden zurückgeführt und damit dem Produktionsprozess zugeführt.

Die Ergebnisse:

Durchschnittlich 30% Papieranteil sind im Spuckstoff zu finden, teilweise mit deutlichen Schwankungen nach oben, selten auch nach unten. Derzeit ist es möglich zwischen 60% und 90% der möglichen Fasern aus den Spuckstoffen zurück zu gewinnen. Der verwertbare Anteil an Papierfasern liegt bei ca. 80 %.

Dies entspricht einer Erhöhung der Produktausbeute (bezogen auf die Einkaufsmenge) um ca. 1 – 3%. Als weitere Folge ergibt sich eine deutliche Reduzierung der Abfallkosten.

Neue Ergebnisse beim selektives Trennen von Faserverbunden

PD Dr.-Ing. habil. Andreas Momber

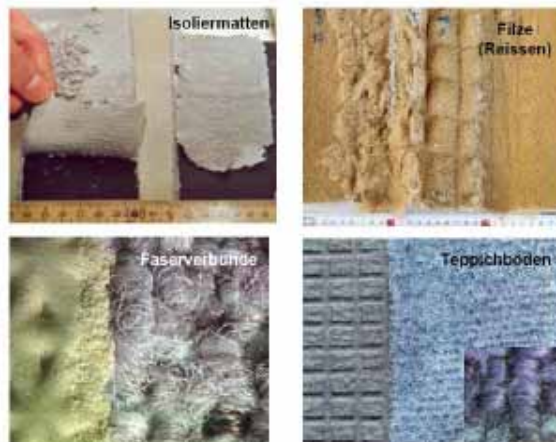
RWTH Aachen Fakultät für Georessourcen und Materialtechnik

Es werden Ergebnisse aus Versuchen zum Separieren von Kunststofffasern aus Textilverbunden und zum schichtweisen Trennen von mehrlagigen textilen Werkstoffverbunden, insbesondere von Werkstoffen aus dem Automobilbau, mittels Wasserstrahlen sowie eine entsprechende Prototypanlage vorgestellt. Mit Hilfe von Hochgeschwindigkeitsvideo-Aufnahmen wird der Prozess des Abtrennens von Kunststofffasern aus Textilverbunden, insbesondere aus Alteppichen, dokumentiert. Es können mehrere Stadien des Trennprozesses unterschieden werden. Diese Stadien werden dargestellt und diskutiert. Es wird festgestellt, dass Grenzbedingungen für die effektiven Einsatz der Wasserstrahlen existieren. Werte für typische Anwendungen / Werkstoffkombinationen werden ermittelt.

Weiterhin wird der Einfluss wichtiger Betriebsparameter auf die Effektivität des Trennprozesses untersucht. Im Einzelnen handelt es sich um Einflüsse aus Betriebsüberdruck (Strömungsgeschwindigkeit), Bearbeitungsabstand, Bearbeitungswinkel und Einwirkzeit. Für alle Einflussparameter bestehen aus energetischer Sicht optimale Einstellwerte.

Zum Schluss wird eine Prototypanlage zum Trennen von Teppichstreifen vorgestellt. Der konstruktive Aufbau, Flächenleistung und betriebswirtschaftliche Kennwerte werden diskutiert.

Bild 1: Trennergebnisse (Oben links: Trennen von Isolierschicht und Traggrund, Oben rechts: Reißen dichter Filze, Unten links: Trennen von Teppichrücken und Faservlies, Unten rechts: Freilegen von Faservlies)



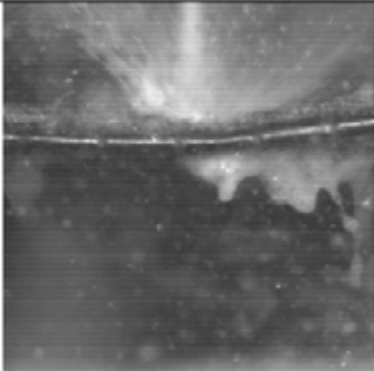
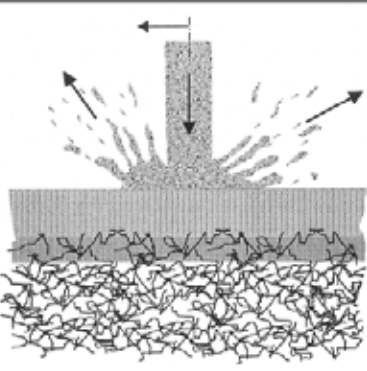
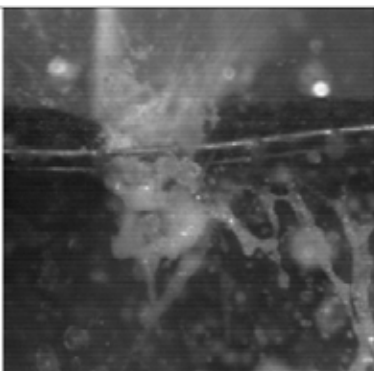
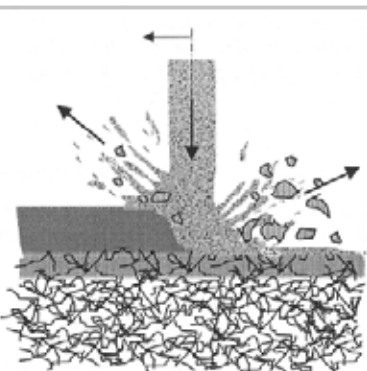
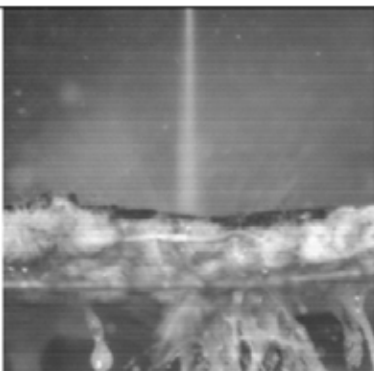
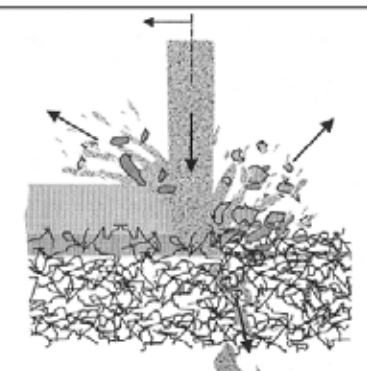
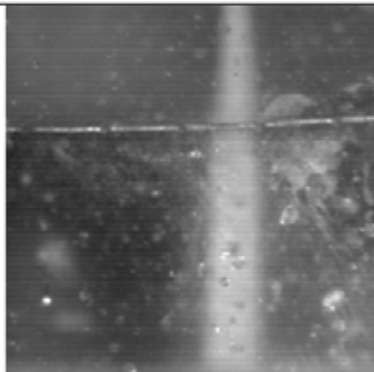
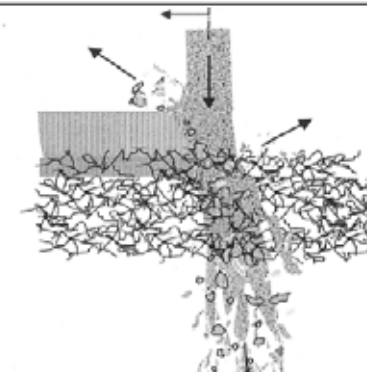
	Videobild	Schematische Darstellung
Phase 1		
Phase 2		
Phase 3		
Phase 4		

Bild 2. Phasen des Materialabtrags.

Vorschub von rechts nach links; Bildbreite der Videobilder: 27 mm

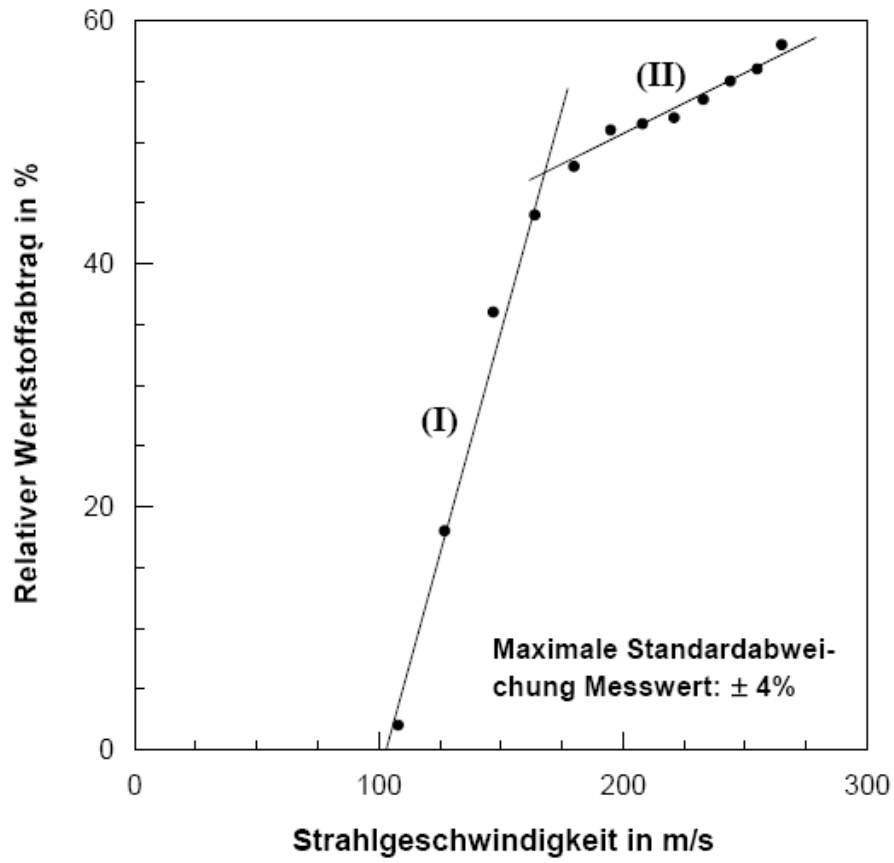


Bild 3. Einfluss der Strahlgeschwindigkeit auf den Werkstoffabtrag

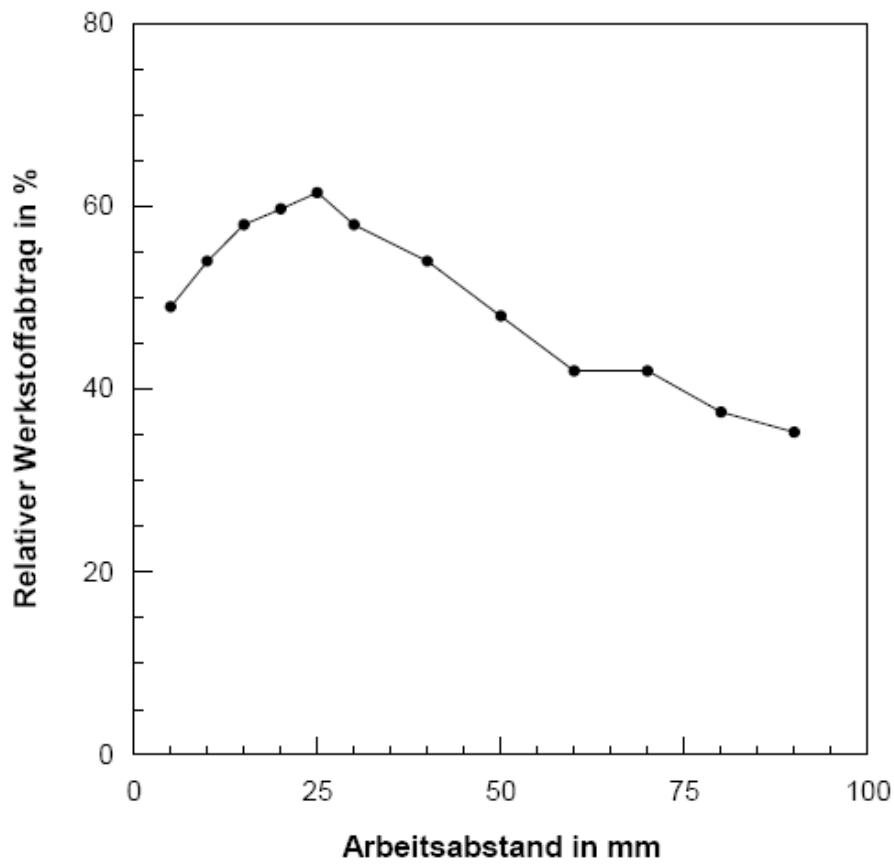


Bild 4. Einfluss des Arbeitsabstandes auf den Werkstoffabtrag.

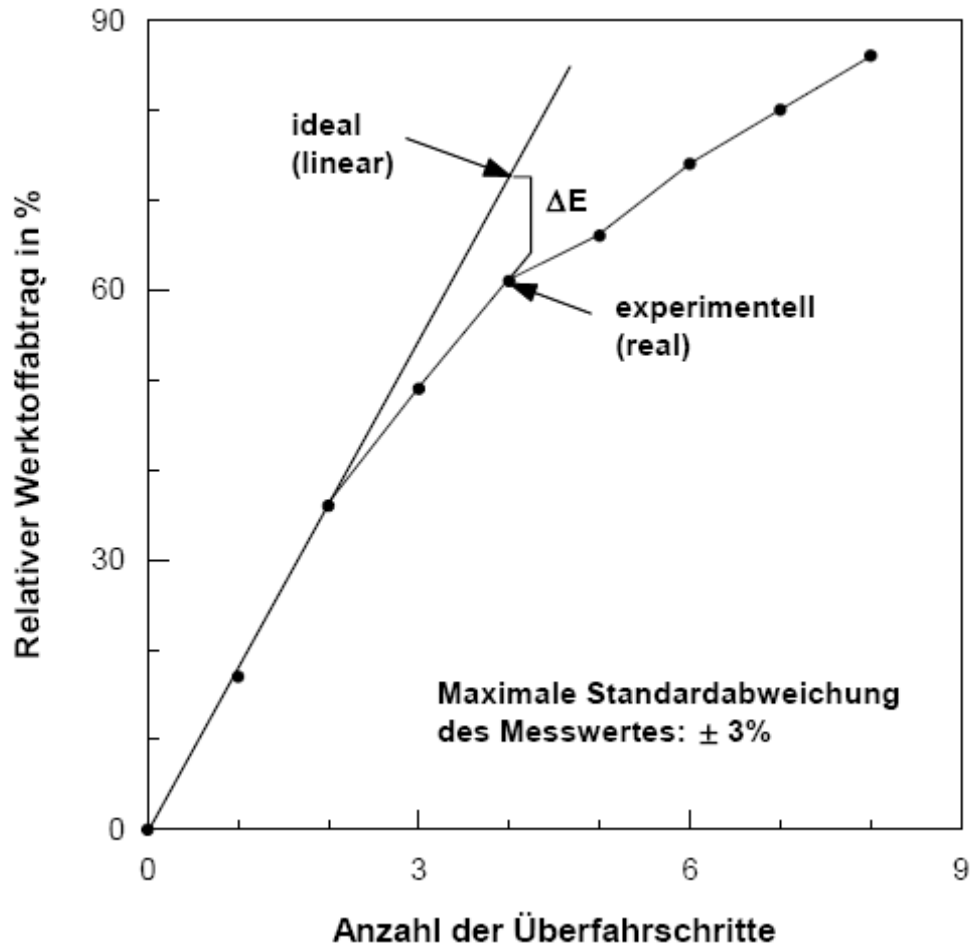


Bild 5. Einfluss der Anzahl der Überfahrschritte auf den Werkstoffabtrag.

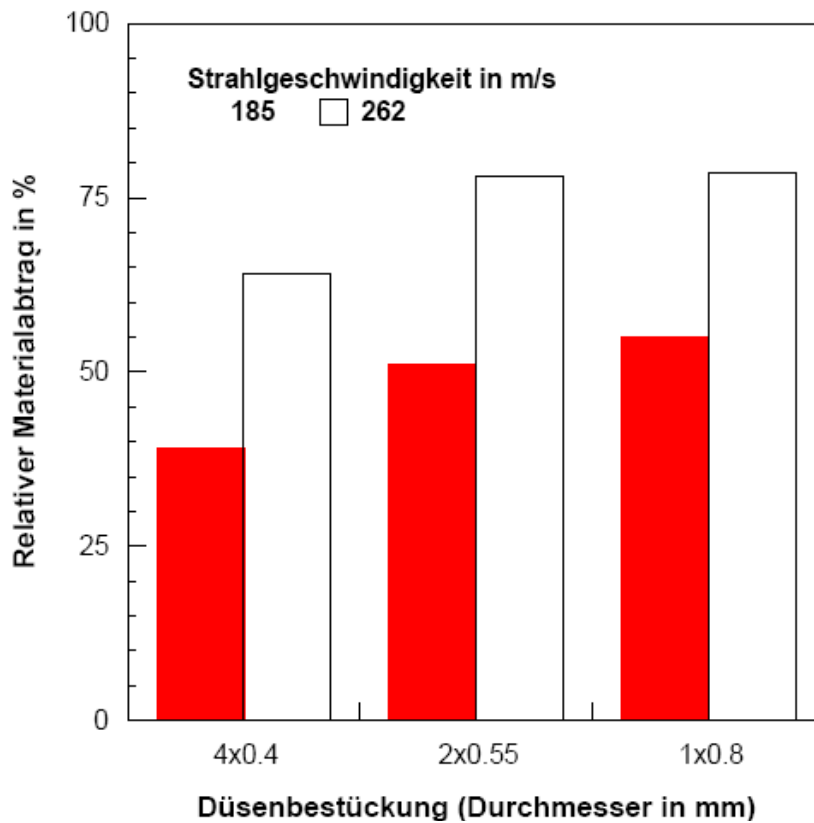
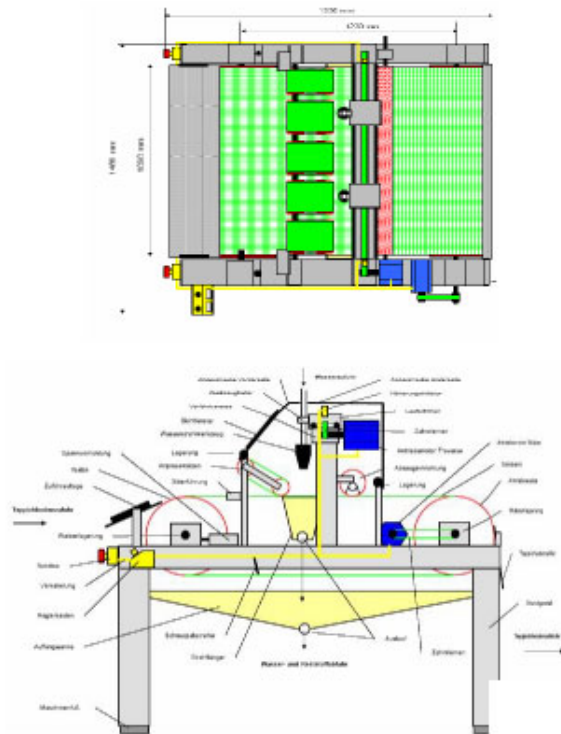


Bild 6. Einfluss von Düsendurchmesser und Düsenanzahl auf den Werkstoffabtrag

Bild 7: Prototypanlage zur
Randstreifenbearbeitung
Oben: Aufsicht
Unten: Seitenansicht



Literatur

Momber, A.W.; Weiß, M.: Vorrichtung zum Trennen von Streifen von textilen Belägen in Faser- und Nichtfaseranteile. Patent Nr. 10107542, 18.02.2001.

Momber, A.W.; Weiß, M.: Vorrichtung zum Trennen von textilen Belägen in Faser und Nichtfaseranteile. Patent Nr. 10107541, 18.02.2001.

Weiß, M., Wüstenberg, D., Momber, A.W.: Erosive separation of organic coatings from fibrous substrates. *Journal of Environmental Management*, **73** (2004), 219-227.

Weiß, M., Momber, A.W.: Preliminary investigations into the separation of automotive compounds by a hydro-erosive method. *Institution of Mechanical Engineers, Journal of Automobile Engineering*, **217** (2003), 221-228.

Weiß, M., Wüstenberg, D., Momber, A. W.: Hydro-erosive separation of plastic fibres from textile compounds. *Journal of Materials Cycles and Waste Management*, **5** (2003), 84-88.

Momber, A.W., Weiß, M.: Untersuchungen zum selektiven Abtrennen von textilen Belägen. Erscheint in *Forschung im Ingenieurwesen*, (2008).

Poster und Firmenrepräsentation

ETEC Gesellschaft für Technische Keramik mbH Lohmar

Alotec® Werkstoffe als Verschleißschutz, Konstruktionskeramik oder Verbundsystem.

ETEC entwickelt, produziert und montiert Lösungen, bevorzugt aus technischer Keramik, für den industriellen Verschleiß- und Korrosionsschutz in Form von Platten und Steinen oder als monolithische Bauteile und Verbundkonstruktionen.

Zoz GmbH Wenden

Die Zoz GmbH ist originär ein reiner Equipment-Hersteller von konventionellen Mahlgeräten zur Zerkleinerung von Feststoffen (Trommelmühlen). Über den Weg offensiver Innovation wurde parallel eine Spezialisierung auf hochkinetische Mahl-Prozesse beschritten wobei diese gleichzeitig die wesentliche Plattform für den mittlerweile annähernd 50%tigen Anteil des F&E - Volumens im Bereich Werkstoff-Entwicklung im Unternehmen beschreibt. Dieses wiederum spiegelt sich nicht zuletzt in neuen anwendungsorientierten Verfahren und Anlagen dazu wieder, die wir erstens anbieten und zweitens selbst nutzen um in neuen Geschäftsbereichen Pulver-Werkstoffe und seit Anfang 2000 auch PM-Bauteile herzustellen.

Die Symbiose aus Anlagenbau, Werkstoffentwicklung und Werkstoffherstellung unter Verwendung eigener Anlagen führt zu ausgesprochen nutzbringenden prozesstechnischen Lösungen und ökonomisch durchdachten Produkten und Bauteilen.

Fritsch GmbH Idar-Oberstein

FRITSCH steht weltweit an der Spitze, wenn es um Probenaufbereitung und Partikelgrößenanalyse im Industrie- und Forschungslabor geht.

Informationen unter www.fritsch.de

HMH Engineering-Consulting-Trading Linz, Österreich

Seit 1991 entwickelt und vermarktet die HMH Engineering-Consulting-Trading GmbH mit Sitz in Linz Österreich mobile RUBBLE MASTER Compact-Recycler und Siebanlagen. Oberste Prämisse unserer Entwicklungsarbeit ist die Ausrichtung am Kundennutzen. Unser Lösungsansatz: kompakte und zugleich mobile Anlagen, die ein wirtschaftliches Abarbeiten selbst kleiner Mengen an Naturgestein, Beton, Asphalt oder allgemeinem Bauschutt direkt vor Ort ermöglichen. Inzwischen sind weltweit über 380 RUBBLE MASTER erfolgreich im Einsatz - auf privaten wie kommunalen Bauhöfen, bei Erdbewegern, Entsorgungs- und allgemeinen Bauunternehmen.



CPT - CEMAG Partikeltechnologie GmbH

Zielsichere Feinarbeit - Sichertertechnik der Zukunft

Helge Wilhelm
CEMAG Partikeltechnologie GmbH

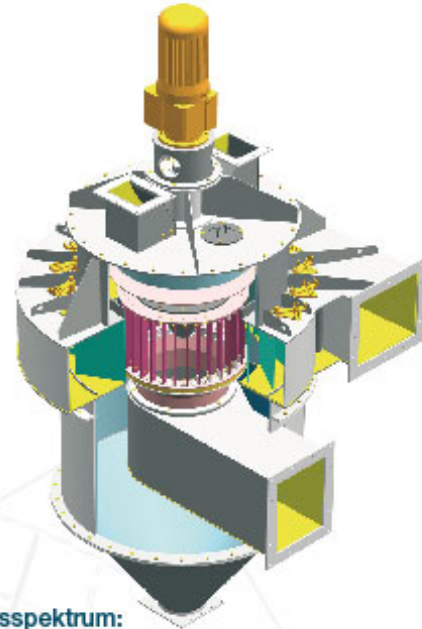
Am 01.07.2007 wurden Teile der Abteilungen Forschung & Entwicklung sowie Mahl- & Sichertertechnologie als eigenständiges Unternehmen unter dem Dach der CEMAG Holding als CEMAG Partikeltechnologie GmbH (CPT) ausgegliedert.

Das Leistungsspektrum der neuen Firma umfasst neben der Konstruktion von Sichertern das komplette Prozess-Engineering für alle Bereiche der Aufbereitungsindustrie, angefangen bei der Anlagenplanung über die Inbetriebnahme und Optimierung bis hin zu Reparatur und Umbau.

Mit dem Technikum, als Teil der weltweit agierenden CEMAG-Group, stehen unseren Kunden darüber hinaus umfangreiche Möglichkeiten für vorangehende und begleitende Versuche und Untersuchungen zur Verfügung. Dies beinhaltet sowohl die notwendigen, schüttgutspezifischen Analysen, als auch Vorab-Versuche im halbertechnischen Maßstab zur Simulation des Prozesses.

Beispiele für mögliche und realisierte Anwendungen von CPT - Anlagen:

- Bauschutttaufbereitung
- Entfüllung von Brechsanden o.ä.
- Kalksteinaufbereitung
- Rohmehl- und Zementherzeugung
- Herstellung und Bearbeitung weiterer Schüttgüter und Feinstmehle, wie Bentonit, Zucker o.ä.



Leistungsspektrum:

- Prozess-Engineering
- Optimierung von Mahl- & Sichtanlagen
- Halbindustrielle Mahlversuche
- Bestimmung der Mahlbarkeit
- Analyse von Schüttgütern
- Vergleich verschiedener Mahlprinzipien
- Sichteroptimierung und -wartung
- Sichterkonstruktion:
 - Kompaktsichter
 - Zyklon-Umluftsichter
 - Luftstromsichter
 - Hochleistungs-Querstromsichter
 - Feinstsichter
- Optimierte Luftverteilung
- Ideale Dispersion und Desagglomeration
- Scharfer Trennschnitt
- Sehr gute Oberkornbegrenzung
- Spritzkornfreiheit
- Breit einstellbarer Produktbereich
- Anpassbare Korngrößenverteilung
- Geringer Wartungsaufwand

Ruf GmbH&Co KG Zaisertshofen

Die Firma RUF GmbH & Co. KG mit Sitz in Zaisertshofen spezialisierte sich vor 20 Jahren auf die Entwicklung und Produktion von Brikettieranlagen. Weltweit wurden schon mehr als 2.800 Brikettanlagen verkauft. Ein Hauptschwerpunkt der Geschäftstätigkeit liegt in den Bereichen Guss-, Stahl- und NE-Metallspänen sowie von Schleifschlämmen. Wir bieten neben der reinen Anlagentechnik komplette Konzepte rund um das Thema „Wertschöpfung durch Brikettierung“ an.

Zuverlässigkeit, geringer Verschleiß und wartungsarmer Betrieb sind das Resultat aus über 20 Jahren Erfahrung mit vielfältigen Industrieprojekten und stetiger Weiterentwicklung der Technik. Die hauseigene Teilefertigung und Konstruktion versetzen uns in die Lage, schnell und flexibel auf Kundenwünsche zu reagieren.

Basierend auf den Erfahrungen aus über 1.800 verkauften Anlagen sowie von mehr als 2.200 Pressversuchen mit den verschiedensten Materialien, finden wir für jede Problemstellung die optimale Anlagenkonzeption. Materialabhängig bieten wir Anlagen mit Durchsätzen von 20 – 3.000 kg/h an.

ELKEM GmbH Düsseldorf

Elkem ist einer der in der Welt führenden Firmen für umweltfreundliche Produktion von Metallen und Werkstoffen. Hauptprodukte sind Aluminium, Energie, Silicium-Metall, Spezial-Legierungen für die Gießereiindustrie, Carbon und Microsilica.

Verschleißschutzbeton Elkem Ceramite finden Sie unter: www.ceramite.elkem.com

GRAINsoft GmbH Freiberg

Computereinsatz in Umwelt- und Verfahrenstechnik

Komplettes Software-Tool-System für Prozesse, Maschinen und Anlagen der mechanischen Verfahrenstechnik und individuelle Lösungen von der Datenaufbereitung bis zur Softwarerealisierung. Informationen unter www.grainsoft.de

UVR-FIA GmbH Freiberg

Informationen unter www.uvr-fia.de

Adressen der Autoren der Vortragsstagung "Aufbereitung und Recycling"

Prof. Dr.-Ing. habil. Stefan Heinrich und Dr.-Ing. Mirko Peglow

Otto-von-Guericke-Universität, Fakultät für Verfahrens- und Systemtechnik,
Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg
E-Mail: Stefan.Heinrich@VST.Uni-Magdeburg.de

Dr.-Ing. Rüdiger Schramm

ZADCON GmbH, Brauereistraße 13, D-06847 Dessau
E-Mail: schramm.dessau@freenet.de

Prof. Dr. rer. nat. habil. Hanspeter Heegn und Dipl.-Ing. Katrin Schmidt

UVR-FIA GmbH Freiberg, Chemnitzer Str. 40, 09599 Freiberg
E-Mail: heegn@uvr-fia.de; schmidt@uvr-fia.de

Maria Schäfer

TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und
Aufbereitungstechnik, Lehrstuhl für Mechanische Verfahrenstechnik, Agricolastr. 1,
09599 Freiberg/Sa.

Dr.-Ing. Manfred Nebelung und Dr. Annegret Potthoff

Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme (IKTS), Winterbergstr.
28, 01277 Dresden
E-Mail: Annegret.Potthoff@ikts.fraunhofer.de

Dipl. Ing. Ralf Löbe

Maschinenfabrik Gustav Eirich GmbH&Co KG, Walldurner Str. 50, 74736 Hardheim,
E-Mail: michaela.daum@eirich.de

Dipl.-Ing. Siegfried Kalmbach

Umweltbundesamt, Fachgebiet Sonderabfallentsorgung, Wörlitzer Platz 1, 06844
Dessau
E-Mail: siegfried.kalmbach@uba.de

Dipl.-Ing Jens Markowski, Dipl.-Ing. Sven Hildebrandt, Dr.-Ing. Christian Stollberg und Prof. Dr.-Ing. habil Peter Ay

Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Fakultät Umweltwissenschaften
und Verfahrenstechnik, Lehrstuhl Aufbereitungstechnik, Siemens-Halske-Ring 8,
03046 Cottbus
E-Mail: markowsj@tu-cottbus.de

Dipl.-Ing. Gudrun Sapich und Dipl.-Ing. Karin Weimann

BAM – Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin, Fachgruppe IV.3;
Unter den Eichen 87, 12205 Berlin
E-Mail: gudrun.sapich@bam.de

Paul, S. Fachhochschule Technik und Wirtschaft Berlin

Prof. Dr. Helmut Flachberger

Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl Aufbereitung und Veredlung, Franz-Josef-Str.
18, A-8700 Leoben
E-Mail: Helmut.Flachberger@mu-leoben.at

Dr.-Ing. Ulrich Kohaupt

Steinert Elektromagnetbau GmbH, Widdersdorferstr. 329-331, 50933 Köln
E-Mail: kohaupt@steinert.de

Prof. Dr.-Ing. Thomas Neeße

Universität Erlangen Nürnberg, Paul-Gordan-Str. 3, 91052 Erlangen
E-Mail: thomas.neesse@uvt.cbi.uni-erlangen.de

Prof. Dr.-Ing. Klaus Husemann

TU Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und
Aufbereitungstechnik, Agricolastr. 1, 09599 Freiberg
E-Mail: husemann@mvtat.tu-freiberg.de

Dipl. Ing. Uwe Bruder

Derrick Corporation USA, Buffalo NY, Büro Deutschland, 92242 Hirschau
E-Mail: ubruder@derrickcorp.com

Dipl.-Ing. Daniel Droop

Hosokawa Alpine AG, Peter-Doerfler-Str. 13-25, 86199 Augsburg
E-Mail: d.droop@alpine.hosokawa.com

Dr. Andreas Jungmann und Dipl.-Ing. Andreas Schiffers

CALA Aufbereitungstechnik GmbH & Co.KG, Eurededepark 1, 52134 Herzogenrath
E-Mail: a.jungmann@cala-aufbereitung.de, a.schiffers@cala-aufbereitung.de

Dipl.-Ing. Detlev Messerschmidt

Hombak Maschinen- und Anlagenbau GmbH, Sandweg 2-6, 55543 Bad Kreuznach
E-Mail: detlev-messerschmidt@hombak.de

PD Dr.-Ing. habil. Andreas Momber

RWTH Aachen Fakultät für Georessourcen und Materialtechnik, Brunsstraße 10,
21073 Hamburg
E-Mail: andreas.momber@t-online.de

Adressen von Autoren für Poster und Präsentationen**Dipl.-Ing. Bernd Ebertz**

ETEC Gesellschaft für Technische Keramik mbH, An der Burg Sülz 17, D-53797
Lohmar
E-Mail: b.ebertz@etec-ceramics.de

Prof. Henning Zoz, Frau Dr. Hongming Ren

Zoz GmbH, D-57482 Wenden, Germany
E-Mail: info@zoz.de

Wieland Hopfe

Fritsch GmbH, Industriestr. 8, 55743 Idar-Oberstein
E-Mail: hopfe@fritsch.de

Harald Windner

HMH Engineering-Consulting-Trading, Im Südpark 196, A-4030 Linz, Österreich
E-Mail: s.mayer@hmh.at

Dipl.-Ing. Frank Ebert

CEMAG Partikeltechnologie GmbH, Freibusch 3, 31789 Hameln
E-Mail : ef@cemag-cpt.de

Dipl.-Ing. Andreas Jessberger

Ruf GmbH&Co KG, Hausener Str. 101, 86874 Zaisertshofen
E-Mail: andreas.jessberger@brikettieren.de

Rainer Pracejus

ELKEM GmbH, Wanheimer Str. 45 40472 Düsseldorf
E-Mail: rainer.pracejus@elkem.no

Dipl.-Math. Volker Reinsch

GRAINsoft GmbH Freiberg, Chemnitzer Str. 40, 09599 Freiberg
E-Mail: v.reinsch@grainsoft.de

UVR-FIA GmbH

Chemnitzer Str. 40, 09599 Freiberg
E-Mail: info@uvr-fia.de



UVR-FIA GmbH
Verfahrensentwicklung
Umweltschutztechnik
Recycling



Über uns

Die **UVR-FIA GmbH** ist hervorgegangen aus dem Forschungsinstitut für Aufbereitung (FIA), einem Institut der ehemaligen Akademie der Wissenschaften der DDR und bietet mit einem leistungsstarken Team aus Verfahrenstechnikern, Chemikern und Physikern Forschungs- und Entwicklungs- sowie Dienstleistungen auf folgenden Hauptarbeitsgebieten an:

- alle Prozesse der mechanischen Verfahrenstechnik und Aufbereitung
- Wasser-, Abwasser- und Schlammbehandlung
- chemische Analytik und physikalische Stoffcharakterisierung

Modern eingerichtete Laboratorien sowie ein Technikum, dessen Konzeption die Realisierung kompletter Technologien im Pilotmaßstab ermöglicht, erlauben die Bearbeitung unterschiedlichster Aufgabenstellungen.

Die **UVR-FIA GmbH** ist Kooperationspartner der TU Bergakademie Freiberg und Mitglied des Geokompetenzzentrums Freiberg e.V.

■ **Gesellschafter der GmbH sind:**

- Gesellschaft für Umweltverfahrenstechnik und Recycling e.V. Freiberg (UVR)
Vorsitzender: Dr. Albrecht Tolke
- Wissenschaftlich - technische Gesellschaft für Verfahrenstechnik Freiberg FIA e.V.
Vorsitzender: Prof. Dr. Hanspeter Heegn

■ **Geschäftsführer der GmbH sind:**

Dr.- Ing. Andre Kamptner
Dr.- Ing. Henning Morgenroth

Kontakte

Hausanschrift:	UVR-FIA GmbH • Chemnitzer Str. 40 • 09599 Freiberg
Postanschrift:	UVR-FIA GmbH • 09596 Freiberg
Telefon:	0 37 31 / 1621220
Fax:	0 37 31 / 1621299
E-Mail:	info@uvr-fia.de

Arbeitsgebiete der UVR-FIA GmbH

UVR-FIA GmbH ist eine 1996 erfolgte Ausgründung der eingetragenen Vereine **Wissenschaftlich-technische Gesellschaft für Verfahrenstechnik Freiberg - FIA - e.V.** (GVT) und **Gesellschaft für Umweltverfahrenstechnik und Recycling e.V. (UVR)**, die Nachfolgeeinrichtungen des ehemaligen **Forschungsinstituts für Aufbereitung** der Akademie der Wissenschaften der DDR sind. Das 1954 gegründete Forschungsinstitut für Aufbereitung Freiberg war bis 1991 das führende Zentrum auf dem Gebiet der Aufbereitung von Primär- und Sekundärrohstoffen, von chemischen Produkten und der Umweltschutztechnik in der DDR und beschäftigte sich mit Grundlagenforschung und angewandter Forschung sowie Dienstleistungen auf diesen Gebieten.

Die UVR-FIA Verfahrensentwicklung-Umweltschutztechnik-Recycling GmbH hat die Schwerpunkte ihrer Arbeit insbesondere in Forschung, Entwicklung, Planung, Beratung, Information und Erbringung von Dienstleistungen aller Art auf den Gebieten der mechanischen Verfahrenstechnik, der Aufbereitung und des Recyclings von Roh-, Bau- und Hilfsstoffen einschließlich hierzu angewandter Untersuchungsmethoden und der Charakterisierung von Stoffen.

Die UVR-FIA GmbH verfügt über alle gängigen Ausrüstungen zur Aufbereitung und zum Recycling vom Labormaßstab bis zum technischen Maßstab. Dazu gehören Versuchsausrüstungen zur Grob- und Feinzerkleinerung (auch unter Inertbedingungen), zur Sieb-, Hydro- und Aeroklassierung, zur Sortierung nach der Dichte, nach Grenzflächeneigenschaften (Flotation), nach magnetischen und elektrischen Eigenschaften, sowie zum Mischen, Granulieren und Entwässern (Membrantechniken, Elektrodialyse, Mikrofiltration). Die vorhandene Technik wird an die konkrete Aufgabenstellung angepasst und bei Bedarf durch Mietausrüstungen ergänzt.

Laboratorien zur Stoffcharakterisierung durch chemische Analytik, Röntgendiffraktometrie mit Hochtemperaturkammer, Thermoanalyse, Lasergranulometrie, BET-Messtechnik, Porosimetrie u. a. stehen zur Verfügung.

Neben direkt von der Industrie finanzierten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sowie Dienstleistungen im Auftrag unserer Partner aus der Industrie und von Forschungseinrichtungen wird eine Reihe von Projekten, die von BMBF, BMWI, Bundesumweltstiftung und anderen Projektträgern gefördert werden, bearbeitet.

Vorankündigung der Jahrestagung 2008

Die nächste Vortragsveranstaltung unter dem Leitthema:

Aufbereitung und Recycling

findet voraussichtlich am 12. und 13. November 2008

bei der UVR-FIA GmbH Freiberg statt.

Terminplan

- Ende April 2008: **Einladung mit der Aufforderung zur Voranmeldung und zur aktiven Teilnahme mit Vorträgen**
- Ende Juli 2008: **Registrierung der Voranmeldungen und Fertigstellung des Tagungsprogramms**
- Ende August 2008: **Versand der Einladung mit Tagungsprogramm und der Anmeldung für Poster und Präsentationen**
- Ende September 2008: **Schlussstermin der Einreichung der Vortragskurzfassungen**

Es sind wieder mündliche Vorträge, Poster- und Firmenpräsentationen vorgesehen.

Veranstalter:

Gesellschaft für Umweltverfahrenstechnik und Recycling e.V. Freiberg - UVR

und

Wiss.- techn. Gesellschaft für Verfahrenstechnik Freiberg - FIA - e.V.

Tagungsorganisation:

UVR-FIA GmbH
Prof. Dr. rer. nat. habil. Hanspeter Heegn
Chemnitzer Str. 40
09599 Freiberg
Telefon 03731 1621256
Fax 03731 1621299
E-Mail: info@uvr-fia.de
Internet: www.uvr-fia.de