

Vom Sonderabfall zum Sekundärrohstoff

Die Entsorgung von Sonderabfällen wird gemäss den Vorschriften der Verordnung über den Verkehr mit Sonderabfällen (VVS) kontrolliert. Dabei handelt es sich um rund 170 Abfallarten wie beispielsweise den so genannten Strahlschutt. Aufgrund der mitunter starken Belastung an Schwermetallen bietet der hochwertige Strahlkorund ein beachtenswertes Potenzial für eine ökoeffiziente Aufbereitung. Im Sinne einer umweltgerechten Entsorgung ist deshalb eine Lösung anzustreben, um die im Strahlschutt enthaltenen Schwermetalle zurückzugewinnen und den regenerierten Strahlkorund wieder als Sekundärrohstoff in den Herstellungsprozess zurückzuführen.



Der Schmelzprozess im Lichtbogenofen.

VON SANDRA SZYMANSKI

Strahlkorund wird heute im allgemeinen Sprachgebrauch oft als Strahlsand bezeichnet, was noch auf die ursprüngliche Anwendung von Quarzsand zurückzuführen ist. Mit dem Einzug der Strahltechnik, um 1870, zur Behandlung von Oberflächen traten häufig schwere Silikoseerkrankungen auf, weshalb die Strahltechnik bis heute ständig weiterentwickelt wurde. Arbeitsschutzmassnahmen wurden angepasst und der Quarzsand nahezu vollständig durch synthetische Strahlmittel ersetzt: Insbesondere der so genannte Elektrokorund hat sich als vollwertiger Ersatz für den Quarzsand erwiesen. Neben dem synthetisch hergestellten Strahlkorund, der rund 20 Prozent der Gesamtstrahlmittel ausmacht, werden teilweise Schmelzschlacke (ca. 70%) sowie metallische Strahlmittel eingesetzt.

Laut Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Buwal) fallen in der Schweiz pro Jahr zwischen 10000 und 20000 Tonnen verbrauchte Strahlmittel unterschiedlichster Kontamination an. Der als Strahlschutt bezeichnete Abfall sollte so aufbereitet werden,

dass er wiederverwendbar wäre oder als schadstoffarmes Material in der Bauindustrie eingesetzt werden könnte. Für die Reinigung und Aufbereitung von Strahlsand sind verschiedene Verfahren bekannt, jedoch existiert in der Schweiz keine Anlage, die im industriellen Massstab Strahlschutt zur Wiederverwertung aufbereiten kann. Ein grosser Teil endet deshalb auf den Deponien oder wird gar in die Untertagedeponien nach Deutschland transportiert.

Abbau von Bauxit

Unter Strahlkorund respektive Elektrokorund versteht man aus chemischer Sicht grobkristallines Aluminiumoxid (Al_2O_3). Wichtigster Rohstoff für die Herstellung von Strahlkorund sind, neben der Tonerde (Aluminiumoxidpulver), Bauxite, da sie den höchsten Al_2O_3 -Gehalt aufweisen. Bauxite sind tonerdereiche Verwitterungsprodukte, bestehend aus Aquoxiden und Oxiden des Aluminiums, Eisens und Siliciums. Jährlich werden weltweit rund 125 Mio. Tonnen überwiegend im Tagebau gefördert. Die bedeutendsten Abbaugelände befinden sich in Ländern des Tropengürtels wie Australien, Guinea, Jamaika und Brasilien. Gegenwärtig erscheinen die Bauxitvorräte vor allem in Übersee als ausreichend, unerschöpflich sind sie aber nicht. Ökologisch problematisch ist die Erschliessung neuer Bauxitvorkommen in Regenwaldgebieten, die zur Zerstö-

rung und Verknappung naturbelassener Biosphäre führt. Mit der Postulierung der Vereinten Nationen, die 1992 in Rio das weltweit anerkannte Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung verabschiedeten, sollte deshalb der Ressourcenabbau, auch wenn dieser bedenkenlos scheint, nicht zu unnötigem Raubbau an der Natur und zum Schaden der Umwelt führen.

Für die Herstellung von Strahlkorund werden Bauxit oder Tonerde bei ca. 2000 Grad im elektrischen Lichtbogenofen direkt geschmolzen. Nach dem Abkühlen der Schmelze liegt der Elektrokorund als Schmelzblock vor. Das erstarrte Material wird entsprechend der gewünschten Kornform in Hochleistungsmühlen zerkleinert, gesiebt und zu feinkörnigem Material unterschiedlicher Korngrösse klassiert. Je nach Herstellungsverfahren und Ausgangsmaterial entstehen beim Schmelzprozess unterschiedliche Korundsorten. Im Wesentlichen wird zwischen Edeltkorund weiss/rosa (aus Tonerde erschmolzen) und Normalkorund braun (aus Bauxit erschmolzen) unterschieden.

Einsatzmöglichkeiten von Strahlkorund

Der Begriff der Strahltechnik umfasst Verfahren zur Behandlung und Verdichtung von Oberflächen unterschiedlichster Materie. Dabei wird das Strahlmittel mit Abwurfgeschwindigkeiten

Sandra Szymanski

ist Dipl.-Ing. Verfahrens- und Umwelttechnik. Sie ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Umwelttechnik der Fachhochschule beider Basel und Projektleiterin des beschriebenen KTI-Projektes.

von 20 m/s bis zu 300 m/s auf die zu behandelnde Oberfläche geschleudert. Die aufgeführten Einsatzmöglichkeiten sollen eine Vorstellung vermitteln, mit welchen Kontaminationen in verbrauchtem Strahlkorund zu rechnen ist:

- ☛ Putzen und Entsanden von Guss aller Art
 - ☛ Reinigungsstrahlen als Vorbereitung der Oberfläche, wie beispielsweise vor dem Farbspritzen, Verzinken, Emaillieren oder Entrosten
 - ☛ Entzundern von Walzwerk-Erzeugnissen
 - ☛ Entfernen alter Farbanstriche und anderer Schutzschichten
 - ☛ Veredelung von Oberflächen, wie Mattieren, Polieren und Verzieren
- Synthetische Strahlmittel, wie der Elektrokorund, liegen als sehr harte, gebrochene, scharfkantige, eckige Körnungen vor, die aufgrund dieser Eigenschaften niedrigere Verwendungszyklen aufweisen als beispielsweise metallische Strahlmittel. Schon nach kurzer Zeit stellt sich deshalb während des Strahlprozesses ein Gemisch unterschiedlichster Kornfraktionen ein, was im Falle einer gleichmässigen, mattierenden Oberflächenbehandlung auch erwünscht ist.

Laut Aussagen von Anwendern werden etwa 70 Prozent der Sandstrahlaufträge auf Baustellen verrichtet, wobei zu 90 Prozent vor allem Oberflächen alter Objekte wie Brücken Fassaden, Druckleitungen usw. sandgestrahlt werden. Beim Entfernen alter Beschichtungen kann der Massenzuwachs des Strahlmittels durch Verunreinigungen wie Schwermetall- und Farbrückstände bis zu 40 Prozent betragen.

Aufbereitung von Strahlschutt

Im Rahmen eines KTI-Projektes (Kommission für Technologie und Innovation) arbeitet das Institut für Umwelttechnik (IfU) der Fachhochschule beider Basel seit vier Jahren an einem Verfahren zur Rückgewinnung und Wiederverwertung von Schwermetallen aus Sonderabfällen. Ein Teilprojekt aus diesem Bereich bildet – neben der Behandlung von Elektrofilteraschen aus Kehrlichtverbrennungsanlagen – der Sonderabfall Strahlschutt.

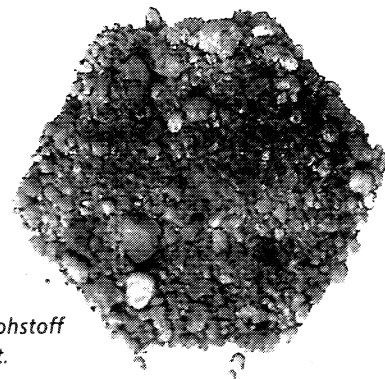
In Zusammenarbeit mit dem Industriepartner Ziegler + Cie AG begann das IfU im Jahr 2000 mit den Forschungsarbeiten zur Aufbereitung von kontaminiertem Elektrokorund (brauner Normalkorund) im eigenen Labor. Als primäres Projektziel wurde zu Beginn der Arbeiten die Entwicklung eines Verfahrens zur Aufbereitung des verbrauchten Strahlkorundes

zwecks Wiederverwertung als Sekundärrohstoff formuliert. Bei erfolgreicher Umsetzung sollte dann die Rückgewinnung der aus dem Strahlsand extrahierten Schwermetalle, vor allem auch unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit, betrachtet werden.

Grundlage der Verfahrensentwicklung bildete das im Rahmen des Projektes bereits entwickelte IVR-SAM-Verfahren (IVR = Inertisierung und Verwertung von Reststoffen; SAM = Selektive Anreicherung von Metallen) zur Aufbereitung von Elektrofilteraschen (vgl. «Umwelt Focus» Nr. 3/2001, S. 14/15). Basierend auf den Verfahrensschritten der Extraktion, der Fest/Flüssig-Trennung und anschliessenden Trocknung konzentrierte man sich zunächst darauf, im Labormassstab die geeigneten Extraktionsbedingungen zu ermitteln und das von der österreichischen Herstellerfirma vorgegebene Anforderungsprofil an den regenerierten Strahlkorund zu erfüllen.

Nachdem die Resultate der Laborversuche sehr erfolgversprechend waren, wurden im Sommer 2001 Pilotversuche im industriellen Massstab bei einem Chemieunternehmen in Basel durchgeführt. Ziel der Pilotierung war es, eine verifizierbare Menge an Strahlschutt im Tonnenmassstab aufzubereiten, um diesen wieder in den ursprünglichen Schmelzprozess zurückzuführen; ferner die Weiterentwicklung optimaler Extraktionsbedingungen zur Mobilisierung der im kontaminierten Strahlkorund enthaltenen Verunreinigungen.

Als Ausgangsmaterial für die Labor- und Pilotversuche wurde vom Industriepartner ein Big-Bag mit kontaminiertem Strahlkorund, mit den typischen beim Gebrauch entstandenen Verunreinigungen, zur Verfügung gestellt. Um die aus den Laborversuchen festgelegten Prozessparameter wie die Konzentration der Extraktionslösung, Prozesstemperatur und Reaktionszeit



Der Rohstoff
Bauxit.

zu optimieren, wurden fünf Einzelversuche gefahren, in denen je 250 kg Strahlgut behandelt wurden. Während der Versuche wurden der Extraktionslösung diverse Proben entnommen und analysiert, um die Lösungskinetik der einzelnen Metalle während des Extraktionsprozesses zu verfolgen. Ebenso wurden das nach der Filtration erhaltene Filtrat sowie der Filterkuchen vor und nach der Trocknung beprobt und analysiert. Die Analyse der Flüssigproben erfolgte mittels ICP-OES (Optische Emissionsspektroskopie), die der Feststoffproben mittels Röntgenfluoreszenzanalyse. In Tabelle 1 sind die untersuchten Metalle in Oxidform und die erhaltenen Analyseresultate in Gewichtsprozent aufgeführt. Dabei wurden die Zusammensetzungen des Originalkorunds, des kontaminierten und regenerierten Strahlkorunds, dem von der Herstellerfirma gestellten Anforderungsprofil gegenübergestellt.

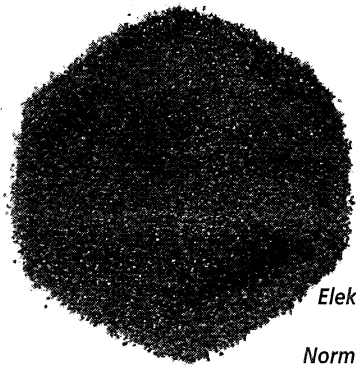
Auffällig sind zunächst die durch Markierung gekennzeichneten Werte, die im Originalkorund das vom Hersteller gesetzte Höchstmass überschreiten, was jedoch auf natives Vorkommen der Elemente zurückzuführen ist. Wie den dargestellten Resultaten für regenerierten Strahlkorund zu entnehmen ist, wurden die vorgegebenen Grenzwerte, bis auf das ZrO_2 , sogar weit unterschritten.

Der aufbereitete Strahlkorund wurde an die Herstellerfirma Treibacher

METALLOXIDE*	ANFORDERUNG (GEWICHTS-%)	ORIGINALKORUND (GEWICHTS-%)	KONTAMINIERTER STRAHLKORUND (GEWICHTS-%)	REGENERIERTER STRAHLKORUND (GEWICHTS-%)
Al_2O_3	87,00 (min)	94,20	81,75	90,32
Fe_2O_3	5,00 (max)	0,30	8,81	2,12
SiO_2	3,00 (max)	1,05	4,14	1,24
TiO_2	3,00 (max)	3,50	3,02	2,49
ZrO_2	0,06 (max)	0,20	0,18	0,10
CaO	0,10 (max)	0,13	0,34	0,06
MgO	0,20 (max)	0,40	0,36	0,17
Na_2O	0,10 (max)	< **	< **	< **
K_2O	0,05 (max)	0,02	0,09	0,01
PbO	0,05 (max)	<	0,07	0,01
ZnO	0,05 (max)	<	0,66	0,004

* Angabe als Metalloxide nach Bestimmung durch Röntgenfluoreszenz-Analyse (RFA)
 ** Gehaltmessungen kleiner als 30 ppm liegen ausserhalb des Gerätemessbereiches

Tabelle 1 zeigt eine Gegenüberstellung der Analysewerte von Originalkorund, kontaminiertem Strahlkorund und regeneriertem Strahlkorund in Bezug auf das gestellte Anforderungsprofil.



Elektrokorund
(brauner
Normalkorund).

Schleifmittel AG zurückgeschickt, im hauseigenen Labor analysiert und im herkömmlichen Schmelzverfahren anstelle von Bauxit problemlos als Sekundärrohstoff zur Produktion von Elektrokorund wieder eingesetzt. Die Bestätigung des Herstellers, dass der Einsatz des aufbereiteten Strahlkorundes zu keinerlei Qualitätsverlust des Endproduktes führt, lässt im Sinne der Nachhaltigkeit darauf hoffen, dass hiermit das Interesse an einer ressourcenschonenden Technologie geweckt wird.

Fazit

Bei den gewählten Extraktionsbedingungen dieses Aufbereitungsverfahrens konnten alle metallischen Verunreinigungen, gemäss den vorgegebenen Anforderungen, aus dem kontaminierten Strahlkorund gelöst werden. Je nach Einstellung der Prozessparameter liessen sich die Metalle besser oder schlechter mobilisieren. Am unproblematischsten zeigte sich vor allem das für eine Wiederverwertung interessanteste Metall, Zink, welches in allen Versuchen praktisch quantitativ mobilisiert wurde. Ebenfalls erwähnenswert ist, dass das Al_2O_3 als Grundmatrix des Strahlkorundes nicht angegriffen wurde.

Dennoch muss darauf hingewiesen werden, dass bei dem Extraktionsver-

fahren nur bedingt die Verunreinigung durch organische Verbindungen berücksichtigt wurde. Um den Filterkuchen von Extraktionsrückständen zu befreien, wurde dieser nach Erhalt des so genannten Mutterfiltrates (reines Filtrat) nachgespült. Des Weiteren wurde der regenerierte Strahlsand bis auf eine Restfeuchte von einem Prozent getrocknet. Beide Aspekte sind im Hinblick auf den Eintrag in einen Hochtemperaturprozess von Bedeutung, um die Entstehung gefährlicher Rauchgasemissionen beim Einschmelzen zu verhindern.

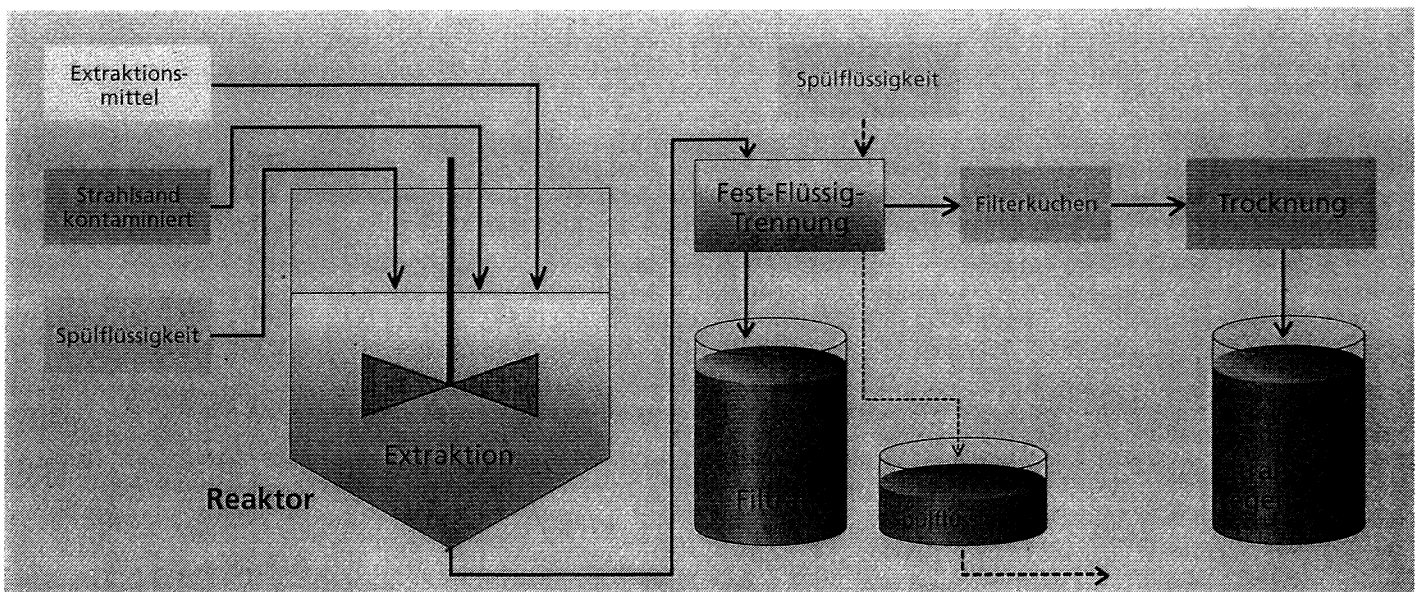
Da der für die Versuche verwendete Elektrokorund zum Abstrahlen alter Oberflächenbehandlungen zum Einsatz kam, wurde vor allem auf die organische Verunreinigung durch PCBs (Polychlorierte Biphenyle) geachtet. Bis 1972 wurden PCBs als Weichmacher in Chlorkautschuk-Lacken zum Schutz verschiedenster Oberflächen eingesetzt. Der PCB-Gehalt solcher Beschichtungen kann dabei bis zu zehn Prozent betragen. Eine Zerstörung der PCBs ist durch den Extraktionsvorgang nicht möglich, was dazu führen könnte, dass beim Schmelzen des regenerierten Strahlmittels hochtoxische Dioxine entstehen. Bevor der kontaminierte Strahlkorund zum Sekundärrohstoff aufbereitet werden kann, ist deshalb in jedem Fall eine PCB-Analyse erforderlich. Das IfU gab deshalb eine solche Analyse in Auftrag. Das Resultat: Die PCB-Werte für den kontaminierten und regenerierten Strahlkorund waren weit unterhalb der zulässigen Grenzwerte, so dass die Gefahr einer Dioxinbildung beim Wiedereinschmelzen nicht bestand.

Die Erstellung einer Massenbilanz über den gesamten Prozess ergab, dass 93 Gewichtsprozent des verbrauchten Strahlkorundes zum Wiedereinsatz ka-

men. Rund fünf Gewichtsprozent des Ausgangsmaterials verblieben als gelöste Metalle im Filtrat. Bei den fehlenden zwei Gewichtsprozent handelte es sich um Verluste, die aufgrund von Probenahmen und manuellen Arbeitsschritten resultierten, wie beispielsweise durch das Umsetzen des Filterkuchens in die Trocknungsanlage.

Da bei der Betrachtung der Ökoeffizienz eines Prozesses neben den ökologischen auch die ökonomischen Aspekte von tragender Bedeutung sind, arbeitet das Projektteam derzeit an einer Ökobilanzierung und Wirtschaftlichkeitsrechnung, basierend auf dem bis dato vorliegenden Entwicklungsstand. Bei der Ökobilanzierung wird der Lebenszyklus von heute verwendetem Strahlkorund mit dem des aufbereiteten Strahlkorundes verglichen. Die erste Aufstellung einer Wirtschaftlichkeitsrechnung erfolgte bereits nach dem ersten Meilenstein, der Verfahrensentwicklung im Labor. Aufgrund der erfolgreichen Pilotierung im Tonnenmassstab und der damit weitaus realistischeren Daten wird eine neue Berechnung nach ökonomischen Gesichtspunkten für eine industrielle Prozessanwendung erfolgen.

Abschliessend ist festzuhalten, dass eine Aufbereitung von hochwertigem Strahlschutt, der als Sonderabfall exportiert und unter Tage deponiert wird, auch im eigenen Land möglich wäre. Bedarf an einer Lösung wird ebenfalls von allen Beteiligten geäussert, seien es Hersteller, Vertrieber, Kunden, Entsorgungsunternehmen oder das Buwal. Im Zuge einer nachhaltigen Entwicklung wäre es deshalb wünschenswert, wenn sich die Interessen zum Schutze der Umwelt gegenüber innovativen Verfahren weiter öffnen würden und diese eine Chance zur Umsetzung erhalten. ●



Die Grafik zeigt eine vereinfachte Darstellung des Aufbereitungsverfahrens von verbrauchtem Strahlkorund.