BHM (2017) Vol. 162 (8): 306–318
 DOI 10.1007/s00501-017-0655-y
 © Der/die Autor(en) 2017.
 Dieser Artikel ist eine Open-Access-Publikation.

BHM Berg- und
 Hüttenmännische
 Monatshefte

BUBLON®/BUBLITE – Zero Waste bei der Aufbereitung vulkanischer Gläser

Georg Weingrill¹, Erwin Brunnmair² und Helmut Flachberger¹

¹Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung, Montanuniversität Leoben, Leoben, Österreich

²Bublon GmbH, Gleisdorf, Österreich

Eingegangen 8. Juli 2017; angenommen 10. Juli 2017; online publiziert 24. Juli 2017

Zusammenfassung: Das innovative Bublon®-Verfahren dient zur Herstellung funktioneller Leichtstoffgranulate mit verglast geschlossener Oberfläche aus vulkanischen Gläsern. Nach dessen erfolgreicher Markteinführung zeigte sich aufgrund der großen Nachfrage seitens der weiterverarbeitenden Industrie die Notwendigkeit, den Anwendungsbereich des Verfahrens zu erweitern und die kontrollierte Expansion auch für feinere Korngrößen zu ermöglichen. Um diese Aufgabenstellung zu lösen, wurde die bereits bewährte Forschungs Kooperation zwischen der Bublon GmbH und dem Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung der Montanuniversität Leoben fortgesetzt. Im Zuge der in Form einer Dissertation des erstgenannten Autors durchgeführten Entwicklungsarbeiten wurde das Bublon®-Verfahren neu konzeptioniert, um auch die Feinstfraktion <100 µm an perlitischen Rohsanden expandieren zu können. Da sich das entwickelte Verfahren in einigen wesentlichen Aspekten vom Bublon®-Verfahren abhebt, wird es Bublite-Verfahren genannt. Nach der konstruktiven Umsetzung und Inbetriebnahme der Versuchsanlage stellen sich bereits erste Erfolge mit dem neu entwickelten Verfahren ein. Somit ist es nunmehr möglich, Fraktionen im Dispersitätsbereich kleiner ca. 1200 µm mit dem kombinierten Bublon®-/Bublite-Verfahren erfolgreich zu funktionellen Leichtstoffgranulaten zu expandieren.

Schlüsselwörter: Bublon®-Verfahren, Bublite-Verfahren, Vulkanische Gläser, Expandierter Perlit, Leichtstoffgranulat mit verglast geschlossener Oberfläche

BUBLON®/BUBLITE – Zero Waste at the Processing of Volcanic Glasses

Abstract: The so-called Bublon®-process is used for producing a closed cell expanded volcanic glass. After successfully launching the process to the market, demands by the industry showed the need to extend the processible particle size range towards finer particles. To address this issue, a research cooperation between the company Bublon and the Chair of Mineral Processing at Montanuniversität Leoben was formed. The result was a completely new design of the process, which allows expanding of fines smaller than 100 µm. After the successful commissioning of the testing plant, first positive and promising results could be achieved. It is now possible to expand particle size ranges smaller 1200 µm to obtain a lightweight functional filler granulate.

Keywords: Bublon® Process, Bublite Process, Expanded Perlite, Lightweight functional filler granulate, Closed cell expanded volcanic glasses

1. Einleitung

Das Bublon-Verfahren ist ein neuartiges Verfahren, das zur Expansion vulkanischer Gläser dient. Die Entwicklung wurde im Jahre 2010 bei der Binder+Co AG aufgenommen, wobei aus der Abteilung bereits nach zwei Jahren ein eigenständiges Unternehmen namens Bublon® GmbH als 100%ige Tochter der Binder+Co AG hervorging. Der Firmensitz befindet sich im oststeirischen Gleisdorf.

Die erfolgreiche Markteinführung des Bublon®-Verfahrens erfolgte 2014. Dieses Verfahren bietet mehrere Vorteile. Einerseits arbeitet es ausschließlich elektrisch, also ohne das Verbrennen von fossilen Brennstoffen. Andererseits kann die neuartige Heizung direkt und sehr gezielt auf die Produktqualität, wie beispielsweise Dichte und Korngröße, Einfluss nehmen. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit, ein hochwertiges und funktionelles Leichtstoffgranulat

Dipl.-Ing. G. Weingrill (✉)
 Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung,
 Montanuniversität Leoben,
 Franz-Josef-Straße 18,
 8700 Leoben, Österreich
 georg.weingrill@unileoben.ac.at

zu erzeugen, das sich vor allem durch verglast geschlossene Oberflächen der solcherart kontrolliert expandierten von herkömmlich expandierten Perlitprodukten abhebt [1, 2].

Nach der Markteinführung stellte sich jedoch bald heraus, dass neben den üblichen im Bublon®-Schacht verarbeitbaren Korngrößen von etwa 100–1200 µm ein großer Bedarf seitens der Industrie besteht, Leichtstoffgranulate auch aus feineren Körnerkollektiven – also <100 µm – zu erzeugen. Diese wurden bislang ungenutzt verhalidet. Neben diesem Grund führte auch die Tatsache, dass es im Sinne einer Zero-Waste-Strategie bzw. einer möglichst vollständigen Nutzung der Lagerstättenreserven notwendig ist, möglichst das gesamte Kornspektrum der Rohsande zu verwerten, zu einer Weiterentwicklung des Bublon®-Verfahrens unter dem Namen Publite.

Dieser Beitrag führt mit einem kurzen Abriss über die Entstehung bzw. die Besonderheiten von vulkanischen Gläsern in die Thematik ein. Ausgehend von den aktuell gängigen Verarbeitungsmethoden der Rohsande werden die beiden Verfahrensentwicklungen vorgestellt und deren Vorteile gegenüber herkömmlichen Expansionsverfahren herausgearbeitet. Abschließend wird auf erzielbare Produkteigenschaften sowie mögliche Anwendungsgebiete für die kontrolliert expandierten Leichtstoffgranulate eingegangen.

2. Geologie und Mineralogie

Vulkanische Gläser können allgemein den Magmatiten zugeordnet werden. Sie entstehen während des Erstarrens silikatreicher Schmelzen (Magmen), wenn ihre Abkühlung und somit die Erstarrung mit erhöhter Geschwindigkeit stattfindet, sodass es zu keiner Kristallisation kommen kann. Da dies oberflächennahe geschieht, können diese Gesteine der Untergruppe der Vulkanite zugeordnet werden. Der mineralogische Fachausdruck lautet: hyaliner Rhyolit. Das Hauptmineral ist hierbei der schwarz glänzende Obsidian (siehe Abb. 1a).

Erste nachgewiesene anthropogene Anwendungen von Obsidian findet man in der Steinzeit als Pfeilspitzen und einfache Schneidwerkzeuge. Dieser Tage gelangt Obsidian hauptsächlich wegen seiner schwarzglänzenden optischen Eigenschaften in der Schmuckindustrie zum Einsatz. Aufgrund des zu geringen Anteils an gebundenem Wasser kann keine zufriedenstellende Expansion durchgeführt werden [3].

Obsidian ist jedoch nicht beständig und beginnt mit der Zeit zu alterieren. Hierbei passieren üblicherweise zwei Um-

wandlungen. Zum einen nimmt der Kristallisationsgrad zu, indem Minerale wie Quarz und Feldspat auskristallisieren. Man spricht dann von einem hypokristallinen Rhyolit. Andererseits wird das verbleibende vulkanische Glas weiter hydratisiert, sodass sich der Anteil an gebundenem Wasser erhöht. Es entstehen die Mineralphasen Perlit und Pechstein. Die Fachliteratur unterteilt die sogenannten Perlit-Gruppen-Mineralie üblicherweise nach ihrem Wassergehalt in drei Einzelmineralarten (siehe Abb. 1; [4]).

- Obsidian (<2 %)
- Perlit (2–5 %)
- Pechstein (>5 %)

So kann zusammengefasst werden, dass es sich bei Perlit um ein alteriertes rhyolitisches Gestein mit vorwiegend glasiger Struktur und einem Anteil an gebundenem Wasser von 2–5 % handelt. Die Besonderheit – und im weiteren Sinne der Hauptgrund für die weltweite Produktion – ist das in der amorphen Struktur gebundene Wasser und die damit verbundene Fähigkeit des Minerals, unter genügend Wärmeeintrag bei etwa 720 bis 800 °C zu expandieren [3].

Typische Perlit-Lagerstätten sind häufig domartig aufgebaut. Der Kristallisationsgrad nimmt von innen nach außen hin ab. Deshalb befindet sich im Inneren ein Kern aus kristallinem Rhyolit. Dieser ist überdeckt mit amorphem, also glasigem Rhyolit, dem eigentlichen Wertmineral. In den äußersten Randschichten ist weiters sehr häufig Tuff-Gestein zu finden [5].

Ist die modale Klassifikation von Vulkaniten nicht möglich, erfolgt ihre Einteilung über chemische Pauschalanalysen und nicht über das zur Gesteinsklassifikation gebräuchliche Quarz-Alkalifeldspat-Plagioklase-Foide-System nach Streckisen. Ausschlaggebend hierfür sind einerseits der SiO₂-Gehalt, andererseits die summierten Gewichtsanteile der Alkalien-Oxide von Natrium und Kalium. Über diese Gehalte kann dann in weiterer Folge über das Klassifikationsschema nach Le Bas die Gesteinsart klassifiziert werden. Im Zuge der Forschungsarbeit wurden chemische Analysen (Abb. 2) von Perliten aus unterschiedlichen Lagerstätten durchgeführt. Es zeigt sich, dass alle Proben als Rhyolit identifiziert werden konnten [4].

Perlite weisen eine charakteristische Kornform auf, die auf das Vorhandensein von gebogenen Schrumpfrissen zurückzuführen ist. In Abb. 3 sind im Anschliff die gebogenen Splitter (*rote Pfeile*) zu erkennen.

Die Untersuchungen ergaben eine auffällige Alkali-Substitution der Na-Ionen durch K-Ionen entlang der sich ausbreitenden Risse. In Abb. 4a sind im linken Bereich des

Abb. 1: Angeschliffene Gesteinsproben: Obsidian (a), Perlit (b), Pechstein (c)

Abb. 2: Klassifizierung der vulkanischen Gesteine nach Le Bas [6]

Abb. 3: Darstellung der splittrförmigen Ausbrüche im Anstrie eines Körnerpräparates

Korns Ansätze von Rissen zu sehen, die den in Abb. 3 ausgewiesenen Splittern (*rote Pfeile*) ähneln. Diese verlaufen beinahe konzentrisch über das Korn, bis sie nicht mehr erkennbar sind. Während in Abb. 4b die Natrium-Konzentration aufgetragen ist, ist in Abb. 4c die Kalium-Konzentration über die Fläche dargestellt. Die dunklen Bereiche der Natriumkonzentration weisen auf niedrigere, die roten Bereiche der Kaliumkonzentration weisen auf höhere Konzentrationen des jeweiligen Alkalimetalls hin. Werden diese Aufnahmen nun mit den Rissen in Abb. 4a verglichen, wird ersichtlich, dass diese Gegebenheiten in unmittelbarem Zusammenhang stehen müssen. Unter Umständen könnte die Substitution von Natrium-Ionen durch Kalium-Ionen zu internen Spannungen aufgrund der unterschiedlichen Ionenradien ($\text{Na}^+ = 1,24 \text{ \AA}$; $\text{K}^+ = 1,59\text{--}1,68 \text{ \AA}$) [6] führen und somit das Korn schwächen.

Perlit wird im Gegensatz zu Obsidian erst seit Mitte des letzten Jahrhunderts industriell gewonnen, aufbereitet und verarbeitet. Er entsteht, wie oben beschrieben, durch die Verwitterung und Umwandlung von Obsidian. Die bei der Gewinnung anfallenden Begleitminerale sind hauptsächlich kristalline Phasen wie Quarz in unterschiedlichen Modifikationen, Feldspat und Glimmer [4]. Abhängig von der

Abb. 4: REM-Aufnahme eines Perlit-Korns (a); Natrium- (b) und Kaliumgehalte (c) über die Fläche

Abb. 5: Schematische Darstellung der herkömmlichen Verfahren zur Perlitaufbereitung

Abb. 6: Konventionell expandierter Perlit

Lagerstätte können eisenhaltige Oxide bzw. Hydroxide vorkommen.

Die Gewinnung des Gesteins erfolgt gewöhnlich durch Sprengen oder Reißen. In der anschließenden Aufbereitung wird das Gestein meist mittels zweistufiger Kreislaufzerkleinerung auf den nachfolgenden Expansionsprozess vorbereitet. Als Brechaggregate kommen üblicherweise Backenbrecher zur Primär- und Rotationsbrecher zur Sekundärzerkleinerung zum Einsatz. Im Allgemeinen werden für konventionelle Expansionsprozesse Körnungen von 0,1–2 mm verwendet. Nach der Klassierung erfolgt eine Trocknung [7]. Da die Begleitminerale normalerweise in vernachlässigbar geringen Anteilen auftreten, ist eine vorgeschaltete Sortierung meist nicht notwendig. Zudem konnte im Zuge von aufbereitungstechnischen Untersuchungen zur Rohgutcharakterisierung festgestellt werden, dass die geringen bzw. z. T. sogar fehlenden Merkmalsunterschiede und die Verwachsungsverhältnisse dazu führen, dass eine Trennung nur unter Inkaufnahme beträchtlicher Verluste an expandierbarem Perlit durchgeführt werden kann.

3. Herkömmliche Expansionsverfahren

Herkömmliche Expansionsverfahren basieren auf gas- oder ölbefeuerten Schacht- (Abb. 5a) oder Drehröhrfen (Abb. 5b). In beiden Verfahren wird das klassierte Rohgut in den Brennraum gefördert, wo es über eine Flamme bis zur Expansion erhitzt wird.

In Abb. 6 ist ein konventionell expandierter Perlit in einer REM-Aufnahme zu sehen. Besonders auffällig ist die offeneporige Oberfläche. Durch diese Verfahren können zwar besonders leichte Füllstoffe erzeugt werden, allerdings steigt durch die offene Oberfläche das Wasseraufnahmevermögen. In manchen Einsatzfällen, wie zum Beispiel bei Thermputzen, kann dies bei schwankender Luftfeuchtigkeit zu Schwundrissen führen.

4. Das Bublon®-Verfahren

Mit der Entwicklung des sogenannten Bublon®-Verfahrens setzte Binder+Co neue Maßstäbe bei der Expansion von Rohsanden vulkanischen Ursprungs. Hierbei handelt es sich um ein Verfahren, bei dem die Körner indirekt mittels elektrischer Energie zur Expansion gebracht werden. Im Gegensatz zu den herkömmlichen Verfahren kann die Temperatur im Schacht über sieben Heizzonen eingestellt und damit der Expansionsvorgang zu jedem beliebigen Zeitpunkt abgebrochen werden. Damit können funktionelle Leichtstoffgranulate in unterschiedlichen Schüttdichten und Dispersitätsklassen mit verglast geschlossener Oberfläche erzeugt werden. Zudem gelangen keine fossilen Brennstoffe zum Einsatz. Das Verfahrensprinzip ist in Abb. 7 dargestellt.

Beim Bublon®-Verfahren wird der zuvor klassierte Rohsand in den Schachtkopf (Abb. 7) (1) aufgegeben. Eine Vibratorrinne sorgt für die Vereinzelung der Körner, damit die Körner eine möglichst gleichmäßige Erwärmung erfahren. Die Schachtwände (4) werden je nach Rohgut und Kornklasse über elektrische Heizregister auf über 1000 °C aufgeheizt. Die Körner fallen nun durch den aufgeheizten Schacht, die sogenannte Expansionszone (2). Hier erfahren

Abb. 9: Schematische Darstellung des Bublite-Verfahrens

Betrachtet man alle auf das Korn wirkenden Kräfte, nämlich die Gewichtskraft F_G , die Auftriebskraft F_A und die Reibungskraft F_R so folgt aus dem d'Alembertschen Prinzip die Gültigkeit der Beziehung:

$$F_G - F_A - F_R = 0 \quad (1)$$

Werden für die Gewichtskraft (F_G), die Auftriebskraft (F_A) und die aus dem Luftwiderstand resultierende Reibungskraft (F_R) die jeweiligen Formeln eingesetzt und die resultierende Sinkgeschwindigkeit explizit gemacht, kann folgende allgemein gültige Formel für die Sinkgeschwindigkeit des Einzelkorns angeschrieben werden:

$$v_s = \sqrt{\frac{4}{3} * \frac{g * d}{c_w} * \frac{(\rho_s - \rho_g)}{\rho_g}} \quad (2)$$

Aufgrund der Feinheit des Rohgutes und der niedrigen Dichte von Luft kann der Stokes-Ansatz mit:

$$c_w = \frac{24}{Re} \quad (3)$$

angenommen werden. Somit ergibt sich für die Sinkgeschwindigkeit des Einzelkorn in laminarer Strömung folgender Zusammenhang:

$$v_s = \frac{g * d^2 * \rho_s}{18 * \eta_g} \quad (4)$$

Es wird ersichtlich, dass die Sinkgeschwindigkeit mit dem Quadrat der Korngröße einhergeht. Das wiederum bedeutet, dass bei einer gravitativen Förderung, wie es im Bublite®-Verfahren verwendet wird, feinstdisperse Körner aufgrund der geringen Sinkgeschwindigkeit eine sehr hohe Verweilzeit im Schacht haben. Hinzu kommt, dass diese Kör-

Abb. 10: Ergebnisse der Strömungssimulation des Vielfachdiffusors [10]

Abb. 11: 3D-Modell des Vielfachdiffusors [10]

nungen durch mögliche Strömungsturbulenzen, die durch thermische Grenzschichtströmungen und Kamineffekte auftreten können, leichter abgelenkt bzw. sogar in Strömungswirbeln (siehe Abb. 8) „gefangen“ werden. Daraus resultiert ein Verlust der Kontrolle über die Verweilzeit der Körner und eine damit einhergehende Überhitzung bzw. Aufschmelzung derselben, was die Bildung von Anbackungen im Schacht begünstigt, die wiederum unweigerlich zu Prozessstörungen führen.

Abb. 12: 3D-Zeichnung der Bublite-Anlage (a) und Blick in den Expansionsschacht im Betrieb (b, c)

Erschwerend kommt hinzu, dass sich bei einer Expansion des Kornes die Sinkgeschwindigkeit durch die Vergrößerung der Anströmfläche weiter verringert. Unter der Annahme, dass in Gasen wie Luft ein vernachlässigbar kleiner Auftrieb auf das Korn wirkt und die Masse des Kornes während der Expansion konstant bleibt, ergibt sich aus dem Kräftegleichgewicht ein umgekehrt proportionaler Zusammenhang zwischen der Sinkgeschwindigkeit und der Korngröße. Unter der Annahme einer sehr geringen Luftströmung im Schacht verbleiben bereits expandierte Körner länger im Schacht, sodass das Risiko des Überhitzens und des damit verbundenen Aufschmelzens steigt.

Versuche im Bublite®-Schacht haben gezeigt, dass eine kontrolliert und somit stabile Expansion der Körner bis zu einer unteren Korngrößengrenze von ca. $75\text{ }\mu\text{m}$ möglich ist. Darunter kann der Prozess aufgrund der oben beschriebenen physikalischen Umstände nicht stabil gehalten werden.

5. Das Bublite-Verfahren

Marktrecherchen haben ergeben, dass vor allem von Seiten der kunststoffverarbeitenden Industrie ein großer Bedarf an hohlen expandierten Glaskugeln als funktionellem Füllstoff besteht [8, 9]. In diesem Fall werden aber expandierte Feinstgranulate bevorzugt, wodurch es notwendig ist, auch die Feinstfraktionen des Rohsandes ($<75\text{ }\mu\text{m}$) zu verarbeiten. Um diese auch mittels des innovativen Bublite®-Konzeptes expandieren zu können, wurde das Verfahren für diesen Korngrößenbereich neu konzipiert.

Abb. 13: 3D-Zeichnung der Hochdruck-Injektordüse [10]

Das Prinzip des sogenannten Bublite-Verfahrens ist in Abb. 9 ersichtlich. In diesem wird das unexpandierte Rohgut von unten in den Schacht aufgegeben (1) und mittels Dispergierluft von unten nach oben durch die Expansionszone geblasen. Wie beim Bublon®-Verfahren kann der Schachtmantel mittels elektrischer Heizregister auf über 1000 °C erhitzt werden.

Der Expansionsvorgang an sich ist gleich dem zuvor beschriebenen. Die Änderungen betreffen vor allem die Anzahl der Heizzonen und die Art, wie der Rohsand durch die Expansionszone transportiert wird. Während die Anzahl der Heizzonen im Bublon®-Verfahren sieben beträgt, wurde diese im Bublite-Verfahren auf vier reduziert. Durch die nach oben gerichtete Schleppströmung werden bereits expandierte Körner aufgrund der flächenbedingt höheren Strömungswiderstandskraft stärker beschleunigt und folglich rascher aus dem Schachtraum ausgetragen. Somit findet während des Expansionsprozesses zugleich eine Aufstromklassierung statt.

Versuche haben gezeigt, dass es hierbei besonders wichtig ist, gleichmäßige Strömungsverhältnisse im Schacht sicherzustellen. Somit kommt der Dispergierung des Rohsandes in den Trägerluftstrom eine Schlüsselaufgabe zu. Als Dispergier-Apparat wurde ein Injektor mit anschließendem Vielfachdiffusor zur Strömungsverzögerung und Aufwei-

tung des Querschnittes gewählt. Um ideale Strömungsbedingungen zu erhalten, wurden für die optimale Auslegung des Vielfachdiffusors systematische Strömungssimulationen (CFD) durchgeführt (siehe Abb. 10). Aufgrund bereits durchgeführter Simulationen und der damit verbundenen Erfahrung auf diesem Gebiet wurde die Studie vom Institut für Strömungslehre und Wärmeübertragung an der Technischen Universität Graz durchgeführt.

Es wird ersichtlich, dass nach Abb. 10d zumindest sechs Leitbleche notwendig sind, um Strömungsablösungen zu verhindern und ein homogenes Strömungsbild zu erhalten. Die ausgeführte Version des Vielfachdiffusors ist in Abb. 11 dargestellt. Dieser besteht aus sechs Leit- und zwei zueinander rechtwinklig angeordneten Teilungsblechen. Um das Strömungsverhalten besser beurteilen zu können, wurden zusätzlich längliche Sichtfenster eingebaut [10].

In Abb. 12 ist eine 3D-Konstruktion (Abb. 12a) mit im Betrieb aufgenommenen Fotos aus dem Inneren der Bublite-Anlage (Abb. 12b, c) in Gleisdorf zu sehen. Die für die Förderung notwendige Druckluft wird mittels Schraubenkompressor (1) erzeugt. Danach fließt die Druckluft durch einen Luftvorwärmer (2), der je nach erwünschter Produktqualität die Luft auf bis zu 600 °C aufheizt. Versuche haben gezeigt, dass die konvektive Kühlung des Perlit-Rohsandes in einer kühlen Dispergierluft so hoch ist, dass keine Expansion stattfinden kann. Dies kann mit der hohen spezifischen Oberfläche von feindispersen Körnern erklärt werden.

Die Dispergierung des Rohsandes (3) erfolgt über das Venturi-Prinzip. Über eine Verengung des Leitungsquerschnittes (Düse) wird die Dispergierluft beschleunigt, so dass der statische in dynamischen Druck umgewandelt wird, was zur Ausbildung eines Unterdrucks führt (siehe Abb. 13). Je nach Durchsatz und Düse können hier Unterdrücke von bis zu 100 hPa erreicht werden. Die Dosierung erfolgt über einen Doppelschnecken-Dosierer, der den zuvor klassierten Rohsand direkt in den Unterdruckbereich der sogenannten Injektor-Düse fördert. Stromabwärts befindet sich der Diffusor, der die Strömung wieder verzögert und somit den statischen Druck rückgewinnt. Danach er-

Abb. 14: Bublite-Produkte im Stereo- (a) und Rasterelektronen-Mikroskop (b)

TABELLE 1

Typische Korngrößen von expandiertem Perlit-Granulaten und deren Einsatzgebiete [11]

Einsatzgebiet	$K_{\min}$ [μm]	$K_{\max}$ [μm]
Gartenbau	550	10.000
Baustoffe	230	2900
Tieftemperaturanwendungen	130	1000
Filtrierhilfen	10	500
Mikrosphären	0	350
Wasserrückhalte-Anwendungen	0	1000

folgt die Übergabe der Strömungen in den Schachtofen über einen Gleichrichter, welcher in Abb. 12c zu erkennen ist. Die CFD-Simulation sowie die begleitend durchgeführten experimentellen Versuche haben gezeigt, dass dieser für ein homogenes Strömungsbild notwendig ist.

Die eigentliche Expansion findet im Bereich 4 statt. Zur raschen Rohguterwärmung tragen sowohl die heiße Dispergierluft als auch die abgegebene Strahlung des umgebenden Stahlmantels bei. Dieser wird gleich wie im Bublon®-Verfahren auf über 1000 °C erhitzt, sodass dieser rotglühend wird (siehe Abb. 12b, c). Im oberen Bereich (5)

wird der Abgasstrom mittels Falschlufansaugung gekühlt, um die Filterschläuche vor einer Überhitzung zu schützen. Die Partikel-/Luftstrom-Trennung erfolgt abermals mittels Zyklon und Schlauchfilter.

Die Ergebnisse erster Versuchsreihen zeigen, dass mit diesem Verfahren auch feine Korngrößen verarbeitet werden können. In Abb. 14 sind beispielhaft expandierte Leichtstoffgranulate mit verglast geschlossener Oberfläche aus diesen Versuchen zu sehen. In der Stereomikroskopaufnahme sind Korngrößen zwischen 37 und 75 μm zu erkennen. Je nach der Ausgangskorngröße des unexpandierten Rohsandes kann sich dieses Korngrößenspektrum entweder in feinere oder gröbere Bereiche verschieben. Dies hängt wiederum von der jeweiligen Aufgabenstellung ab (Tab. 1).

Es wird ersichtlich, dass die expandierten Leichtstoffgranulate überwiegend geschlossene Oberflächen aufweisen. Da die maximale Korngröße der Granulate 300 μm nicht überschreitet, können diese auch als Mikrosphären bezeichnet werden.

Abb. 15: Vereinfachte Darstellung des Fließbildes einer kombinierten Bublon®-/Bublite-Versuchsanlage der Bublon GmbH in Gleisdorf

Abb. 16: 3D-Konstruktion der kombinierten Bublon®-/Bublite-Versuchs- und Produktionsanlage in Gleisdorf

6. Kombiniertes Verfahrensfliessbild

In Kombination von Bublon®- und Bublite-Verfahren können somit klassierte Rohsande vulkanischen Ursprungs im Korngrößenbereich von ca. 25–1000 µm, in Ausnahmefällen bis zu 1200 µm expandiert werden. Ein vereinfachtes Fließbild der Versuchsanlage, in dem diese beiden Verfahren kombiniert sind, ist in Abb. 15 dargestellt.

Üblicherweise werden die zu expandierenden Rohsande mit unterschiedlichen Maximalkorngrößen angeliefert (1), weshalb eine Rohsandvorbehandlung zwingend erforderlich ist. Dabei erfolgt eine Vorklassierung je nach Rohgut und Bedarf zwischen 500–1200 µm. Die Grobkornfraktion wird einer Brecherstufe zugeführt, die, um möglichst wenig Feingut zu erzeugen, im Kreislauf gefahren wird. Der Brecher ist in diesem Fall als Walzenbrecher (2) ausgeführt.

Die Feingutfraktion wiederum wird bei Trennschnitten von 100–500 µm abgesiebt (3), wodurch Kornklassen von 100–1200 µm erzeugt werden können. Beispielhaft sind hier folgende übliche Kornfraktionen für das Bublon®-Verfahren aufzuzählen, die sich zur Expansion im Bublon®-Schacht bereits bewährt haben:

- 100–150 µm
- 150–300 µm

- 300–500 µm
- 500–700 µm

Die Kornfraktionen sind sowohl an die jeweilige Rohgutart, als auch auf die jeweilige Aufgabenstellung anzupassen. Daher ist es notwendig, die optimalen Kornfraktionen für jedes Rohgut experimentell zu bestimmen, um die geforderten Produktspezifikationen erfüllen zu können.

Die Feinstfraktion <100 µm wird dem Bublite-Verfahren (7) zugeführt. Da die Verweilzeit und die Stabilität der Körner in der Dispergierluft für einen störungsfreien Prozess ausschlaggebend sind, muss darauf geachtet werden, dass die Körner ein ähnliches Flugverhalten, also ähnliche Endfallgeschwindigkeiten, aufweisen. Daher wird die Feinstfraktion <100 µm vorab in folgende enge Kornklassen geteilt (4):

- 75–100 µm
- 50–75 µm
- 25–50 µm
- <25 µm

Als Klassieraggregat kommt ein Taumelsieb der Firma Allgaier zum Einsatz. Versuchsergebnisse zeigten, dass aufgrund der Feinheit der Körner eine Abreinigung der Sieb-

Hier steht eine Anzeige.

Hier steht eine Anzeige.

matten mittels Ultraschall notwendig ist. Dadurch können höhere Massenströme erzielt bzw. niedrigere Unterkorngehalte in der Grobgrutfraktion erreicht werden. Die Fraktion <25 µm wird gegenwärtig zwar noch nicht verwendet, ist aber Gegenstand von weiteren geplanten Versuchsreihen.

Die drei größeren Fraktionen werden der Bublite-Anlage kampagnenartig zugeführt. Die expandierten Leichtstoffgranulate werden über die Zyklon- und Schlauchfilteranlage in die Silos bzw. Big-Bags abgeschieden.

In Abb. 16 ist die geplante und teilweise schon in Betrieb genommene Anlage der kombinierten Bublon®- und Bublite-Verfahren dargestellt. Aufgrund der Neuartigkeit der Produkte erwies es sich als notwendig, intensive Produktentwicklungen in Zusammenarbeit mit der leichtstoffgranulatverarbeitenden Industrie durchzuführen. Um den steigenden Anfragen ebendieser gerecht zu werden und die geforderten Probenmengen im größeren Stil herstellen zu können, war es zweckmäßig, die Versuchsanlage in Gleisdorf zu einer im Chargenbetrieb arbeitenden Produktionsanlage auszubauen. Zur schnelleren Verladung des Leichtstoffgranulats ist zusätzlich eine LKW-Beladevorrichtung geplant.

7. Schlussbetrachtungen

Abschließend lässt sich zusammenfassen, dass es mit der Kombination von Bublon®- und Bublite-Verfahren möglich ist, ein erweitertes Spektrum an Rohsandskörnungen zu einem funktionellen Leichtstoffgranulat zu expandieren. Damit werden gleichzeitig zwei Aufgabenstellungen gelöst. Einerseits können nun Perlit-Rohsand-Produzenten größere Anteile ihres bergmännisch hereingewonnenen Rohgutes verkaufen, da es nicht mehr notwendig ist, die anfallenden Feinstfraktionen zu deponieren. Somit können das Ausbringen und damit auch die Lebensdauer der Lagerstätten erhöht werden. Andererseits ist die Versorgung der kunststoffverarbeitenden Industrie mit qualitativ hochwertigen Mikrosphären gesichert, wodurch dieser Industriezweig nicht mehr von Importen aus Übersee abhängig ist. Somit kann zu Recht von einer sinnvollen und äußerst erfolgreichen Weiterentwicklung dieses neuartigen Expandierverfahrens von Bublon® zu Bublite gesprochen werden, die nicht zuletzt auf der ausgezeichneten und langjährigen Forschungs- und Entwicklungszusammenarbeit zwischen

der Bublon GmbH und dem Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung fußt.

Acknowledgements. Open access funding provided by Montanuniversität Leoben.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Literatur

1. Cirar, K.; Huber, R.; Flachberger, H.; Brunnmair E.: Erschließen neuer Geschäftsfelder durch strategische Forschungs Kooperationen bei Binder+Co, Berg- und Hüttenmännische Monatshefte 156 (2011), S. 394–402
2. Cirar, K.; Flachberger, H.; Brunnmair, E.; Seidl, T.; Stoxreiter, T.: Entwicklung und Einbau einer dem Bublon®-Verfahren vorgeschalteten Rohsandaufbereitung, Berg- und Hüttenmännische Monatshefte 158 (2013), S. 226–232
3. Cirar, K.: Weiterentwicklung eines Verfahrens zur Herstellung geschlossenzellig expandierter Perlite zur Verbesserung der funktionellen Eigenschaften in neuartigen Produktanwendungen, Diss., Leoben, Montanuniversität, Lehrstuhl für Aufbereitung und Veredlung, 2013
4. Maresch, W.; Schertl, H.; Medenbach, O.: Gesteine: Systematik, Bestimmung, Entstehung, 3. Aufl., Stuttgart: Schweizerbart, 2016
5. Kogel, J.; Trivedi, N.; Barker, J.; Krukowski, S.: Industrial Minerals & Rocks, 7. Aufl., Littleton (u. a.): Society for Mining, Metallurgy and Exploration, 2006
6. Okrusch, M.; Matthes, S.: Mineralogie, Eine Einführung in die spezielle Mineralogie, Petrologie und Lagerstättenkunde, Berlin-Heidelberg: Springer, 2014
7. Weiss, N.; Chamberlin, P.: SME Mineral Processing Handbook, New York: Society of Mining Engineers, 1985
8. Mattausch, H.; Laske, S.; Cirar, K.; Flachberger, H.; Holzer, C.: Influence of processing conditions on the morphology of expanded perlite/polypropylene composites, The 29th International Conference of the Polymer Processing Society, pp. 482–487 (2013)
9. Mattausch, H.; Duretek, I.; Cirar, K.; Flachberger, H.; Holzer, C.: Investigation of rheological, thermal and mechanical properties of expanded perlite/polypropylene composites; The 28th International Conference of the Polymer Processing Society, pp. 235–239, (2012)
10. Weingrill, G.: Konstruktion einer Perlitstaub-Beschickung in einen elektrischen Expansionsofen, Dipl.-Arb., Leoben, Montanuniversität, Lehrstuhl für Fördertechnik und Konstruktionslehre, 2016
11. Perlite Institute: Grades of Expanded Perlite & Perlite Particle Size, <https://www.perlite.org/library-perlite-info/general-info/Perlite-GradesSizes-v3c.pdf> (1.06.2017)