

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 1224/2012
(22) Anmeldetag: 19.11.2012
(43) Veröffentlicht am: 15.06.2013

(51) Int. Cl. : **C04B 28/26** (2006.01)
B01J 2/04 (2006.01)
C04B 20/06 (2006.01)
B01J 8/42 (2006.01)
H05B 6/80 (2006.01)

(30) Priorität:
17.11.2011 AT A 1710/2011 beansprucht.

(73) Patentanmelder:
WUSTINGER HORST
5204 STRASSWALCHEN (AT)

(72) Erfinder:
Wustinger Horst
Straßwalchen (AT)

(54) **Verfahren für das Herstellen von porösen Körnern aus Wasserglas**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren für das Herstellen von porösen Körnern aus Wasserglas indem getrocknete Partikel aus Wasserglas durch einen Erwärmungsvorgang zufolge Schmelzens und Verdampfens von eingeschlossenem Wasser aufgebläht werden. Im optimalen Verfahrensablauf wird ein einzelnes Partikel durch Erhärten eines einzelnen Massetropfens gebildet; in der zum Aufschäumen führenden Erwärmungsstufe werden die Partikel und die sich daraus bildenden porösen Körner durch Mikrowellenstrahlung erhitzt und gleichzeitig dabei über einem Fließbett gehalten und bewegt.

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren für das Herstellen von porösen Körnern aus Wasserglas indem getrocknete Partikel aus Wasserglas durch einen Erwärmungsvorgang zufolge Schmelzens und Verdampfens von eingeschlossenem Wasser aufgebläht werden.

Im optimalen Verfahrensablauf wird ein einzelnes Partikel durch Erhärten eines einzelnen Massetropfens gebildet; in der zum Aufschäumen führenden Erwärmungsstufe werden die Partikel und die sich daraus bildenden porösen Körner durch Mikrowellenstrahlung erhitzt und gleichzeitig dabei über einem Fließbett gehalten und bewegt.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren für das Herstellen von porösen Körnern aus Wasserglas.

Beispielsweise in der WO 2008010074 A2 ist das Herstellen von porösen Körnern durch Aufschäumen von zuvor kompakten Partikeln in einem zweistufigen Erwärmungsvorgang beschrieben. Die Partikel bestehen aus einem bei hoher Temperatur zähflüssig werdenden Material in welches eine bei erhöhter Temperatur gasförmig werdende Komponente eingeschlossen ist. Im ersten Erwärmungsvorgang werden die Partikel nur so sehr erhitzt, dass sich die eingeschlossene, bei erhöhter Temperatur gasförmig werdende Komponente teilweise verflüchtigt und nur mehr in einem gewünschten, verringerten Ausmaß vorhanden bleibt. In der zweiten, heißeren Erwärmungsstufe werden die Partikel so weit erhitzt, dass ihr festes Material erweicht und durch die restliche gasförmig werdende Komponente aufgeschäumt wird. Die zweite Erwärmungsstufe findet in einem Schachtofen statt, in dessen Schacht die Partikel oben eingegeben werden und während des Fallens durch den Schacht nach unten erhitzt und aufgebläht werden. Das Verfahren wird in der Praxis vielfach angewandt und es sind damit qualitativ hochwertige Produkte herstellbar. Bezogen auf die Anlagenkosten und den Anlagenplatzbedarf wird die Ausbeute an hergestellten Produkten pro Zeit oftmals als niedrig empfunden.

In der EP 1 033 354 B1 ist ein Herstellungsweg für einen mineralischen schaumförmigen Werkstoff beschrieben. Einem flüssigen oder knetbarem Material, welches jedenfalls Wasserglas (= Alkalisilikat) und/oder Ammoniumsilikat sowie Wasser enthält, wird in einer Trocknungsstufe Wasser entzogen, bis nur mehr ein angestrebter Restwassergehalt enthalten ist. Für eine Aufschäumstufe wird das Material in eine Form eingebracht und soweit erhitzt, dass Festanteile verschmelzen und durch das vorhandene Restwasser, welches verdampft, aufgebläht werden. Nach dem Abkühlen ist

die Masse zu einem hochporösen starren Körper, beispielsweise einer Platte, erstarrt. Mikrowellen als Heizquelle können sowohl bei der Trocknungsstufe, welche bevorzugt bei Temperaturen knapp unter 100 °C stattfindet, als auch bei der Aufschäumstufe, welche dann bei Temperaturen zwischen 100°C und 250°C stattfindet, zum Einsatz kommen. Der so gebildete Werkstoff ist leicht und gut wärmeisolierend. Bei guter Wärmeisolierwirkung hat der Stoff allerdings recht geringe mechanische Stabilität. Störend ist oftmals auch, dass der Werkstoff extrem viel Wasser aufnehmen und speichern kann. Dass durch das Verfahren beim Aufschäumen ganze Bauteile hergestellt werden anstatt ein Schüttgut, welches als Baustoff verwendbar ist, ist zwar oft ein Vorteil, bringt aber auch den Nachteil, dass Flexibilität verloren geht.

Von diesem Stand der Technik ausgehend hat sich der Erfinder die Aufgabe gestellt, ein Herstellungsverfahren für ein Schüttgut aus Körnern eines mineralischen Materials bereitzustellen, bei welchem die einzelnen Körner zwar im Inneren hochporös und damit spezifisch sehr leicht und gut wärmeisolierend sind, andererseits aber eine möglichst feste und flüssigkeitsdichte Oberflächenschicht aufweisen. Gegenüber dem Herstellungsverfahren entsprechend der WO 2008010074 A2 soll bezogen auf Kosten und Platzbedarf der erforderlichen Anlagen eine höhere Ausbeute pro Zeit ermöglicht werden.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe in optimaler Weise durch einen Verfahrensablauf entsprechend den folgenden Schritten gelöst:

- a) Verfestigen einer Mischung, welche Wasser, flüssiges Wasserglas und einen Härter für Wasserglas enthält in einer Weise, dass schon beim Verfestigen einzelne, voneinander getrennte Partikeln gebildet werden.
- b) Entziehen von Wasser aus den Partikeln durch trocknen der Partikel, beispielsweise durch Erhitzen und Warmhalten der Parti-

kel, bis nur mehr ein angestrebter Restwassergehalt enthalten ist.

- c) Abkühlen der teilentwässerten Partikel.
- d) Aufschäumen der Partikel zu porösen Körnern durch Hitzeeinwirkung während gleichzeitigem Bewegen der Partikel bzw. Körner auf einem Fließbett und Erhitzen durch Mikrowellenstrahlung, sodass das mineralische Material erweicht und durch enthaltene, verdampfendes Wasser aufgebläht wird.
- e) Abkühlen der durch Aufblähen von Partikeln gebildeten, porösen Körner.

Durch die Erfindung werden mehrere Effekte, welche sicherlich auch jeweils für sich allein vorteilhaft sind, miteinander kombiniert, sodass ein extrem vorteilhaftes Gesamtergebnis erzielt wird. Der wertvollste neue Einzeleffekt dürfte das Aufschäumen durch Mikrowelleneinfluss während des Bewegens der Partikel auf einem Fließbett sein. Durch diese Maßnahme wird die Ausbeute an aufgeschäumten Körnern pro Zeit und Anlagenvolumen gegenüber anderen Verfahren bei guter Qualität des erhaltenen Produktes drastisch erhöht.

Im Folgenden werden die einzelnen der aufgelisteten Schritte näher erläutert:

Schritt a) "Verfestigung und Partikelbildung"

Indem die einzelnen Partikel aus denen später die Körner durch Aufblähen zu bilden sind, nicht durch Brechen eines größeren festen Körpers in kleinere Teile gebildet werden, sondern durch Erstarren jeweils eines flüssigen oder breiigen "Massetropfens", dessen Masse gleich der Masse des daraus zu bildenden Partikels ist, wird die Qualität der Oberfläche der fertigen Körner (fest, dicht) verbessert und die Form der Körner ist weniger zerklüftet und eher kugelähnlich, was im Allgemeinen auch ein Vorteil ist.

Bevorzugt findet das Erhärten eines Massetropfens zu einem Partikel statt, während der Massetropfen nur von Luft umgeben ist und nicht an irgendeiner festen Oberfläche anliegt. Dazu kann man die Masse im passenden Moment während ihrer Erhärtung versprühen oder durch ein Sieb pressen und unter dem Sieb frei fallen lassen. Idealerweise steuert man das Versprühen der Masse oder das Pressen durch ein Sieb derart, dass die vereinzelteten Massetropfen untereinander möglichst gleiche Größe und möglichst ähnliche Gestalt aufweisen.

Das Versprühen kann beispielsweise geschehen indem man die Masse auf eine einstellbar schnell rotierende Scheibe fließen lässt, von welcher die Masse durch Fliehkraft weggeschleudert wird. Über die Rotationsgeschwindigkeit der Scheibe ist die Größe der entstehenden Partikel steuerbar. Bei schnellerer Rotation werden die weggeschleuderten Tropfen und damit die aus diesen entstehenden Partikel kleiner.

Eine sehr rasche Methode die Masse zu kleinen "Tropfen" zu vereinzeln besteht darin, sie in Vertiefungen eines Bandes aus Silikon oder PTFE einzustreichen und sie nach dem Erhärten, beispielsweise durch Krümmen des Bandes um eine enge Walze, herauszudrücken. An Stelle eines Bandes könnte man natürlich auch einen starren Körper mit vielen lokalen Vertiefungen verwenden aus welchen man die Masseteilchen nach deren Verfestigung beispielsweise durch Rütteln herausbewegt.

Schritt b) "Trocknen"

Das Entziehen von Wasser aus den erstarrten, noch nicht aufgeschäumten Partikeln erfolgt typischerweise bei Temperaturen um 130° C. Neben vielen anderen dafür geeigneten Vorrichtungen ist wohl ein Fließbettoven dafür sehr gut geeignet, da mit diesem vergleichsweise ein sehr hoher Materialdurchsatz möglich ist und das durchgesetzte Material mechanisch kaum belastet wird. Der vergleichsweise sehr hohe Ma-

terialdurchsatz wird vor allem dadurch erreicht, dass im Fließbettöfen die zu behandelnden Partikel ständig durch Luft oder Gas durchströmt werden, womit Wasser, welches aus den Partikeln entweicht prompt abtransportiert wird und damit der Wasserdampfgehalt in der Umgebung der Partikel weit unter dem Sättigungsgehalt gehalten wird. Dadurch erfolgt die Trocknung der einzelnen Partikel besonders rasch.

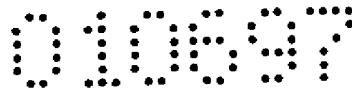
Damit gleichmäßig hohe Qualität des Endproduktes ermöglicht wird, ist wichtig, nur solche Partikel gemeinsam zu trocknen, welche untereinander etwa gleiche Größe und Form haben, da ansonsten der Restwassergehalt in den verschiedenen Partikel zu sehr verschieden ist.

Ziel dieses Schrittes ist es, einen für den nachfolgenden Aufschäumvorgang passenden Restwassergehalt in den Partikeln einzustellen. Tatsächlich wird man aber eher nicht den Restwassergehalt der getrockneten Partikel messen, sondern Erfahrungswerte dafür finden, bei welchen Partikelgrößen und Materialien bei welchen Trockenzeiten und Trockentemperaturen, welche maximale Verminderung des spezifischen Gewichtes durch Aufblähen unter Hitzeeinwirkung möglich ist.

Das Trocknen kann aber auch bei Umgebungstemperatur erfolgen, beispielsweise bei 20°C. Bei guter Belüftung mit Luft von geringer Luftfeuchtigkeit (weniger als 50%) dauert der Trocknungsvorgang typischerweise etwa drei Tage.

Schritt c) "Zwischendurch auskühlen"

Erstaunlicherweise ist die Oberfläche der aufgeschäumten Körner wesentlich besser, nämlich geschlossener, wenn die Partikel die zu den Körnern aufgeschäumt werden, nach einem Trocknungsvorgang mit erhöhter Temperatur gemäß Schritt b) auf normale Umgebungstemperatur auskühlen gelassen werden, als wenn sie sofort zwecks Aufschäumen weiter erhitzt werden. Es scheint, dass es während des Auskühlens der Partikel an deren oberflächennahen Schichten zu vorteilhaften Verän-



derungen des Materials kommt. Diese Veränderungen bewirken, dass die gemäß nachfolgendem Schritt d) aus den Partikeln durch Aufschäumen gebildeten Körner nahezu unabhängig von der ursprünglichen Form der Partikel annähernd kugelförmig werden und eine geschlossene Oberfläche haben.

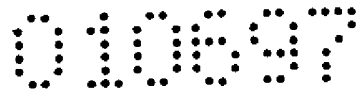
Allem Anschein nach ist es so, dass die Oberfläche der Partikel unmittelbar nach dem Trocknungsvorgang Öffnungen aufweist und dass sich diese Öffnungen während des Abkühlungsvorganges verschließen. Wenn man ein getrocknetes Partikel durch Hitzeeinwirkung aufbläht ohne es vorher abgekühlt zu haben und damit eine geschlossene Oberflächenschicht erreicht zu haben, entweicht ein erheblicher Anteil des in den Partikeln noch vorhandenen, verdampfenden Kristallwassers aus diesen Öffnungen. Das Partikel wird dann nur in einzelnen Volumenbereichen aufgeschäumt und es bildet sich ein unförmiges zerklüftetes Korn mit ungleichmäßiger, im Durchschnitt aber relativ hoher Dichte.

Wenn die besagten Öffnungen der Partikel vor dem Aufschäumen verschlossen sind, kommt es zu einem gleichmäßigeren Aufblähen des Volumens und die dichte Außenhaut des Partikels spannt sich wie die Hülle eines Luftballons um den sich aus verdampfenden Kristallwasser bildenden Wasserdampf und das teigige kristalline Material. Damit ist also auch erklärbar warum die Form der Körner unabhängig von der Form der ursprünglichen Partikel immer annähernd kugelförmig ist.

Schritt d) "Durch Hitzeeinwirkung aufblähen"

Mikrowellenbeheizung für das Aufschäumen der Partikel zu Körnern mit hochporösem Volumen ist gegenüber anderen Beheizungsverfahren vorteilhaft, weil damit das Aufschäumen besonders rasch von statten geht und weil die Erwärmung im Korninneren kaum dem Erwärmen an der Außenhaut nachhinkt.

Ein "Fließbett" im Sinne dieser Beschreibung weist - wie das von Fließbettöfen bekannte Fließbett - eine mit vielen Lö-



chern versehene Bodenfläche auf, durch welche hindurch Luft oder Gas von unten nach oben durchgeblasen wird. An der Oberseite der Bodenfläche befinden sich dabei die aufzuschäumenden Partikel bzw. die schon aufgeschäumten Körner; sie werden durch die von der Bodenfläche emporgeblasene Luft etwas angehoben und wirbelnd durcheinander.

Bevorzugt ist die Bodenfläche etwas geneigt, sodass das darüber befindliche, durch den Luftstrom etwas angehobene Gut langsam zu den tiefer liegenden Flächenbereichen schwebt. Indem oben neues Material zugegeben wird und das unten ankommende Material entnommen wird, wird damit gut ein kontinuierlicher Betrieb möglich. Optional kann die Bodenfläche auch nach Art eines Rüttelförderers bewegt werden um die Partikel bzw. die aufgeschäumten Körner in die gewünschte Richtung zu transportieren.

Neben anderen vorteilhaften Effekten bewirkt die durchgeblasene Luft bzw. das durchgeblasene Gas, dass in den einzelnen Partikeln bzw. Körnern der Temperaturverlauf über die Zeit geglättet wird und dass alle Partikel bzw. die sich aus diesen bildenden Körner weitestgehend den gleichen Temperaturverlauf erfahren. Zu Beginn der Behandlung im Fließbettoven bewirkt die durchgeblasene Luft bzw. das durchgeblasene Gas zusätzlich zur Mikrowellenbeheizung Erwärmung der Partikel. Später wird dadurch auch Wärme von den Partikeln bzw. Körnern abgeführt, welche an diese durch Mikrowellenbeheizung eingebracht wurde.

Neben den schon beschriebenen Wirkungen hat das Fließbett folgende weitere vorteilhaften Wirkungen:

- Körner verkleben auch dann nicht miteinander, wenn sie in teigig weichem Zustand aneinander anstoßen.
- Wasser, welches an die Oberfläche der Körner kommt, wird durch den Luft- bzw. Gasstrom zügig abtransportiert. Das wirkt sich vorteilhaft auf die Verteilung des Wärmeein-

trags der Mikrowellenstrahlung in den Körnern aus. Deutlich verstärkt wird dieser erwünschte Effekt wenn das strömende Medium (Luft oder Gas) getrocknet wird oder laufend durch trockenes Medium ausgetauscht wird. (Z.B. kann man gebrauchte, heiße, feuchte Luft durch frische Luft ersetzen und dazu die frische Luft in einem Gegenstromwärmetauscher durch die gebrauchte Luft erhitzen.)

- Auf Grund des Fließbettes kann ohne störende Nebenwirkungen die Anzahl von in Aufschäumung befindlichen Partikeln bzw. Körnern pro Volumen gegenüber anderen Anlagen für das hitzebedingte Aufschäumen von Partikeln bzw. Körnern sehr stark erhöht werden.
- Auf Grund des Fließbettes kann der erforderliche Hitze-eintrag in die Partikel bzw. Körner um diese aufzublähen ohne störende Nebenwirkungen sehr viel rascher erfolgen als dies bei anderen Anlagen für das hitzebedingte Aufschäumen von Partikeln bzw. Körnern, beispielsweise bei Schachtofen, möglich wäre.

In einer vorteilhaften Ausführungsform ist die Oberfläche durch ein hitzefestes, beispielsweise keramisches Textil gebildet. Damit ist ein besonders feiner Raster an Öffnungen durch welche Luft oder Gas strömen kann, bildbar und es können damit auch besonders feine Partikel im Wirbelbett gehoben werden können ohne sich zwischen Öffnungen des Wirbelbettes an der Oberfläche des Wirbelbettes anzulagern.

Schritt e)

Während des Abkühlens erstarren die aufgeblähten Körner. Das Abkühlen kann beispielsweise erfolgen indem die Körner über eine kurze Höhendistanz in normaler Umgebungstemperatur durch die Luft fallen. Besonders vorteilhaft ist es, die aufgeschäumten Körner über einen Flächenbereich des Fließbettes zu führen, an welchem keine Mikrowellenstrahlung mehr

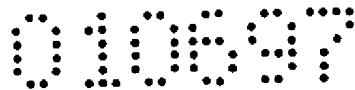
auftritt und an welchem die durch die Oberfläche des Fließbettes strömende Luft (bzw. Gas) zumindest um einige Grade kühler ist als die Erstarrungstemperatur der Körner.

"Wasserglas" im Sinne dieser Beschreibung sind amorphe Natrium- und Kaliumsilicate sowie ihre wässrigen Lösungen.

Aus dem Stand der Technik ist eine Vielzahl von Härtern sowie Zusatzstoffen zu diesen für Wasserglas bekannt. Als Härter dürften Metallphosphate insbesondere Aluminiumphosphate sowie organische Säuren und deren Ester, insbesondere Carbonsäureester, Essigsäure und deren Ester am verbreitetsten sein. Die Vor- und Nachteile dieser Härter (dynamischer Verlauf des Erhärtens, chemische Beständigkeit des Endproduktes, Endfestigkeit) sowie sinnvolle Mischungsverhältnisse sind den mit Wasserglas arbeitenden Fachleuten bekannt, sodass hier nur - weiter unten - beispielhaft darauf eingegangen wird. Im Übrigen können und müssen viele Materialzusammensetzungen und dazu passende Verfahrensparameter wie Trocknungstemperaturen, Trocknungszeiten, Aufheizraten etc. die im Übrigen auch von der Partikelgröße stark abhängig sind, im Rahmen des fachmännischen Handelns an den jeweils verwendeten Anlagen durch Versuch optimiert werden.

Die gemäß obigem Schritt a) zu festem Wasserglas zu erhärtenden flüssige oder pastöse Masse kann neben Wasserglas, Wasser und Härter auch noch Füllstoffe wie z.B. Quarzsand, Glasstaub, Flugasche, Vulkanglasstaub (Pechstein, Perlite, Obsidian, Vermiculit) enthalten. Derartige vor allem mineralische, glasige oder keramische Beimengungen können die Verarbeitbarkeit erleichtern und auch die Festigkeit erhöhen. Mit Ausnahme von Vulkanglasstaub erhöhen sie dabei oftmals aber auch Raumgewicht und Wärmeleitfähigkeit.

Besondere Bedeutung haben Füllstoffe aus Staub von durch Hitze- einwirkung aufblähbaren vulkanischen Gesteinen wie Pechstein, Perlite, Obsidian oder Vermiculit. Diese Materialien haben einen hohen Silikatanteil und enthalten Kristallwasser. Wenn sie er-



hitzt werden, wird der Festanteil zähflüssig und das Kristallwasser verdampft und bläht die zähflüssige Masse auf. Staub aus diesen Gesteinen fällt bei den üblichen Verarbeitungsmethoden für diese Gesteine massenhaft an und es gibt ansonsten kaum nutzbringende Anwendungen dafür. Als Füllstoff gemäß dem vorliegenden Anwendungsfall kann der Staub zufolge dessen, dass er selbst auch aufblähbar ist, eine Verringerung des Raumgewichtes und der Wärmeleitfähigkeit der gebildeten Körner bewirken.

Durch die Erfindung wird ein Schüttgut aus extrem leichten und damit gut wärmeisolierenden und gleichzeitig auch extrem festen Körnern geschaffen, welche auf Grund der Dichtheit ihrer äußeren Schale kaum zu Wasseraufnahme und Wasserspeicherung neigen. Das Schüttgut kann ähnlich wie Sand als Füllstoff für die Bildung von Ziegeln, Wänden, Putzen, zement- oder kalkgebundenen Fertigteilen und als Beimengung zu Keramikmassen verwendet werden. Es kann an den dementsprechend hergestellten Gegenständen ein sehr geringes spezifische Gewicht und eine sehr geringe spezifische Wärmeleitfähigkeit bewirken, ohne die mechanische Festigkeit nennenswert zu verringern oder die Herstellbarkeit zu erschweren. In der Beimengung zu keramischen Massen kann das Schüttgut sogar die Festigkeit verbessern, da es Schwund vermindert.

Die für die Herstellung der erfindungsgemäßen Körner erforderlichen Rohmaterialien sind kostengünstig erhältlich und die für die erfindungsgemäße Herstellung erforderlichen Anlagen sind bezogen auf die damit pro Zeit und absolut herstellbare Menge kostengünstig. Damit ist das aus erfindungsgemäß hergestellten Körnern gebildete Schüttgut wirtschaftlich sehr gut konkurrenzfähig.

Abschließend sei aus Gründen der Anschaulichkeit das erfindungsgemäße Verfahren ein mehreren Beispielen beschrieben:

Beispiel 1:

Flüssiges Wasserglas, welches aus 30 Gewichtsprozent SiO_2 , 10 Gewichtsprozent Na_2O und 60 Gewichtsprozent Wasser besteht, wird

mit 1/13 seiner Masse mit Triacetin (auch als "Glycerintriacetat" bezeichnet, eine Esterverbindung von Glycerin und Essigsäure), welches als Härter für Wasserglas wirkt in einem Rührwerk vermischt. Der Mischvorgang kann in wenigen Sekunden abgeschlossen werden, sollte jedenfalls nicht mehr als etwa 5 Minuten dauern. Die sich bildende Flüssigkeit wird sofort nach dem Mischen in Vertiefungen einer aus Silikon gebildeten Fläche geleert bzw. gestrichen, wobei die einzelnen Vertiefungen etwa halbkugelförmig ausgebildet sind und einen Durchmesser von 1 mm aufweisen. Die Flüssigkeit erhärtet in den Vertiefungen innerhalb weniger Minuten, die Topfzeit beträgt etwa 10 Minuten.

Nach einer Stunde werden die aus dem erhärtetem Wasserglas gebildeten, in besagten Vertiefungen befindlichen Partikel aus den Vertiefungen herausgerüttelt, auf eine feine Siebfläche aus Edelstahlraht gestreut und 72 Stunden getrocknet, wobei die umgebende Luft eine Temperatur von 20°C und eine relative Luftfeuchtigkeit von 30% aufweist.

Nach den 72 Stunden werden aus der Schüttung der Partikel erst Staubanteile weggesiebt und dann werden die Partikel als Schüttgut einem Fließbettöfen zugeführt, wobei das durch das Schüttgut durchgeblasene Fluid, welches eine Grunderwärmung und Fluidisierung (also "Schweben") der Partikel bewirkt, Luft mit einer Temperatur von 250°C ist. Gleichzeitig strahlt ein Mikrowellenstrahler auf das Fließbett, also das Schüttgut, wobei die Strahlungsleistung etwa 150 W pro dm² Fließbett beträgt. Die Beheizzone des Fließbettes ist 2° geneigt (die Neigung sollte einstellbar sein) und drei Meter lang. Partikel werden kontinuierlich am oberen Ende der Fläche eingegeben und fließen durch die Beheizzone. Nach dem Austritt aus der Beheizzone werden die Partikel noch einen Meter weiter in einem Fließbett bewegt in welcher Luft, welche Umgebungstemperatur aufweist, als Fluidisierungsmedium verwendet wird und wobei keine Mikrowellenstrahlung auf die Partikel wirkt. Zum Schluss liegen aufgeschäumte, feste Partikel vor, welche ein

Schüttgewicht von etwa 250 kg/m^3 aufweisen. (Das Schüttgewicht ist am besten durch den Wassergehalt beeinflussbar, welchen die Partikel beim Eintritt in den Fließbettöfen haben. Durch den Grad der vorhergehenden Trocknung der Partikel der Partikel sind Schüttgewichte von vollständig aufgeschäumten Partikeln zwischen 80 und 600 kg/m^3 einstellbar.)

Beispiel 2: (Prozentangaben beziehen sich auf das Gewicht)

Flüssiges Wasserglas, welches aus $42\% \text{ SiO}_2$, $12\% \text{ Na}_2\text{O}$ und 46% Wasser besteht, wird mit einem flüssigen Härter vermischt, welcher aus 90% Wasser, 6% Natriumhydrogencarbonat (Speisesoda) und 4% Glyoxal (= Ethandial) besteht. Dabei kommt auf ein Kilogramm flüssiges Wasserglas 900 Gramm flüssiger Härter.

Gemischt wird im Durchlauf in einem kontinuierlichen Mischer, wobei zwischen dem Einfüllen der beiden Flüssigkeiten in den Mischer und dem Austritt des Gemisches etwa 40 Sekunden vergehen. Die Flüssigkeit wird von oben auf einen mit mehreren hundert Umdrehungen pro Minute um eine vertikale Achse rotierende Fläche gelehrt und von dieser durch Fliehkraft in Tröpfchen zersprüht, welche horizontal bis zu 4 Meter von der Fläche weg geschleudert und 8 Meter unterhalb der Fläche auf einem Boden aufkommen, wobei sie durch den rasch wirkenden Härter - und die Umgebungstemperatur von 50°C - schon zu festen Partikeln verfestigt sind. Die Partikel werden auf einem Fließbettrockner bei 130°C eine Stunde lang getrocknet, dann auskühlen gelassen, dann durch mehrere Siebvorgänge mit unterschiedlichen Maschenweiten in vier Partikelfractionen mit untereinander möglichst gleich großen Partikeln aufgeteilt.

Die Partikelfractionen werden einzeln wie die Partikel im Beispiel 1 durch gleichzeitiges Einwirken eines Fließbettöfens und Mikrowellenstrahlung erhitzt und dadurch aufgeschäumt. Bei den Fractionen mit den kleineren Partikeln soll die Fluidströmung im Fließbettöfen sanfter eingestellt werden als bei den Fractionen mit größeren Partikeln. Die Neigung der Fließbettfläche sollte

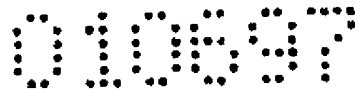
für die kleineren Partikel stärker eingestellt werden als für die größeren Partikel, sodass die kleineren Partikel, welche ja schneller aufgeschäumt sind, nicht so lange in der Beheizzone sind.

Beispiel 3:

Als Wasserglas wird flüssiges Wasserglas verwendet, welches unter der Bezeichnung "T90" von Firma Wöllner GmbH & Co. KG erhältlich ist (2012); als Härter wird flüssiger Härter verwendet, welcher unter der Bezeichnung "Betol HC" von Firma Wöllner GmbH & Co. KG erhältlich ist (2012). Dem flüssigen Wasserglas werden 30 Gewichtsprocente Vulkanglasstaub zugemischt. Dieses Gemisch wird unter Verwendung von neun Gewichtsprozent des besagten Härters wie im Beispiel 2 zu aufgeschäumten Partikeln weiterverarbeitet.

Patentansprüche

1. Verfahren für das Herstellen von porösen Körnern aus Wasserglas indem
 - Partikel aus festem Wasserglas erst getrocknet werden, sodass sie durch Verdampfung ober ohne zu schmelzen eingeschlossenes Wasser verlieren,
 - dann die Partikel in einer Erwärmungsstufe soweit erhitzt werden, dass sie schmelzen und durch Verdampfung des verbliebenen Restes an eingeschlossenem Wasser zu porösen Körnern aufgebläht werden,
 - wobei die Partikel in der Erwärmungsstufe durch Mikrowellenstrahlung erhitzt werden,dadurch gekennzeichnet, dass
 - die Partikel in der Erwärmungsstufe, während der Zeit in welcher Mikrowellenstrahlung auf sie einwirkt, über einem Fließbett gehalten und bewegt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein einzelnes Partikel durch Erhärten eines einzelnen Massetropfens gebildet wird, welcher flüssiges Wasserglas und einen Härter für Wasserglas enthält und wobei abgesehen vom Wasseranteil die Masse des Massetropfens gleich der Masse des Partikels ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Masse aus denen die Massetropfen gebildet werden, zusätzlich Füllstoffe beigemischt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass als Füllstoff Staub von durch Hitzeeinwirkung aufblähbaren vulkanischen Gesteinen beigemischt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Erhärten des Massetropfens zu einem Parti-



kel während einer Wurf- oder Fallbewegung des Massetropfens in Luft erfolgt, ohne dass der Massetropfen dabei an einem Festkörper anliegt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Partikel zum Trocknen erwärmt werden, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Trocknen auskühlen gelassen werden bevor sie der Erwärmungsstufe für das Aufschäumen zugeführt werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das während der das Aufschäumen bewirkenden Erwärmungsstufe aus der Bodenfläche des Fließbettes strömende gasförmige Medium in einem Temperaturbereich gehalten wird, welcher wärmer ist als die Umgebungstemperatur des Fließbettes aber kühler ist als die Höchsttemperatur, welche die Partikel und die sich daraus bildenden Körner zufolge der Mikrowellenstrahlung erreichen können.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das aus der Bodenfläche des Fließbettes strömende gasförmige Medium laufend getrocknet wird oder gegen trockeneres gasförmiges Medium ausgetauscht wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Körner während des Aufblähens über der Bodenfläche des Fließbettes entlang bewegt werden und nach vollendetem Aufblähen an einen Bereich über der Bodenfläche des Fließbettes gelangen, an welchem keine Mikrowellenstrahlung auf sie einwirkt und sie durch ein aus der Bodenfläche des Fließbettes strömendes gasförmige Medium unter die Erstarrungstemperatur des Wasserglases abgekühlt werden.