

(19)



(11)

EP 2 959 975 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
30.12.2015 Patentblatt 2015/53

(51) Int Cl.:
B02C 19/06 (2006.01) **B07B 7/083** (2006.01)
B07B 11/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15002331.5**

(22) Anmeldetag: **16.10.2007**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR

• **NETZSCH Trockenmahltechnik GmbH**
95100 Selb (DE)

(30) Priorität: **16.10.2006 DE 102006048865**

(72) Erfinder: **NIED, Roland**
86486 Bonstetten (DE)

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en) nach Art. 76 EPÜ:
07817686.4 / 2 091 652

(74) Vertreter: **Reichert & Lindner**
Partnerschaft Patentanwälte
Kaflerstrasse 15
81241 München (DE)

(71) Anmelder:
• **Nied, Roland, Dr.-Ing.**
86486 Bonstetten (DE)

Bemerkungen:
Diese Anmeldung ist am 04-08-2015 als Teilanmeldung zu der unter INID-Code 62 erwähnten Anmeldung eingereicht worden.

(54) **VERFAHREN ZUR ERZEUGUNG FEINSTER PARTIKEL MIT EINER STRAHLMÜHLE UND STRAHLMÜHLE DAFÜR**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung feinsten Partikel mittels einer Strahlmühle (1), wobei als Betriebsmittel (B) ein Fluid, insbesondere Gase oder Dämpfe, verwendet wird, das eine höhere Schallgeschwindigkeit als Luft (343 m/s) aufweist. Ferner

schafft die Erfindung eine Strahlmühle (1) zur Erzeugung feinsten Partikel, wobei eine Quelle für ein Betriebsmittel (B) enthalten oder zugeordnet ist, das eine höhere Schallgeschwindigkeit als Luft (343 m/s) aufweist.

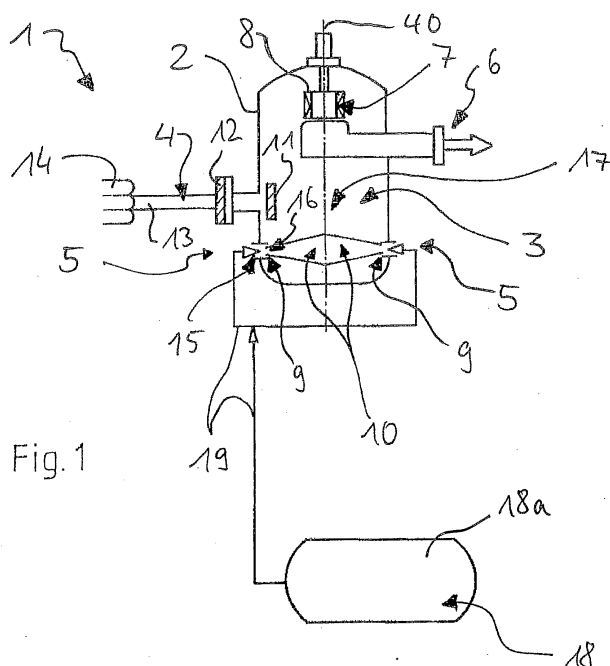


Fig. 1

EP 2 959 975 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung feinsten Partikel mittels einer Strahlmühle und eine Strahlmühle dafür nach den Oberbegriffen der unabhängigen Ansprüche.

[0002] Das zu sichtende oder zu mahlende Gut besteht aus gröberen und feineren Partikeln, die in einem Luftstrom mitgeführt werden und den Produktstrom bilden, der in ein Gehäuse eines Windsichters der Strahlmühle eingeführt wird. Der Produktstrom gelangt in radialer Richtung in ein Sichtrad des Windsichters. In dem Sichtrad werden die gröberen Partikel aus dem Luftstrom ausgeschieden und der Luftstrom verlässt mit den feinen Partikeln axial das Sichtrad durch ein Abströmröhr. Der Luftstrom mit den auszufilternden oder herzustellenden feinen Partikeln kann dann einem Filter zugeführt werden, in dem ein Fluid, wie beispielsweise Luft, und feine Partikel voneinander getrennt werden.

[0003] Aus der DE 198 24 062 A1 ist eine solche Strahlmühle bekannt, in deren Mahlkammer ferner zumindest ein energiereicher Mahlstrahl aus Heißdampf mit hoher Strömungsenergie eingeführt wird, wobei die Mahlkammer außer der Einlasseinrichtung für den zumindest einen Mahlstrahl einen Einlass für das Mahlgut und einen Auslass für das Produkt aufweist, und wobei im Bereich des Zusammentreffens von Mahlgut und zumindest einem Mahlstrahl aus Heißdampf und Mahlgut zumindest etwa die gleiche Temperatur haben.

[0004] Die vorliegende Erfindung hat daher das Ziel, ein Verfahren zur Erzeugung feinsten Partikel mittels einer Strahlmühle und eine Strahlmühle insbesondere mit einem darin integrierten Windsichter weiter zu optimieren.

[0005] Dieses Ziel wird mit einem Verfahren zur Erzeugung feinsten Partikel nach dem Anspruch 1 und einer Strahlmühle nach dem Anspruch 4 erreicht.

[0006] Demnach ist ein gattungsgemäßes Verfahren zur Erzeugung feinsten Partikel mittels einer Strahlmühle dadurch gekennzeichnet, dass als Betriebsmittel ein Fluid, insbesondere Gase oder Dämpfe, verwendet wird, das eine höhere und insbesondere wesentlich höhere Schallgeschwindigkeit als Luft (343 m/s) aufweist.

[0007] Es ist besonders bevorzugt, wenn als Betriebsmittel ein Fluid, insbesondere Gase oder Dämpfe, verwendet wird, das eine Schallgeschwindigkeit von wenigstens 450 m/s aufweist.

[0008] Ferner ist es von Vorteil, wenn als das Betriebsmittel Wasserdampf, Wasserstoffgas oder Heliumgas verwendet wird.

[0009] Wie oben angegeben, wird durch die Erfindung ferner eine Strahlmühle geschaffen, wobei eine Quelle für ein Betriebsmittel enthalten oder zugeordnet ist, das eine höhere und insbesondere wesentlich höhere Schallgeschwindigkeit als Luft (343 m/s) aufweist.

[0010] Mit besonderem Vorzug ist ferner vorgesehen, dass eine Quelle für ein Betriebsmittel enthalten oder zugeordnet ist, das eine Schallgeschwindigkeit von wenigstens 450 m/s aufweist.

[0011] Außerdem ist es besonders vorteilhaft, wenn eine Quelle für ein Betriebsmittel enthalten oder zugeordnet ist, das Gase oder Dämpfe enthält, wobei insbesondere eine Quelle für ein Betriebsmittel enthalten oder zugeordnet ist, das Wasserdampf, Wasserstoffgas oder Heliumgas enthält.

[0012] Darüber hinaus kann mit Vorteil vorgesehen sein, dass die Strahlmühle eine Fließbettstrahlmühle oder eine Dichtbettstrahlmühle ist.

[0013] Noch eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung insbesondere mit Wasserdampf als Betriebsmittel besteht darin, dass Mahl- oder Einlassdüsen vorgesehen sind, die an eine Dampfzufuhrleitung angeschlossen sind, die mit Dehnungsbögen ausgestattet ist, also dann, wenn die Dampfzufuhrleitung an eine Wasserdampfquelle angeschlossen ist.

[0014] Ebenfalls in Verbindung mit einer Gestaltung zur Verwendung von Wasserdampf als Betriebsmittel besonders vorteilhaft ist es, wenn die Oberfläche der erfindungsgemäßen Strahlmühle einen möglichst kleinen Wert aufweist.

[0015] Weiterhin ist es von Vorteil, wenn die Strömungswege zumindest weitgehend vorsprungsfrei sind, und/oder wenn die Komponenten der Strahlmühle zur Vermeidung von Massenanhäufungen ausgelegt sind.

[0016] Wiederum besonders in Kombination mit einer Gestaltung zur Verwendung von Wasserdampf als Betriebsmittel ist es vorteilhaft, wenn die Komponenten der Strahlmühle zur Vermeidung von Kondensation ausgelegt sind. Insbesondere können entsprechend vorzugsweise Einrichtungen zur Kondensationsvermeidung enthalten sein.

[0017] Bei noch einer weiteren Variante ist es bevorzugt, wenn eine Feingutaustrittskammer vorgesehen ist, die in Strömungsrichtung eine Querschnittserweiterung aufweist.

[0018] Weiterhin kann die erfindungsgemäße Strahlmühle mit Vorteil insbesondere einen Windsichter enthalten, der einzelne Merkmale oder Merkmalskombinationen des Windsichters gemäß der EP 0 472 930 B1 enthält. Durch diese Bezugnahme ist zur Vermeidung bloßer identischer Übernahme der gesamte Offenbarungsgehalt der EP 0 472 930 B1 vollumfänglich hierin aufgenommen. Insbesondere kann der Windsichter Mittel zum Abbau der Umfangskomponenten der Strömung gemäß der EP 0 472 930 B1 enthalten. Dabei kann insbesondere vorgesehen sein, dass ein dem Sichtrad des Windsichters zugeordneter Austrittsstutzen, der als Tauchrohr ausgebildet ist, in Strömungsrichtung eine vorzugsweise zur Vermeidung von Wirbelbildungen gerundet gestaltete Querschnittserweiterung aufweist.

[0019] Bei einem vorgesehenen integrierten dynamischen Windsichter mit einem Sichterrad ist bevorzugt eine Quelle für ein Betriebsmittel zugeordnet, das eine höhere Schallgeschwindigkeit als Luft (343 m/s) aufweist. Vorzugsweise ist eine Quelle für ein Betriebsmittel zugeordnet, das eine wesentlich höhere Schallgeschwindigkeit als Luft (343 m/s)

aufweist, und/oder ist eine Quelle für ein Betriebsmittel (B) zugeordnet, das eine Schallgeschwindigkeit von wenigstens 450 m/s aufweist. Eine weitere vorzugsweise Ausgestaltung des dynamischen Windsichters besteht darin, dass eine Quelle für ein Betriebsmittel zugeordnet ist, das Gase oder Dämpfe, insbesondere das Wasserdampf, Wasserstoffgas oder Heliumgas, enthält. Noch eine weitere bevorzugte Ausgestaltung des dynamischen Windsichters besteht darin, dass ein Sichtrotor oder Sichtrad enthalten ist, das eine mit abnehmendem Radius zunehmende lichte Höhe aufweist. Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass die durchströmte Fläche des Sichtrotors oder -rades zumindest annähernd konstant ist, und/oder dass ein Sichtrotor oder Sichtrad enthalten ist, das ein auswechselbares, mitrotierendes Tauchrohr aufweist. Es kann ferner vorgesehen sein, dass eine Feingutaustrittskammer vorgesehen ist, die in Strömungsrichtung eine Querschnittserweiterung aufweist, und/oder dass die Strömungswege zumindest weitgehend sprungrig sind. Der integrierte dynamische Windsichter kann außerdem dadurch weiter ausgestaltet sein, dass die Drehzahl des Sichtrotors oder -rades des Windsichters und das innere Verstärkungsverhältnis $R (= D_i/D_F)$ so gewählt oder eingestellt oder regelbar sind, dass die Umfangsgeschwindigkeit des Betriebsmittels an einem dem Sichtrad zugeordneten Tauchrohr oder Austrittsstutzen bis zum 0,8-fachen, insbesondere bis zum 0,7-fachen und vorzugsweise bis zum 0,6-fachen der Schallgeschwindigkeit des Betriebsmediums erreicht.

[0020] Bei einem Betriebsverfahren für einen vorstehend erläuterten in die Strahlmühle integrierten dynamischen Windsichter mit einem Sichtrotor oder -rad ist bevorzugt vorgesehen, dass als Betriebsmittel ein Fluid, insbesondere Gase oder Dämpfe, verwendet wird, das eine höhere und insbesondere wesentlich höhere Schallgeschwindigkeit als Luft (343 m/s) aufweist. Dabei ist es weiter bevorzugt, wenn als Betriebsmittel ein Fluid, insbesondere Gase oder Dämpfe, verwendet wird, das eine wesentlich höhere Schallgeschwindigkeit als Luft (343 m/s) aufweist, und/oder wenn als Betriebsmittel ein Fluid, insbesondere Gase oder Dämpfe, verwendet wird, das eine Schallgeschwindigkeit von wenigstens 450 m/s aufweist. Weiterhin mit Vorzug wird als das Betriebsmittel Wasserdampf, Wasserstoffgas oder Heliumgas verwendet. Eine andere vorzugsweise Ausgestaltung des Betriebsverfahrens für einen Windsichter besteht darin, dass die Drehzahl des Sichtrotors oder -rades und das innere Verstärkungsverhältnis $R (= D_i/D_F)$ so gewählt, eingestellt oder geregelt werden, dass die Umfangsgeschwindigkeit des Betriebsmittels an einem dem Sichtrad zugeordneten Tauchrohr oder Austrittsstutzen bis zum 0,8-fachen, insbesondere bis zum 0,7-fachen und vorzugsweise bis zum 0,6-fachen der Schallgeschwindigkeit des Betriebsmediums erreicht.

[0021] Generell und in speziellen Ausgestaltungen wird das Verfahren in einem Mahlsystem (Mahlapparat), bevorzugt in einem Mahlsystem umfassend eine Strahlmühle, besonders bevorzugt umfassend eine Gegenstrahlmühle, ausgeführt. Dazu wird ein zu zerkleinerndes Aufgabegut in expandierenden Gasstrahlen hoher Geschwindigkeit beschleunigt und durch Partikel-Partikel-Stöße zerkleinert. Als Strahlmühlen werden ganz besonders bevorzugt Fließbettgegenstrahlmühlen oder Dichtbettstrahlmühlen oder Spiralstrahlmühlen verwendet. Im Falle der ganz besonders bevorzugten Fließbettgegenstrahlmühle befinden sich im unteren Drittel der Mahlkammer zwei oder mehr Mahlstrahleinlässe, bevorzugt in Form von Mahldüsen, welche sich bevorzugt in einer horizontalen Ebene befinden. Die Mahlstrahleinlässe sind besonders bevorzugt so am Umfang des bevorzugt runden Mühlenbehälters angeordnet, dass sich die Mahlstrahlen alle an einem Punkt im Inneren des Mahlbehälters treffen. Insbesondere bevorzugt sind die Mahlstrahleinlässe gleichmäßig über den Umfang des Mahlbehälters verteilt. Im Falle von drei Mahlstrahleinlässe würde der Abstand somit jeweils 120° betragen.

[0022] In einer speziellen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst das Mahlsystem (Mahlapparat) einen Sichter, bevorzugt einen dynamischen Sichter, besonders bevorzugt einen dynamischer Schaufelrad-sichter oder einen Sichter gemäß den Fig. 2 und 3. Dieser dynamische Windsichter enthält ein Sichtrad und eine Sichtradwelle sowie ein Sichtergehäuse, wobei zwischen dem Sichtrad und dem Sichtergehäuse ein Sichterspalt und zwischen der Sichtradwelle und dem Sichtergehäuse eine Wellendurchführung gebildet ist, und ist dadurch gekennzeichnet, dass eine Spaltspülung von Sichterspalt und/oder Wellendurchführung mit komprimierten Gasen niedriger Energie erfolgt.

[0023] Durch die Verwendung eines integrierten dynamischen Windsichters in Kombination mit der unter den erfindungsgemäßen Bedingungen betriebenen Strahlmühle erfolgt eine Begrenzung des Oberkorns, wobei die gemeinsam mit den entspannten Gasstrahlen aufsteigenden Produktpartikel aus dem Zentrum des Mahlbehälters durch den Sichter geleitet werden und anschließend das Produkt, das eine ausreichende Feinheit aufweist, aus dem Sichter und aus der Mühle ausgeführt wird. Zu grobe Partikel gelangen zurück in die Mahlzone und werden einer weiteren Zerkleinerung unterworfen.

[0024] Im Mahlsystem kann ein Windsichter als separate Einheit der Strahlmühle nachgeschaltet werden, bevorzugt wird jedoch ein integrierter Windsichter verwendet.

[0025] Ein weiteres mögliches Merkmal des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass dem eigentlichen Mahlschritt eine Aufheizphase vorangeschaltet ist, in der sichergestellt wird, dass der Mahlraum, besonders bevorzugt alle wesentlichen Bauteile der Strahlmühle und/oder des Mahlsystems, an denen Wasser und/oder Wasserdampf kondensieren könnte, derart aufgeheizt wird/werden, dass dessen/deren Temperatur oberhalb des Taupunktes des Dampfes liegt. Das Aufheizen kann im Prinzip durch jede Heizmethode erfolgen. Bevorzugt erfolgt die Aufheizung jedoch dadurch, dass heißes Gas durch die Mühle und/oder das ganze Mahlsystem geleitet wird, so dass die Temperatur des Gases

am Mühlenausgang höher ist als der Taupunkt des Dampfes. Dabei wird besonders bevorzugt darauf geachtet, dass das heiße Gas bevorzugt alle wesentlichen Bauteile der Mühle und/oder des ganzen Mahlsystems, die mit dem Wasserdampf in Verbindung kommen, hinreichend aufheizt.

[0026] Als Heizgas kann prinzipiell jedes beliebige Gas und/oder Gasgemische verwendet werden, bevorzugt werden jedoch heiße Luft und/oder Verbrennungsgase und/oder Inertgase verwendet. Die Temperatur des heißen Gases liegt vorzugsweise über dem Taupunkt des Wasserdampfes. Das heiße Gas kann prinzipiell beliebig in den Mahlraum eingeführt werden. Vorzugsweise befinden sich dafür im Mahlraum Einlässe bzw. Düsen. Bei diesen Einlässen bzw. Düsen kann es sich um dieselben Einlässe bzw. Düsen handeln, durch die während der Mahlphase auch die Mahlstrahlen geleitet werden (Mahldüsen). Es ist aber auch möglich, dass im Mahlraum separate Einlässe bzw. Düsen (Heizdüsen) vorhanden sind, durch die das heiße Gas und/oder Gasgemisch eingeleitet werden kann. In einer bevorzugten Ausführungsform wird das Heizgas bzw. Heizgasgemisch durch zumindest zwei, bevorzugt drei oder mehr in einer Ebene angeordnete Einlässe bzw. Düsen eingeführt, welche so am Umfang des bevorzugt runden Mühlenbehälters angeordnet, dass sich die Strahlen alle an einem Punkt im Inneren des Mahlbehälters treffen. Insbesondere bevorzugt sind die Einlässe bzw. Düsen gleichmäßig über den Umfang des Mahlbehälters verteilt.

[0027] Während der Vermahlung wird durch die Mahlstrahleinlässe, bevorzugt in Form von Mahldüsen, als Betriebsmittel ein Gas und/oder ein Dampf, bevorzugt Wasserdampf und/oder ein Gas/Wasserdampf Gemisch entspannt. Dieses Betriebsmittel weist in der Regel eine wesentlich höhere Schallgeschwindigkeit als Luft (343 m/s), bevorzugt zumindest 450 m/s, auf. Vorteilhaft umfasst das Betriebsmittel Wasserdampf und/oder Wasserstoffgas und/oder Argon und/oder Helium. Besonders bevorzugt handelt es sich um überhitzten Wasserdampf. Um eine sehr feine Vermahlung zu erreichen, hat es sich als besonders vorteilhaft erwiesen, dass das Betriebsmittel mit einem Druck von 15 bis 250 bar, besonders bevorzugt von 20 bis 150 bar, ganz besonders bevorzugt 30 bis 70 bar und insbesondere bevorzugt 40 bis 65 bar in die Mühle entspannt wird. Ebenfalls besonders bevorzugt weist das Betriebsmittel eine Temperatur von 200 bis 800 °C, besonders bevorzugt 250 bis 600 °C und insbesondere 300 bis 400 °C auf.

[0028] Weitere bevorzugte und/oder vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen und deren Kombinationen sowie den gesamten vorliegenden Anmeldungsunterlagen.

[0029] Die Erfindung wird anhand von Ausführungsbeispielen nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnungen lediglich exemplarisch näher erläutert, in denen

- Fig. 1 diagrammartig ein Ausführungsbeispiel einer Strahlmühle in einer teilweise geschnittenen Schemazeichnung zeigt,
- Fig. 2 ein Ausführungsbeispiel eines integrierten dynamischen Windsichters einer Strahlmühle in vertikaler Anordnung und als schematischer Mittellängsschnitt zeigt, wobei dem Sichtrad das Auslassrohr für das Gemisch aus Sichtluft und Feststoffpartikeln zugeordnet ist, und
- Fig. 3 in schematischer Darstellung und als Vertikalschnitt ein Sichtrad eines integrierten dynamischen Windsichters einer Strahlmühle zeigt.

[0030] Anhand der nachfolgend beschriebenen und in den Zeichnungen dargestellten Ausführungs- und Anwendungsbeispiele wird die Erfindung lediglich exemplarisch näher erläutert, d.h. sie ist nicht auf diese Ausführungs- und Anwendungsbeispiele oder auf die jeweiligen Merkmalskombinationen innerhalb einzelner Ausführungs- und Anwendungsbeispiele beschränkt. Verfahrens- und Vorrichtungsmerkmale ergeben sich jeweils analog auch aus Vorrichtungs- bzw. Verfahrensbeschreibungen.

[0031] Einzelne Merkmale, die im Zusammenhang mit konkreten Ausführungsbeispielen angegeben und/oder dargestellt sind, sind nicht auf diese Ausführungsbeispiele oder die Kombination mit den übrigen Merkmalen dieser Ausführungsbeispiele beschränkt, sondern können im Rahmen des technisch Möglichen, mit jeglichen anderen Varianten, auch wenn sie in den vorliegenden Unterlagen nicht gesondert behandelt sind, kombiniert werden.

[0032] Gleiche Bezugszeichen in den einzelnen Figuren und Abbildungen der Zeichnungen bezeichnen gleiche oder ähnliche oder gleich oder ähnlich wirkende Komponenten. Anhand der Darstellungen in der Zeichnung werden auch solche Merkmale deutlich, die nicht mit Bezugszeichen versehen sind, unabhängig davon, ob solche Merkmale nachfolgend beschrieben sind oder nicht. Andererseits sind auch Merkmale, die in der vorliegenden Beschreibung enthalten, aber nicht in der Zeichnung sichtbar oder dargestellt sind, ohne weiteres für einen Fachmann verständlich.

[0033] In der Fig. 1 ist ein Ausführungsbeispiel einer Strahlmühle 1 mit einem zylindrischen Gehäuse 2, das eine Mahlkammer 3 umschließt, einer Mahlgutaufgabe 4 etwa in der halben Höhe der Mahlkammer 3, zumindest einem Mahlstrahleinlass 5 im unteren Bereich der Mahlkammer 3 und einem Produktauslass 6 im oberen Bereich der Mahlkammer 3 gezeigt. Dort ist ein Windsichter 7 mit einem drehbaren Sichtrad 8 angeordnet, mit dem das Mahlgut (nicht gezeigt) klassiert wird, um nur Mahlgut unterhalb einer bestimmten Korngröße durch den Produktauslass 6 aus der Mahlkammer 3 abzuführen und Mahlgut mit einer Korngröße über dem ausgewählten Wert einem weiteren Mahlvorgang zuzuführen.

[0034] Das Sichtrad 8 kann ein bei Windsichtern übliches Sichtrad sein, dessen Schaufeln (siehe später z.B. im

Zusammenhang mit der Fig. 3) radial verlaufende Schaufelkanäle begrenzen, an deren äußeren Enden die Sichtluft eintritt und Partikel kleinerer Korngröße oder Masse zum zentralen Auslass und zum Produktauslass 6 mitschleppt, während größere Partikel oder Partikel größerer Masse unter dem Einfluss der Fliehkraft abgewiesen werden. Insbesondere sind der Windsichter 7 und/oder zumindest dessen Sichtrad 8 mit wenigstens einem Gestaltungsmerkmal gemäß der EP 0 472 930 B1 ausgestattet.

[0035] Es kann nur ein Mahlstrahleinlass 5 z.B. bestehend aus einer einzigen, radial gerichteten Einlassöffnung oder Einlassdüse 9 vorgesehen sein, um einen einzigen Mahlstrahl 10 auf die Mahlgutpartikel, die von der Mahlgutaufgabe 4 aus in den Bereich des Mahlstrahles 10 gelangen, mit hoher Energie auftreffen und die Mahlgutpartikel in kleinere Teilpartikel zerlegen zu lassen, die vom Sichtrad 8 angesaugt und, soweit sie eine entsprechend geringe Größe bzw. Masse haben, durch den Produktauslass 6 nach außen gefördert werden. Eine bessere Wirkung wird jedoch mit paarweise diametral einander gegenüberliegenden Mahlstrahleinlässen 5 erzielt, die zwei aufeinander prallende Mahlstrahlen 10 bilden, die die Partikelzerlegung intensiver bewirken als dies mit nur einem Mahlstrahl 10 möglich ist, insbesondere wenn mehrere Mahlstrahlpaare erzeugt werden.

[0036] Bevorzugt werden zwei oder mehr Mahlstrahleinlässe, vorzugsweise Mahldüsen, insbesondere 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 oder 12 Mahlstrahleinlässe verwendet, die im unteren Drittel des insbesondere zylinderförmigen Gehäuses der Mahlkammer angebracht sind. Diese Mahlstrahleinlässe sind idealerweise in einer Ebene und gleichmäßig über den Umfang des Mahlbehälters verteilt angeordnet, so dass sich die Mahlstrahlen alle an einem Punkt im Inneren des Mahlbehälters treffen. Weiterhin bevorzugt sind die Einlässe bzw. Düsen gleichmäßig über den Umfang des Mahlbehälters verteilt. Bei drei Mahlstrahlen wäre das ein Winkel von 120° zwischen den jeweiligen Einlässen bzw. Düsen. Allgemein kann man sagen, dass je größer der Mahlraum ist, umso mehr Einlässe bzw. Mahldüsen verwendet werden.

[0037] Der Mahlraum kann in einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zusätzlich zu den Mahlstrahleinlässen Heizöffnungen 5a, bevorzugt in Form von Heizdüsen, enthalten, durch die heißes Gas in der Aufheizphase in die Mühle geleitet werden kann. Diese Düsen bzw. Öffnungen können - wie zuvor bereits geschildert - in der selben Ebene angeordnet sein wie die Mahlöffnungen oder -düsen 5. Es können eine, bevorzugt aber auch mehrere, besonders bevorzugt 2, 3, 4, 5, 6, 7 oder 8 Heizöffnungen bzw. -düsen 5a enthalten sein.

[0038] In einer ganz besonders bevorzugten Ausführungsform enthält die Mühle zwei Heizdüsen bzw. -öffnungen und drei Mahldüsen bzw. -öffnungen.

[0039] Ferner kann beispielsweise die Verarbeitungstemperatur beeinflusst werden durch Einsatz einer internen Heizquelle 11 zwischen Mahlgutaufgabe 4 und dem Bereich der Mahlstrahlen 10 oder einer entsprechenden Heizquelle 12 im Bereich außerhalb der Mahlgutaufgabe 4 oder durch Verarbeitung von Partikeln eines ohnehin schon warmen Mahlgutes, das unter Vermeidung von Wärmeverlusten in die Mahlgutaufgabe 4 gelangt, wozu ein Zuführungsrohr 13 von einem temperaturisolierenden Mantel 14 umgeben ist. Die Heizquelle 11 oder 12 kann, wenn sie eingesetzt wird, dem Grunde nach beliebig sein und daher zweckgerichtet einsatzfähig und gemäß der Verfügbarkeit am Markt ausgewählt werden, so dass weitere Erläuterungen dazu nicht erforderlich sind.

[0040] Für die Temperatur ist insbesondere die Temperatur des Mahlstrahls oder der Mahlstrahlen 10 relevant und die Temperatur des Mahlgutes sollte dieser Mahlstrahltemperatur zumindest annähernd entsprechen.

[0041] Zur Bildung der durch Mahlstrahleinlässe 5 in die Mahlkammer 3 eingebrachten Mahlstrahlen 10 wird dazu beim vorliegenden Ausführungsbeispiel Heißdampf verwendet. Dabei ist davon auszugehen, dass der Wärmeinhalt des Wasserdampfes nach der Einlassdüse 9 des jeweiligen Mahlstrahleinlasses 5 nicht wesentlich geringer ist als vor dieser Einlassdüse 9. Weil die für die Prallzerkleinerung notwendige Energie primär als Strömungsenergie zur Verfügung stehen soll, wird demgegenüber der Druckabfall zwischen dem Einlass 15 der Einlassdüse 9 und deren Auslass 16 erheblich sein (die Druckenergie wird weitestgehend in Strömungsenergie umgesetzt sein) und auch der Temperaturabfall wird nicht unerheblich sein. Insbesondere dieser Temperaturabfall soll durch die Erwärmung des Mahlgutes so weit kompensiert sein, dass Mahlgut und Mahlstrahl 10 im Bereich des Zentrums 17 der Mahlkammer 3 bei zumindest zwei aufeinander treffenden Mahlstrahlen 10 oder einem Vielfachen von zwei Mahlstrahlen 10 die gleiche Temperatur haben.

[0042] Zur Gestaltung und Durchführung der Aufbereitung des Mahlstrahles 10 aus Heißdampf insbesondere in Form eines geschlossenen Systems wird auf die DE 198 24 062 A1 verwiesen, deren vollständiger Offenbarungsgehalt diesbezüglich zur Vermeidung bloßer identischer Übernahme durch die vorliegende Bezugnahme vollumfänglich hierin aufgenommen ist. Durch ein geschlossenes System ist beispielsweise eine Mahlung von heißer Schlacke als Mahlgut mit optimalem Wirkungsgrad möglich.

[0043] Bei der Darstellung des vorliegenden Ausführungsbeispiels der Strahlmühle 1 ist stellvertretend für jegliche Zufuhr eines Betriebsmittels oder Betriebsmediums B eine Reservoir- oder Erzeugungseinrichtung 18, wie beispielsweise ein Tank 18a dargestellt, woraus das Betriebsmittel oder Betriebsmedium B über Leitungseinrichtungen 19 zu dem Mahlstrahleinlass 5 oder den Mahlstrahleinlässen 5 zur Bildung des Mahlstrahles 10 bzw. der Mahlstrahlen 10 geleitet wird.

[0044] Insbesondere ausgehend von einer mit einem derartigen Windsichter 7 ausgestatteten Strahlmühle 1, wobei die diesbezüglichen Ausführungsbeispiele hierin nur als exemplarisch und nicht als beschränkend beabsichtigt und zu

verstehen sind, wird mit dieser Strahlmühle 1 mit einem integrierten dynamischen Windsichter 7 ein Verfahren zur Erzeugung feinsten Partikel durchgeführt. Die Neuerung gegenüber herkömmlichen Strahlmühlen besteht dabei darin, dass die Drehzahl des Sichtrotors oder Sichtrades 8 des Windsichters 7 und das innere Verstärkungsverhältnis $R (= D_i/DF)$ so gewählt, eingestellt oder geregelt werden, dass die Umfangsgeschwindigkeit eines Betriebsmittels B an einem dem Sichtrad 8 zugeordneten Tauchrohr oder Austrittsstutzen 20 bis zum 0,8-fachen, vorzugsweise bis zum 0,7-fachen und besonders bevorzugt bis zum 0,6-fachen der Schallgeschwindigkeit des Betriebsmediums oder -mittels B erreicht.

[0045] Unter Bezugnahme auf die vorerläuterte Variante mit Heißdampf als Betriebsmittel oder Betriebsmedium B oder als Alternative dazu ist es besonders vorteilhaft, als Betriebsmittel Gase oder Dämpfe B zu verwenden, die eine höhere und insbesondere wesentlich höhere Schallgeschwindigkeit als Luft (343 m/s) aufweisen. Speziell werden als Betriebsmittel Gase oder Dämpfe B verwendet, die eine Schallgeschwindigkeit von wenigstens 450 m/s aufweisen. Damit wird die Erzeugung und die Ausbeute feinsten Partikel gegenüber Verfahren mit anderen Betriebsmitteln, wie sie gemäß Kenntnissen aus der Praxis herkömmlich eingesetzt werden, deutlich verbessert und somit das Verfahren insgesamt optimiert.

[0046] Als das Betriebsmittel B wird ein Fluid verwendet, bevorzugt der bereits erwähnte Wasserdampf, aber auch Wasserstoffgas oder Heliumgas.

[0047] Vorrichtungsmäßig ist die Strahlmühle 1, bei der es sich insbesondere um eine Fließbettstrahlmühle oder eine Dichtbettstrahlmühle handelt, mit dem integrierten dynamischen Windsichter 7 zur Erzeugung feinsten Partikel entsprechend so gestaltet oder ausgelegt oder mit geeigneten Einrichtungen versehen, dass die Drehzahl des Sichtrotors oder Sichtrades 8 des Windsichters 7 und das innere Verstärkungsverhältnis $R (= D_i/DF)$ so gewählt oder eingestellt oder regelbar oder steuerbar sind, dass die Umfangsgeschwindigkeit des Betriebsmittels B am Tauchrohr oder Austrittsstutzen 20 bis zum 0,8-fachen, vorzugsweise bis zum 0,7-fachen und besonders bevorzugt bis zum 0,6-fachen der Schallgeschwindigkeit des Betriebsmediums oder -mittels B erreicht.

[0048] Weiterhin ist die Strahlmühle 1 mit einer Quelle, wie beispielsweise der Reservoir- oder Erzeugungseinrichtung 18 für Wasserdampf oder Heißdampf oder einer anderen geeigneten Reservoir- oder Erzeugungseinrichtung, für ein Betriebsmittel B ausgestattet oder ist ihr eine solche Betriebsmittelquelle zugeordnet, woraus für den Betrieb ein Betriebsmittel B mit einer höheren und insbesondere wesentlich höheren Schallgeschwindigkeit als Luft (343 m/s), wie vorzugsweise einer Schallgeschwindigkeit von wenigstens 450 m/s, eingespeist wird. Diese Betriebsmittelquelle, wie beispielsweise die Reservoir- oder Erzeugungseinrichtung 18 für Wasserdampf oder Heißdampf, enthält Gase oder Dämpfe B zur Verwendung beim Betrieb der Strahlmühle 1, und zwar insbesondere den bereits oben erwähnten Wasserdampf, wobei aber auch Wasserstoffgas oder Heliumgas bevorzugte Alternativen darstellen.

[0049] Insbesondere bei der Verwendung von heißem Wasserdampf als Betriebsmittel B ist es vorteilhaft, mit Dehnungsbögen (nicht gezeigt) ausgestattete Leitungseinrichtungen 19, die dann auch als Dampfzufuhrleitung zu bezeichnen sind, zu den Einlass- oder Mahldüsen 9 vorzusehen, also vorzugsweise dann, wenn die Dampfzufuhrleitung an eine Wasserdampfquelle als Reservoir- oder Erzeugungseinrichtung 18 angeschlossen ist.

[0050] Ein weiterer vorteilhafter Aspekt beim Einsatz von Wasserdampf als Betriebsmittel B besteht darin, die Strahlmühle 1 mit einer möglichst kleinen Oberfläche zu versehen, oder mit anderen Worten, die Strahlmühle 1 hinsichtlich einer möglichst kleinen Oberfläche zu optimieren. Gerade im Zusammenhang mit dem Wasserdampf als Betriebsmittel B ist es besonders vorteilhaft, Wärmeaustausch oder Wärmeverlust und damit Energieverlust im System zu vermeiden. Diesem Zweck dient auch die weitere alternative oder zusätzlich Ausgestaltungsmaßnahme, nämlich die Komponenten der Strahlmühle 1 zur Vermeidung von Massenanhäufungen auszulegen oder dahingehend zu optimieren. Dies kann beispielsweise durch Verwendung von möglichst dünnen Flanschen in den und zum Anschluss der Leitungseinrichtungen 19 realisiert werden.

[0051] Energieverlust und auch andere strömungsrelevante Beeinträchtigungen können ferner dadurch eingedämmt oder vermieden werden, wenn die Komponenten der Strahlmühle 1 zur Vermeidung von Kondensation ausgelegt oder optimiert sind. Es können zu diesem Zweck sogar spezielle Einrichtungen (nicht gezeigt) zur Kondensationsvermeidung enthalten sein. Weiterhin ist es von Vorteil, wenn die Strömungswege zumindest weitgehend vorsprungsfrei oder dahingehend optimiert sind. In anderen Worten wird mit diesen Ausgestaltungsvarianten einzeln oder in beliebigen Kombinationen das Prinzip umgesetzt, möglichst viel oder alles zu vermeiden, was kalt werden kann und wo sich somit Kondensation einstellen kann.

[0052] Weiterhin ist es vorteilhaft und daher bevorzugt, wenn der Sichtrotor eine mit abnehmendem Radius, also zu seiner Achse hin zunehmende lichte Höhe aufweist, wobei insbesondere die durchströmte Fläche des Sichtrotors zumindest annähernd konstant ist. Zusätzlich oder alternativ kann eine Feingutaustrittskammer vorgesehen sein, die in Strömungsrichtung eine Querschnittserweiterung aufweist.

[0053] Eine besonders bevorzugte Ausgestaltung besteht bei der Strahlmühle 1 darin, dass der Sichtrotor 8 ein auswechselbares, mitrotierendes Tauchrohr 20 aufweist.

[0054] Lediglich zur Erläuterung und zur Vertiefung des Gesamtverständnisses wird nachfolgend noch auf die zu erzeugenden Partikel aus dem vorzugsweise zu bearbeiteten Material eingegangen. Beispielsweise handelt es sich dabei um amorphes SiO_2 oder anderer amorpher chemischer Produkte, die mit der Strahlmühle zerkleinert werden.

Weitere Materialien sind Kieselsäuren, Kieselgele oder Silikate.

[0055] Allgemein betreffen das erfindungsgemäße Verfahren und die dazu erfindungsgemäß zu verwendenden und gestalteten Vorrichtungen pulverförmige amorphe oder kristalline Feststoffe mit einer sehr kleinen mittleren Partikelgröße sowie einer engen Partikelgrößenverteilung, ein Verfahren zu deren Herstellung, sowie deren Verwendung.

[0056] Feinteilige, amorphe Kieselsäure und Silikate werden seit Jahrzehnten industriell hergestellt. Es ist bekannt, dass der erreichbare Partikeldurchmesser proportional der Wurzel des Kehrwertes der Stoßgeschwindigkeit der Partikel ist. Die Stoßgeschwindigkeit wiederum wird durch die Strahlgeschwindigkeit der expandierenden Gasstrahlen des jeweiligen Mahlmediums aus den verwendeten Düsen vorgegeben. Aus diesem Grund kann zur Generierung sehr kleiner Partikelgrößen bevorzugt überhitzter Dampf eingesetzt werden, da das Beschleunigungsvermögen von Dampf ca. 50 % größer ist als das von Luft. Die Verwendung von Wasserdampf hat aber den Nachteil, dass es insbesondere während des Anfahrens der Mühle zu Kondensationen im gesamten Mahlssystem kommen kann, was in der Regel die Bildung von Agglomeraten und Krusten während des Mahlvorgangs zur Folge hat.

[0057] Die bei Einsatz konventioneller Strahlmühlen bei der Vermahlung amorpher Kieselsäure, Silikate oder Silicagelen erzielten mittleren Partikeldurchmesser d_{50} lagen daher bisher deutlich oberhalb 1 μm .

[0058] Ferner weisen die Partikel nach der Behandlung mit bisherigen Verfahren und Vorrichtungen nach dem Stand der Technik eine breite Partikelgrößenverteilung mit Partikeldurchmessern beispielsweise von 0,1 bis 5,5 μm und einem Anteil an Partikeln $> 2 \mu\text{m}$ von 15 bis 20 % auf. Ein hoher Anteil an großen Teilchen, d. h. $> 2 \mu\text{m}$, ist für Anwendungen in Beschichtungssystemen nachteilig, da dadurch keine dünnen Schichten mit glatter Oberfläche hergestellt werden können. Dagegen ist mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und den entsprechenden Vorrichtungen möglich, Feststoffe bis auf eine mittlere Partikelgröße d_{50} von kleiner als 1,5 μm zu vermahlen und zudem eine sehr enge Partikelverteilung zu erreichen. Insbesondere werden somit amorphe oder kristalline Feststoffe mit einer mittleren Partikelgröße $d_{50} < 1,5 \mu\text{m}$ und/oder einem d_{90} -Wert $< 2 \mu\text{m}$ und/oder einem d_{99} -Wert $< 2 \mu\text{m}$.

[0059] Bei amorphen Feststoffen kann es sich um Gele aber auch um solche mit andersartiger Struktur wie z. B. Partikel aus Agglomeraten und/oder Aggregaten handeln. Bevorzugt handelt es sich um Feststoffe enthaltend oder bestehend aus zumindest ein(em) Metall und/oder zumindest ein(em) Metalloxid, insbesondere um amorphe Oxide von Metallen der 3. und 4. Hauptgruppe des Periodensystems der Elemente. Dies gilt sowohl für die Gele als auch für die sonstigen amorphen Feststoffe, insbesondere solche enthaltend Partikel aus Agglomeraten und/oder Aggregaten. Besonders bevorzugt sind gefällte Kieselsäuren, pyrogene Kieselsäuren, Silikate und Silicagele, wobei Silicagele sowohl Hydro- als auch Aero- als auch Xerogele umfasst. Derartige amorphe Feststoffe allgemein mit einer mittleren Partikelgröße $d_{50} < 1,5 \mu\text{m}$ und/oder einem d_{90} -Wert $< 2 \mu\text{m}$ und/oder einem d_{99} -Wert $< 2 \mu\text{m}$ werden z. B. in Oberflächenbeschichtungssystemen verwendet.

[0060] Das erfindungsgemäße Verfahren weist gegenüber den Verfahren des Standes der Technik, insbesondere der Nassvermahlung, den Vorteil auf, dass es sich um eine Trockenvermahlung handelt, welche direkt zu pulverförmigen Produkten mit sehr kleiner mittlerer Partikelgröße führt, die besonders vorteilhaft auch noch eine hohe Porosität aufweisen können. Das Problem der Reagglomeration bei der Trocknung entfällt, da kein der Vermahlung nachgeschalteter Trocknungsschritt notwendig ist. Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens in einer seiner bevorzugten Ausführungsformen ist darin zu sehen, dass die Vermahlung gleichzeitig mit der Trocknung erfolgen kann, so dass z. B. ein Filterkuchen direkt weiterverarbeitet werden kann. Dies erspart einen zusätzlichen Trocknungsschritt und erhöht gleichzeitig die Raum-Zeit-Ausbeute. In seinen bevorzugten Ausführungsformen weist das erfindungsgemäße Verfahren zudem den Vorteil auf, dass beim Hochfahren des Mahlsystems keine oder nur sehr geringe Mengen an Kondensat im Mahlssystem, insbesondere in der Mühle entstehen. Beim Abkühlen kann getrocknetes Gas verwendet werden. Dadurch entsteht auch beim Abkühlen kein Kondensat im Mahlssystem und die Abkühlphase wird deutlich verkürzt. Die effektiven Maschinenlaufzeiten können somit erhöht werden. Schließlich wird dadurch, dass kein oder nur sehr wenig Kondensat beim Anfahren in des Mahlsystems gebildet wird, verhindert, dass ein bereits getrocknetes Mahlgut wieder nass wird, wodurch die Bildung von Agglomeraten und Krusten während des Mahlvorgangs verhindert werden kann.

[0061] Die mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellten, amorphen pulverförmigen Feststoffe weisen aufgrund der sehr speziellen und einzigartigen mittleren Partikelgrößen und Partikelgrößenverteilungen besonders gute Eigenschaften beim Einsatz in Oberflächenbeschichtungssystemen z. B. als Rheologiehilfsmittel, in Papierbeschichtung und in Farben bzw. Lacken auf. Die solcherart erhaltenen Produkte erlauben es z. B. aufgrund der sehr kleinen mittleren Partikelgröße und insbesondere des niedrigen d_{90} -Wertes und d_{99} -Wertes, sehr dünne Beschichtungen herzustellen.

[0062] Die Begriffe Pulver und pulverförmige Feststoffe werden im Rahmen der vorliegenden Erfindung synonym verwendet und bezeichnen jeweils fein zerkleinerte, feste Substanzen aus kleinen trockenen Partikeln, wobei trockene Partikel dabei bedeutet, dass es sich um äußerlich trockene Partikel handelt. Diese Partikel weisen zwar in der Regel einen Wassergehalt auf, dieses Wasser ist jedoch so fest an die Partikel bzw. in deren Kapillaren gebunden, dass es bei Raumtemperatur und Atmosphärendruck nicht freigegeben wird. Mit anderen Worten, es handelt sich um mit optischen Methoden wahrnehmbare partikelförmige Stoffe und nicht um Suspensionen oder Dispersionen. Ferner kann es sich dabei sowohl um oberflächenmodifizierte als auch um nicht oberflächenmodifizierte Feststoffe handeln. Die Oberflächenmodifikation erfolgt bevorzugt mit Kohlenstoff enthaltenden Coatingmitteln und kann sowohl vor als auch nach

der Vermahlung erfolgen.

[0063] Die erfindungsgemäßen Feststoffe können als Gel oder als Partikel enthaltend Agglomerate und/oder Aggregate vorliegen. Gel bedeutet, dass die Feststoffe eine aus einem stabilen, dreidimensionalen, bevorzugt homogenen Netzwerk von Primärpartikeln aufgebaut sind. Beispiele hierfür sind z. B. Silicagele.

[0064] Partikel enthaltend Aggregate und/oder Agglomerate im Sinne der vorliegenden Erfindung weisen kein dreidimensionales Netzwerk bzw. zumindest kein über die ganzen Partikel erstrecktes Netzwerk von Primärpartikeln auf. Stattdessen weisen sie Aggregate und Agglomerate von Primärpartikeln auf. Beispiele hierfür sind Fällungskieselsäuren und pyrogene Kieselsäuren.

[0065] Eine Beschreibung des Strukturunterschieds von Silicagelen im Vergleich zu gefällten SiO₂ findet sich in Iler R. K., "The chemistry of Silica", 1979, ISBN 0-471-02404-X, Kapitel 5, Seite 462 sowie dort in Figur 3.25. Der Inhalt dieser Druckschrift wird hiermit ausdrücklich mit in die Beschreibung dieser Erfindung einbezogen.

[0066] Mit der erfindungsgemäßen Technologie können beliebige Partikel, insbesondere amorphe Partikel derart vermahlen werden, dass pulverförmige Feststoffe mit einer mittleren Partikelgröße $d_{50} < 1,5 \mu\text{m}$ und/oder einem d_{90} -Wert $< 2 \mu\text{m}$ und/oder einem d_{99} -Wert $< 2 \mu\text{m}$ erhalten werden. Es ist insbesondere möglich diese Partikelgrößen bzw. Partikelgrößenverteilungen über eine Trockenvermahlung zu erreichen.

[0067] Solche insbesondere amorphen Feststoffe zeichnen sich dadurch aus, dass sie eine mittlere Partikelgröße (TEM) $d_{50} < 1,5 \mu\text{m}$, bevorzugt $d_{50} < 1 \mu\text{m}$, besonders bevorzugt d_{50} von 0,01 bis 1 μm , ganz besonders bevorzugt d_{50} von 0,05 bis 0,9 μm , insbesondere bevorzugt d_{50} von 0,05 bis 0,8 μm , speziell bevorzugt von 0,05 bis 0,5 μm und ganz speziell bevorzugt von 0,08 bis 0,25 μm , und/oder einem d_{90} -Wert $< 2 \mu\text{m}$, bevorzugt $d_{90} < 1,8 \mu\text{m}$, besonders bevorzugt d_{90} von 0,1 bis 1,5 μm , ganz besonders bevorzugt d_{90} von 0,1 bis 1,0 μm und insbesondere bevorzugt d_{90} von 0,1 bis 0,5 μm , und/oder einen d_{99} -Wert $< 2 \mu\text{m}$, bevorzugt $d_{99} < 1,8 \mu\text{m}$, besonders bevorzugt $d_{99} < 1,5 \mu\text{m}$, ganz besonders bevorzugt d_{99} von 0,1 bis 1,0 μm und insbesondere bevorzugt d_{99} von 0,25 bis 1,0 μm aufweisen. Alle zuvor genannten Partikelgrößen beziehen sich auf die Partikelgrößenbestimmung mittels TEM-Analyse und Bildauswertung.

[0068] Bei diesen Feststoffen kann es sich um Gele aber auch um andersartige amorphe oder kristalline Feststoffe handeln. Bevorzugt handelt es sich um Feststoffe enthaltend oder bestehend aus zumindest ein(em) Metall und/oder Metalloxid, insbesondere um amorphe Oxide von Metallen der 3. und 4. Hauptgruppe des Periodensystems der Elemente. Dies gilt sowohl für die Gele als auch für die amorphen oder kristallinen Feststoffe mit andersartiger Struktur. Besonders bevorzugt sind gefällte Kieselsäuren, pyrogene Kieselsäuren, Silikate und Silicagele, wobei Silicagele sowohl Hydro- als auch Aero- als auch Xerogele umfasst.

[0069] Bei ersten speziellen Ausführungsformen der betroffenen Feststoffe handelt es sich um partikelförmige Feststoffe enthaltend Aggregate und/oder Agglomerate, dabei insbesondere um gefällte Kieselsäuren und/oder pyrogene Kieselsäure und/oder Silikate und/oder Gemische davon, mit einer mittleren Partikelgröße $d_{50} < 1,5 \mu\text{m}$, bevorzugt $d_{50} < 1 \mu\text{m}$, besonders bevorzugt d_{50} von 0,01 bis 1 μm , ganz besonders bevorzugt d_{50} von 0,05 bis 0,9 μm , insbesondere bevorzugt d_{50} von 0,05 bis 0,8 μm , speziell bevorzugt von 0,05 bis 0,5 μm und ganz speziell bevorzugt von 0,1 bis 0,25 μm , und/oder einem d_{90} -Wert $< 2 \mu\text{m}$, bevorzugt $d_{90} < 1,8 \mu\text{m}$, besonders bevorzugt d_{90} von 0,1 bis 1,5 μm , ganz besonders bevorzugt d_{90} von 0,1 bis 1,0 μm , insbesondere bevorzugt d_{90} von 0,1 bis 0,5 μm und speziell bevorzugt d_{90} von 0,2 bis 0,4 μm , und/oder einen d_{99} -Wert $< 2 \mu\text{m}$, bevorzugt $d_{99} < 1,8 \mu\text{m}$, besonders bevorzugt $d_{99} < 1,5 \mu\text{m}$, ganz besonders bevorzugt d_{99} von 0,1 bis 1,0 μm , insbesondere bevorzugt d_{99} von 0,25 bis 1,0 μm und speziell bevorzugt d_{99} von 0,25 bis 0,8. Ganz besonders bevorzugt sind hierbei gefällte Kieselsäuren, da diese im Vergleich zu pyrogenen Kieselsäuren wesentlich kostengünstiger sind. Alle zuvor genannten Partikelgrößen beziehen sich auf die Partikelgrößenbestimmung mittels TEM- (Transmissionselektronenmikroskopie-) Analyse und Bildauswertung.

[0070] In einer zweiten speziellen Ausführungsform handelt es sich bei den Feststoffen um Gele, bevorzugt um Silicagele, insbesondere um Xerogele oder Aerogele, mit einer mittleren Partikelgröße $d_{50} < 1,5 \mu\text{m}$, bevorzugt $d_{50} < 1 \mu\text{m}$, besonders bevorzugt d_{50} von 0,01 bis 1 μm , ganz besonders bevorzugt d_{50} von 0,05 bis 0,9 μm , insbesondere bevorzugt d_{50} von 0,05 bis 0,8 μm , speziell bevorzugt von 0,05 bis 0,5 μm und ganz speziell bevorzugt von 0,1 bis 0,25 μm , und/oder einem d_{90} -Wert $< 2 \mu\text{m}$, bevorzugt d_{90} 0,05 bis 1,8 μm , besonders bevorzugt d_{90} von 0,1 bis 1,5 μm , ganz besonders bevorzugt d_{90} von 0,1 bis 1,0 μm , insbesondere bevorzugt d_{90} von 0,1 bis 0,5 μm und speziell bevorzugt d_{90} von 0,2 bis 0,4 μm , und/oder einen d_{99} -Wert $< 2 \mu\text{m}$, bevorzugt $d_{99} < 1,8 \mu\text{m}$, besonders bevorzugt d_{99} 0,05 bis 1,5 μm , ganz besonders bevorzugt d_{99} von 0,1 bis 1,0 μm , insbesondere bevorzugt d_{99} von 0,25 bis 1,0 μm und speziell bevorzugt d_{99} von 0,25 bis 0,8. Alle zuvor genannten Partikelgrößen beziehen sich auf die Partikelgrößenbestimmung mittels TEM-Analyse und Bildauswertung.

[0071] In einer weiteren noch spezielleren Ausführungsform handelt es sich um ein engporiges Xerogel, dass neben den bereits in den direkt vorher erläuterten Ausführungsbeispielen enthaltenen d_{50} -, d_{90} - und d_{99} -Werten zusätzlich ein Porenvolumen von 0,2 bis 0,7 ml/g, bevorzugt 0,3 bis 0,4 ml/g aufweist. Bei einer weiteren alternativen Ausführungsform handelt es sich um ein Xerogel, dass neben den bereits im Zusammenhang mit der zweiten Art von Ausführungsbeispielen enthaltenen d_{50} -, d_{90} - und d_{99} -Werten ein Porenvolumen von 0,8 bis 1,4 ml/g, bevorzugt 0,9 bis 1,2 ml/g aufweist. Bei noch einer weiteren Alternativen im Rahmen der zweiten oben erläuterten zweiten Gruppe von Ausführungsbeispielen handelt es sich um ein Xerogel, dass neben den bereits gegebenen d_{50} -, d_{90} - und d_{99} -Werten zusätzlich ein Porenvo-

lumen von 1,5 bis 2,1 ml/g, bevorzugt 1,7 bis 1,9 ml/g aufweist.

[0072] Nachfolgend werden unter Bezugnahme auf die Fig. 2 und 3 weitere Details und Varianten exemplarischer Ausgestaltungen der Strahlmühle 1 und ihrer Komponenten erläutert.

[0073] Die Strahlmühle 1 enthält, wie der schematischen Darstellung in der Fig. 2 zu entnehmen ist, einen integrierten Windsichter 7, bei dem es sich beispielsweise bei Bauarten der Strahlmühle 1 als Fließbettstrahlmühle oder als Dichtbettstrahlmühle um einen dynamischen Windsichter 7 handelt, der vorteilhafterweise im Zentrum der Mahlkammer 3 der Strahlmühle 1 angeordnet ist. In Abhängigkeit von Mahlgasvolumenstrom und Sichterzahl kann die angestrebte Feinheit des Mahlgutes beeinflusst werden.

[0074] Bei dem Windsichter 7 der Strahlmühle 1 gemäß der Fig. 2 wird der gesamte vertikale Windsichter 7 von einem Sichtergehäuse 21 umschlossen, das im wesentlichen aus dem Gehäuseoberteil 22 und dem Gehäuseunterteil 23 besteht. Das Gehäuseoberteil 22 und das Gehäuseunterteil 23 sind am oberen bzw. unteren Rand mit je einem nach außen gerichteten Umfangsflansch 24 bzw. 25 versehen. Die beiden Umfangsflansche 24, 25 liegen im Einbau- oder Funktionszustand des Windsichters 8 aufeinander und sind durch geeignete Mittel gegeneinander fixiert. Geeignete Mittel zum Fixieren sind beispielsweise Schraubverbindungen (nicht gezeigt). Als lösbare Befestigungsmittel können auch Klammern (nicht gezeigt) oder dergleichen dienen.

[0075] An einer praktisch beliebigen Stelle des Flanschumfangs sind beide Umfangsflansche 24 und 25 durch ein Gelenk 26 miteinander so verbunden, dass das Gehäuseoberteil 22 nach dem Lösen der Flanschverbindungsmitel gegenüber dem Gehäuseunterteil 23 nach oben in Richtung des Pfeils 27 geschwenkt werden kann und das Gehäuseoberteil 22 von unten sowie das Gehäuseunterteil 23 von oben zugänglich sind. Das Gehäuseunterteil 23 seinerseits ist zweiteilig ausgebildet und es besteht im wesentlichen aus dem zylindrischen Sichtraumgehäuse 28 mit dem Umfangsflansch 25 an seinem oberen offenen Ende und einem Austragkonus 29, der sich nach unten kegelförmig verjüngt. Der Austragkonus 29 und das Sichtraumgehäuse 28 liegen am oberen bzw. unteren Ende mit Flanschen 30, 31 aufeinander und die beiden Flansche 30, 31 von Austragkonus 29 und Sichtraumgehäuse 28 sind wie die Umfangsflansche 24, 25 durch lösbare Befestigungsmittel (nicht gezeigt) miteinander verbunden. Das so zusammengesetzte Sichtergehäuse 21 ist in oder an Tragarmen 28a aufgehängt, von denen mehrere möglichst gleichmäßig beabstandet um den Umfang des Sichter- oder Verdichtergehäuses 21 des Windsichters 7 der Strahlmühle 1 verteilt sind und am zylindrischen Sichtraumgehäuse 28 angreifen.

[0076] Wesentliches Teil der Gehäuseeinbauten des Windsichters 7 ist wiederum das Sichtrad 8 mit einer oberen Deckscheibe 32, mit einer dazu axial beabstandeten unteren abströmseitigen Deckscheibe 33 und mit zwischen den Außenrändern der beiden Deckscheiben 32 und 33 angeordneten, mit diesen fest verbundenen und gleichmäßig um den Umfang des Sichtrades 8 verteilten Schaufeln 34 mit zweckmäßiger Kontur. Bei diesem Windsichter 7 wird der Antrieb des Sichtrades 8 über die obere Deckscheibe 32 bewirkt, während die untere Deckscheibe 33 die abströmseitige Deckscheibe ist. Die Lagerung des Sichtrades 8 umfasst eine in zweckmäßiger Weise zwangsweise angetriebene Sichtradwelle 35, die mit dem oberen Ende aus dem Sichtergehäuse 21 herausgeführt ist und mit ihrem unteren Ende innerhalb des Sichtergehäuses 21 in fliegender Lagerung drehfest das Sichtrad 8 trägt. Die Herausführung der Sichtradwelle 35 aus dem Sichtergehäuse 21 erfolgt in einem Paar bearbeiteter Platten 36, 37, die das Sichtergehäuse 21 am oberen Ende eines nach oben kegelförmig verlaufenden Gehäuseendabschnittes 38 abschließen, die Sichtradwelle 35 führen und diesen Wellendurchtritt ohne Behinderung der Drehbewegungen der Sichtradwelle 35 abdichten. Zweckmäßigerweise kann die obere Platte 36 als Flansch drehfest der Sichtradwelle 35 zugeordnet und über Drehlager 35a drehbar auf der unteren Platte 37 abgestützt sein, die ihrerseits einem Gehäuseendabschnitt 38 zugeordnet ist. Die Unterseite der abströmseitigen Deckscheibe 33 liegt in der gemeinsamen Ebene zwischen den Umfangsflanschen 24 und 25, so dass das Sichtrad 8 in seiner Gesamtheit innerhalb des klappbaren Gehäuseoberteils 22 angeordnet ist. Im Bereich des konischen Gehäuseendabschnittes 38 weist das Gehäuseoberteil 22 außerdem einen rohrartigen Produktaufgabestutzen 39 der Mahlgutabgabe 4 auf, dessen Längsachse parallel zur Drehachse 40 des Sichtrades 8 und seiner Antriebs- oder Sichtradwelle 35 verläuft und der möglichst weit von dieser Drehachse 40 des Sichtrades 8 und seiner Antriebs- oder Sichtradwelle 35 entfernt, am Gehäuseoberteil 22 radial außen liegend angeordnet ist.

[0077] Das Sichtergehäuse 21 nimmt den achsgleich zum Sichtrad 8 angeordneten rohrförmigen Austrittsstutzen 20 auf, der mit seinem oberen Ende dicht unterhalb der abströmseitigen Deckscheibe 33 des Sichtrades 8 liegt, ohne jedoch mit diesem verbunden zu sein. An das untere Ende des als Rohr ausgebildeten Austrittsstutzens 20 ist eine Austrittskammer 41 achsgleich angesetzt, die ebenfalls rohrförmig ist, deren Durchmesser jedoch wesentlich größer ist als der Durchmesser des Austrittsstutzens 20 und beim vorliegenden Ausführungsbeispiel zumindest doppelt so groß wie der Durchmesser des Austrittsstutzens 20 ist. Am Übergang zwischen dem Austrittsstutzen 20 und der Austrittskammer 41 liegt also ein deutlicher Durchmessersprung vor. Der Austrittsstutzen 20 ist in eine obere Deckplatte 42 der Austrittskammer 41 eingesetzt. Unten ist die Austrittskammer 41 durch einen abnehmbaren Deckel 43 verschlossen. Die Baueinheit aus Austrittsstutzen 20 und Austrittskammer 41 ist in mehreren Tragarmen 44 gehalten, die sternförmig gleichmäßig um den Umfang der Baueinheit verteilt, mit ihren inneren Enden im Bereich des Austrittsstutzens 20 fest mit der Baueinheit verbunden und mit ihren äußeren Enden am Sichtergehäuse 21 befestigt sind.

[0078] Der Austrittsstutzen 20 ist von einem kegelförmigen Ringgehäuse 45 umgeben, dessen unterer, größerer

Außendurchmesser zumindest etwa dem Durchmesser der Austrittskammer 41 und dessen oberer, kleinerer Außendurchmesser zumindest etwa dem Durchmesser des Sichtrades 8 entspricht. An der konischen Wand des Ringgehäuses 45 enden die Tragarme 44 und sind mit dieser Wand fest verbunden, die ihrerseits wieder Teil der Baueinheit aus Austrittsstutzen 20 und Austrittskammer 41 ist.

[0079] Die Tragarme 44 und das Ringgehäuse 45 sind Teile einer Spüllufteinrichtung (nicht gezeigt), wobei die Spülluft das Eindringen von Materie aus dem Innenraum des Sichtergehäuses 21 in den Spalt zwischen dem Sichtrad 8 oder genauer dessen unterer Deckscheibe 3 und dem Austrittsstutzen 20 verhindert. Um diese Spülluft in das Ringgehäuse 45 und von dort in den freizuhaltenen Spalt gelangen zu lassen, sind die Tragarme 44 als Rohre ausgebildet, mit ihren äußeren Endabschnitten durch die Wand des Sichtergehäuses 21 hindurchgeführt und über ein Ansaugfilter 46 an eine Spülluftquelle (nicht gezeigt) angeschlossen. Das Ringgehäuse 45 ist nach oben durch eine Lochplatte 47 abgeschlossen und der Spalt selbst kann durch eine axial verstellbare Ringscheibe im Bereich zwischen Lochplatte 47 und unterer Deckscheibe 33 des Sichtrades 8 einstellbar sein.

[0080] Der Auslass aus der Austrittskammer 41 wird von einem Feingutaustragrohr 48 gebildet, das von außen in das Sichtergehäuse 21 hineingeführt ist und in tangentialer Anordnung an die Austrittskammer 41 angeschlossen ist. Das Feingutaustragrohr 48 ist Bestandteil des Produktauslasses 6. Der Verkleidung der Einmündung des Feingutaustragrohrs 48 an die Austrittskammer 41 dient ein Abweiskegel 49.

[0081] Am unteren Ende des konischen Gehäuseendabschnittes 38 sind in horizontaler Anordnung eine Sichtlufteintrittsspirale 50 und ein Grobgutaustrag 51 dem Gehäuseendabschnitt 38 zugeordnet. Die Drehrichtung der Sichtlufteintrittsspirale 50 ist der Drehrichtung des Sichtrades 8 entgegengerichtet. Der Grobgutaustrag 51 ist dem Gehäuseendabschnitt 38 abnehmbar zugeordnet, wobei dem unteren Ende des Gehäuseendabschnittes 38 ein Flansch 52 und dem oberen Ende des Grobgutaustrages 51 ein Flansch 53 zugeordnet und beide Flansche 52 und 53 wiederum durch bekannte Mittel lösbar miteinander verbunden sind, wenn der Windsichter 7 betriebsbereit ist.

[0082] Die auszulegende Dispersionszone ist mit 54 bezeichnet. An der Innenkante bearbeitete (angefaste) Flansche für eine saubere Strömungsführung und eine einfache Auskleidung sind mit 55 bezeichnet.

[0083] Schließlich ist noch an die Innenwand des Austrittsstutzens 20 ein auswechselbares Schutzrohr 56 als Verschleißteil angelegt und kann ein entsprechendes auswechselbares Schutzrohr 57 an die Innenwand der Austrittskammer 41 angelegt sein.

[0084] Zu Beginn des Betriebs des Windsichters 7 im dargestellten Betriebszustand wird über die Sichtlufteintrittsspirale 50 Sichtluft in den Windsichter 7 unter einem Druckgefälle und mit einer zweckentsprechend gewählten Eintrittsgeschwindigkeit eingeführt. Infolge der Einführung der Sichtluft mittels einer Spirale insbesondere in Verbindung mit der Konizität des Gehäuseendabschnittes 38 steigt die Sichtluft spiralförmig nach oben in den Bereich des Sichtrades 8. Gleichzeitig wird das "Produkt" aus Feststoffpartikeln unterschiedlicher Masse über den Produktaufgabestutzen 39 in das Sichtergehäuse 21 eingegeben. Von diesem Produkt gelangt das Grobgut, d.h. der Partikelanteil mit größerer Masse entgegen der Sichtluft in den Bereich des Grobgutaustrages 51 und wird zur Weiterverarbeitung bereitgestellt. Das Feingut, d.h. der Partikelanteil mit geringerer Masse wird mit der Sichtluft vermischt, gelangt von außen nach innen radial durch das Sichtrad 8 in den Austrittsstutzen 20, in die Austrittskammer 41 und schließlich über ein Feingutaustrittsrohr 48 in einen Feingutaustritt oder -auslass 58, sowie von dort in ein Filter, in dem das Betriebsmittel in Form eines Fluides, wie beispielsweise Luft, und Feingut voneinander getrennt werden. Größere Feingutbestandteile werden aus dem Sichtrad 8 radial herausgeschleudert und dem Grobgut zugemischt, um das Sichtergehäuse 21 mit dem Grobgut zu verlassen oder so lange im Sichtergehäuse 21 zu kreisen, bis es zu Feingut einer solchen Körnung geworden ist, dass es mit der Sichtluft ausgetragen wird.

[0085] Infolge der abrupten Querschnittserweiterung vom Austrittsstutzen 20 zur Austrittskammer 41 findet dort eine deutliche Verringerung der Strömungsgeschwindigkeit des Feingut-Luft-Gemisches statt. Dieses Gemisch wird also mit sehr geringer Strömungsgeschwindigkeit durch die Austrittskammer 41 über das Feingutaustrittsrohr 48 in den Feingutauslass 58 gelangen und an der Wand der Austrittskammer 41 nur in geringem Maße Abrieb erzeugen. Deswegen ist das Schutzrohr 57 auch nur eine höchst vorsorgliche Maßnahme. Die aus Gründen einer guten Trenntechnik hohe Strömungsgeschwindigkeit im Sichtrad 8 herrscht jedoch noch im Austrag- oder Austrittsstutzen 20, weshalb das Schutzrohr 56 wichtiger ist als das Schutzrohr 57. Besonders bedeutsam ist der Durchmessersprung mit einer Durchmessererweiterung beim Übergang vom Austrittsstutzen 20 in die Austrittskammer 41.

[0086] Im Übrigen kann der Windsichter 7 durch die Unterteilung des Sichtergehäuses 21 in der beschriebenen Weise und die Zuordnung der Sichterkomponenten zu den einzelnen Teilgehäusen wiederum gut gewartet werden und können schadhaft gewordene Komponenten mit relativ geringem Aufwand und innerhalb kurzer Wartungszeiten ausgewechselt werden.

[0087] Während in der schematischen Darstellung der Fig. 2 das Sichtrad 8 mit den beiden Deckscheiben 32 und 33 und dem zwischen diesen angeordneten Schaufelkranz 59 mit den Schaufeln 34 noch in bereits bekannter, üblicher Form mit parallelen und parallelfächigen Deckscheiben 32 und 33 dargestellt ist, ist in Fig. 3 das Sichtrad 8 für ein weiteres Ausführungsbeispiel des Windsichters 7 einer vorteilhaften Weiterbildung dargestellt.

[0088] Dieses Sichtrad 8 gemäß der Fig. 3 enthält zusätzlich zu dem Schaufelkranz 59 mit den Schaufeln 34 die obere

Deckscheibe 32 und die dazu axial beabstandete untere abströmseitige Deckscheibe 33 und ist um die Drehachse 40 und damit die Längsachse des Windsichters 7 drehbar. Die diametrale Ausdehnung des Sichtrades 8 ist senkrecht zur Drehachse 40, d.h. zur Längsachse des Windsichters 7, unabhängig davon ob die Drehachse 40 und damit die genannte Längsachse senkrecht steht oder horizontal verläuft. Die untere abströmseitige Deckscheibe 33 umschließt konzentrisch den Austrittsstutzen 20. Die Schaufeln 34 sind mit beiden Deckscheiben 33 und 32 verbunden. Die beiden Deckscheiben 32 und 33 sind nun abweichend vom Stand der Technik konisch ausgebildet und war vorzugsweise derart, dass der Abstand der oberen Deckscheibe 32 von der abströmseitigen Deckscheibe 33 vom Kranz 59 der Schaufeln 34 nach innen, d.h. zur Drehachse 40 hin, größer wird und zwar bevorzugt kontinuierlich, wie beispielsweise linear oder nicht linear, und mit weiterem Vorzug so, dass die Fläche des durchströmten Zylindermantels für jeden Radius zwischen Schaufelaustrittskanten und Austrittsstutzen 20 zumindest annähernd konstant bleibt. Die infolge des kleiner werdenden Radius bei bekannten Lösungen geringer werdende Abströmgeschwindigkeit bleibt bei dieser Lösung zumindest annähernd konstant.

[0089] Außer der vorstehend und in der Fig. 3 erläuterten Variante der Gestaltung der oberen Deckscheibe 32 und der unteren Deckscheibe 33 ist es auch möglich, dass nur eine dieser beiden Deckscheiben 32 oder 33 in der erläuterten Weise konisch ausgebildet ist und die andere Deckscheibe 33 bzw. 32 eben ist, wie dies im Zusammenhang mit dem Ausführungsbeispiel gemäß der Fig. 2 für beide Deckscheiben 32 und 33 der Fall ist. Insbesondere kann dabei die Form der nicht parallellflächigen Deckscheibe derart sein, dass zumindest annähernd so, dass die Fläche des durchströmten Zylindermantels für jeden Radius zwischen Schaufelaustrittskanten und Austrittsstutzen 20 konstant bleibt.

[0090] Die nachfolgenden Beispiele dienen der Veranschaulichung und näheren Erläuterung der Erfindung, schränken diese jedoch in keiner Weise ein.

Ausgangsmaterialien:

Silica 1:

[0091] Als zu vermahlendes Ausgangsmaterial wurde eine gefällte Kieselsäure, die wie folgt hergestellt wurde:

[0092] Das an verschiedenen Stellen in der nachfolgenden Vorschrift zur Herstellung der Silica 1 eingesetzte Wasserglas und die Schwefelsäure werden wie folgt charakterisiert:

Wasserglas: Dichte 1,348 kg/l, 27,0 Gew.-% SiO₂,
8,05 Gew.-% Na₂O
Schwefelsäure: Dichte 1,83 kg/l, 94 Gew.-%

[0093] In einem 150 m³ Fällbehälter mit Schrägboden, MIG-Schräglattrührsystem und Ekato-Fluid-Scherturbine werden 117 m³ Wasser vorgelegt und 2,7 m³ Wasserglas zugegeben. Das Verhältnis von Wasserglas zu Wasser wird dabei so eingestellt, dass sich eine Alkalizahl von 7 ergibt. Anschließend wird die Vorlage auf 90 °C aufgeheizt. Nach Erreichen der Temperatur werden für die Dauer von 75 min gleichzeitig Wasserglas mit einer Dosierate von 10,2 m³/h und Schwefelsäure mit einer Dosierate von 1,55 m³/h unter Rühren zudosiert. Danach werden für weitere 75 min unter Rühren bei 90 °C gleichzeitig Wasserglas mit einer Dosierate von 18,8 m³/h und Schwefelsäure mit einer Dosierate von 1,55 m³/h zugegeben. Während der gesamten Zugabezeit wird die Dosierate der Schwefelsäure bei Bedarf so korrigiert, dass während dieser Zeitdauer ein Alkalizahl von 7 eingehalten wird.

[0094] Danach wird die Wasserglasdosierung abgeschaltet. Anschließend wird innerhalb von 15 min Schwefelsäure so zugegeben, dass sich danach ein pH-Wert von 8,5 einstellt. Bei diesem pH-Wert wird die Suspension für die Dauer von 30 min gerührt (= gealtert). Danach wird durch Zugabe von Schwefelsäure innerhalb von ca. 12 min der pH-Wert der Suspension auf 3,8 eingestellt. Während der Fällung, der Alterung und der Ansäuerung wird die Temperatur der Fällsuspension bei 90 °C gehalten. Die erhaltene Suspension wird mit einer Membranfilterpresse filtriert und der Filterkuchen mit entionisiertem Wasser gewaschen, bis im Waschwasser eine Leitfähigkeit von < 10 mS/cm festzustellen ist. Der Filterkuchen liegt dann mit einem Feststoffgehalt von < 25 % vor. Die Trocknung des Filterkuchen erfolgt in einem Spin-Flash-Trockner.

[0095] Die Daten von Silica 1 sind in Tabelle 1 angegeben.

Hydrogel - Herstellung

[0096] Aus Wasserglas (Dichte 1,348 kg/l, 27,0 Gew.-% SiO₂, 8,05 Gew.-% Na₂O) und 45 %-iger Schwefelsäure wird ein Silicagel (= Hydrogel) hergestellt. Dazu werden 45 Gew.-%ige Schwefelsäure und Natronwasserglas intensiv so vermischt, dass sich ein Reaktandenverhältnis entsprechend einem Überschuss an Säure (0,25 N) und einer SiO₂-Konzentration von 18,5 Gew.-% einstellt. Das dabei entstandene Hydrogel wird über Nacht (ca. 12h) gelagert und dann auf eine Partikelgröße von ca. 1 cm gebrochen. Es wird mit entionisiertem Wasser bei 30 - 50 °C gewaschen, bis die

Leitfähigkeit des Waschwassers unterhalb 5mS/cm liegt.

Silica 2 (Hydrogel)

[0097] Das wie oben beschrieben hergestellte Hydrogel wird unter Ammoniakzugabe bei pH 9 und 80 °C für 10 - 12 Stunden gealtert, und dann mit 45 Gew.-%iger Schwefelsäure auf pH 3 eingestellt. Das Hydrogel hat dann einen Feststoffgehalt von 34 - 35 %. Anschließend wird es auf einer Stiftmühle (Alpine Typ 160Z) auf eine Partikelgröße von ca. 150 µm grob vermahlen. Das Hydrogel hat eine Restfeuchte von 67 %.

[0098] Die Daten von Silica 2 sind in Tabelle 1 angegeben.

Silica 3a:

[0099] Silica 2 wird mittels Spinflash-Trockners (Anhydro A/S, APV, Typ SFD47, Tein = 350 °C, Taus = 130 °C) so getrocknet, dass es nach der Trocknung eine Endfeuchte von ca. 2 % aufweist.

[0100] Die Daten von Silica 3a sind in Tabelle 1 angegeben.

Silica 3b:

[0101] Das wie oben beschrieben hergestellte Hydrogel wird bei ca. 80°C weiter bewaschen, bis die Leitfähigkeit des Waschwassers unter 2 mS/cm liegt und im Umlufttrockenschrank (Fresenberger POH 1600.200) bei 160°C auf eine Restfeuchte von < 5% getrocknet. Um ein gleichmäßigeres Dosierverhalten und Mahlergebnis zu erzielen, wird das Xerogel auf eine Partikelgröße < 100 µm vorzerkleinert (Alpine AFG 200).

[0102] Die Daten von Silica 3b sind in Tabelle 1 angegeben.

Silica 3c:

[0103] Das wie oben beschrieben hergestellte Hydrogel wird unter Ammoniakzugabe bei pH 9 und 80°C für 4 Stunden gealtert, dann mit 45 Gew.-%iger Schwefelsäure auf ca. pH 3 eingestellt und im Umlufttrockenschrank (Fresenberger POH 1600.200) bei 160°C auf eine Restfeuchte von < 5% getrocknet. Um ein gleichmäßigeres Dosierverhalten und Mahlergebnis zu erzielen, wird das Xerogel auf eine Partikelgröße < 100 µm vorzerkleinert (Alpine AFG 200).

[0104] Die Daten von Silica 3c sind in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1 - Physikalisch-chemische Daten der unvermahlenen Ausgangsmaterialien

Silica 1 Silica 2 Silica 3a Silica 3b Silica 3c Partikelgrößenverteilung mittels Laserbeugung (Horiba LA 920)

d₅₀ [µm] 22,3 n.b. n.b. n.b. n.b.

d₉₉ [µm] 85,1 n.b. n.b. n.b. n.b.

d₁₀ [µm] 8,8 n.b. n.b. n.b. n.b.

Partikelgrößenverteilung mittels Siebanalyse

> 250 µm % n.b. n.b. n.b. 0,0 0,2

> 125 µm % n.b. n.b. n.b. 1,06 2,8

> 63 µm % n.b. n.b. n.b. 43,6 57,8

> 45 µm % n.b. n.b. n.b. 44,0 36,0

< 45 µm % n.b. n.b. n.b. 10,8 2,9

Feuchte % 4,8 67 < 3 < 5 < 5%

pH-Wert 6,7 n.b. n.b. n.b. n.b.

n.b. = nicht bestimmt

Beispiele 1 - 3: Erfindungsgemäße Vermahlung

[0105] Zur Vorbereitung der eigentlichen Vermahlung mit überhitztem Wasserdampf wird eine Fließbettgegenstrahlmühle gemäß Figur 1, 2 und 3 zunächst über die zwei Heizdüsen 5a (wovon in Figur 1 nur eine dargestellt ist), welche mit 10 bar und 160°C heißer Druckluft beaufschlagt werden, bis zu einer Mühlenaustrittstemperatur von ca. 105°C aufgeheizt.

[0106] Der Mühle ist zur Abscheidung des Mahlgutes eine Filteranlage nachgeschaltet (nicht in Figur 1 gezeigt), dessen Filtergehäuse im unteren Drittel indirekt über angebrachte Heizschlangen mittels 6 bar Sattedampf ebenfalls zur Verhinderung von Kondensation beheizt wird. Alle Apparateoberflächen im Bereich der Mühle, des Abscheidefilters, sowie der Versorgungsleitungen für Dampf und heißer Druckluft sind besonders isoliert.

[0107] Nach Erreichen der gewünschten Aufheiztemperatur wird die Versorgung der Heizdüsen mit heißer Druckluft ab und die Beaufschlagung der drei Mahldüsen mit überhitztem Wasserdampf (38bar(abs), 330°C) gestartet.

[0108] Zum Schutz des im Abscheidefilter eingesetzten Filtermittels sowie zur Einstellung eines bestimmten Restwassergehaltes des Mahlgutes von vorzugsweise 2 bis 6 %, wird Wasser in der Startphase und während der Vermahlung in den Mahlraum der Mühle über eine mit Druckluft betriebene Zweistoffdüse in Abhängigkeit von der Mühlenaustrittstemperatur eingedüst.

[0109] Mit der Produktaufgabe wird begonnen, wenn die relevanten Prozessparameter (siehe Tabelle 2) konstant sind. Die Regelung der Aufgabemenge erfolgt in Abhängigkeit vom sich einstellenden Sichterstrom. Der Sichterstrom regelt die Aufgabemenge derart, dass ca. 70% des Nennstromes nicht überschritten werden können.

[0110] Als Eintragsorgan fungiert dabei ein drehzahlgeregeltes Zellenrad, welches das Aufgabegut aus einem Vorlagebehälter über eine als barometrischer Abschluss dienende Taktschleuse in die unter Überdruck stehende Mahlkammer dosiert.

[0111] Die Zerkleinerung des Grobgutes erfolgt in den expandierenden Dampfstrahlen (Mahlgas). Gemeinsam mit dem entspannten Mahlgas steigen die Produktpartikel im Zentrum des Mühlenbehälters zum Sichtrad auf. Je nach eingestellter Sichterzahl und Mahldampfmenge (siehe Tabelle 1) gelangen die Partikel, die eine ausreichende Feinheit aufweisen mit dem Mahldampf in den Feingutaustritt und von dort in das nachgeschaltete Abscheidesystem, während zu grobe Partikel zurück in die Mahlzone gelangen und einer nochmaligen Zerkleinerung unterworfen werden. Der Austrag des abgeschiedenen Feingutes aus dem Abscheidefilter in die nachfolgende Silierung und Abpackung geschieht mittels Zellenradschleuse.

[0112] Der an den Mahldüsen herrschende Mahldruck des Mahlgases, bzw. die daraus resultierenden Mahlgasmenge in Verbindung mit der Drehzahl des dynamischen Schaufelradsichters bestimmen die Feinheit der Kornverteilungsfunktion sowie die Oberkorngrenze.

[0113] Die relevanten Prozessparameter können Tabelle 2, die Produktparameter Tabelle 3 entnommen werden:

Tabelle 2

Beispiel 1	Beispiel 2	Beispiel 3a	Beispiel 3b	Beispiel 3c
Ausgangsmaterial:				
Silica 1	Silica 2	Silica 3a	Silica 3b	Silica 3c
Düsendurchmesser [mm]:				
2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Düsentyp:				
Laval	Laval	Laval	Laval	Laval
Anzahl [Stück]:				
3	3	3	3	3
Mühleninnendruck [bar abs.]:				
1,306	1,305	1,305	1,304	1,305
Eintrittsdruck [bar abs.]:				
37,9	37,5	36,9	37,0	37,0

EP 2 959 975 A1

(fortgesetzt)

Eintrittstemperatur [°C]:

325 284 327 324 326

Mühlenaustrittstemperatur [°C]:

149,8 117 140,3 140,1 139,7

Sichterzahl [min⁻¹]:

5619 5500 5491 5497 5516

Sichterstrom [A%]:

54,5 53,9 60,2 56,0 56,5

Tauchrohrdurchmesser [mm]:

100 100 100 100 100

Tabelle 3

Beispiel 1

Beispiel 2

Beispiel 3a

Beispiel 3b

Beispiel 3c

d₅₀¹⁾

125

106

136

140

89

d₉₀¹⁾

275

175

275

250

200

d₉₉¹⁾

525

300

575

850

625

BET-Oberfläche m²/g:

122

354

345

539

421

N₂-Porenvolumen ml/g:

n.b.

1,51

1,77

0,36

0,93

Mittlere Porenweite nm:

n.b.

17,1

20,5

2,7

8,8

DBP (wasserfrei) g/100g:

235

293

306

124

202

Stampfdichte g/l:

42

39

36

224

96

Trocknungsverlust %:

4,4

6,1

5,5

6,3

6,4

¹⁾ Bestimmung der Partikelgrößenverteilung mittels Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) und Bildanalyse und Wertangaben in nm.

[0114] Die Erfindung ist anhand der Ausführungsbeispiele in der Beschreibung und in der Zeichnung lediglich exemplarisch dargestellt und nicht darauf beschränkt, sondern umfasst alle Variationen, Modifikationen, Substitutionen und Kombinationen, die der Fachmann den vorliegenden Unterlagen insbesondere im Rahmen der Ansprüche und der allgemeinen Darstellungen in der Einleitung dieser Beschreibung sowie der Beschreibung der Ausführungsbeispiele und deren Darstellungen in der Zeichnung entnehmen und mit seinem fachmännischen Wissen sowie dem Stand der Technik kombinieren kann. Insbesondere sind alle einzelnen Merkmale und Ausgestaltungsmöglichkeiten der Erfindung und ihrer Ausführungsvarianten kombinierbar.

Bezugszeichenliste

[0115]

5	1	Strahlmühle
	2	zylindrisches Gehäuse
	3	Mahlkammer
	4	Mahlgutaufgabe
	5	Mahlstrahleinlass
10	6	Produktauslass
	7	Windsichter
	8	Sichtrad
	9	Einlassöffnung oder Einlassdüse
	10	Mahlstrahl
15	11	Heizquelle
	12	Heizquelle
	13	Zuführungsrohr
	14	temperaturisolierender Mantel
	15	Einlass
20	16	Auslass
	17	Zentrum der Mahlkammer
	18	Reservoir- oder Erzeugungseinrichtung
	19	Leitungseinrichtungen
	20	Austrittsstutzen
25	21	Sichtergehäuse
	22	Gehäuseoberteil
	23	Gehäuseunterteil
	24	Umfangsflansch
	25	Umfangsflansch
30	26	Gelenk
	27	Pfeil
	28	Sichtraumgehäuse
	28a	Tragarme
	29	Austragkonus
35	30	Flansch
	31	Flansch
	32	Deckscheibe
	33	Deckscheibe
	34	Schaufel
40	35	Sichtradwelle
	35a	Drehlager
	36	obere bearbeitete Platten
	37	untere bearbeitete Platte
	38	Gehäuseendabschnitt
45	39	Produktaufgabestutzen
	40	Drehachse
	41	Austrittskammer
	42	obere Deckplatte
	43	abnehmbarer Deckel
50	44	Tragarme
	45	kegelförmiges Ringgehäuse
	46	Ansaugfilter
	47	Lochplatte
	48	Feingutaustragrohr
55	49	Abweiskegel
	50	Sichtlufteintrittsspirale
	51	Grobgutaustrag
	52	Flansch

- 53 Flansch
- 54 Dispersionszone
- 55 an der Innenkante bearbeitete (angefaste) Flansche und Auskleidung
- 56 auswechselbares Schutzrohr
- 5 auswechselbares Schutzrohr
- 58 Feingutaustritt/-auslass
- 59 Schaufelkranz

10 Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung feinsten Partikel mittels einer Strahlmühle (1), **dadurch gekennzeichnet, dass** als Betriebsmittel (B) ein Fluid, insbesondere Gase oder Dämpfe, verwendet wird, das eine höhere Schallgeschwindigkeit als Luft (343 m/s) aufweist.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Betriebsmittel (B) ein Fluid, insbesondere Gase oder Dämpfe, verwendet wird, das eine Schallgeschwindigkeit von wenigstens 450 m/s aufweist.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** als das Betriebsmittel (B) Wasserdampf, Wasserstoffgas oder Heliumgas verwendet wird.
4. Strahlmühle (1) zur Erzeugung feinsten Partikel, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Quelle für ein Betriebsmittel (B) enthalten oder zugeordnet ist, das eine höhere Schallgeschwindigkeit als Luft (343 m/s) aufweist.
- 25 5. Strahlmühle (1) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Quelle für ein Betriebsmittel (B) enthalten oder zugeordnet ist, das eine Schallgeschwindigkeit von wenigstens 450 m/s aufweist.
6. Strahlmühle (1) nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Quelle für ein Betriebsmittel (B) enthalten oder zugeordnet ist, das Wasserdampf, Wasserstoffgas oder Heliumgas enthält.
- 30 7. Strahlmühle (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Fließbettstrahlmühle oder eine Dichtbettstrahlmühle ist.
8. Strahlmühle (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** Mahldüsen (9) vorgesehen sind, die an eine Dampfzufuhrleitung (Leitungseinrichtungen 19) angeschlossen sind, die mit Dehnungsbögen ausgestattet ist.
- 35 9. Strahlmühle (1) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dampfzufuhrleitung (Leitungseinrichtungen 19) an eine Wasserdampfquelle angeschlossen ist.
- 40 10. Strahlmühle (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** ihre Oberfläche einen möglichst kleinen Wert aufweist.
- 45 11. Strahlmühle (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Feingutaustrittskammer (41) vorgesehen ist, die in Strömungsrichtung eine Querschnittserweiterung aufweist.
12. Strahlmühle (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strömungswege zumindest weitgehend vorsprungsfrei sind.
- 50 13. Strahlmühle (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Komponenten der Strahlmühle (1) zur Vermeidung von Massenanhäufungen ausgelegt sind.
14. Strahlmühle (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Komponenten der Strahlmühle (1) zur Vermeidung von Kondensation ausgelegt sind.
- 55 15. Strahlmühle (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** Einrichtungen zur Kondensationsvermeidung enthalten sind.

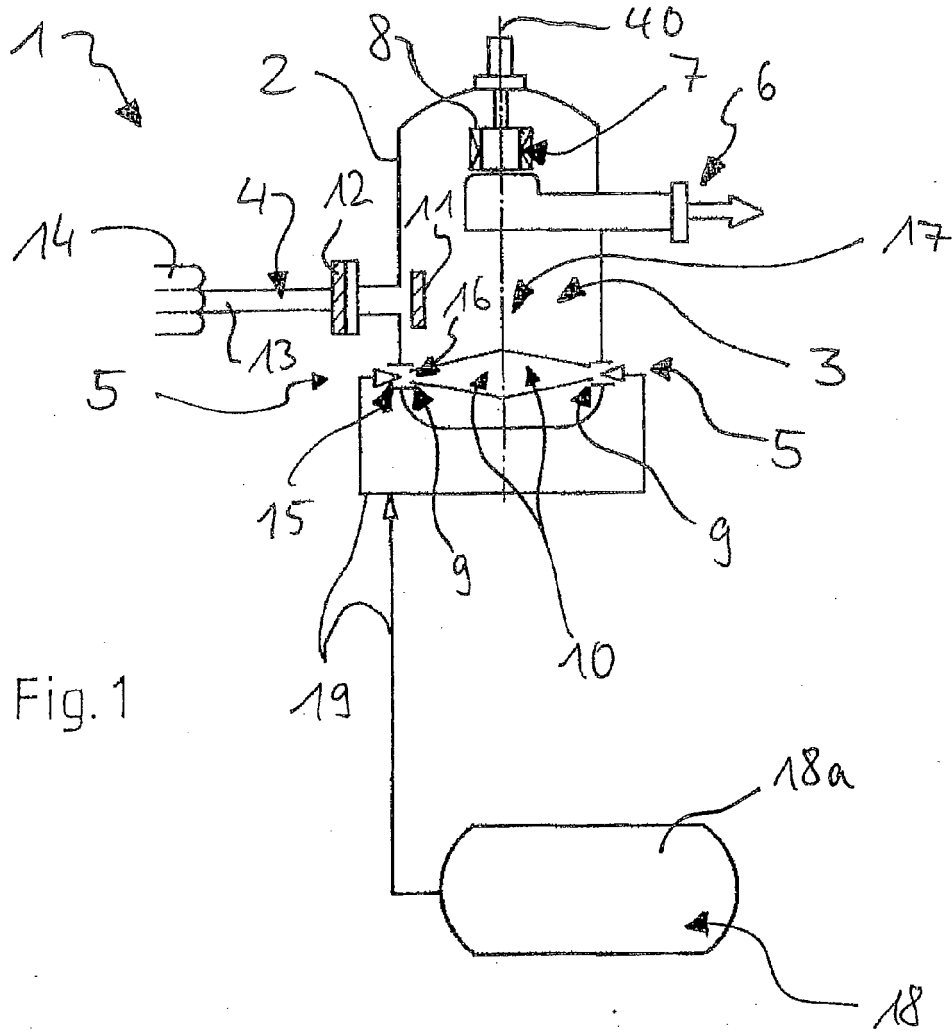


Fig. 1

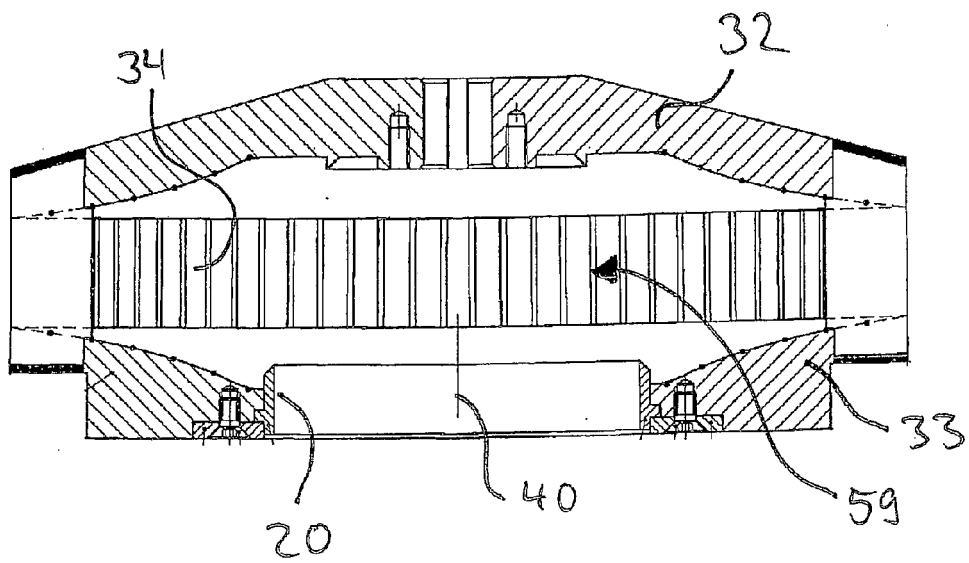
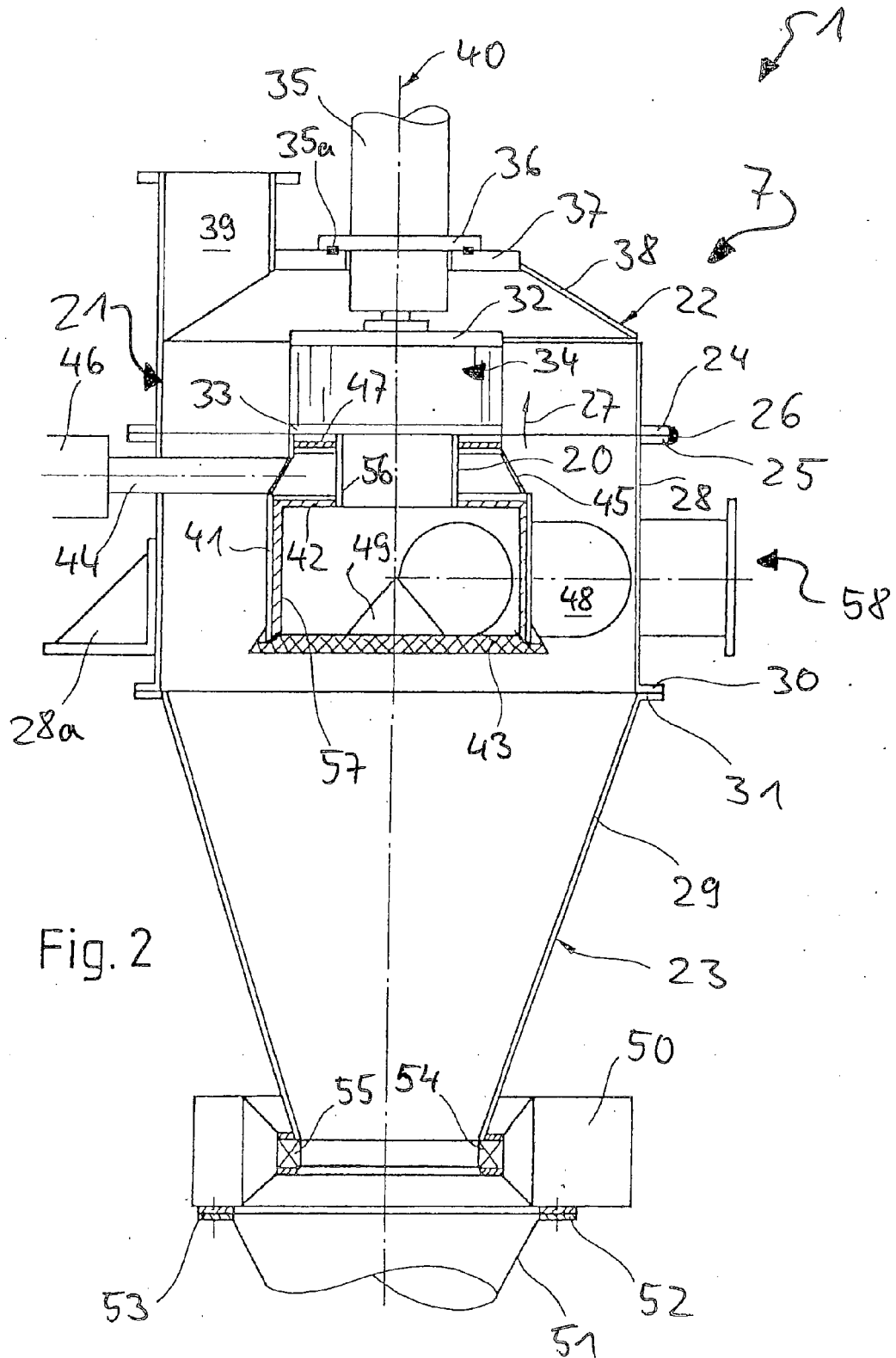


Fig. 3





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 15 00 2331

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 1 080 786 A (NIED ROLAND [DE]) 7. März 2001 (2001-03-07)	1-4	INV. B02C19/06 B07B7/083 B07B11/04
Y	* Absätze [0009], [0010]; Abbildung 1 *	4-15	
Y,D	DE 198 24 062 A1 (NIED ROLAND [DE]) 2. Dezember 1999 (1999-12-02) * Abbildung 1 *	4-15	
Y,D	EP 0 472 930 A (NIED ROLAND [DE]) 4. März 1992 (1992-03-04) * Abbildungen 2,3 *	4-15	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B02C B07B
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München		2. November 2015	Kopacz, Ireneusz
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 15 00 2331

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

02-11-2015

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1080786 A	07-03-2001	EP 1080786 A1	07-03-2001
		ES 2327810 T3	04-11-2009
		JP 4801832 B2	26-10-2011
		JP 2001070826 A	21-03-2001
		US 6398139 B1	04-06-2002

DE 19824062 A1	02-12-1999	KEINE	

EP 0472930 A	04-03-1992	AT 144169 T	15-11-1996
		DE 59108284 D1	21-11-1996
		EP 0472930 A2	04-03-1992
		ES 2093052 T3	16-12-1996
		JP 3326188 B2	17-09-2002
		JP H04227092 A	17-08-1992
		US 5252110 A	12-10-1993

EPO FORM P0481

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 19824062 A1 [0003] [0042]
- EP 0472930 B1 [0018] [0034]