

5

### Anlage und Verfahren zur elektrodynamischen Fragmentierung

10 Die Erfindung betrifft eine Fragmentierungsanlage zur elektrodynamischen Fragmentierung von Material, mit einem Einlass und einem Auslass für einen Materialtransport entlang eines Transportweges und mindestens einer Hochspannungspulsquelle zur Erzeugung einer Hochspannungsentladung.

15 Die Druckschrift WO 2013/053066A1 beschreibt ein Verfahren zur Fragmentierung von Material mittels Hochspannungsentladung. Das Material wird zusammen mit einer Prozessflüssigkeit in den Prozessraum eingebracht.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine verbesserte Anlage zur Fragmentierung von Material bereitzustellen.

20

Diese Aufgabe wird durch die Fragmentierungsanlage mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Ferner wird die Aufgabe durch das Verfahren zur elektrodynamischen Fragmentierung mit den Merkmalen des Anspruchs 16 gelöst. Bevorzugte und/oder vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sowie andere  
25 Erfindungskategorien ergeben sich aus den weiteren Ansprüchen, der nachfolgenden Beschreibung sowie den beigefügten Figuren.

Es wird eine Fragmentierungsanlage zur elektrodynamischen Fragmentierung von Material vorgeschlagen. Insbesondere ist die Fragmentierungsanlage eine kontinuierlich  
30 betreibbare Fragmentierungsanlage. Die Fragmentierungsanlage ist im Speziellen zur industriellen und/oder im großen Maßstab ausgelegten Fragmentierung von Material eingerichtet. Die Fragmentierung ist vorzugsweise eine sortenreine Fragmentierung. Die Anlage ist geeignet für eine sortenreine Fragmentierung nach Größe, Art und/oder Zusammensetzung. Das Material ist vorzugsweise ein anorganisches Material und im  
35 Speziellen ein Verbundwerkstoff. Das Material kann organische Komponenten umfassen. Beispielsweise ist das Material Beton, Schlacke, Keramik oder ein Bergbaumaterial. Die Fragmentierung des Materials dient vorzugsweise zum Erhalt

sekundärer Rohstoffe, beispielsweise zum Erhalt von Kies, Sand und/oder Zementersatzrohstoffen.

Die Fragmentierungsanlage weist einen Einlass und einen Auslass auf. Beispielsweise weist die Fragmentierungsanlage ein Gehäuse und/oder ein Prozessgefäß auf, wobei der Einlass und/oder der Auslass im Prozessgefäß und/oder im Gehäuse angeordnet ist. Mittels des Einlasses kann das Material bereitgestellt und/oder zugeführt werden. Beispielsweise ist der Einlass mit einem Materiallager, beispielsweise einem Aufgabebunker, verbunden, wobei im Aufgabebunker das Material gelagert werden kann. Der Auslass dient insbesondere dem Abtransport und/oder der Abfuhr des zugeführten Materials, dessen Fragmenten und/oder dessen Komponenten und stellt beispielsweise eine Senke für das Material dar. Zwischen Einlass und Auslass erfolgt ein Materialtransport entlang eines Transportwegs in Transportrichtung. Der Transportweg kann ein gerader, ein geschlungener oder ein gezackter Weg sein. Der Transportweg ist ein zweidimensionaler oder dreidimensionaler Weg und/oder Pfad. Der Materialtransport zwischen Einlass und Auslass genügt im Speziellen einer Material- und/oder Massenerhaltung, sodass beispielsweise die Masse des zugeführten Materials der Masse des im Auslass abtransportierten Materials entspricht. Insbesondere kann die Fragmentierungsanlage eine Mehrzahl an Auslässen und/oder Einlässen aufweisen.

Die Fragmentierungsanlage weist mindestens eine Hochspannungspulsquelle auf. Beispielsweise ist die Hochspannungspulsquelle ein Marx-Generator. Die Hochspannungspulsquelle, insbesondere jede der Hochspannungspulsquellen, weist mindestens eine erste Elektrode und mindestens eine zweite Elektrode zur Erzeugung einer Hochspannungsentladung in einem Entladungsraum auf. Im Folgenden sind beispielhaft stets erste und zweite Elektrode konkret angeführt. Aussagen können jedoch entsprechend sinngemäß auch für mehrere Elektroden verstanden werden. Vorzugsweise ist der Entladungsraum zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode angeordnet. Alternativ kann der Entladungsraum in einer die erste Elektrode und zweite Elektrode verbindenden Umgebung angeordnet sein. Die erste Elektrode und zweite Elektrode können gleichartig oder unterschiedlich ausgebildet sein. Beispielsweise sind erste Elektrode und/oder zweite Elektrode eine Metallelektrode, eine Graphitelektrode oder eine anderweitige Elektrode. Vorzugsweise bildet die erste Elektrode eine Kathode und die zweite Elektrode eine Anode. Insbesondere kann es auch vorgesehen sein, dass erste Elektrode oder zweite Elektrode auf Erdpotential gelegt sind, wobei die verbleibende Elektrode auf ein höheres oder niedrigeres Potential gelegt ist.

Die Hochspannungspulsquelle ist insbesondere ausgebildet eine Arbeitsspannung zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode zur Erzeugung der Hochspannungsentladung anzulegen. Die Hochspannungsentladung kann beispielsweise von der ersten Elektrode durch das Material in die zweite Elektrode  
5 erfolgen. Die Hochspannungsentladung ist insbesondere ein Hochspannungspuls. Der Hochspannungspuls und/oder die Hochspannungsentladung weist eine Pulslänge auf. Die Pulslänge ist vorzugsweise kleiner als eine Mikrosekunde, insbesondere kleiner als 100 Nanosekunden und im Speziellen kleiner als 50 Nanosekunden. Der Hochspannungspuls und/oder die Hochspannungsentladung weist vorzugsweise eine  
10 Energie kleiner als 500 Joule pro Puls auf, insbesondere kleiner als 300 Joule pro Puls und im Speziellen kleiner als 100 Joule pro Puls. Vorzugsweise wird die Hochspannungspulsquelle zur Zeugung von Hochspannungsentladungen mit einer Frequenz von mehr als 100 Megahertz ausgebildet. Die Hochspannungsentladung und/oder der Hochspannungspuls weist eine Pulsamplitude auf. Die Pulsamplitude ist  
15 vorzugsweise gleich der Arbeitsspannung und/oder liegt zwischen 10 Kilovolt und 10 Megavolt. Besonders bevorzugt liegt eine Pulsamplitude zwischen 100 Kilovolt und 5 Megavolt.

Die Hochspannungsquelle (Generator) ist insbesondere variabel bzw. als flexibler  
20 Generator ausgeführt. So lässt sich der Energieverbrauch für das jeweilige Material optimieren. So kann z.B. für die Fragmentierung von Beton ein minimaler Energieverbrauch von 2,3 kWh/t (75 J / Puls) ermittelt werden, welcher im Bereich einer mechanischen Aufbereitung liegt. Im Vergleich zu anderen Fragmentierungsanlagen, muss die erfindungsgemäße Anlage akustisch nicht mehr isoliert werden und es geht  
25 keine überschüssige Energie als Wärmeenergie verloren, welche zu einer Erhitzung des Prozessmediums (-wassers, siehe unten) führt. Mit einem derartigen Generator ist eine wirtschaftliche Nutzung dieser Technologien möglich.

Insbesondere ist beim Generator die Anstiegszeit und/oder Amplitude und/oder Leistung  
30 und/oder der Pulsenergieinhalt einstellbar.

Der Transportweg weist mindestens einen Fraktionierungsabschnitt auf. Der Fraktionierungsabschnitt ist beispielsweise ein Teilabschnitt des Transportweges. Der Fraktionierungsabschnitt kann einen Hauptweg oder einen Bypass für den Hauptweg  
35 bilden. Der Fraktionierungsabschnitt weist vorzugsweise eine Länge größer als 10 Zentimeter und im Speziellen größer als 50 Zentimeter auf. Der Fraktionierungsabschnitt verläuft mindestens abschnittsweise zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode. Im Speziellen umfasst der Fraktionierungsabschnitt die erste Elektrode und

die zweite Elektrode und/oder die erste Elektrode und die zweite Elektrode bilden den Fraktionierungsabschnitt. Der Fraktionierungsabschnitt verläuft durch den Entladungsraum. Insbesondere verläuft der gesamte Fraktionierungsabschnitt im Entladungsraum. Der Fraktionierungsabschnitt kann auch als der Abschnitt des Transportweges verstanden werden, in dem die Hochspannungsentladung erfolgt und/oder erfolgen kann.

Die Fragmentierungsanlage weist ein Selektivierungsmittel zur selektiven Austragung des Materials im Transportweg auf. Das Selektivierungsmittel ist vorzugsweise ausgebildet, Material das sich am Transportweg befindet und/oder am Transportweg transportiert wird zu selektieren, beispielsweise nach Größe, Art und/oder Form zu selektieren. Das Selektivierungsmittel ist ausgebildet Material und/oder Fragmente des Materials mit einem Durchmesser kleiner als ein Mindestdurchmesser an zumindest einem Teil wenigstens eines der Fraktionierungsabschnitte oder an wenigstens einem der Fraktionierungsabschnitte vorbeizuschleusen. Das Selektivierungsmittel dient dazu, dass insbesondere nur Material mit einem Durchmesser größer als der Mindestdurchmesser in einen bestimmten der Fraktionierungsabschnitte gelangt und/oder im Fraktionierungsabschnitt transportiert wird. Das Selektivierungsmittel bildet beispielsweise ein Filtermittel, insbesondere einen Größenfilter. Beispielsweise kann mittels des Selektivierungsmittels Material und/oder Fragmente des Materials kleiner als der Mindestdurchmesser an dem Fraktionierungsabschnitt vorbeigeführt werden, beispielsweise auf dem Bypass oder einer Umgehung. Die Umgehung kann auch ein Durchfallen durch einen Boden oder Sieb darstellen. Das Selektivierungsmittel befindet sich insbesondere stromaufwärts (bezogen auf die Transportrichtung) vor dem Fraktionierungsabschnitt, im Fraktionierungsabschnitt oder stromabwärts des Fraktionierungsabschnittes. Ferner kann der Fraktionierungsabschnitt im Bereich des Einlasses angeordnet sein.

Insbesondere ist das Selektivierungsmittel ausgebildet, Fragmente des Materials mit einem Durchmesser kleiner als der Mindestdurchmesser, die bei der stromaufwärtigen Behandlung des Materials mittels der Hochspannungsentladung entstehen, abzutrennen.

Der Erfindung liegt die Überlegung zu Grunde, dass durch ein frühzeitiges Ausschleusen von Material und von Kleinfragmenten, mithin also Material einer gewissen Größenverteilung, diese den nachfolgenden stromabwärtigen Fraktionierungsabschnitt nicht besetzen und so die Hochspannungsentladung dort gezielt für größere Fragmente genutzt wird. Es ergibt sich so eine energieeffiziente und durchsatzstarke Fragmentierungsanlage.

Optional kann das Selektivierungsmittel die erste Elektrode und zweite Elektrode mindestens einer Hochspannungspulsquelle, alternativ auch mindestens eine weitere Elektrode, umfassen. Insbesondere können die erste Elektrode und die zweite Elektrode das Selektivierungsmittel bilden. Beispielsweise bilden die erste und die zweite Elektrode eine Siebstruktur oder ein Rückhaltemittel für Material und/oder Fragmente des Materials mit einem Durchmesser größer als der Mindestdurchmesser. Somit ergibt sich eine zumindest teilintegrale Ausführung von Selektivierungsmittel und Fraktionierungsabschnitt.

Besonders bevorzugt bilden die erste Elektrode und die zweite Elektrode eine Schiene. Der Abstand der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode ist dann ein Schienenabstand und ist insbesondere kleiner oder gleich dem Mindestdurchmesser. Erste Elektrode und zweite Elektrode können in der Schiene mechanisch, beispielsweise mittels Streben, verbunden sein. Alternativ sind erste Elektrode und zweite Elektrode in der Schiene mechanisch unverbunden. Eine mechanische Verbindung zwischen erster Elektrode und zweiter Elektrode sind insbesondere elektrische Isolatoren.

Während des Transports durch den Fraktionierungsabschnitt über die Schienen wird beispielsweise Material zerkleinert. Ist dieses klein genug, um zwischen den Schienen durchzufallen (Selektion), wird es innerhalb des Fraktionierungsabschnittes selektiert und aus dem Fraktionierungsabschnitt ausgeleitet. So durchläuft es nur einen Teil des Fraktionierungsabschnittes und wird an dessen restlichem Teil (restliche Länge der Schienen) vorbeigeschleust.

Die Erfindung basiert darauf, dass es wünschenswert ist, Verbundwerkstoffe, beispielsweise Beton, recyceln zu können. Ziel ist es dabei, sekundäre Rohstoffe zu erhalten. Beispielsweise wird versucht Beton aufzutrennen und seine Bestandteile wieder zu verwerten. Dabei werden insbesondere die Zuschläge wie Kies und Sand selektiv aus der umgebenden Zementmatrix befreit. Bisher werden hierzu Handbetriebsanlagen und Anlagen in Labormaßstab eingesetzt. Der Durchsatz bei solchen Anlagen und/oder Verfahren ist bisher kleiner als drei Tonnen die Stunde. Auch der Fragmentierungsgrad ist bei solchen Anlagen häufig kleiner als 80 %. Höhere Durchsatzraten wurden bis dato mittels mechanischer Verfahren erzielt, wobei solche Verfahren eine fehlende Sortenreinheit und eine geringere Qualität des aufbereiteten Materials aufweisen. Beispielsweise entstehen durch einen Mahlvorgang in Kieskörnern Mikrorisse, welche die mechanische Festigkeit im RC-Beton herabsetzen.

Insbesondere weist das Material bei dem Einlass einen anderen Zustand auf als beim Auslass, beispielsweise ist das Material bei dem Einlass verbunden und/oder klumpig, während es beim Auslass fragmentiert und/oder aufgetrennt ist. Die Fragmentierung erfolgt beispielsweise durch den Hochspannungspuls. Die Fragmente des Materials weisen insbesondere eine Korngröße von typischerweise kleiner als ein Zentimeter auf.

Die Fragmentierungsanlage sieht optional vor, dass der Fraktionierungsabschnitt als eine abfallende schiefe Ebene ausgebildet ist. Der Fraktionierungsabschnitt fällt insbesondere in Transportrichtung ab. Der Fraktionierungsabschnitt kann streng monoton fallend sein. Alternativ kann der Fraktionierungsabschnitt als eine abfallende schiefe Ebene mit Sattel und/oder Wendepunkten ausgebildet sein. Der Fraktionierungsabschnitt ist insbesondere so ausgebildet, dass ein Materialtransport des Materials in Transportrichtung ohne elektrischen Antrieb erfolgen kann und/oder basierend auf Gravitation und/oder einer Hangabtriebskraft erfolgt. Der Fraktionierungsabschnitt ist dazu gedacht, eine effiziente und energiesparende Transportvorrichtung bereitzustellen und insbesondere eine Größen- und/oder Massenselektierung entlang des Transportweges basierend auf gravitativen Effekten in der schiefen Ebene zu erreichen. Damit wird eine Transporteinrichtung bereitgestellt, die es ermöglicht große Mengen an Material zu transportieren. Ferner ist die Fragmentierungsanlage wegen dem gravitativen Antrieb des Materialtransports besonders energiesparend.

Optional ist es vorgesehen, dass die erste Elektrode und/oder die zweite Elektrode eine Längserstreckung aufweisen. Beispielsweise sind erste Elektrode und/oder zweite Elektrode stabförmig, beispielsweise rundstabförmig, ausgebildet. Die Längserstreckung der ersten und/oder der zweiten Elektrode ist vorzugsweise mindestens 10-mal so groß wie der Durchmesser der Elektrode: Die Elektroden weisen eine Elektrodenlänge auf, wobei die Elektrodenlänge vorzugsweise größer ist als 10 Zentimeter und insbesondere größer ist als 50 Zentimeter. Die erste Elektrode und/oder die zweite Elektrode sind mit ihrer Längserstreckung gleichgerichtet und/oder parallel zur Transportrichtung angeordnet. Beispielsweise sind erste Elektrode und zweite Elektrode parallel zueinander angeordnet. Besonders bevorzugt ist es, dass erste Elektrode und zweite Elektrode schienenförmig angeordnet sind und beispielsweise eine Hutschiene bilden. Beispielsweise erfolgt der Materialtransport in einer Transportebene, wobei die erste Elektrode und die zweite Elektrode in der Transportebene angeordnet sind. Alternativ können die erste Elektrode und/oder die zweite Elektrode gleichgerichtet aber versetzt zur Transportebene angeordnet sein. Dieser Ausgestaltung liegt die Überlegung zugrunde, eine Fragmentierungsanlage bereitzustellen, welche konstruktiv einfach

- 7 -

erhältlich ist und eine energiesparende sowie gute Fragmentierung des Materials ermöglicht.

5        Gemäß der Erfindung werden insbesondere stabförmige und/oder flächige Elektroden verwendet, die eine Art Schienensystem bilden, das durch Schrägstellung für den Weitertransport und die Klassierung des Materials eingesetzt wird.

10        Beispielsweise bildet der Fraktionierungsabschnitt eine Rutsche, wobei die Rutsche vorzugsweise seitlich von den Elektroden begrenzt wird. Die Hochspannungsentladung erfolgt vorzugsweise in einem Winkel zwischen 60 und 120 Grad zur Transportrichtung. Besonders bevorzugt erfolgt die Hochspannungsentladung senkrecht zur Transportrichtung.

15        In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung bilden mindestens zwei der Elektroden eine gegenüber der Schwerkraftrichtung in Transportrichtung abfallende Rutsche für das Material.

20        Gemäß der Erfindung kann das Material auf den Elektroden rutschen und sich bewegen. Es kann dann der Fall eintreten, dass ein Materialstück die gesamte Rutsche entlang rutscht, ohne genügend zerkleinert zu werden, z.B. weil nur dessen Kanten fragmentiert wurden. So kann es am Ende der Elektrode bzw. Rutsche ausgetragen und damit ein Stillstand des Prozesses verhindert werden. Dieses Materialstück kann dann z.B. erneut in den Fraktionierungsabschnitt eingetragen werden oder einem weiteren evtl. andersartigen Prozess (z.B. Ausphasung als Deponie-Material oder Zerkleinerung über Backenbrecher zur minderwertigeren Verwendung) zugeführt werden. Die schräg (zur

25        Schwerkraft bzw. zur Waagerechten) gestellten Elektroden wirken als "passive Transportbänder". Über die optionale Winkeleinstellung (siehe unten) kann die Transportgeschwindigkeit des Materials eingestellt werden. Insbesondere (siehe unten) ist der Abstand der jeweiligen Elektrodenpaare in der Rutsche variabel einstellbar.

30        Gemäß der Erfindung wirken die optional in der Schrägstellung einstellbaren Elektroden als Rutschen ("passive Transportbänder") für das Material. Der Materialtransport und dessen Geschwindigkeit erfolgt damit in Abhängigkeit der Größe und des Gewichts des Materials und der Winkelstellung der "Schienen-Elektroden" wesentlich durch das

35        Material-Eigengewicht. Zusätzlich kann der Materialstrom bzw. dessen Geschwindigkeit durch die Strömungsgeschwindigkeit des umgebenden Mediums (z.B. Wasser, siehe unten) mit einer Geschwindigkeitskomponente schräg zum Schienensystem unterstützt werden.

5 Eine entsprechende Rutsche ermöglicht insbesondere einen Materialaustrag am Ende der jeweiligen Elektroden bzw. Rutsche - ohne Querstromklassierung - nur aufgrund der Schwerkraft, optional auch durch Unterstützung eines Medienstromes. Das freigelegte Material braucht - im Idealfall - nach dem Austrag aus dem Reaktionsgefäß nicht wieder in das Reaktionsgefäß zurückgeführt werden. Die Elektroden sind gleichzeitig neben dem optionalen Medium (z.B. Wasser) das Transportmedium, welches den Weg des Materials durch das Reaktionsgefäß bestimmt.

10 Motorische Fördermittel, z.B. Förderbänder, sind dabei insbesondere im eigentlichen Fragmentierungsprozess nicht nötig. Solche können z.B. allenfalls vorgesehen werden, um Material dem Prozess zu- oder abzuführen.

15 In einer bevorzugten Variante dieser Ausführungsform ist eine Länge und/oder ein Neigungswinkel mindestens einer der Elektroden der Rutsche und/oder ein Abstand zwischen mindestens zwei der Elektroden der Rutsche veränderbar.

20 Gemäß der Erfindung sind insbesondere die Längen und/oder die Neigungswinkel der Elektroden, auf denen das Material rutscht, veränderbar – das unfragmentierte Material bewegt sich quer zur Schwerkraftrichtung, ggf. auch quer zum Transportmedium, durch das Reaktionsgefäß, während insbesondere nicht (weiter) zu fragmentierendes Material, z.B. Feinmaterial < 2mm, direkt über den kürzesten Weg (Schwerkraftrichtung) unten als Schlammfraktion ausgespült wird. Die konkrete Größe 2mm bezieht sich z.B. auf die Behandlung von Beton, da 2mm der Korngröße von Sand entspricht. Optional ist die

25 Unterstützung des Transports durch ein Medium möglich, was zusätzliche Freiheitsgrade (Medienart, -geschwindigkeit, -richtung) in der Prozessführung ermöglicht.

30 So lässt sich insbesondere für jedes Material die optimale Verweilzeit auf einer Elektrode bzw. Rutsche mit einem variablen Elektrodenabstand einstellen, um einen möglichst hohen Freilegungsgrad zu erzielen. Aufgrund der variablen Längen der Elektroden, muss das Material einen längeren Weg im Prozessgefäß zurücklegen, als wenn es einfach in Schwerkraftrichtung sinken würde. Dadurch kommt es viel häufiger zu einer Elektroimpulsbehandlung und der Freilegungsgrad kann dadurch maximiert werden.

35 Auch kann durch den längeren Prozessweg mehr Material gleichzeitig prozessiert werden, was den Durchsatz entscheidend erhöht und damit eine industrielle Anwendung ermöglicht.

Die Verweilzeiten der Partikel (Material) im Prozessgefäß sind gemäß der Erfindung variierbar und damit ist eine Optimierungsmöglichkeit für unterschiedliche Materialien und/oder Fraktionsgrößen (welche unterschiedliche Verweilzeiten im Prozessgefäß benötigen) vorhanden.

5

Elektrodenabstände sind insbesondere maximal und/oder minimal 2mm, 4mm, 8mm, 16mm, 32mm, 64 mm. Auch Zwischengrößen der Abstände sind bei Bedarf wählbar und frei einstellbar.

10

In einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Rutsche bzw. mindestens eine der Elektroden vibrierbar sind. Durch Vibration der Rutsche usw. wird ein Transport des Materials entlang der Rutsche homogenisiert und ein Festsetzen von Material auf der Rutsche erschwert. Alternativ oder zusätzlich sind bei geeigneter Elektrodenform auch um die eigene Längsachse drehbar gelagerte Elektroden vorstellbar die diesen Prozess unterstützen.

15

Gemäß der Erfindung sind damit die Elektroden nicht nur am Zerkleinerungsprozess beteiligt, sondern auch am Transportprozess.

20

Insgesamt ergibt sich insbesondere ein schräggestelltes Schienensystem, das den Materialtransport entlang des Schienensystems (z.B. noch nicht oder nicht zerkleinerbare Bestandteile) und durch das Schienensystem hindurch (z.B. ausreichend zerkleinerte/kleine Bestandteile) ermöglicht. Beides kann auch durch ein Transportmedium (Wasser, Öl, Gas etc.) unterstützt werden. Hier unterstützen die Elektroden den Transportprozess maßgeblich.

25

Bei dem schräggestellten Schienensystem erfolgt der Weitertransport von zu fragmentierenden Bestandteilen auch wenn diese größer sind als der Abstand der Fragmentierungselektroden (kleinere Partikel fallen durch, größere rutschen entlang der schiefen Ebenen, die durch die Schienenelektroden vorgegeben sind) und können aus dem Fragmentierungsbereich ausgeschleust und entweder an anderer Stelle wieder eingeschleust, oder als "Abfallprodukt" aus dem System transportiert und einer anderen Verwendung zugeführt werden.

30

35

Ein derartiges Schienensystem, kann durch die Schrägstellung nicht verstopfen. Der Weitertransport des Materials erfolgt auch ohne mechanisch bewegte Teile, d.h. aufgrund der Schwerkraft bzw. Hangabtriebskraft. Der Materialdurchfluss bzw. die -geschwindigkeit kann über die Winkelstellung des Schienensystems eingestellt und

- 10 -

zusätzlich durch ein strömendes Medium unterstützt werden. Zudem kann durch Änderung der Winkelstellung während des Betriebs, oder (insbesondere leichtes) Vibrieren der Elektroden der Weitertransport unterstützt werden.

5 Bei der erfindungsgemäßen Schwerkraftförderung wird das Material nicht (nur) an den Elektroden vorbeigeführt, sondern durch die bzw. mittels der Elektroden geführt und weitertransportiert. Gemäß der Erfindung wird der Materialstrom nicht (nur) an einer Elektrodenanordnung vorbeigeführt, vielmehr ist die Elektrodenanordnung selbst Teil des Materialstroms bzw. - sozusagen - in den Materialstrom integriert bzw. leitet den  
10 Materialstrom. Die Elektrodenanordnung (Rutschen- / Schienensystem, das selbst als Elektrodenanordnung wirkt / ausgeprägt ist) ist ausschlaggebend, dass der Materialstrom überhaupt fließen kann.

Gemäß der Erfindung kann die Transportgeschwindigkeit bei der Elektrodenanordnung durch die Schrägstellung der "Rutschen-/Schienenelektroden" maßgeblich mitbestimmt werden. Die Transportgeschwindigkeit hängt dann wesentlich vom Eigengewicht des Materials (nicht mehr so von der Stückgröße), der Winkelstellung der Elektroden und dem Materialanteil mit einer Fraktionsgröße kleiner dem Abstand der  
15 Schienenelektroden ab. Dieser Materialanteil kann dann durch das Schienensystem (Elektroden) nach unten hindurch fallen und direkt in den nächsten Prozessschritt mit der nächstkleineren Fraktionsgröße überführt werden. Der Materialstrom kann zusätzlich durch einen Strom der Prozessflüssigkeit oder des evtl. Prozessgases mit unterstützt werden. Ebenfalls kann dies z.B. durch eine zusätzliche Vibration oder ein Rütteln der Schienenelektroden unterstützt werden.  
20

25 Die Elektroden befinden sich insbesondere in der Prozessflüssigkeit oder einem entsprechend geeigneten Gas. Die Elektroden-Zufuhr kann von allen Seiten erfolgen. Das Material bzw. der Materialstrom wird durch die Elektroden in der Prozesskammer insbesondere vollständig oder zumindest teilweise geführt.

30 Die erfindungsgemäße Elektrodenanordnung erlaubt insbesondere auch größere Stückgrößen, als der maximale Abstand der Schienenelektroden / Elektrodenpaare voneinander. Diese liegen auf einem Schienensystem als Elektroden und werden durch diese auch geführt und können während des Materialtransports gleichzeitig bearbeitet werden. Eine Stückgröße größer als der jeweilige Abstand der Schienenelektroden ist  
35 hier eine wesentliche Voraussetzung, dass die jeweilige Fraktionsgröße auch im zugehörigen Bearbeitungsschritt weiter fragmentiert werden kann. Bei kleiner

Stückgröße fallen die Anteile durch das Schienensystem hindurch und werden dem nächsten Bearbeitungsschritt zugeführt.

5 Der Abstand der Schienenelektroden zueinander muss nicht gleichmäßig sein, sondern kann z.B. auch entlang des Schienensystems (Elektroden) zu- oder abnehmen. Dies kann bei der Anpassung des nächsten Prozessschrittes / Prozessstufe mit berücksichtigt werden.

10 Durch das Schienen-Elektrodensystem kann im Idealfall das gesamte Material in einem Durchlauf vollständig fragmentiert werden. Gleichzeitig können nicht ausreichend fragmentierte Anteile am Ende der Schienenelektroden über geeignete Fördermaßnahmen dem Prozess bzw. dem Fragmentierungsabschnitt erneut zugeführt werden oder als Abfall/Ausschuss einer anderen Verwendung (z.B. Deponierung, Straßenbau, ...) zugeführt werden.

15 Gemäß der Erfindung können generell alle Elektroden als frei "floatend" gehandhabt werden. Ein Elektrodenpaar kann z.B. aus zwei Hochspannungselektroden bestehen, die mit einem geeigneten Hochspannung-Impulsgenerator kurzzeitig auf dieselbe Hochspannung angehoben werden, aber umgekehrten Vorzeichen.

20 Ein Schienen-Elektrodensystem kann aus verschiedenen Elektrodenkonfigurationen bestehen z.B.: Die einfachste Konfiguration ist ein Schienenpaar, wobei nur wesentlich ist, dass die einzelnen Elektroden durch einen entsprechenden Hochspannungspuls auf ein elektrisches Potenzial bzw. Potenzialdifferenz gebracht werden, so dass eine  
25 entsprechende, für die Fragmentierung geeignete Entladung zwischen den Elektroden stattfinden kann. Das Elektrodenpotenzial der einzelnen Elektrode kann dabei sowohl positiv, negativ oder auch auf Erdpotenzial (Ground) liegen.

30 Andere Konfigurationen der Schienen-Elektroden Anordnung sind U- oder Ring-förmige oder Sternförmige Anordnung von Schienen-Elektroden/Elektrodenpaaren, auch andere Anordnungen sind denkbar.

Eine Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die Fragmentierungsanlage eine Fördervorrichtung zur Förderung eines Mediums in einer Medienförderrichtung aufweist.  
35 Die Fragmentierungsanlage kann das Medium auch umfassen. Das Medium ist vorzugsweise eine Flüssigkeit und im Speziellen ist das Medium Wasser. Alternativ kann das Medium gasförmig sein. Die Fördervorrichtung weist beispielsweise eine Pumpe zur Förderung des Mediums auf. Das Medium dient dazu, den Materialtransport zu

unterstützen. Beispielsweise werden durch die Förderung des Mediums in Medienförderrichtung Teile des Materials und/oder Fragmentierungselemente des Materials mitgenommen und/oder mitgerissen. Beispielsweise dient das Medium einer Auftrennung der Fragmente, beispielsweise auf einem chromatografischen Prinzip. 5 Besonders bevorzugt ist eine konstante und/oder kontinuierliche Medienförderung vorgesehen. Die Medienförderung des Mediums erfolgt vorzugsweise in Transportrichtung im Speziellen entlang des Transportweges. Im Speziellen erfolgt die Medienförderung im Fraktionierungsabschnitt. Beispielsweise wird der Fraktionierungsabschnitt und/oder der Transportweg mittels der Fördereinrichtung von dem Medium durchspült. Die Fördervorrichtung dient zum automatischen Austragen von 10 Fragmenten des Materials.

Bei der Erfindung spielt die Leitfähigkeit des Mediums, insbesondere der Prozessflüssigkeit, eine untergeordnete Rolle. Aufgrund einer speziellen Pulsform kann 15 sowohl mit sehr geringer Leitfähigkeit als auch mit hoher Leitfähigkeit gearbeitet werden. Im Verlauf des Prozesses nimmt in der Regel die Leitfähigkeit der Prozessflüssigkeit durch die Freisetzung mineralischer Bestandteile und Salze erwartungsgemäß zu.

Bei anderen bisherigen Verfahren, ist eine hohe Leitfähigkeit vielmehr von Nachteil. Eine 20 hohe Leitfähigkeit erhöht den Stromfluss durch die Prozessflüssigkeit, wodurch mehr Energie in der Prozessflüssigkeit als Wärme umgesetzt wird und zur Aufheizung der Prozessflüssigkeit führt. Dadurch geht ein Großteil der Energie, die für die Fragmentierung des Materials benötigt wird, in Form von Wärme verloren. Zudem muss das Prozesswasser gekühlt werden. Dadurch wird der Prozess deutlich uneffizient, was 25 sich auch in der erforderlichen deutlich höheren Leistung pro Puls widerspiegelt.

Das Medium ist insbesondere ein Medium, welches im Parameterbereich der Hochspannungsentladung, beispielsweise für die Pulslänge und/oder Pulsamplitude, einen Isolator bildet. Insbesondere ist die Durchschlagsfestigkeit des Mediums größer 30 als die Durchschlagsfestigkeit von Raumluft. Dieser Ausgestaltung liegt die Überlegung zugrunde, dass die Hochspannungsentladung nicht über das Medium erfolgt sondern die Hochspannungsentladung über das Material erfolgt und das Material so fragmentiert wird. Im Speziellen umgibt das Medium das Material beim Materialtransport.

Besonders bevorzugt ist es, dass die Medienförderrichtung oder zumindest eine 35 Komponente dieser Richtung gegen die Transportrichtung gerichtet ist. Beispielsweise ist die Transportrichtung bezüglich der Schwerkraftrichtung von oben nach unten gerichtet, wobei die Medienförderrichtung dann von unten nach oben gerichtet ist.

Alternativ kann es vorgesehen sein, dass die Medienförderrichtung oder zumindest eine Komponente dieser Richtung gleichgerichtet zur Transportrichtung ist. Die Medienförderrichtung kann von oben nach unten oder von unten nach oben gerichtet sein. Insbesondere ist es vorgesehen, dass das Medium wiederverwendbar ist und/oder  
5 wiederverwendet wird. Beispielsweise wird das Medium nach Durchlaufen des Transportweges oder nach erfolgter Förderung aufgefangen und erneut gefördert. Das aufgefangene Medium wird vorzugsweise gefiltert und/oder anderweitig gereinigt, bevor es wieder zur Förderung eingesetzt wird. Dieser Ausgestaltung liegt die Überlegung zugrunde zum einen eine gute Auftrennung der Materialfragmente zu erreichen und zum  
10 anderen eine ressourcensparende Fragmentierungsanlage bereitzustellen.

Insbesondere ist das Medium Wasser. Insbesondere ist das Medium destilliertes Wasser. Das Medium weist vorzugsweise eine Durchschlagsfestigkeit von größer als 20 Kilovolt pro Millimeter auf. Im Speziellen weist das Medium eine Durchschlagsfestigkeit  
15 größer als 40 Kilovolt pro Millimeter auf und im Speziellen eine Durchschlagsfestigkeit von größer als 60 Kilovolt pro Millimeter. Das Medium kann ferner als Öl, im Speziellen als getrocknetes Öl ausgebildet sein. Beispielsweise ist das Medium ein Transformatorenöl. Dieser Ausgestaltung liegt die Überlegung zugrunde, eine  
20 Fragmentierungsanlage bereitzustellen, welche einen verbesserten Fragmentierungsgrad aufweist und eine energiesparende Fragmentierung des Materials ermöglicht.

Insbesondere kann es auch vorgesehen sein, dass die Fragmentierungsanlage eine Rückführungsvorrichtung aufweist. Dabei wird zurückgehaltenes Material, beispielsweise  
25 von dem Selektivierungsmittel zurückgehaltenes Material zurück in Richtung Einlass transportiert. Solches zurückgeführtes Material muss den Prozess dann erneut durchlaufen, sodass es erneut mit der Hochspannungsentladung behandelt wird.

Besonders bevorzugt ist es, dass die erste Elektrode und die zweite Elektrode in einem Abstand kleiner als der Mindestdurchmesser angeordnet sind. Die erste Elektrode und die zweite Elektrode können in Transportrichtung parallel, konvergierend oder  
30 divergierend angeordnet sein. Beispielsweise sind die erste Elektrode und die zweite Elektrode keilförmig und/oder v-förmig angeordnet. Die zusammenlaufend angeordnete erste Elektrode und zweite Elektrode bilden beispielsweise als eine seitliche Begrenzung  
35 die Selektivierungsvorrichtung, beispielsweise kann ein zu großer Materialbrocken nicht weiter in Transportrichtung transportiert werden, wenn der Abstand zwischen erster Elektrode und zweiter Elektrode kleiner ist als dessen Durchmesser.

Eine Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass der Abstand zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode einstellbar ist. Beispielsweise ist der Abstand zwischen erster Elektrode und zweiter Elektrode so wählbar, dass ein gewünschter Aufschlussgrad, eine Korngröße oder ein Fragmentierungsgrad erreicht wird. Sind erste Elektrode und zweite Elektrode zusammenlaufend angeordnet, so kann beispielsweise der Winkel zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode veränderbar sein. Dieser Winkel wird vorzugsweise so eingestellt, dass der Fragmentierungsgrad erreicht wird, der gewünscht ist. Durch eine Vergrößerung des Winkels wird beispielsweise erreicht, dass Fragmente größeren Durchmessers schneller und/oder weiter in Transportrichtung transportiert werden können. Beispielsweise wird für eine Verkleinerung des Winkels zwischen erster und zweiter Elektrode eine bessere Fragmentierung erreicht, da größere Fragmentteile länger zurückgehalten werden und nur kleine Komponenten vordringen können. Dieser Ausgestaltung liegt die Überlegung zugrunde, eine Fragmentierungsanlage bereitzustellen, welche einen verbesserten und/oder einstellbaren Fragmentierungsgrad aufweist.

Besonders bevorzugt ist es, dass die Fragmentierungsanlage eine Mehrzahl an Hochspannungspulsquellen aufweist. Insbesondere weist die Fragmentierungsanlage mindestens zwei Hochspannungspulsquellen und im Speziellen mindestens drei Hochspannungspulsquellen auf. Die Hochspannungspulsquellen bzw. deren Elektroden sind entlang des Transportweges angeordnet. Insbesondere bildet die Mehrzahl an Hochspannungspulsquellen eine mehrstufige Anlage. Die Fragmentierungsanlage mit einer Mehrzahl an Hochspannungspulsquellen weist auch eine Mehrzahl an Fraktionierungsabschnitten auf. Die unterschiedlichen Hochspannungspulsquellen und/oder Elektroden der Hochspannungspulsquellen sind an unterschiedlichen Fraktionierungsabschnitten angeordnet. Die Hochspannungspulsquellen und/oder Fraktionierungsabschnitte sind insbesondere beabstandet und/oder überlappungsfrei zueinander angeordnet. Die Hochspannungspulsquellen sind zur Ausgabe eines Hochspannungspulses und/oder zur Erzeugung einer Hochspannungsentladung ausgebildet. Insbesondere geben die Hochspannungspulsquellen der Fragmentierungsanlage unterschiedliche Hochspannungspulse und/oder Hochspannungsentladungen aus. Insbesondere unterscheiden sich die Arbeitsspannungen der Mehrzahl an Hochspannungspulsquellen in der Fragmentierungsanlage. Die Arbeitsspannungen der Hochspannungspulsquellen sind beispielsweise an den Fragmentierungsgrad und/oder an die Korngröße im jeweiligen Fragmentierungsabschnitt anpassbar. Neben der Arbeitsspannung kann es auch vorgesehen sein, dass weitere Pulsparameter sich für die unterschiedlichen Hochspannungspulsquellen unterscheiden, beispielsweise Pulslänge und/oder

Pulsfrequenz. Im Speziellen kann es vorgesehen sein, dass die Arbeitsspannung für die Hochspannungspulsquellen entlang des Transportweges kleiner werden. Dieser Ausgestaltung liegt die Überlegung zugrunde, dass eine Fragmentierungsanlage durch den Betrieb unterschiedlicher Hochspannungspulsquellen eine verbesserte  
5 Fragmentierung erreicht. Insbesondere sind die Arbeitsspannungen an den jeweils vorherrschenden Durchmesser und/oder die vorherrschende Korngröße anpassbar.

Im Besonderen sind die einzelnen Fraktionierungsabschnitte 18 übereinander bzw. untereinander angeordnet (Figur 1), derart, dass fragmentiertes Material kleiner einer  
10 dem Fraktionierungsabschnitt entsprechenden Maximalgröße direkt in die nächste Fragmentierungsstufe z.B. mittels Schwerkraft und Unterstützung durch ein strömendes Mediums transferiert werden kann. Alternativ können die Fraktionierungsabschnitte 18 auch nacheinander oder nebeneinander oder in einer einem hohen Durchsatz fördernden Form angeordnet werden. In diesem Fall erfolgt der Materialtransfer  
15 zwischen den Fraktionierungsabschnitten vermehrt mittel z.B. mechanischen, elektrischen oder auch hydrodynamischen Transportmethoden. Auch andere Methoden sind denkbar.

Insbesondere ist es vorgesehen, dass die Fragmentierungsanlage eine  
20 Materialförderung entlang des Transportweges von mehr als 10 Tonnen pro Stunde aufweist. Vorzugsweise ist die Materialförderung entlang des Transportweges größer als 20 Tonnen pro Stunde und im Speziellen größer als 50 Tonnen pro Stunde. Das Material wird beispielsweise von und/oder aus einem Aufgabebunker bezogen und zu einem jeweiligen Auffangbehälter an einem der Auslässe gefördert.

25 Besonders bevorzugt ist es, dass die schiefe Ebene einen Steigungswinkel aufweist. Der Steigungswinkel ist insbesondere der Winkel zwischen dem Fraktionierungsabschnitt und/oder dem Transportweg und einer Horizontalen. Der Steigungswinkel ist insbesondere einstellbar. Besonders bevorzugt ist es, dass der Steigungswinkel so  
30 einstellbar ist, dass eine Fördergeschwindigkeit und/oder Transportgeschwindigkeit des Materials einstellbar ist. Beispielsweise kann der Winkel steiler gestellt werden, wenn mehr Material nachgeliefert werden soll und/oder die Transportgeschwindigkeit erhöht werden soll. Bei einem Materialstau kann es beispielsweise vorgesehen sein, dass der Steigungswinkel reduziert wird und die schiefe Ebene flacher gestellt wird, sodass erst  
35 vorhandenes Material aufgetrennt und/oder fraktioniert wird.

Optional ist es vorgesehen, dass der Fraktionierungsabschnitt und/oder der Transportweg Förderstrukturen aufweist. Die Förderstrukturen sind beispielsweise als

Rollen ausgebildet. Insbesondere sind die Förderstrukturen und/oder die Rollen antriebslos, beispielsweise ohne Motorantrieb, ausgebildet. Die Elektroden können Teil der Förderstrukturen sein und/oder können die Förderstrukturen bilden. Die Förderstrukturen sind ausgebildet, den Materialtransport zu unterstützen und/oder zu fördern.

Eine Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass der Fraktionierungsabschnitt und/oder der Transportweg Siebstrukturen zum Ausschleusen von Kleinstfraktionen aufweist. Kleinstfraktionen sind beispielsweise Fragmente des Materials und/oder Materialteile welche einen Durchmesser und/oder eine Korngröße kleiner einem Mindestdurchmesser, z.B. kleiner als zwei Millimeter aufweisen. Solche Kleinstfraktionen fallen beispielsweise durch die Siebstrukturen und werden so aus dem weiteren Prozess zügig ausgeschleust, sodass nur grobkörnige Fragmente zurückbleiben und weiter aufgeschlossen werden. Dieser Ausgestaltung liegt die Überlegung zugrunde, eine Fragmentierungsanlage bereitzustellen, welche die Fragmentierung von Material im industriellen Maßstab ermöglicht. Insbesondere ist es vorgesehen, dass durch den Einsatz von Förderstrukturen, der Fördereinrichtung, der schiefen Ebene und/oder den Siebstrukturen sich ein dynamisches Gleichgewicht einstellen kann, welches dazu führt, dass Material und/oder Materialfragmente an mehreren Stellen fraktioniert werden können und/oder abgetrennt werden, sodass sich der Durchsatz erhöht. Insbesondere wird Feinstmaterial und/oder Kleinstfraktionen welches nicht mehr weiter fragmentiert werden kann automatisch ausgeschleust und kann beispielsweise mit dem Medium, beispielsweise Wasser, ausgetragen werden, sodass dies den Prozess nicht weiter stört und/oder belastet.

Es kann auch vorgesehen sein, dass die Fragmentierungsanlage eine Trocknungsvorrichtung vorsieht, wobei in der Trocknungsvorrichtung die Fragmente getrocknet werden. Ebenso ist eine Sortierung der Fragmente möglich, beispielsweise eine direkte Sortierung mittels einer Vorrichtung beim Ausschleusen aus dem jeweiligen Abschnitt. Es ist dabei vorgesehen, dass das fragmentierte Material weiterverwendet werden kann und zur Herstellung beispielsweise von Frischbeton in einen erneuten Stoffkreislauf zugeführt werden kann.

Einen weiteren Gegenstand der Erfindung bildet ein Verfahren, insbesondere unter Verwendung der vorher beschriebenen Fragmentierungsanlage, zur elektrodynamischen Fragmentierung von Material, bei dem ein Transport von Material von einem Einlass zu einem Auslass hin entlang eines Transportweges erfolgt, wobei der Transportweg einen Fraktionierungsabschnitt aufweist, wobei mindestens eine Hochspannungspulsquelle

mindestens eine erste und eine zweite Elektrode aufweist, wobei die Hochspannungspulsquelle eine Hochspannungsentladung in einem Entladungsraum erzeugt, wobei der Entladungsraum zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode angeordnet ist, wobei Material und/oder Fragmente des Materials mit einem Durchmesser kleiner als ein Mindestdurchmesser an zumindest einem Teil eines der Fraktionierungsabschnitte vorbeigeschleust werden.

Weitere Vorteile, Wirkungen und Ausgestaltungen ergeben sich aus den beigefügten Figuren und deren Beschreibung. Dabei zeigen:

Figur 1 ein Ausführungsbeispiel einer Fragmentierungsanlage;

Figur 2 eine Detailansicht eines Transportweges als ein erstes Ausführungsbeispiel;

Figur 3 einen Transportweg als ein zweites Ausführungsbeispiel;

Figur 4 einen Transportweg als ein weiteres Ausführungsbeispiel.

Figur 1 zeigt schematisch eine Fragmentierungsanlage 1. Die Fragmentierungsanlage 1 weist ein Gehäuse 2 auf. Das Gehäuse 2 ist ein Metallgehäuse. Das Gehäuse 2 ist siloförmig aufgebaut. Das Gehäuse 2 weist einen Einlass 3 und mehrere Auslässe 4 auf. Über den Einlass 3, welcher hier als Loch im Gehäuse 2 ausgestaltet ist, wird Material 5 in das Gehäuse 2 eingebracht. Über die Auslässe 4 wird fragmentiertes Material 6 aus dem Gehäuse 2 entfernt. Über die Mehrzahl an Auslässen 4 werden jeweils unterschiedliche Fragmentierungsgrade des fragmentierten Materials 6 ausgeschleust. Die Fragmentierungsanlage 1 ist mit einem Materiallager 7 verbunden.

Das Materiallager 7 ist als ein Bunker bzw. als ein Silo ausgebildet. In dem Materiallager 7 kann das Material 5 bis zur Fragmentierung gelagert werden. Das Material 5 ist hier ein grobes Material, und umfasst Blöcke und steinförmige Elemente. Hier ist das Material Beton, welcher aufgereinigt und fragmentiert werden soll. Das Materiallager 7 ist mittels einer Leitung mit dem Einlass 3 verbunden, um das Material 5 von vom Materiallager in das Gehäuse 2 zu bringen.

Im Gehäuse 2 ist ein Transportweg 8 vorgesehen. Der Transportweg 8 führt von dem Einlass 3 zu den Auslässen 4. Der Transportweg 8 ist hier schienenförmig ausgebildet. Entlang des Transportweges 8 erfolgt ein Transport des Materials 5 in eine Transportrichtung 9. Der Transportweg 8 ist als eine Abfolge von abfallenden schiefen

Ebenen ausgebildet. Insbesondere ist der Transportweg 8 als eine zick-zack-förmige abfallende schiefe Ebene ausgebildet. Die Steigung des Transportweges 8 und/oder von Abschnitten des Transportweges 8 sind in nicht dargestellter Weise einstellbar. Der Steigungswinkel des Transportweges ist vorzugsweise zwischen 20 und 80 Grad gegenüber der Horizontalen einstellbar. Mittels der Einstellung des Steigungswinkels des Transportweges 8 ist die Fördergeschwindigkeit des Materials entlang des Transportweges 8 einstellbar und/oder variierbar.

Der Transportweg 8 weist Fraktionierungsabschnitte auf. In jedem der Fraktionierungsabschnitte ist jeweils eine erste Elektrode 10a und eine zweite Elektrode 10b angeordnet, siehe hierzu auch Figuren 2 und 4. Die Elektroden 10a und 10b bilden eine Schiene. Der Abstand der Elektroden ist dabei kleiner als ein jeweiliger Minstdurchmesser. Die Minstdurchmesser sind für die unterschiedlichen Fraktionierungsabschnitte verschieden, wobei der Minstdurchmesser und/oder der Abstand der Elektroden im Fraktionierungsabschnitt im Verlauf des Transportweges 8 abnimmt. Das Material 5 und/oder Fragmente des Materials können teilweise auf den Schienen und/oder den Elektroden 10a und 10b aufliegen. Das Material 5 und/oder die Fragmente des Materials können auf den Elektroden rutschen und/oder transportiert werden.

Die Fragmentierungsanlage weist eine Mehrzahl an Hochspannungspulsquellen 11 auf, wobei jeder der Hochspannungspulsquellen 11 jeweils eine der ersten Elektroden 10a und der zweiten Elektroden 10b umfassen. Die Hochspannungspulsquellen 11 sind ausgebildet mittels der Elektroden 10a und 10b eine Hochspannungsentladung in einem Entladungsraum zu erzeugen. Material 5 welches sich auf dem Transportweg 8 befindet und sich zwischen den bzw. im Entladungsraum der Elektroden 10a,b befindet, wird mittels des Hochspannungspulses und/oder der Hochspannungsentladung fragmentiert. Die Hochspannungsentladung erfolgt, wenn sich Material 5 im Fraktionierungsabschnitt befindet, durch das Material 5. Eine Fragmentierung des Materials 5 entspricht einer Zerkleinerung und im Speziellen einer stoffspezifischen Zerkleinerung und/oder Aufreinigung. Die Hochspannungspulsquelle 11 ist ausgebildet Hochspannungsentladungen mit einer Spannung größer als 10 Kilovolt zu erzeugen.

Die Fragmentierungsanlage 1 weist hier sechs Hochspannungspulsquellen 11 auf und je sechs Elektroden 10a und 10b die an unterschiedlichen Orten entlang des Transportweges 8 angeordnet sind. Die Hochspannungspulsquellen 11 werden mit unterschiedlichen Betriebsparametern, insbesondere Spannung, Pulslänge und/oder Leistung betrieben. Die Leistung und/oder die Spannung der Hochspannungspulsquellen

11 ist im Verlauf der Anordnung bzw. in Transportrichtung 9 von Einlass 3 zu Auslass 4 fallend. Dies liegt insbesondere darin begründet, dass für Material 5 in der Nähe des Einlasses 3 eine höhere Leistung erforderlich ist, um dieses zu fragmentieren und/oder aufzutrennen, und für Material 5 und/oder Materialfragmente in der Nähe des Auslasses 4, welche schon teilweise zerkleinert sind, geringere Betriebsparameter und Leistungen genügen.

An den Auslässen 4 sind (hier symbolisch entfernt von diesen angedeutet) jeweils eine Siebung 12 und ein Rüttelband 13 angeordnet. Diese dienen dazu, die Fragmente des Materials zu sortieren, beispielsweise derart, dass kleine Fragmente direkt ausgeschleust werden und größere Fragmente zurück in das Gehäuse 2 gebracht werden oder im Gehäuse 2 verbleiben und die weitere Fragmentierung durchlaufen.

Die Fragmentierungsanlage 1 weist eine Fördervorrichtung 14 auf. Die Fördervorrichtung 14 weist einen Medientank 15 auf. In dem Medientank 15 ist ein flüssiges Medium 16 angeordnet, hier Wasser. Mittels der Fördervorrichtung 14 wird das Medium 16 in eine Förderrichtung gefördert. Dabei wird das Medium 16 beispielsweise im Bereich dem Einlass 3 dem Gehäuse und/oder dem Transportweg 8 zugeführt und am Auslass 4 aufgefangen.

Das aufgefangene Medium 16 wird mittels einer Filtereinrichtung gefiltert und zurück in den Medientank 15 gepumpt, sodass das gefilterte Medium 16 wieder gefördert werden kann. Die Fördervorrichtung 14 dient dazu mittels der Förderung des Mediums 16 entlang des Transportweges 8 den Transport des Materials 5 entlang des Transportweges 8 zu unterstützen. Beispielsweise ist mittels einer Einstellung der Fördermenge des Mediums 16 die Transportgeschwindigkeit des Materials 5 entlang des Transportweges 8 einstellbar.

Das fragmentierte Material 6 wird in einem Auffangbehälter 17 aufgefangen und gelagert. Insbesondere wird gesiebtes fragmentiertes Material 6 im Auffangbehälter 17 aufgefangen und gelagert. Das fragmentierte Material 6 ist ein zerkleinertes und vorzugsweise größen- und/oder sortenaufgeinigtes und/oder aufgetrenntes Material 5.

Figur 2 zeigt symbolisch einen Ausschnitt eines Transportweges 8, wobei Material 5 in die Transportrichtung 9 transportiert wird. Der Transportweg 8 weist eine Mehrzahl an Fraktionierungsabschnitten 18 auf. Der Transportweg 8 und/oder die Fraktionierungsabschnitte 18 sind schienenförmig, beispielsweise als Hutschienen ausgebildet. Entlang der Fraktionierungsabschnitte 18 sind jeweils eine erste Elektrode

- 20 -

10a und eine zweite Elektrode 10b angeordnet. Die erste Elektrode 10a und die zweite Elektrode 10b sind in diesem Ausführungsbeispiel parallel zueinander angeordnet. Die Elektroden 10a und 10b begrenzen den Transportweg 8 in der Breite. Die Elektroden 10a und 10b weisen jeweils eine Längserstreckung auf, wobei die Längserstreckung insbesondere größer ist als 10 Zentimeter und im Speziellen größer ist als 100 Zentimeter.

Die erste Elektrode 10a bildet vorzugsweise eine Kathode, wobei die zweite Elektrode 10b eine Anode bildet. Mittels der Hochspannungspulsquelle 11 ist ein Hochspannungspuls 19a, 19b und 19c als eine Hochspannungsentladung (symbolisiert als Pfeil) erzeugbar. Die Elektroden 10a und 10b in den unterschiedlichen Fraktionierungsabschnitten 18 werden jeweils mit unterschiedlichen Betriebsparametern der Hochspannungspulsquelle 11 betrieben. So ist der Hochspannungspuls 19a ein stärkerer Puls als der Hochspannungspuls 19b, wobei der Hochspannungspuls 19b ein stärkerer Puls ist als der Hochspannungspuls 19c. Ein stärkerer Puls bedeutet insbesondere, dass die Spannung größer ist und/oder dass die Leistung größer ist. Während das Material 5 vor Beginn des ersten Fraktionierungsabschnitts 18 einen ersten Durchmesser aufweist, weist das Teilweise fragmentierte Material zwischen dem ersten Fragmentierungsabschnitt und dem zweiten Fragmentierungsabschnitt einen kleineren Durchmesser auf. Fragmente die durch den ersten Hochspannungspuls 19a entstehen und einen Durchmesser kleiner als der Mindestdurchmesser haben fallen durch die Schienen und/oder Elektroden 10a und 10b, sodass sie nicht in den Bereich des zweiten Hochspannungspuls 19b gelangen. Selbiges gilt analog für Fragmente die durch den zweiten Hochspannungspuls 19b entstehen. Nach dem letzten Hochspannungspuls liegt fragmentiertes Material 6 vor, welches einen Durchmesser kleiner als der Mindestdurchmesser aufweist.

Figur 3 zeigt ein weiteres symbolisches Ausführungsbeispiel eines Transportweges 8 für Materialtransport in Transportrichtung 9. Der Transportweg 8 ist wieder schienenförmig ausgebildet. Die Hochspannungspulsquellen 11 weisen wieder jeweils eine erste Elektrode 10a und eine zweite Elektrode 10b auf. Die Elektroden 10a und 10b sind in diesem Ausführungsbeispiel senkrecht zur Transportrichtung 9 angeordnet. Die Elektroden 10a und 10b sind als Rollen ausgebildet, welche drehbar um ihre Längsachse sind. Die rollenförmigen Elektroden 10a und 10b sind zur Unterstützung des Materialtransportes ausgebildet. Zwischen den Elektroden 10a und 10b ist mittels der Hochspannungspulsquelle 11 jeweils ein Hochspannungspuls 19 erzeugbar, wobei der Hochspannungspuls 19 gleichgerichtet ist zur Transportrichtung 9. Zwischen den

Elektroden 10a und 10b ist mittels des Hochspannungspulses 19 jeweils eine Materialzerkleinerung möglich.

Figur 4 zeigt ein weiteres symbolisches Ausführungsbeispiel eines Transportweges 8 für Materialtransport in Transportrichtung 9. Die Hochspannungspulsquellen 11 weisen wieder jeweils eine erste Elektrode 10a und eine zweite Elektrode 10b auf. Die Elektroden 10a und 10b sind dabei gleichgerichtet zur Transportrichtung 9 angeordnet. Allerdings sind die Elektroden 10a und 10b einer Hochspannungspulsquelle 11 nicht parallel zum Transportweg 8 angeordnet sondern schließen mit der Transportrichtung 9 einen Winkel ein. Die erste Elektrode 10a und die zweite Elektrode 10b sind jeweils v-förmig angeordnet. Der Abstand zwischen der ersten Elektrode 10a und der zweiten Elektrode 10b, insbesondere im Engstellenbereich ist im Verlauf des Transportweges 8 in Transportrichtung 9 abnehmend. So können die Elektroden 10a und 10b an ihrer Engstelle einen Transportrückhalt bilden, sodass insbesondere zu große Materialbruchstücke zurückgehalten werden. Der Hochspannungspuls 19 ist ähnlich wie Figur 2 senkrecht oder gewinkelt zur Transportrichtung 9.

## Bezugszeichenliste

|    |         |                          |
|----|---------|--------------------------|
|    | 1       | Fragmentierungsanlage    |
|    | 2       | Gehäuse                  |
| 5  | 3       | Zufuhr                   |
|    | 4       | Auslass                  |
|    | 5       | Material                 |
|    | 6       | Material                 |
|    | 7       | Materiallager            |
| 10 | 8       | Transportweg             |
|    | 9       | Transportrichtung        |
|    | 10a,b   | Elektroden               |
|    | 11      | Hochspannungspulsquellen |
|    | 12      | Siebungen                |
| 15 | 13      | Rüttelband               |
|    | 14      | Fördervorrichtung        |
|    | 15      | Medientank               |
|    | 16      | Medium                   |
|    | 17      | Auffangbehälter          |
| 20 | 18      | Fraktionierungsabschnitt |
|    | 19a-19c | Hochspannungspuls        |

**PATENTANSPRÜCHE**

- 5
1. Fragmentierungsanlage (1) zur elektrodynamischen Fragmentierung von Material (5),
- 10 mit einem Einlass (3) und mit mindestens einem Auslass (4) für das Material (5) und mit einem vom Einlass (3) zu den Auslässen (4) führenden Transportweg (8) für einen Transport des Materials (5) entlang des Transportwegs (8) in eine Transportrichtung (9),
- mit mindestens einer Hochspannungspulsquelle (11), wobei jede der Hochspannungspulsquellen (11) mindestens eine erste Elektrode (10a) und mindestens
- 15 eine zweite Elektrode (10b) zur Erzeugung einer Hochspannungsentladung (19) in einem Entladungsraum umfasst, wobei der Transportweg (8) mindestens einen Fraktionierungsabschnitt (18) aufweist, wobei der Fraktionierungsabschnitt (18) durch den Entladungsraum verläuft,
- 20 mit einem Selektivierungsmittel zur selektiven Austragung des Materials (5) am Transportweg (8), um Material (5) und/oder Fragmente des Materials mit einem Durchmesser kleiner als ein Mindestdurchmesser an zumindest einem Teil eines der Fraktionierungsabschnitte (18) vorbeizuschleusen.
- 25 2. Fragmentierungsanlage (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Selektivierungsmittel die erste Elektrode (10a) und die zweite Elektrode (10b) umfasst.
3. Fragmentierungsanlage (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Elektrode (10a) und die zweite Elektrode (10b) eine Schiene bilden.
- 30 4. Fragmentierungsanlage (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Fraktionierungsabschnitt (18) eine in Transportrichtung (9) abfallende schiefe Ebene bildet.
- 35 5. Fragmentierungsanlage (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Elektrode (10a) und die zweite Elektrode (10b) eine Längserstreckung aufweisen, wobei die erste Elektrode (10a) und die zweite Elektrode

(10b) mit der Längserstreckung gleichgerichtet zur Transportrichtung (9) angeordnet sind.

- 5        6.        Fragmentierungsanlage (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei der Elektroden (10a,b) eine gegenüber der Schwerkraftrichtung in Transportrichtung (9) abfallende Rutsche für das Material (5) bilden.
- 10       7.        Fragmentierungsanlage (1) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass eine Länge und/oder ein Neigungswinkel mindestens einer der Elektroden (10a,b) der Rutsche und/oder ein Abstand zwischen mindestens zwei der Elektroden (10a,b) der Rutsche veränderbar ist.
- 15       8.        Fragmentierungsanlage (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Fördervorrichtung (14) zur Förderung eines Mediums (16) in eine Medienförderrichtung, um den Transport des Materials (5) zu unterstützen.
- 20       9.        Fragmentierungsanlage (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand zwischen der ersten Elektrode (10a) und der zweiten Elektrode (10b) veränderbar und/oder einstellbar ist.
- 25       10.       Fragmentierungsanlage (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Hochspannungspulsquelle (11) dazu ausgebildet ist, einen Hochspannungspuls mit Arbeitsspannung größer als 10 kV als Hochspannungsentladung (19) auszugeben.
- 30       11.       Fragmentierungsanlage (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Mehrzahl an Hochspannungspulsquellen (11) zur Ausgabe von Hochspannungsentladungen (19) unterschiedlicher Arbeitsspannungen.
12.       Fragmentierungsanlage (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, dass der Transportweg (8) zur Förderung von mehr als 10 Tonnen des Materials (5) pro Stunde ausgebildet ist.
- 35       13.       Fragmentierungsanlage (1) nach einem der Ansprüche 3 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der als schiefe Ebene abfallende Fraktionierungsabschnitt (18) einen Steigungswinkel zum Transport des Materials (5) basierend auf einer Hangabtriebskraft aufweist, wobei der Steigungswinkel zur Einstellung einer

- 25 -

Transportgeschwindigkeit für das Material entlang des Fraktionierungsabschnitts (18) einstellbar ist.

14. Fragmentierungsanlage (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Fraktionierungsabschnitt (18) Förderstrukturen aufweist.

15. Fragmentierungsanlage (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Transportweg (8) mindestens eine Siebstruktur zum Ausschleusen von Kleinstfraktionen des Materials (5) aufweist.

16. Verfahren zur elektrodynamischen Fragmentierung von Material (5), bei dem ein Transport von Material (5) von einem Einlass(3) zu einem Auslass (4) hin entlang eines Transportweges (9) erfolgt, wobei der Transportweg (8) einen Fraktionierungsabschnitt (18) aufweist, wobei mindestens eine Hochspannungspulsquelle (11) mindestens eine erste Elektrode (10a) und mindestens eine zweite Elektrode (10b) aufweist, wobei die Hochspannungspulsquelle (11) eine Hochspannungsentladung in einem Entladungsraum erzeugt, wobei der Entladungsraum zwischen der ersten Elektrode (10a) und der zweiten Elektrode (10b) angeordnet ist, wobei Material (5) und/oder Fragmente des Materials mit einem Durchmesser kleiner als ein Mindestdurchmesser an zumindest einem Teil eines der Fraktionierungsabschnitte (18) vorbeigeschleust werden.

17. Verfahren nach Anspruch 16, wobei das Verfahren mit der Fragmentierungsanlage (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 15 durchgeführt wird.