



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
28.09.2022 Patentblatt 2022/39

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B07B 13/04 (2006.01) **B07B 13/18** (2006.01)
B07B 1/46 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **22163317.5**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B07B 13/04; B07B 1/4609; B07B 13/18;
B07B 1/4645

(22) Anmeldetag: **21.03.2022**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(72) Erfinder:
• **Müller, Jörg K.**
48145 Münster (DE)
• **Beukenberg, Markus**
45481 Mülheim an der Ruhr (DE)

(74) Vertreter: **Cohausz Hannig Borkowski Wißgott**
Patentanwaltskanzlei GbR
Schumannstraße 97-99
40237 Düsseldorf (DE)

(30) Priorität: **26.03.2021 DE 102021107719**

(71) Anmelder: **Soil2Sand UG (haftungsbeschränkt)**
40764 Langenfeld (DE)

(54) **VERFAHREN UND ANLAGE ZUR GEWINNUNG EINES SANDARTIGEN BODENBAUSTOFFS UND DESSEN VERWENDUNG ZUR HERSTELLUNG VON BETON ODER ASPHALT**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anlage zur Gewinnung eines sandartigen Bodenbaustoffs (3) für die Beton- oder Asphaltherstellung aus einem Inputmaterial (2) in Form von Bodenaushub. Dabei wird das Inputmaterial (2) oder zumindest eine Fraktion (14) des Inputmaterials (2) einer Siebmaschine (9) zugeführt, die das Inputmaterial (2) oder die Fraktion (14) in eine erste Kornfraktion (12) und eine den Bodenbaustoff (3) bildende zweite Kornfraktion (3) mit einer Korngröße im Wesentlichen kleiner gleich 2mm auftrennt, indem das Inputmaterial (2) oder die Fraktion (14) in der Siebmaschine (9) über eine in eine Arbeitsrichtung (18) zumi-

dest abschnittsweise abwärts gerichtete, schwingende Siebfläche (19) transportiert wird, die wenigstens einen ersten Siebbereich (19a) mit einer ersten Lochung oder Maschenweite, und einen in Arbeitsrichtung (18) dahinter liegenden zweiten Siebbereich (19b) mit einer zweiten Lochung oder Maschenweite umfasst, deren Löcher (17b) oder Maschen in wenigstens eine Richtung eine geringere Abmessung haben, als die Löcher (17a) oder Maschen der ersten Lochung. Die Erfindung betrifft ferner die Verwendung des gewonnenen Bodenbaustoffs (3) zur Herstellung von Beton oder Asphalt.

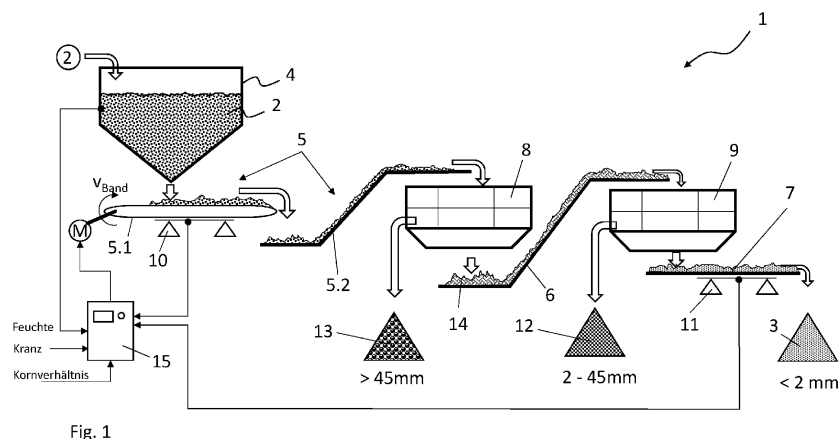


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anlage zur Gewinnung eines neuen, sandartigen Bodenbaustoffs für die Beton- oder Asphaltherstellung aus einem Inputmaterial in Form von Bodenaushub. Des Weiteren betrifft die Erfindung die Verwendung des nach dem erfindungsgemäßen Verfahren gewonnenen Bodenbaustoffs als Sandersatz zur Herstellung von Beton oder Asphalt mithin ein Verfahren zur Beton- oder Asphaltherstellung, bei dem zunächst der sandartige Bodenbaustoff aus dem Inputmaterial in Form von Bodenaushub gewonnen und dieser anschließend als Sandersatz zur Herstellung des Betons oder Asphalts verwendet wird.

[0002] Beton ist in der Bauindustrie einer der wichtigsten Baustoffe. Er besteht aus einem Gemisch aus Zement, Betonzuschlag und Wasser und gegebenenfalls einem oder mehreren Betonzusatzmitteln oder Betonzusatzstoffen, und entsteht durch das Erhärten des Zement-Wasser-Gemischs. Nach ihrer Rohdichte werden Leicht-, Normal- und Schwerbeton unterschieden. Betonzuschläge bestehen aus natürlichem oder künstlichem, dichtem oder porigem Gestein mit Korngrößen, die für die Beton- oder Asphaltherstellung geeignet sind. Für Normalbeton werden überwiegend Sande als Zuschlag verwendet, z.B. Kiessande mit 32mm Größtkorn, die aus Fluss- und Gletschergeschieben durch Baggern oder Saugen gewonnen werden. Alternative Betonzuschläge für Normalbeton sind Schotter, Splitt und Brechsand, die durch Brechen oder Mahlen erhalten werden, oder Granit, Porphy, Basalt oder Kalkstein. Für Leichtbeton werden meist Bims, Blähton, Lava, Ziegelsplitt und Schlacken als Zuschlag verwendet.

[0003] Neben Wasser ist Sand allerdings die am stärksten nachgefragte, und zudem knappste natürliche Ressource weltweit. Im Jahr 2017 betrug der globale Verbrauch 47 Milliarden Tonnen, und er steigt weiter an. Dabei sind die Verbraucher- und Lieferländer von Sand häufig nicht identisch, was zu erheblichem logistischem Aufwand führt, um den Sand vom Abbauort zum Verwendungsort zu transportieren. Der Abbau von Sand führt zudem zu nicht unerheblichen Umweltschäden, sofern er nicht nachhaltig erfolgt, was häufig nicht der Fall ist. Verteilungskämpfe sind in manchen Regionen der Welt bereits jetzt erkennbar, beispielsweise in Afrika. Die Fachwelt spricht sogar von einer weltweiten Sandkrise.

[0004] Die Gewinnung von Sand aus Baustoff- und Aushubabfall ist bekannt. So beschreibt der im Internet unter <https://www.baunetzwerk.biz/ietzt-mal-tacheles-zum-themasand> veröffentlichte Artikel "Jetzt mal Tacheles zum Thema Sand", 1.2.2021, O. Robinson, die aktuelle "Sandkrise" als Ergebnis einer raschen Urbanisierung, die unsere Sandressourcen erschöpft, und das wachsende Bedürfnis nach einer Alternative. Der Artikel nennt, dass in der EU fast zwei Drittel (64 %) des Gesamtabfallaufkommens im Jahr 2016 auf größere mineralische Abfälle, unter anderem aus Bergbau und Steinbrüchen sowie aus Baustoff- und Aushubaktivitäten entfielen, was 3,2 t pro Einwohner entspräche. Ein Großteil des Baustoff- und Aushubabfalls werde auf Deponien gelagert oder zur Wiederverfüllung von Baugruben verwendet. Zur Lösung des Problems wird vorgeschlagen, Nassaufbereitungslösungen zu verwenden, um den im Baustoff- und Aushubabfall enthaltenen Wert zu realisieren. Durch den Einsatz hochinnovativer Nassaufbereitungstechnologien, bei denen das Material gewaschen, von Leichtstoffen getrennt und die Endprodukte klassiert werden, könne dieser Abfallstrom wiederverwendet werden, um gewaschene Materialien herzustellen, die für die Verwendung in hochwertigen Bauprojekten geeignet sind. Laut dem Artikel entstünden dabei hochwertig aufbereiteter Sand und Zuschlagstoffe, die aus Baustoff- und Aushubabfall zurückgewonnen werden.

[0005] Nachteilig ist bei einer Nassaufbereitung von Baustoff- und Aushubabfall jedoch der enorme Wasserbedarf, die Komplexität der hierfür nötigen Anlagen umfassend Becken, Pumpen, Rührwerke etc. und der damit verbundene technische Aufwand für die Installation und Wartung einer derartigen Nassreinigungsanlage, deren Mobilität zudem nicht gegeben ist. Darüber hinaus ist eine Nassaufbereitung aufgrund des zu handhabenden schlammigen Materials eine äußerst schmutzige Angelegenheit.

[0006] Aus der internationalen Anmeldung WO 9748503 A1 ist eine Siebanlage zur Auftrennung eines Partikelstroms in zwei Partikelgrößen bekannt. Sie verwendet eine in Gestalt einer Treppe geneigte Siebfläche mit an den Treppenstufenkanten angeordneten Löchern. In einer Ausführungsvariante (Fig. 19) sind zwei derartige Siebflächen übereinander angeordnet, so dass drei Partikelströme erhalten werden.

[0007] Aus der Schrift DE20205891U1 sind Wellen für einen Schaufelseparator bekannt.

[0008] Die deutsche Patentschrift DE 41 21 584 C1 beschreibt koaxiale Ringsiebabschnitte mit unterschiedlichen Lochgrößen, die einerseits axial nebeneinander, andererseits aber auch koaxial ineinander angeordnet sind, so dass das Inputmaterial in mehrere Partikelströme aufgeteilt wird und bestimmte Partikelströme zweimal gesiebt werden.

[0009] Ferner offenbart die deutsche Gebrauchsmusterschrift DE 202 18 820 U1 ein Verfahren zur Gewinnung von Material einer bestimmten Teilchengröße aus Abfallmaterial, das einer Absiebvorrichtung zugeführt wird und darin dann über eine in Arbeitsrichtung abwärts gerichtete, schwingende Siebfläche transportiert wird, die einen ersten Siebbereich mit einer ersten Maschenweite und einen in Arbeitsrichtung dahinter liegenden zweiten Siebbereich mit einer zweiten Maschenweite umfasst, deren Maschen eine geringere Abmessung als die Maschen der ersten Maschenweite haben. Allerdings wird durch dieses Verfahren kein sandartiger Bodenbaustoff gewonnen, der als Sandersatz für die Beton- oder Asphaltherstellung einsetzbar ist, und es wird auch kein Bodenaushub verwendet.

[0010] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein einfacheres und saubereres Verfahren und eine entsprechende

Anlage zur Ausführung des Verfahrens bereitzustellen, das bzw. die die Gewinnung eines neuen Bodenbaustoffs aus Bodenaushub betrifft, der Eigenschaften von Natursand hat und sich als Alternative zu Sand zur Herstellung von Beton oder Asphalt eignet und dafür auch verwendet wird.

[0011] Diese Aufgabe wird durch die Gegenstände der Ansprüche 1 und 12 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben und werden nachfolgend beschrieben.

[0012] Der Kerngedanke der Erfindung besteht darin, die Gewinnung des Bodenbaustoffs durch Siebung des Inputmaterials bzw. Bodenaushubs zu erreichen, wobei der Bodenbaustoff eine Kornverteilung von 0 bis 2mm besitzt. Hierzu wird gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung vorgeschlagen, dass das Inputmaterial oder zumindest eine Fraktion des Inputmaterials einer Siebmaschine zugeführt wird, die das Inputmaterial oder die Fraktion in eine erste Kornfraktion und eine den Bodenbaustoff bildende zweite Kornfraktion mit einer Korngröße von im Wesentlichen kleiner gleich 2mm auftrennt, indem das Inputmaterial oder die Fraktion in der Siebmaschine über eine in eine Arbeitsrichtung zumindest abschnittsweise abwärts gerichtete, schwingende Siebfläche transportiert wird, die wenigstens einen ersten Siebbereich mit einer ersten Lochung oder Maschenweite, und einen in Arbeitsrichtung dahinter liegenden zweiten Siebbereich mit einer zweiten Lochung oder Maschenweite umfasst, deren Löcher oder Maschen in wenigstens eine Richtung eine geringere Abmessung haben, als die Löcher oder Maschen der ersten Lochung. Anschließend wird der gewonnene Bodenbaustoff zur Herstellung von Beton oder Asphalt verwendet.

[0013] Soweit hier von einem Auftrennen die Rede ist, bedeutet dies keine absolute Trennung von Fraktionen bestimmter Korngrößen. Vielmehr wird die zweite Korngröße von dem Material abgesiebt, mit dem die Siebmaschine beschickt wird. Die erste Kornfraktion besitzt somit einen geringeren Anteil an Körnern kleiner 2mm als das Inputmaterial und ist bestenfalls von diesen Körnern bereinigt. Dabei ist der Sieberfolg umso größer, je weniger Anteil an Körnern der zweiten Kornfraktion in der ersten Kornfraktion verbleibt. Die erste Kornfraktion enthält damit eine Korngröße von im Wesentlichen größer als 2mm, aber auch noch Anteile der Kornfraktion kleiner 2mm.

[0014] Bei der Arbeitsrichtung handelt es sich um diejenige Richtung, in die sich das Material in der Siebmaschine während ihres Betriebs hauptsächlich bewegt. Sie entspricht außerdem der Richtung der Neigung der Siebfläche.

[0015] Des Weiteren wird gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung eine Anlage zur Gewinnung des sandartigen Bodenbaustoffs für die Beton- oder Asphaltherstellung aus dem Inputmaterial in Form von Bodenaushub vorgeschlagen, umfassend

- einen Bunker zur Aufnahme von Inputmaterial,
- eine Siebmaschine zur Auftrennung des Inputmaterials oder zumindest eine Fraktion des Inputmaterials in eine erste Kornfraktion und eine den Bodenbaustoff bildende zweite Kornfraktion mit einer Korngröße von im Wesentlichen kleiner gleich 2mm, und
- eine Transporteinrichtung zur Förderung des Inputmaterials der der Fraktion vom Bunker zur Siebmaschine,

wobei die Siebmaschine eine in eine Arbeitsrichtung zumindest abschnittsweise abwärts gerichtete, schwingende Siebfläche aufweist, die wenigstens einen ersten Siebbereich mit einer ersten Lochung oder Maschenweite, und einen in Arbeitsrichtung dahinterliegenden zweiten Siebbereich mit einer zweiten Lochung oder Maschenweite umfasst, deren Löcher oder Maschen in wenigstens eine Richtung eine geringere Abmessung haben als die Löcher oder Maschen der ersten Lochung.

[0016] Durch das erfindungsgemäße Verfahren und die entsprechende Anlage werden Böden bzw. Bodenaushub für die Verwendung als Bau- und Bauzuschlagsstoff verfügbar gemacht, die bislang ungenutzt blieben. Der auf diese Weise aus den Böden als Inputmaterial gewonnene Bodenbaustoff besitzt dem Natursand vergleichbare Eigenschaften und kann dadurch als Ersatz für Sand bei der Beton- oder Asphaltherstellung verwendet werden.

[0017] Das erfindungsgemäße Verfahren besitzt zahlreiche Vorteile. So haben einerseits Deponiebetreiber, Kiesgrubenbetreiber und Tiefbauunternehmen die Möglichkeit, ihren Bodenaushub als eine neue Wertstoffquelle zu erschließen und technisch für neue Zwecke, insbesondere zur Beton- oder Asphaltherstellung, nutzbar zu machen. Die Kapazität von Deponien wird dadurch erweitert und Kiesgruben können länger betrieben werden. Der aus dem Bodenaushub gewonnene Bodenbaustoff kann aufgrund seiner sandartigen Eigenschaften einen Beitrag zur Deckung des weltweit wachsenden Bedarfs an Sand bei der Beton- oder Asphaltherstellung leisten und somit die natürlichen Ressourcen an Sand schonen.

[0018] Es ist außerdem ein Vermischen des neuen Bodenbaustoffs mit Natursanden wie z.B. Wüstensand möglich, der aufgrund seiner nahezu kreisrunden, glatten Außenform und der damit verbundenen reibungsminimalen Abgleitung zweier Sandkörner voneinander nicht ohne Weiteres zur Beton- oder Asphaltherstellung geeignet ist und somit hierzu nutzbar gemacht wird.

[0019] Die erfindungsgemäße Anlage kann am Ort einer Baugrube aufgestellt werden und aus dem dort anfallenden Bodenaushub als Inputmaterial für das erfindungsgemäße Verfahren unmittelbar den neuen Bodenbaustoff gewinnen, welcher an Ort und Stelle zu Beton oder Asphalt weiterverarbeitet werden kann. Somit können der Aufwand, die Logistik und die Kosten für die Beschaffung, den Transport von Baumaterialien von und zu einer Baustelle reduziert sowie die

Zwischenlagerung des Bodenaushubs vermieden werden.

[0020] Als Inputmaterial verwendbare Materialien eignen sich grundsätzlich alle mineralischen, steinigen, sandigen und/ oder lehmigen Böden, insbesondere Böden mit der Gesteinskörnung nach DIN EN 12620. Für die Verwendung des Sandersatzes zur Beton- oder Asphaltherstellung sollte das Inputmaterial frei von Bestandteilen sein, die den Beton- oder Asphaltherstellungsprozess und die spätere Festigkeit des Betons oder Asphalts nachhaltig beeinträchtigen. Dies sind insbesondere organische Bestandteile wie z.B. Humus, Torf, Mutterboden, Faulschlamm und/ oder Pflanzenreste (Wurzeln), aber auch Feuer- und/ oder Flintsteine. Bevorzugt werden somit nicht organische Böden, da die organischen Bestandteile die Hydratation des hydraulischen Bindemittels im Beton oder Asphalt beeinträchtigen.

[0021] Das Inputmaterial kann sowohl aus Gruben, insbesondere Baugruben gewonnen als auch Bodendeponien entnommen werden. Selbstverständlich sollte das Inputmaterial frei von Kontaminationen durch für den Menschen schädliche Stoffe sein, insbesondere Giftstoffe und Schwermetalle.

[0022] Je nach Zusammensetzung des Inputmaterials kann eine bestimmte Aufbereitung sinnvoll sein, wobei der Ertrag der zweiten Kornfraktion von 0-2mm prozentual unterschiedlich ausfallen kann.

[0023] Um den Ertrag der zweiten Kornfraktion zu steigern, kann versucht werden, den Durchsatz der Siebmaschine zu verringern, d.h. die Menge an Inputmaterial pro Zeit, die der Siebmaschine zugeführt wird. Untersuchungen haben gezeigt, dass bei einer zu großen Menge an Inputmaterial auf der Siebfläche weniger der zweiten Kornfraktion abgesiebt wird, weil das Inputmaterial auf der Siebfläche weniger schwingt und sich die Löcher mehr zusetzen bzw. weniger gut wieder frei werden. Es ist deshalb zu empfehlen, dass während des Betriebs der Anlage die Menge des insgesamt gewonnenen Bodenbaustoffs im Verhältnis zur Menge des Inputmaterials oder zur Menge der ersten Kornfraktion bewertet wird. Sinnvollerweise kann die der Siebmaschine zugeführte Menge an Inputmaterial pro Zeit reduziert werden, wenn die Menge des insgesamt gewonnenen Bodenbaustoffs im Verhältnis zur Menge des Inputmaterials oder zur Menge der ersten Kornfraktion unter einem Grenzwert liegt. Je nach Art und Beschaffenheit des Inputmaterials kann aus diesem ein Anteil des sandartigen Bodenbaustoffs von bis zu 75% gewonnen werden, wobei auch ein Anteil von 33% noch wirtschaftlich sinnvoll ist.

[0024] Somit kann der Grenzwert beispielsweise zwischen 33% und 66%, vorzugsweise bei 50% liegen.

[0025] Um die der Siebmaschine zuzuführende Menge an Inputmaterial pro Zeit zu reduzieren, kann vorgesehen sein, dass die die Siebmaschine beschickende Transporteinrichtung zumindest in einem Abschnitt in ihrer Fördergeschwindigkeit änderbar bzw. einstellbar ist. Somit kann die Fördermenge des Inputmaterials pro Zeiteinheit eingestellt werden. Die Anlage kann eine entsprechende Anlagensteuerung zur Einstellung der Fördergeschwindigkeit der Transporteinrichtung umfassen.

[0026] Die Bewertung oder Bestimmung der Menge an Bodenbaustoff, Inputmaterial bzw. erster Kornfraktion kann anhand des Gewicht oder des Volumens erfolgen. Ferner kann die Bewertung oder Bestimmung durch eine die Anlage bedienende Person oder automatisiert erfolgen. Werden die erste und zweite Kornfraktion jeweils auf einen Schüttkegel geworfen, beispielsweise mittels eines Transportbands, so kann anhand eines Höhen- oder Größenvergleichs der Schüttkegel unmittelbar qualitativ das Verhältnis der ersten und zweiten Kornfraktion erkannt werden. Die Person kann erkennen, wenn der Schüttkegel der zweiten Kornfraktion, d.h. des Bodenbaustoffs, deutlich kleiner als der Schüttkegel der ersten Kornfraktion ist und in diesem Fall die Fördergeschwindigkeit reduzieren, d.h. die Menge an Inputmaterial, das der Siebmaschine zugeführt wird, verringern.

[0027] Ein Größenvergleich der beiden Schüttkegel kann auch automatisch erfolgen. Beispielsweise können deren Durchmesser und/ oder Höhen mit einer Kamera erfasst und mittels einer Bildverarbeitungssoftware ausgewertet, insbesondere verglichen werden. Gegebenenfalls kann eine senkrechte Messlatte, um die herum der jeweilige Schüttkegel entsteht, oder eine Maßeinteilung auf dem Boden des jeweiligen Schüttkegels, z.B. mit konzentrischen Messringen als Bodenmarkierung, eine quantitative Aussage über die aktuelle Höhe oder den aktuellen Durchmesser der Schüttkegel liefern. Eine Kamera in Verbindung mit einer Bildauswertungssoftware können diese Höhen und/ oder Durchmesser erfassen und einer Auswerteeinheit bereitstellen. Alternativ kann auch eine Sensorik, beispielsweise eine oder mehrere Lichtschranken verwendet werden, die einer Auswerteeinheit das Erreichen einer bestimmten Höhe oder eines bestimmten Durchmessers des entsprechenden Schüttkegels zu einem bestimmten Zeitpunkt signalisieren, wobei in diesem Fall der zeitliche Unterschied zwischen den Zeitpunkten das Größen- bzw. Mengenverhältnis der beiden Schüttkegel angibt.

[0028] Die Auswerteeinheit kann das Größen- oder Mengenverhältnis der Schüttkegel bilden und ein Steuersignal an die Anlagensteuerung senden, infolge welchem diese dann die Fördergeschwindigkeit der Transporteinrichtung reduziert, wenn der oben genannte Grenzwert unterschritten, mit anderen Worten, der Schüttkegel der zweiten Kornfraktion erheblich kleiner ist als der Schüttkegel der ersten Kornfraktion. Diese Auswertung kann zu einem bestimmten Zeitpunkt nach dem Einschalten der Anlage, mehrmalig zu bestimmten Zeitpunkten oder sogar im Rahmen einer Regelung kontinuierlich erfolgen.

[0029] Alternativ zu einer visuellen Beurteilung der Schüttkegel, d.h. des Volumens der ersten und zweiten Kornfraktion, kann die Masse bzw. das Gewicht des insgesamt gewonnenen Bodenbaustoffs herangezogen und mit dem Gewicht des Inputmaterials oder der insgesamt erzeugten ersten Kornfraktion verglichen werden. Dies kann mittels Waagen

erfolgen. Beispielsweise kann das Gewicht des Bunkers laufend gemessen werden. Ebenso können die erste und/ oder zweite Kornfraktion in entsprechenden Behältnissen gesammelt werden, deren Gewicht laufend bestimmt wird. Während das Gewicht dieser Behältnisse dann direkt miteinander verglichen werden können, ist bei dem Bunker zunächst das Differenzgewicht zu bestimmen, um die Menge an aus dem Bunker bereits abgeführten Inputmaterial zu quantifizieren.

Dieses Differenzgewicht kann dann ins Verhältnis gesetzt werden mit dem Gewicht der Menge der zweiten Kornfraktion.

[0030] Bevorzugt weist die das Inputmaterial oder deren Fraktion vom Bunker zur Siebmaschine fördernde Transporteinrichtung eine Waage auf, die zu jedem Zeitpunkt das auf der Transporteinrichtung befindliche Material wiegt. Durch Integration der Messwerte über einen Zeitraum kann dann das Gewicht des insgesamt geförderten Inputmaterials bestimmt werden. Eine ebensolche Waage kann Teil einer anderen Transporteinrichtung sein, die die zweite Kornfraktion bzw. den Bodenbaustoff von der Siebmaschine abtransportiert. Durch Integration der Messwerte über den Zeitraum kann dann auch hier das Gewicht des insgesamt geförderten bzw. gewonnenen Bodenbaustoffs bestimmt werden.

[0031] Die Auswerteeinheit kann die Gewichtsverhältnisse bilden und ein Steuersignal an die Anlagensteuerung senden, infolge welchem diese die Fördergeschwindigkeit der Transporteinrichtung reduziert, wenn der oben genannte Grenzwert unterschritten, mit anderen Worten, die Masse der zweiten Kornfraktion erheblich kleiner ist, als die Masse der ersten Kornfraktion bzw. des Inputmaterials. Diese Auswertung kann zu einem bestimmten Zeitpunkt nach dem Einschalten der Anlage, mehrmalig zu bestimmten Zeitpunkten oder sogar im Rahmen einer Regelung kontinuierlich erfolgen.

[0032] Insbesondere kann die der Siebung zuzuführende Menge an Inputmaterial pro Zeit auch gesteigert werden, wenn die Menge gewonnenen Bodenbaustoffs im Verhältnis zur Menge des Inputmaterials über dem Grenzwert oder einem anderen Grenzwert liegt, der kleiner als der erstgenannte Grenzwert ist. Dies ist vor allem im Rahmen der zuvor erwähnten Regelung sinnvoll, um den Durchsatz (Menge an Inputmaterial pro Zeit) der Anlage und damit deren Wirtschaftlichkeit zu steigern.

[0033] Ein hoher Ertrag an Bodenbaustoff wird erreicht, wenn der Durchsatz der Anlage auf einen Wert zwischen 50 kg und 200 kg pro Minute und Quadratmeter Siebfläche, vorzugsweise auf etwa 100 kg pro Minute und Quadratmeter Siebfläche eingestellt wird. Beträgt die Siebfläche der Siebmaschine beispielsweise 20m², liegt der Durchsatz bei 2 Tonnen pro Minute bzw. 120 t pro Stunde.

[0034] Sinnvoll ist es, wenn die Siebung des Inputmaterials mehrstufig erfolgt. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass vor der Zuführung des Inputmaterials zur Siebmaschine in einer dieser vorgelagerten ersten Siebstufe eine Abscheidung eines Überkorns erfolgt. Als Überkorn ist diejenige Fraktion des Inputmaterials zu verstehen, deren Korngröße einen oberen Grenzwert überschreitet, beispielsweise größer als 45mm ist. Dadurch wird verhindert, dass Überkorn in die Siebmaschine gelangt und deren Siebelemente beschädigt. Denn durch die Schwingung der Siebfläche kann das Überkorn eine derart große kinetische Energie aufnehmen und beschleunigt werden, dass es die Siebelemente beim Auftreffen durchschlägt bzw. die Sieblöcher aufreißen.

[0035] Die Abscheidung des Überkorns kann durch einen Grobabscheider erfolgen, der die erste Siebstufe bildet. Die Siebmaschine bildet dann die nachgelagerte zweite Siebstufe. Das Inputmaterial wird dann durch die erste Siebstufe in eine Überkornfraktion und eine von Überkorn befreite Fraktion aufgetrennt. Letztere wird dann an der Siebmaschine in die erste und zweite Kornfraktion aufgetrennt. Ist das Inputmaterial allerdings bereits von Überkorn befreit, kann es direkt an die Siebmaschine geliefert werden.

[0036] In einer bevorzugten Ausführungsvariante ist die Siebfläche durch Siebelemente in Gestalt von rechteckigen, länglichen Einzelsieben gebildet, die an ihrer Längsseite aneinander liegen, wobei die Arbeitsrichtung der Siebmaschine quer zur Längserstreckung der Einzelsiebe, d.h. in Richtung ihrer Breite liegt. Längliche Einzelsiebe haben den Vorteil, dass die Siebfläche auf einfache Weise konvex oder konkav gebogen sein kann. Beispielsweise kann die Länge der Einzelsiebe mindestens dem Fünffachen, vorzugsweise dem Zehnfachen ihrer Breite entsprechen. Bei einer Breite von ca. 30cm können die Einzelsiebe bevorzugt eine Länge von 3m haben. Die Siebmaschine kann die einfache oder doppelte Breite der Einzelsiebe aufweisen.

[0037] Von Vorteil ist es, wenn die Einzelsiebe durch elastische Siebmatten gebildet sind, beispielsweise aus elastomerem Polyurethan. Diese haben den Vorteil, dass sie die kinetische Energie der größeren Körner des auf die Siebmaschine geschickten Inputmaterials oder deren von Überkorn befreiten Fraktion beim Aufprall absorbieren und damit insgesamt die Kornbewegung dämpfen. Die kinetische Energie wird durch die Schwingung der Siebfläche auf das Material auf der Siebfläche übertragen. Durch den Aufprall werden an den größeren Körnern des Inputmaterials haftende kleinere Körner der zweiten Kornfraktion abgeworfen und können somit durch die Sieblöcher hindurchfallen. Infolge der Dämpfung wird vermieden, dass die kinetische Energie der Körner zu groß wird und sie die Einzelsiebe durchschlagen.

[0038] Des Weiteren hat die Elastizität der Siebmatten den Vorteil, dass die Sieblöcher in Form und Größe nicht starr sind. Vielmehr lässt ihre Verformbarkeit zu, dass ein Korn mit einer geringfügig größeren Abmessung als ein Siebloch durch dieses hindurchgedrückt werden kann, insbesondere wenn ein anderes Korn entsprechender Größe gegen dieses eine Korn prallt. Somit ist das Verstopfungsrisiko der Sieblöcher durch Körner, die in diesen stecken bleiben könnten, minimal. Ferner wird auch eine Verstopfung der Sieböffnungen durch Feinstkorn (kleiner 0,5mm), das sich zunehmend am Rand der Sieblöcher ablagert und von dort wachsend schlimmstenfalls das ganze Siebloch schließt, infolge der

möglichen Verformung des Sieblochrandes durch die Bewegung der gröberen Körner verhindert. Die elastischen Siebmatten bewirken insoweit einen Selbstreinigungseffekt.

[0039] Ein besonders hoher Ertrag an Bodenbaustoff wird erreicht, wenn die Einzelsiebe eine Sieblochung mit länglichen Sieblöchern aufweisen, die parallel zur Arbeitsrichtung orientiert sind. Vorzugsweise sind die Sieblöcher als Langlöcher ausgebildet, d.h. sie besitzen keine Innenecken. Dies hat den Vorteil, dass sie sich weniger mit Feinstkorn zusetzen und leichter gereinigt werden können, insbesondere im Rahmen des vorgenannten Selbstreinigungseffekts.

[0040] Ideal für ein gutes Siebergebnis ist es ferner, wenn die Schwingung der Siebfläche durch eine vertikale auf und ab Bewegung erreicht wird. Dies bewirkt allgemein betrachtet ein Hüpfen des Inputmaterials auf der Siebfläche. Genauer betrachtet, wird dadurch erreicht, dass die gröberen Körner im Inputmaterial immer wieder auf die Siebfläche schlagen, wodurch

1. die zweite Kornfraktion von den gröberen Körnern abgeschüttelt wird, was den Ertrag an Bodenbaustoff erhöht,
2. die gröberen Körner solche Körner, die Sieblöcher verstopfen, dort hindurch stoßen, sowie Feinstkornablagerungen an den Sieblöchern entfernen, und
3. die Körner der zweiten Kornfraktion mit den gröberen Körnern kollidieren und von diesen in Richtung der Sieblöcher geschleudert werden, wo sie dann entsprechend hindurchfallen.

[0041] Es ist des Weiteren von Vorteil, wenn die vertikale auf und ab Bewegung entlang einer elliptischen Bahn erfolgt. Hierdurch erhält das Inputmaterial auf der Siebfläche gleichzeitig eine Bewegungskomponente in Richtung der Arbeitsrichtung und wird somit auf der Siebfläche vorwärts transportiert.

[0042] Je nach gewünschter Siebfläche kann die Siebmaschine mehr oder weniger Einzelsiebe aufweisen, insbesondere zwischen 15 und 25 Einzelsiebe. Die Anzahl an Einzelsieben hängt von der Siebmaschinengröße ab. Werden rein beispielhaft 21 Einzelsiebe eingesetzt, ergibt sich z.B. bei einer Länge von 3m und einer Breite von ca. 30cm der Einzelsiebe eine Fläche von 18,9m². Selbstverständlich könnte auch beispielsweise nur die Hälfte an Einzelsieben mit einer doppelten Breite verwendet werden, um dieselbe Siebfläche zu erreichen. Die Verwendung einer vergleichsweise geringen Breite von z.B. 30cm ist jedoch von Vorteil, um die Siebfläche möglichst variantenreich mit Einzelsieben unterschiedlicher Lochungen ausstatten zu können.

[0043] Erfindungsgemäß umfasst die Siebfläche wenigstens einen ersten Siebbereich mit einer ersten Lochung oder Maschenweite und einen in Arbeitsrichtung dahinterliegenden zweiten Siebbereich mit einer zweiten Lochung oder Maschenweite. Innerhalb eines Siebbereichs liegt somit eine einheitliche Lochung vor bzw. liegen Sieblöcher einheitlicher Größe vor. In einer Ausführungsvariante können auch drei oder mehr derartiger Siebbereiche hintereinanderliegen.

[0044] Um die genannten Siebbereiche zu bilden, können die Einzelsiebe jeweils eine einheitliche Lochung aufweisen und je einer Gruppe angehören, von denen wenigstens eine erste Gruppe eine erste Lochung und eine zweite Gruppe eine zweite Lochung aufweist, wobei die zweite Lochung in wenigstens einer Erstreckungsrichtung der Sieblöcher kleiner als die erste Lochung ist. Die Einzelsiebe der ersten Gruppe können dann den ersten Siebbereich und die Einzelsiebe der zweiten Gruppe den zweiten Siebbereich bilden. Die Siebe einer Gruppe sind immer gleich.

[0045] In einer bevorzugten Weiterbildung gehören die Einzelsiebe einer von drei Gruppen an, die jeweils eine erste, zweite und dritte Lochung haben, wobei die zweite Lochung in wenigstens einer Erstreckungsrichtung der Sieblöcher kleiner als die erste Lochung und die dritte Lochung in wenigstens einer Erstreckungsrichtung der Sieblöcher kleiner als die zweite Lochung ist. Die Einzelsiebe der ersten Gruppe können dann den ersten Siebbereich, die Einzelsiebe der zweiten Gruppe den zweiten Siebbereich und die Einzelsiebe der dritten Gruppe einen dritten Siebbereich bilden, der in Arbeitsrichtung hinter dem zweiten Siebbereich folgt.

[0046] Empirische Untersuchungen bei einer Siebmaschine mit drei Siebbereichen haben gezeigt, dass ein besonders hoher Sieberfolg dann vorliegt, wenn

- die erste Lochung Sieblöcher mit einer Lochabmessung von 5x25mm,
- die zweite Lochung Sieblöcher mit einer Lochabmessung von 3x20mm, und
- die dritte Lochung Sieblöcher mit einer Lochabmessung von 3x10mm aufweist. Allerdings sind auch Lochungen mit anderen Lochabmessungen möglich. Besitzt die Siebmaschine nur zwei Siebbereiche, können diese durch Einzelsiebe der ersten und zweiten Lochung gebildet sein.

[0047] Für den vorgenannten Fall können z.B. vier Einzelsiebe mit der ersten Lochung, fünfzehn Einzelsiebe mit der zweiten Lochung und zwei Einzelsiebe mit der dritten Lochung die Siebfläche bilden. Allerdings kann die Anzahl der Einzelsiebe auch anders sein.

[0048] Es wurde ferner erkannt, dass die Wahl der Lochung bzw. der Lochungsfolge für die einzelnen Siebbereiche in Abhängigkeit der Feuchtigkeit des Inputmaterials erfolgen sollte, um einen hohen Ertrag an Bodenbaustoff zu erhalten. So eignet sich die vorstehend genannte Folge von Lochungen bzw. Einzelsieben zum Absieben der zweiten Kornfraktion bevorzugt bei vergleichsweise trockenem Inputmaterial. Demgegenüber kann bei feuchterem Inputmaterial eine andere

Folge von Lochungen verwendet werden. Insbesondere sollte mit zunehmender Feuchte des Inputmaterials eine größere Lochung und bei trockenem Inputmaterial eine kleinere Lochung verwendet werden.

[0049] Als vergleichsweise trockenes Inputmaterial können Böden mit einer relativen Feuchtigkeit (Haftfeuchte) bzw. der Wasseranteil unter 8% betrachtet werden, wobei vergleichsweise feuchtes Inputmaterial eine höhere Feuchtigkeit als 8% Wasseranteil besitzt. Beispielsweise liegt die relative Feuchtigkeit bei vergleichsweise trockenen Böden, die im Sommer das Inputmaterial bilden, zwischen 6% und 7%, insbesondere bei ca. 6,6%. Demgegenüber liegt die relative Feuchtigkeit bei Böden, die im Winter das Inputmaterial bilden überwiegend zwischen 10% und 15%, beispielsweise bei 13,8% Wasseranteil. Selbstverständlich darf das Inputmaterial nicht nass sein, weshalb seine Lagerung überdacht erfolgen sollte.

[0050] Es kann deshalb vorgesehen sein, dass die Feuchtigkeit des Inputmaterials oder eine davon abhängige Größe wie beispielsweise die elektrische Leitfähigkeit bestimmt wird und die Lochungen respektive die Einzelsiebe in Abhängigkeit der Feuchtigkeit bzw. der davon abhängigen Größe ausgewählt und verwendet werden, wobei bei einer höheren Feuchtigkeit eine im Wesentlichen größere Lochung bzw. Einzelsiebe mit einer im Wesentlichen größeren Lochung, und bei einer geringeren Feuchtigkeit eine im Wesentlichen kleinere Lochung bzw. Einzelsiebe mit einer im Wesentlichen kleineren Lochung verwendet werden. In diesem Zusammenhang beziehen sich die Angaben "kleinere Lochung" und "größere Lochung" auf die Querschnittsfläche der Sieblöcher. Der Erkenntnisgewinn, bei trockenerem Inputmaterial eine kleinere Sieblochquerschnittsfläche zu verwenden, als bei feuchterem Inputmaterial, ist darin begründet, dass die zweite Kornfraktion bei feuchterem Inputmaterial die effektive Querschnittsfläche der Lochung verringert. Diesem Phänomen wird durch Sieblöcher mit einer größeren Querschnittsfläche entgegengewirkt.

[0051] Ist das Inputmaterial feuchter, kann somit eine andere Folge von Lochungen verwendet werden, insbesondere Lochungen, die im Wesentlichen größere Lochabmessungen bzw. Lochquerschnittsflächen haben. Beispielsweise kann in diesem Fall

- die erste Lochung Sieblöcher mit einer Lochabmessung von 7x25mm,
- die zweite Lochung Sieblöcher mit einer Lochabmessung von 5x25mm, und
- die dritte Lochung Sieblöcher mit einer Lochabmessung von 2x20mm aufweisen. Allerdings sind auch hier Lochungen mit anderen Lochabmessungen möglich.

[0052] Für den vorgenannten Fall feuchteren Inputmaterials können z.B. zehn Einzelsiebe mit der ersten Lochung, fünf Einzelsiebe mit der zweiten Lochung und sechs Einzelsiebe mit der dritten Lochung die Siebfläche bilden. Allerdings kann die Anzahl der Einzelsiebe auch hier anders sein.

[0053] In einer Ausführungsvariante kann vorgesehen sein, dass die erfindungsgemäße Anlage eine erste Siebmaschine und eine zweite Siebmaschine aufweist, denen das Inputmaterial wahlweise zuleitbar ist, wobei die erste Siebmaschine für trockeneres und die zweite Siebmaschine für feuchteres Inputmaterial zuständig ist. So kann die Feuchtigkeit oder eine davon abhängige Größe bestimmt und in Abhängigkeit der ermittelten Feuchtigkeit oder Größe die erste oder zweite Siebmaschine beschickt werden. Die erste und zweite Siebmaschine können dabei jeweils eine Siebfläche mit wenigstens einer ersten und zweiten Lochung aufweisen, wobei die Sieblöcher der ersten und zweiten Lochung der Siebfläche der ersten Siebmaschine eine im Wesentlichen größere Querschnittsfläche aufweisen, als die Sieblöcher der ersten und zweiten Lochung der Siebfläche der zweiten Siebmaschine. Rein beispielhaft kann die erste Siebmaschine die zuerst genannte Lochungsreihenfolge (5x25, 3x20, 3x10), und die zweite Siebmaschine die zuletzt genannte Lochungsreihenfolge (7x25, 5x25, 2x20) aufweisen.

[0054] Die Zuleitung des Inputmaterials zur jeweiligen Siebmaschine kann über eine gemeinsame Transporteinrichtung erfolgen, die beispielsweise zwischen der ersten und zweiten Siebmaschine schwenkbar ist und je nach Inputmaterial bzw. in Abhängigkeit dessen Feuchtigkeit ausgerichtet wird. Alternativ kann die Zuleitung des Inputmaterials zur jeweiligen Siebmaschine durch je eine der entsprechenden Siebmaschine zugeordnete Transporteinrichtung erfolgen, die entweder nur die erste oder nur die zweite Siebmaschine beliefert und wahlweise je nach Inputmaterial bzw. in Abhängigkeit dessen Feuchtigkeit von dem Bunker aus beschickt wird.

[0055] Wie zuvor erläutert, besteht die Möglichkeit, dass das Inputmaterial eine zu hohe Feuchtigkeit aufweist, um es verarbeiten zu können. Dies kann beispielsweise bei Böden der Fall sein, die im Winter das Inputmaterial bilden. Ein hinreichender Sieberfolg ist dann nicht gewährleistet. In diesem Fall kann dem Inputmaterial Kalk, insbesondere unhydrierter Kalk (Calciumoxid CaO) hinzugegeben werden, der die Feuchtigkeit bindet. Es kann deshalb vorgesehen werden, dass die Feuchtigkeit des Inputmaterials bestimmt und diesem in Abhängigkeit der Feuchtigkeit Kalk, insbesondere Weißfeinkalk zugegeben wird. Dies kann in einer Ausführungsvariante derart erfolgen, dass oberhalb eines bestimmten Feuchtigkeitsgrenzwerts, der beispielsweise zwischen 8% und 12% liegen kann, ein definierter Gewichtsanteil an Kalk hinzugegeben wird, z.B. 1%. Bei einem Inputmaterial mit einer relativen Feuchtigkeit von 13,8% kann durch Zugabe von 1% Kalk die relative Feuchtigkeit auf 11,24% reduziert werden. 2% (Gewichtsprozent) Kalk würden die Feuchtigkeit weiter reduzieren. Alternativ kann die Menge an zugegebenem Kalk in Abhängigkeit der Feuchtigkeit stufenweise oder linear variieren, beispielsweise zwischen 1% Kalk ab 8% Feuchtigkeit und 5% ab einer Feuchtigkeit von 20%.

[0056] Die Zugabe von Kalk kann im einfachsten Fall dadurch erfolgen, dass mit dem Kalk gefüllter, sogenannter "Big Bag" über einem Schütthaufen von Inputmaterial entleert wird und der Kalk anschließend mittels einer Siebschaufel, einem Schaufelseparator oder einem Sieblöffel eines Baggers untergemischt wird. Ebenfalls möglich ist es, den Bunker mit einem Rührwerk, beispielsweise einer sich drehenden Schaufel auszustatten, die die Mischung des Inputmaterials mit dem Kalk bewirkt.

[0057] Vorzugsweise beträgt die Zugabe von Kalk maximal 5% der Masse an Inputmaterial. Denn ab einem Kalkgehalt von mehr als 5% nimmt die Festigkeit des Betons ab, was nicht erwünscht ist. Es ist deshalb bevorzugt, zunächst mit einer geringen Kalkzugabe von beispielsweise 1% zu arbeiten. Ist der Gewinn an Bodenbaustoff zu gering, kann der Siebvorgang wiederholt werden, indem der ersten Kornfraktion erneut z.B. 1% Kalk zugegeben, durchmischt und der Siebmaschine zugeführt wird.

[0058] Bei der Durchmischung des mit Kalk versetzten Inputmaterials wird dieses gleichzeitig belüftet. Anschließend sollte das Inputmaterial ruhen, vorzugsweise mindestens 4 Stunden. Belüftung und Ruhen sind von besonderer Bedeutung, damit der Kalk (CaO) die Feuchtigkeit (H_2O) im Inputmaterial binden und zu Calciumhydroxid (Ca(OH)_2) sowie mit dem Kohlendioxid (CO_2) in der Luft zu Calciumcarbonat (CaCO_3) reagieren kann. Dies hemmt die puzzolanische Reaktion, durch die der Bodenbaustoff mit der Zeit erhärten würde und sich sein Einsatzbereich somit einschränkt. Ein Erhärten ist beispielsweise nachteilig, wenn der Bodenbaustoff zum Einbetten elektrischer Kabel verwendet wird, weil er in diesem Fall die Abwärme des Kabels schlechter aufnehmen kann, mit anderen Worten das Kabel thermisch isoliert, was zu einer lokalen Überhitzung des Kabels führen könnte.

[0059] Beispielsweise kann die Zugabe von Kalk in Form eines Bindemittels erfolgen, dessen Anteil an Weißfeinkalk jedoch mindestens 70 % betragen sollte. Als Bindemittel kann Dorosol® verwendet werden.

[0060] In einer Ausführungsvariante kann vorgesehen sein, dass die Feuchtigkeit der zweiten Kornfraktion bzw. des Bodenbaustoffs bestimmt und in Abhängigkeit der Feuchtigkeit die Menge an der Siebmaschine zugeführtem Inputmaterial pro Zeit angepasst wird. Insbesondere kann die Menge an zuzuführendem Inputmaterial pro Zeit für die Verarbeitung feuchteren Inputmaterials reduziert und für die Verarbeitung trockenerem Inputmaterials erhöht werden.

[0061] Um die Feuchtigkeit zu bestimmen, kann in einer Ausführungsvariante die elektrische Leitfähigkeit oder der elektrische Widerstand des Inputmaterials gemessen und daraus die Feuchtigkeit bestimmt werden. Beispielsweise können im Bunker Elektroden verbaut sein, die zu Beginn des Verfahrens und/ oder kontinuierlich die elektrische Leitfähigkeit oder den elektrischen Widerstand des Inputmaterials messen und an die Anlagensteuerung melden. Diese kann dann in Abhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit oder des elektrischen Widerstands die Menge an Inputmaterial, das der Siebmaschine zugeführt wird, erhöhen oder reduzieren, beispielsweise indem die Fördergeschwindigkeit der Transporteinrichtung entsprechend eingestellt wird.

[0062] Es ist ferner von Vorteil, wenn der gewonnene Bodenbaustoff bzw. die abgesiebte zweite Kornfraktion auf einen Schüttkegel geworfen und beobachtet wird, ob sich um den Schüttkegel herum an dessen Fuß zunehmend ein Kranz gröberer Körner bildet, d.h. Körner mit einer Korngröße größer als 2mm. Dies beeinträchtigt die Homogenität des gewonnenen Bodenbaustoffs, und ist das Ergebnis einer zu großen Menge an Inputmaterial auf dem ersten Siebbereich der Siebmaschine, wodurch anstelle der gewünschten feinen Körner der zweiten Kornfraktion viele gröbere Körner durch die Löcher oder Maschen des ersten Siebbereichs hindurch fallen oder hindurchgedrückt werden. Dies kann verhindert werden, indem die der Siebmaschine zugeführte Menge an Inputmaterial pro Zeit reduziert wird, wenn sich zunehmend ein Kranz gröberer Körner am Fuße des Schüttkegels bildet.

[0063] Des Weiteren wird gemäß einem dritten Aspekt der Erfindung die Verwendung des nach dem erfindungsgemäßen Verfahren gewonnenen Bodenbaustoffs zur Herstellung von Beton oder Asphalt vorgeschlagen.

[0064] Weitere Merkmale, Vorteile und Wirkungen der Erfindung werden nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen und der beigefügten Figuren näher erläutert. Bei den Figuren behalten identische oder funktionsgleiche Elemente von Figur zu Figur dasselbe Bezugszeichen.

[0065] Es sei darauf hingewiesen, dass im Rahmen der vorliegenden Beschreibung die Begriffe "aufweisen", "umfassen" oder "beinhalten" keinesfalls das Vorhandensein weiterer Merkmale ausschließen. Ferner schließt die Verwendung des unbestimmten Artikels bei einem Gegenstand nicht dessen Plural aus.

[0066] Es zeigen:

Figur 1: Prinzipdarstellung einer erfindungsgemäßen Siebanlage zur Gewinnung des sandartigen Bodenbaustoffs

Figur 2: Prinzipdarstellung einer erfindungsgemäßen Siebmaschine

Figur 3: Tabelle mit Angaben zu Siebfolgen

Figur 4: Diagramm zur Darstellung der Kalkzugabe in Abhängigkeit der Feuchte

Figur 5: Diagramm zur Darstellung der Bandgeschwindigkeit in Abhängigkeit der Feuchte

[0067] Figur 1 zeigt eine erfindungsgemäße Siebanlage 1 zur Gewinnung eines sandartigen Bodenbaustoffs 3, nachfolgend Sandersatz 3 genannt, für die Beton- oder Asphaltherstellung aus einem Inputmaterial 2 in Form von Bodenaushub. Die Anlage 1 umfasst im Wesentlichen einen Bunker 4 zur Aufnahme von Inputmaterial 2, eine erste Siebstufe

8 in Gestalt eines Grobabscheiders 8 und eine zweite Siebstufe 9 in Gestalt einer Siebmaschine 9, die in Transportrichtung des Inputmaterials 2 hinter dem Grobabscheider 8 liegt.

[0068] Der Grobabscheider 8 dient zur Abscheidung eines Überkorns 13, insbesondere mit einer Korngröße größer als 45mm, vor der Zuführung des Inputmaterials 2 zur Siebmaschine 9. Am Grobabscheider 8 wird somit eine übergroße Kornfraktion aus dem Inputmaterial 2 entfernt, die zu einer Beschädigung der Siebelemente innerhalb der Siebmaschine 9 führen kann. Das Überkorn 13 wird auf einem Schüttkegel aufgehäuft, z.B. über eine hier nicht dargestellte Transporteinrichtung, und der vom Überkorn 13 bereinigte Rest des Inputmaterials 2, nachfolgend Fraktion 14 genannt, wird der Siebmaschine zugeführt. Das Überkorn 13 kann einer anderen Verwertung zugeführt werden.

[0069] Die Siebmaschine 9 dient zur Auftrennung der genannten Fraktion 14 in eine erste Kornfraktion 12 und eine zweite Kornfraktion 3. Letztere ist der zu gewinnende Sandersatz 3, der eine Korngröße von im Wesentlichen 0 bis 2mm besitzt und deshalb auch als Feinkorn bezeichnet werden kann. Die erste Kornfraktion 12 hat demgegenüber im Idealfall eine Korngröße zwischen 2 und 45 mm. In der Praxis ist es jedoch nicht möglich, 100% der ersten Kornfraktion 12 von der Fraktion 14 des Inputmaterials 2 abzusieben, so dass in der ersten Kornfraktion 12 immer auch ein mehr oder weniger großer Anteil der zweiten Kornfraktion 3 vorhanden ist. Je geringer dieser Anteil ist, desto höher ist der Ertrag der Siebanlage bzw. der Sieberfolg. Die erste Kornfraktion 12 und die zweite Kornfraktion 3 werden jeweils auf einem Schüttkegel aufgehäuft.

[0070] Die Förderung des Inputmaterials 2 vom Bunker 4 zum Grobabscheider 8 erfolgt kontinuierlich über eine erste Transporteinrichtung 5.1, 5.2, die in der Ausführungsvariante gemäß Figur 1 aus einem ersten Abschnitt 5.1 und einem zweiten Abschnitt 5.2 besteht. Die Transporteinrichtungen der Anlage 1 können grundsätzlich beliebig ausgestaltet sein. In der Ausführungsvariante gemäß Figur 1 sind sie als laufendes Transportband realisiert. Sie können alternativ auch durch eine rotierende Transportschnecke gebildet sein. Ferner kann es auch die Kombination aus Transportband und Transportschnecke geben.

[0071] Der erste Abschnitt 5.1 der ersten Transporteinrichtung ist in seiner Fördergeschwindigkeit einstellbar insbesondere geregelt, um die Menge an Inputmaterial 2, die pro Zeit verarbeitet wird bzw. zur Siebmaschine 9 transportiert wird, einzustellen. Hierzu ist dem ersten Abschnitt 5.1 ein Motor M zugeordnet, der von einer Anlagensteuerung 15 angesteuert wird, um dessen Drehzahl, mithin die Fördergeschwindigkeit der ersten Transporteinrichtung 5.1, 5.2 einzustellen. Der zweite Abschnitt 5.2 der ersten Transporteinrichtung wird demgegenüber mit einer festen Geschwindigkeit betrieben. Es ist möglich, dass alle oder nur einen Teil der Transporteinrichtungen der Siebanlage 1 in ihrer Geschwindigkeit einstellbar sind.

[0072] Eine zweite Transporteinrichtung 6, bzw. zweites Transportband, fördert die von Überkorn 13 befreite Restfraktion 14 des Inputmaterials 2, die der Grobabscheider 8 ausgibt, kontinuierlich zur Siebmaschine 9. Und eine dritte Transporteinrichtung 7, bzw. ein drittes Transportband, fördert die von der Restfraktion 14 abgesiebte zweite Kornfraktion 3, die die Siebmaschine 9 ausgibt, kontinuierlich zu einem Schüttkegel.

[0073] Dem ersten Abschnitt 5.1 der ersten Transporteinrichtung und der dritten Transporteinrichtung 7 ist jeweils eine Waage 10, 11 zugeordnet, um das Gewicht des jeweils geförderten Schüttguts zu bestimmen. Dies kann im laufenden Betrieb erfolgen, wobei die Gewichtswerte zu jedem Zeitpunkt vorliegen und zu integrieren bzw. aufzusummieren sind, um die nach einer bestimmten Zeit insgesamt geförderte Menge an Material zu ermitteln. Die Messwerte der Waagen 10, 11 sind der Anlagensteuerung 15 zugeführt, welche diese auswerten, insbesondere ins Verhältnis setzen kann.

[0074] Wie Figur 2 genauer darstellt, weist die Siebmaschine 9 eine in eine Arbeitsrichtung 18 zumindest abschnittsweise abwärts gerichtete Siebfläche 19 auf, die im Betrieb schwingt. Die Siebfläche 19 besteht in dieser Ausführungsvariante aus einem ersten Siebbereich 19a mit einer ersten Lochung, einem in Arbeitsrichtung 18 dahinterliegenden zweiten Siebbereich 19b mit einer zweiten Lochung und einem in Arbeitsrichtung 18 wiederum dahinterliegenden dritten Siebbereich 19c mit einer dritten Lochung. Jede der Lochungen wird durch jeweils eine Anordnung einer Vielzahl an Sieblöchern mit bestimmten Abmessungen gebildet. Die Lochung des zweiten Siebbereichs 19b besteht aus Sieblöchern 17b, die in wenigstens eine Richtung eine geringere Abmessung haben, als die Sieblöcher 17a der ersten Lochung. Ferner besteht die Lochung des dritten Siebbereichs 19c aus Sieblöchern 17c, die in wenigstens eine Richtung eine geringere Abmessung haben, als die Sieblöcher 17b der zweiten Lochung. Mit anderen Worten wird die Lochung von Siebbereich zu Siebbereich allmählich kleiner.

[0075] Die Sieblöcher 17a, 17b, 17c haben die Gestalt von Langlöchern, deren Längsachse parallel zur Arbeitsrichtung 18 orientiert ist. Die Abmessungen dieser Langlöcher beziehen sich auf die Länge ihrer Längsachse sowie ihre Breite. In Figur 2 sind die Sieblöcher hinsichtlich ihrer Form, Größe und Anordnung nur exemplarisch und nur im linken Teil der Siebfläche 19 dargestellt. Entsprechende Sieblöcher 17a, 17b, 17c befinden sich selbstverständlich auch im rechten Teil der Siebfläche 19, mithin auf der gesamten Siebfläche 19. Die Anordnung der Sieblöcher 17a, 17b, 17c ist symmetrisch in Reihen.

[0076] Die Siebfläche 19 ist insgesamt leicht konkav gebogen. Sie ist schwingend gelagert und besteht aus einer Anzahl von beispielsweise 21 einzelnen länglichen, schmalen Siebelementen, nachfolgend Einzelsiebe 16a, 16b, 16c genannt. Die Einzelsiebe 16a, 16b, 16c sind ca. 3m lang und ca. 25-30cm breit. Sie liegen mit ihrer Längsseite unmittelbar aneinander, so dass ihre Querrichtung, d.h. die Richtung ihrer Breite der Arbeitsrichtung 18 entspricht. Die Einzelsiebe

16a, 16b, 16c sind elastische Siebmatten aus elastomerem Polyurethan.

[0077] Die Lochung der Einzelsiebe 16a, 16b, 16c bildet die Lochung des entsprechenden Siebbereichs 19a, 19b, 19c. Die Einzelsiebe 16a, 16b, 16c gehören somit einer von drei Gruppen an, die jeweils eine erste, zweite und dritte Lochung haben, wobei die zweite Lochung in wenigstens einer Erstreckungsrichtung der Sieblöcher 17b kleiner als die erste Lochung und die dritte Lochung in wenigstens einer Erstreckungsrichtung der Sieblöcher 17c kleiner als die zweite Lochung ist. Dabei bilden die Einzelsiebe 16a der ersten Gruppe den ersten Siebbereich 19a, die Einzelsiebe 16b der zweiten Gruppe den zweiten Siebbereich 19b und die Einzelsiebe 16c der dritten Gruppe den dritten Siebbereich 19c, der in Arbeitsrichtung 18 hinter dem zweiten Siebbereich 19b folgt, welcher wiederum hinter dem ersten Siebbereich 19a liegt. Mit anderen Worten besteht der erste Siebbereich 19a aus einer Anzahl von Einzelsieben 16a mit der ersten Lochung, der zweite Siebbereich 19b aus einer Anzahl von Einzelsieben 16b mit der zweiten Lochung und der dritte Siebbereich 19c aus einer Anzahl von Einzelsieben 16c mit der dritten Lochung.

[0078] In der Ausführungsvariante gemäß Figur 2 sind nicht alle Einzelsiebe 16a, 16b, 16c dargestellt. Rein exemplarisch bilden zehn Einzelsiebe 16a mit der ersten Lochung, fünf Einzelsiebe 16b mit der zweiten Lochung und sechs Einzelsiebe 16c mit der dritten Lochung die Siebfläche 19. Dabei weist die erste Lochung Sieblöcher 17a mit einer Lochabmessung von 5x25mm, die zweite Lochung Sieblöcher 17b mit einer Lochabmessung von 3x20mm und die dritte Lochung Sieblöcher 17c mit einer Lochabmessung von 3x10mm auf. Durch die Lochung und Anzahl der Einzelsiebe 16a, 16b, 16c wird somit eine spezifische Siebfolge definiert.

[0079] Eine andere Siebfolge der Siebmaschine 9 ist beispielsweise:

- vier Einzelsiebe 16a mit der ersten Lochung, deren Sieblöcher 17a eine Lochabmessung von 7x25mm aufweisen;
- fünfzehn Einzelsiebe 16b mit der zweiten Lochung, deren Sieblöcher 17b eine Lochabmessung von 5x25mm aufweisen;
- zwei Einzelsiebe 16c mit der dritten Lochung, deren Sieblöcher 17c eine Lochabmessung von 2x20mm aufweisen.

[0080] Die Lochungen sind somit stets größer als die nominale Sandkorngröße 0-2mm. Denn es bilden sich am Lochrand Ablagerungen, so dass die effektive Lochung kleiner ist. Durch die Tatsache, dass auch Material größerer Körnung, d.h. 2-45mm auf der Siebfläche 19 liegt, werden diese Ablagerungen wieder abgetragen, so dass die Sieblöcher 16a, 16b, 16b nicht zuwachsen, sondern freibleiben.

[0081] Die beiden genannten Siebfolgen sind in der Tabelle gemäß Figur 3 angegeben. Untersuchungen haben gezeigt, dass die darin erstgenannte Siebfolge bei feuchterem Inputmaterial 2 und die andere Siebfolge bei vergleichsweise trockenem Inputmaterial geeignet ist, um einen vergleichsweise hohen Ertrag an Sandersatz 3 aus dem Inputmaterial 2 zu gewinnen. Die Leitfähigkeit des Inputmaterials 2 lässt sich leicht messtechnisch erfassen und ermöglicht eine Aussage zum Feuchtigkeitsgehalt und zur Salzkonzentration des Materials, da Wasser die im Boden befindlichen Ionen löst und deren Transport unter dem Einfluss eines elektrischen Feldes ermöglicht.

[0082] Wie aus Figur 2 weiter ersichtlich ist, fallen die 0-2mm Körner der den Sandersatz bildenden zweiten Kornfraktion 3 in der Fraktion 14 des Inputmaterials 2 durch die Sieblöcher 17a, 17b, 17c und werden von einer dritten Transporteinrichtung 7 in Gestalt eines Transportbands von der Siebmaschine 9 weggebracht und auf einen Schüttkegel aufgeworfen. Die nicht durch die Sieblöcher 17a, 17b, 17c passenden größeren Körner mit Korngrößen zwischen 2 und 45mm sowie nicht abgesiebte 0 bis 2mm Körner werden in Arbeitsrichtung 18 transportiert und fallen am Ende der Siebfläche 19 von dieser herunter. Sie bilden die erste Kornfraktion 12 und werden von einer vierten Transporteinrichtung 7a in Gestalt eines Transportbands von der Siebmaschine 9 ebenfalls weggebracht und auf einen Schüttkegel aufgeworfen. Die erste Kornfraktion 12 kann ebenfalls einer gesonderten Verwendung zugeführt werden. Sinnvollerweise erfolgt die Lagerung der ersten Kornfraktion 12 und der zweiten Kornfraktion 3 an einem überdachten Ort, um sie gegen Regen und Nässe zu schützen.

[0083] Falls das Siebergebnis nicht zufriedenstellend ausfällt, d.h. der prozentuale Anteil der gewonnenen zweiten Kornfraktion 3 (0-2mm) im Verhältnis zum Inputmaterial 2 oder zur ersten Kornfraktion 12 zu gering ist, beispielsweise weniger als 30% beträgt, kann der Siebvorgang wiederholt werden, indem die erste Kornfraktion 12 zurück in den Bunker 4 gegeben und erneut der Siebmaschine 9 zugeführt wird. Dabei kann auch der Durchsatz der Siebmaschine 9, respektive die der Siebmaschine 9 zugeführte Menge an Inputmaterial 2 pro Zeit, verringert werden, indem die Geschwindigkeit V_{Band} des ersten Abschnitts der ersten Transporteinrichtung 5.1 verringert wird. Wie Figur 1 veranschaulicht, kann das besagte Verhältnis (Kornverhältnis) der Anlagensteuerung 15 zugeführt werden, die dann die entsprechende Geschwindigkeitsanpassung vornimmt.

[0084] Als Siebmaschine 9 kann beispielsweise eine Spannwellensiebmaschine verwendet werden, wie sie in der internationalen Anmeldung WO 2007/060155 A1 beschrieben ist. Bei einer Breite von 6m können bei einem solchen Modell zwei der zuvor beschriebenen Einzelsiebe 16a, 16b, 16c jeweils paarweise an ihrem kopfseitigen Ende aneinandergelegt werden, um die Siebfläche 19 zu bilden. Diese Siebmaschine 9 besteht aus einem einzigen Siebdeck und kann über eine 10°-18° abwärts geneigte Siebfläche 19 verfügen, die bananenförmig (konkav) gebogen ist. Die Schwingung der Siebfläche 19 ist bevorzugt vertikal entlang einer elliptischen Bahn mit einer Frequenz von beispielsweise 800

min⁻¹. Die Erregung dieser Frequenz kann durch einen Wellenantrieb mit Einfachunwucht erfolgen. Somit bildet die Siebfläche 19 einen Freischwinger mit Kreisamplitude und einer durch Resonanz erregten, überlagerten Ellipsenamplitude.

[0085] Das Inputmaterial 2 ist Bodenaushub von Gruben oder Deponien mit einem nicht organischen, mineralischen, steinigen, sandigen oder lehmigen und nicht kontaminierten Boden. Es kann vor der Beschickung des Bunkers 4 zu einem Schüttkegel aufgehäuft werden, von dem aus der Bunker 4 dann beschickt wird.

[0086] Da der Sieberfolg, d.h. die gewinnbare Menge an 0-2mm Kornfraktion 3 vom Inputmaterial 2 wesentlich von der Feuchtigkeit des Inputmaterials 2 und der Luftfeuchtigkeit abhängt, kann das Inputmaterial 2 einer Vorverarbeitung unterzogen werden. Eine solche Vorverarbeitung ist auch dann anzuraten, wenn der Ertrag an Sandersatz 3, d.h. der prozentuale Anteil der zweiten Kornfraktion 3 (0-2mm) bezogen auf die Menge an Inputmaterial 2 oder bezogen auf die erste Kornfraktion 12 zu gering ist.

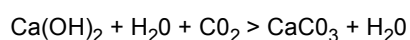
[0087] Dies erfolgt in Gestalt einer dosierten Zugabe von unhydriertem Kalk, insbesondere Weißfeinkalk, oder eines Kalk-Zement-Mischbinders wie DOROSOL[®] C, wobei die Menge an Kalk zwischen 0,5% und 5% der Menge des Inputmaterials beträgt und die obere Grenze von 5% nicht überschreiten darf. Dies veranschaulicht Figur 4. Kalk wird somit in Abhängigkeit der Feuchte zugegeben. DOROSOL[®] C besteht aus Weißfeinkalk (EN 459), Portlandzementklinker (EN 197) und Füllern. Der Anteil an Weißfeinkalk im Bindemittel sollte etwa 70% betragen.

[0088] Die Kalkzugabe kann in Form von sogenannten BigBags erfolgen, die auf dem Schüttkegel entleert und mittels eines Schaufel-Radladers untergemischt werden. Es ist allerdings auch möglich, den Bunker 4 mit einer steuerbaren Einrichtung zur dosierbaren Zugabe des Kalks sowie mit einem Mischwerk auszustatten, z.B. einer drehenden Schaufel.

[0089] Für eine Bewertung des Langzeitverhaltens des Inputmaterials 2 kann nach der Kalkzugabe eine Prüfung seines pH-Wertes durchgeführt werden. Liegt ein pH-Wert kleiner 11 vor, so besteht die Gewähr, dass kein ungebundenes beziehungsweise kein reaktionsfähiges Calciumhydroxid mehr im Inputmaterial 2 vorhanden ist. Dadurch ist keine puzzolanische Reaktion mehr möglich und das Inputmaterial 2 bleibt grabfähig und streufähig.

[0090] Infolge der Kalkzugabe entsteht im Inputmaterial 2 in geringen Mengen Calciumhydroxid. Um dieses zu neutralisieren, ist es sinnvoll, das Inputmaterial vor oder nach der Kalkzugabe gut zu belüften. Dadurch reagiert das Calciumhydroxid mit dem Kohlendioxid (CO₂) der Luft, indem das Calciumhydroxid kationisiert und dadurch inaktiv wird. Die Reaktionszeit beträgt mindestens 4 Stunden.

[0091] Kalkhydrat + Wasser + Kohlendioxid > Kalziumkarbonat + Wasser



[0092] Um diese Belüftung zu erreichen, kann das Inputmaterial im einfachsten Fall mit einem sogenannten Schaufel-Separator, wie er als Sonderausrüstung für Hydraulikbagger oder Schaufel-Radlader erhältlich ist, oder mit ähnlichen Sonderausrüstungen aufbereitet werden, durch die ein hoher Aufschluss des Inputmaterials 2 beim Mischen erreicht wird. Dieser Effekt kann auch durch stationäre, mobil oder semimobil aufgebaute Vorrichtungen, die entsprechend ausgelegt sind, wie zum Beispiel sogenannte Scheiben-Separatoren nach dem Scheibe-in-Scheibe-Prinzip oder vergleichbare mechanische Vorrichtungen erreicht werden. Das Ineinandergreifen der Scheiben und Meißel schließt das Inputmaterial 2 bestmöglich auf, das anschließend mit dem Kalk vermischt und dieser im Inputmaterial gleichmäßig verteilt werden kann. Darüber hinaus können sich die Scheibenzwischenräume auch bei sehr feucht-bindigen bzw. pampigen Böden nie zusetzen, weil diese ständig von den jeweils gegenüberliegenden Scheiben freigeschnitten werden. Es ist ferner möglich, Luft von unten durch den Bunker 4 strömen zu lassen. Ist dann zusätzlich das Mischwerk in Betrieb, erfolgt ebenfalls eine gute Durchlüftung des Inputmaterials 2.

[0093] Mit der Karbonatisierung (Umwandlung des Kalkhydrats in Kalziumkarbonat) wird die puzzolanische Reaktion gewissermaßen gestoppt. Das ist immer der Fall, wenn der Anteil von ungebundenem Kalk so gering ist, dass keine Hydratphasen mehr gebildet werden können und die puzzolanische Reaktion nicht fortgesetzt werden kann.

[0094] Wie bereits angesprochen, ist eine Messgröße für die Qualität der Vorbereitung des Inputmaterials durch Kalkzugabe und Durchlüftung der pH-Wert, der infolge der Karbonatisierung sinkt. Dieser Nachweis für den Erfolg der Verbesserung des Inputmaterials kann auf einer Baustelle, bzw. am Aufstellort der Anlage, mit einer in Wasser gelösten Bodenprobe und Lackmus-Papier leicht erbracht werden.

[0095] Zusätzlich hat der Schaufelseparator auch eine Siebfunktion, damit die für die weitere Verwendung vorgeschriebenen Körnungen in Verbindung mit dem Mischvorgang erzeugt werden können. Diese Körnungen werden in Abhängigkeit der individuellen Scheibenabstände der Separatorwellen ermöglicht.

[0096] Sofern der Ertrag an Sandersatz 3, d.h. der prozentuale Anteil der zweiten Kornfraktion 3 (0-2mm) bezogen auf die Menge an Inputmaterial 2 oder bezogen auf die erste Kornfraktion 12 zu gering ist, nach der Vorverarbeitung des Inputmaterials 2 zu gering ist oder weiterhin zu gering ist, kann die Zugabe von Kalk samt anschließender Belüftung und Ruhenlassen des Inputmaterials 2 wiederholt werden.

[0097] Des Weiteren ist zu beachten, dass sich am Schüttkegel der zweiten Kornfraktion 3 kein Kranz größerer Körner bildet. Ist dies der Fall, so muss die zugeführte Menge an Inputmaterial reduziert werden, also die Geschwindigkeit

V_{Band} des ersten Abschnitts 5.1 der ersten Transporteinrichtung 5 verringert werden. Ob ein solcher Kranz vorhanden ist, kann der Anlagensteuerung 15 mitgeteilt werden, siehe Figur 1, die daraufhin eine entsprechende Geschwindigkeitsänderung vornimmt. Zudem sollte stets ein Anteil von 1-2 % Feinkorn, d.h. der zweiten Kornfraktion 3 (0-2mm), im Mittelkorn, d.h. in der ersten Kornfraktion 12 verbleiben.

[0098] Ein weiterer Parameter für die Steuerung der Anlage 1 ist die Feuchtigkeit des Inputmaterials 2. Diese kann z.B. im Bunker 4 anhand der elektrischen Leitfähigkeit des Inputmaterials 2 ermittelt und der Anlagensteuerung 15 zugeführt werden. Je feuchter das Inputmaterial ist, desto langsamer muss die Anlage 1 laufen, was von der Anlagensteuerung 15 entsprechend eingestellt werden kann. Andernfalls wird zu wenig Sandersatz 3 gewonnen. Die tatsächliche Inputmenge pro Zeit bzw. Bandgeschwindigkeit V_{Band} ist also eine Funktion seiner Feuchte (in %) und des Anteils an Feinkorn im Mittelkorn. Schematisch zeigt Figur 5 diesen Zusammenhang. Dabei beschreibt Kurve A den Fall, dass zu wenig Feinkorn im Mittelkorn und Kurve C, dass zu viel Feinkorn im Mittelkorn verbleibt. Kurve B beschreibt den optimalen Fall zwischen diesen genannten Grenzfällen.

[0099] Der erfindungsgemäß gewonnene Sandersatz 3 kann gelagert und anschließend für die Herstellung von Beton oder Asphalt verwendet werden. In speziellen Fällen, in denen besondere Anforderungen an die Festigkeit oder Reinheit des Sandersatzes 3 als Beton- oder Asphaltzuschlagsstoff gestellt werden, können Prüfwürfel aus Beton oder Asphalt hergestellt und im Labor untersucht werden.

[0100] Für eine hohe Qualität der Betonherstellung aus dem Sandersatz 3 ist weiterhin zu beachten, dass der Salzgehalt aller Zuschlagstoffe des Betons 0,4 % nicht überschreitet. Damit darf der Salzgehalt im Sandanteil des Betons (typisch 25-30%) nicht mehr als 0,15 % betragen. Der Salzgehalt kann über eine Leitfähigkeitsmessung bestimmt werden. Der pH-Wert muss ferner kleiner 11 sein. Dieser kann einfach gemessen werden. Zudem kann über eine Zugabe von DOROSOL® der pH-Wert eingestellt werden. Schließlich ist auch zu beachten, dass der Staubanteil im Feinkorn kleiner 3 % sein muss.

[0101] Es sei darauf hingewiesen, dass die vorstehende Beschreibung lediglich beispielhaft zum Zwecke der Veranschaulichung gegeben ist und den Schutzbereich der Erfindung keineswegs einschränkt. Merkmale der Erfindung, die als "kann", "beispielhaft", "bevorzugt", "optional", "ideal", "vorteilhaft", "gegebenenfalls" oder "geeignet" angegeben sind, sind als rein fakultativ zu betrachten und schränken ebenfalls den Schutzbereich nicht ein, welcher ausschließlich durch die Ansprüche festgelegt ist. Soweit in der vorstehenden Beschreibung Elemente, Komponenten, Verfahrensschritte, Werte oder Informationen genannt sind, die bekannte, naheliegende oder vorhersehbare Äquivalente besitzen, werden diese Äquivalente von der Erfindung mit umfasst. Ebenso schließt die Erfindung jegliche Änderungen, Abwandlungen oder Modifikationen von Ausführungsbeispielen ein, die den Austausch, die Hinzunahme, die Änderung oder das Weglassen von Elementen, Komponenten, Verfahrensschritten, Werten oder Informationen zum Gegenstand haben, solange der erfindungsgemäße Grundgedanke erhalten bleibt, ungeachtet dessen, ob die Änderung, Abwandlung oder Modifikationen zu einer Verbesserung oder Verschlechterung einer Ausführungsform führt.

[0102] Obgleich die vorstehende Erfindungsbeschreibung eine Vielzahl körperlicher, unkörperlicher oder verfahrensgegenständlicher Merkmale in Bezug zu einem oder mehreren konkreten Ausführungsbeispiel(en) nennt, so können diese Merkmale auch isoliert von dem konkreten Ausführungsbeispiel verwendet werden, jedenfalls soweit sie nicht das zwingende Vorhandensein weiterer Merkmale erfordern. Umgekehrt können diese in Bezug zu einem oder mehreren konkreten Ausführungsbeispiel(en) genannten Merkmale beliebig miteinander sowie mit weiteren offenbarten oder nicht offenbarten Merkmalen von gezeigten oder nicht gezeigten Ausführungsbeispielen kombiniert werden, jedenfalls soweit sich die Merkmale nicht gegenseitig ausschließen oder zu technischen Unvereinbarkeiten führen.

Bezugszeichenliste

[0103]

1. Anlage
2. Inputmaterial
3. Bodenbaustoff, zweite Kornfraktion, Feinkorn, Sandersatz
4. Bunker, Einfülltrichter
5. erste Transporteinrichtung, Transportband
- 5.1 erster Abschnitt einer ersten Transporteinrichtung, Band
- 5.2 zweiter Abschnitt der ersten Transporteinrichtung, Band
- 6 zweite Transporteinrichtung, Transportband
- 7 dritte Transporteinrichtung, Transportband
- 7a vierte Transporteinrichtung, Transportband
- 8 erste Siebstufe, Grobabscheider
- 9 Siebmaschine
- 10 Waage für Inputmaterial

11 Waage für Bodenbaustoff
 12 erste Kornfraktion
 13 Überkorn
 14 Fraktion des Inputmaterials
 5 15 Anlagensteuerung
 16a Einzelsieb mit erster Lochung
 16b Einzelsieb mit zweiter Lochung
 16c Einzelsieb mit dritter Lochung
 17a Siebloch der ersten Lochung
 10 17b Siebloch der zweiten Lochung
 17c Siebloch der dritten Lochung
 18 Arbeitsrichtung
 19 Siebfläche
 19a erster Siebbereich
 15 19b zweiter Siebbereich
 19c dritter Siebbereich

Patentansprüche

- 20 1. Verfahren zur Gewinnung eines sandartigen Bodenbaustoffs (3) für die Betonoder Asphaltherstellung aus einem Inputmaterial (2) in Form von Bodenaushub, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Inputmaterial (2) oder zumindest eine Fraktion (14) des Inputmaterials (2) einer Siebmaschine (9) zugeführt wird, die das Inputmaterial (2) oder die Fraktion (14) in eine erste Kornfraktion (12) und eine den Bodenbaustoff (3) bildende zweite Kornfraktion (3) mit einer Korngröße im Wesentlichen kleiner gleich 2mm auftrennt, indem das Inputmaterial (2) oder die Fraktion (14) in der Siebmaschine (9) über eine in eine Arbeitsrichtung (18) zumindest abschnittsweise abwärts gerichtete, schwingende Siebfläche (19) transportiert wird, die wenigstens einen ersten Siebbereich (19a) mit einer ersten Lochung oder Maschenweite, und einen in Arbeitsrichtung (18) dahinter liegenden zweiten Siebbereich (19b) mit einer zweiten Lochung oder Maschenweite umfasst, deren Löcher (17b) oder Maschen in wenigstens eine Richtung eine geringere Abmessung haben, als die Löcher (17a) oder Maschen der ersten Lochung.
- 25 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die der Siebmaschine (9) zugeführte Menge an Inputmaterial (2) pro Zeit reduziert wird, wenn die Menge des insgesamt gewonnenen Bodenbaustoffs (3) im Verhältnis zur Menge des Inputmaterials (2) oder zur Menge der ersten Kornfraktion (12) unter einem Grenzwert von beispielsweise 50% liegt.
- 30 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die der Siebmaschine (9) zuzuführende Menge an Inputmaterial (2) pro Zeit dadurch reduziert wird, dass die Fördergeschwindigkeit zumindest eines Abschnitts einer Transporteinrichtung (5) verringert wird, die die Siebmaschine (9) beschickt.
- 40 4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor der Zuführung des Inputmaterials (2) zur Siebmaschine (9) eine Abscheidung eines Überkorns (13) erfolgt, insbesondere mit einer Korngröße größer als 45mm.
- 45 5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schwingung der Siebfläche durch eine vertikale auf und ab Bewegung erreicht wird, insbesondere entlang einer elliptischen Bahn.
- 50 6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Feuchtigkeit des Inputmaterials (2) oder eine davon abhängige Größe bestimmt und die Lochungen des wenigstens einen und zweiten Siebbereichs (19a, 19b, 19c) in Abhängigkeit der Feuchtigkeit oder der davon abhängigen Größe ausgewählt und verwendet werden, wobei bei einer höheren Feuchtigkeit eine im Wesentlichen größere Lochung und bei einer geringeren Feuchtigkeit eine im Wesentlichen kleinere Lochung verwendet wird.
- 55 7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Feuchtigkeit des Inputmaterials (2) bestimmt und diesem in Abhängigkeit der Feuchtigkeit Kalk, insbesondere Weißfeinkalk zugegeben wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zugabe von Kalk maximal 5 Gewichtsprozent des Inputmaterials (2) beträgt.

9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Feuchtigkeit der zweiten Kornfraktion (3) bestimmt und in Abhängigkeit der Feuchtigkeit die Menge an der Siebmaschine (9) zugeführtem Inputmaterial (2) pro Zeit angepasst wird.

10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrische Leitfähigkeit des Inputmaterials (2) gemessen wird und daraus die Feuchtigkeit bestimmt wird.

11. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Kornfraktion (3) auf einen Schüttkegel geworfen wird und die der Siebmaschine (9) zugeführte Menge an Inputmaterial (2) pro Zeit reduziert wird, wenn sich zunehmend ein Kranz größerer Körner am Fuße des Schüttkegels bildet.

12. Anlage (1) zur Gewinnung eines sandartigen Bodenbaustoffs (3) für die Betonoder Asphaltherstellung aus einem Inputmaterial (2) in Form von Bodenaushub, **gekennzeichnet durch**

- einen Bunker (4) zur Aufnahme von Inputmaterial (2),
- eine Siebmaschine (9) zur Auftrennung des Inputmaterials (2) oder zumindest eine Fraktion (14) des Inputmaterials (2) in eine erste Kornfraktion (12) und eine den Bodenbaustoff (3) bildende zweite Kornfraktion (3) mit einer Korngröße von im Wesentlichen kleiner gleich 2mm,
- eine Transporteinrichtung (5) zur Förderung des Inputmaterials (2) oder der Fraktion (14) vom Bunker (4) zur Siebmaschine (9),

wobei die Siebmaschine (9) eine in eine Arbeitsrichtung (18) zumindest abschnittsweise abwärts gerichtete, schwingende Siebfläche (19) aufweist, die wenigstens einen ersten Siebbereich (19a) mit einer ersten Lochung oder Maschenweite, und einen in Arbeitsrichtung (18) dahinter liegenden zweiten Siebbereich (19b) mit einer zweiten Lochung oder Maschenweite umfasst, deren Löcher (17b) oder Maschen in wenigstens eine Richtung eine geringere Abmessung haben, als die Löcher (17a) oder Maschen der ersten Lochung.

13. Anlage (1) nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Siebfläche (19) durch Einzelsiebe (16a, 16b, 16c) gebildet ist und die Einzelsiebe (16a, 16b, 16c) einer von drei Gruppen angehören, die jeweils eine erste, zweite und dritte Lochung haben, wobei die zweite Lochung in wenigstens einer Erstreckungsrichtung der Sieblöcher (17b) kleiner als die erste Lochung und die dritte Lochung in wenigstens einer Erstreckungsrichtung der Sieblöcher (17c) kleiner als die zweite Lochung ist, und wobei die Einzelsiebe (16a) der ersten Gruppe den ersten Siebbereich (19a), die Einzelsiebe (16b) der zweiten Gruppe den zweiten Siebbereich (19b) und die Einzelsiebe (16c) der dritten Gruppe einen dritten Siebbereich (19c) bilden, der in Arbeitsrichtung (18) hinter dem zweiten Siebbereich (19b) folgt.

14. Anlage (1) nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- die erste Lochung Sieblöcher (17a) mit einer Lochabmessung von 7x25mm,
- die zweite Lochung Sieblöcher (17b) mit einer Lochabmessung von 5x25mm, und
- die dritte Lochung Sieblöcher (17c) mit einer Lochabmessung von 2x20mm aufweist,

wobei vorzugsweise vier Einzelsiebe (16a) mit der ersten Lochung, fünfzehn Einzelsiebe (16b) mit der zweiten Lochung und zwei Einzelsiebe (16c) mit der dritten Lochung die Siebfläche (19) bilden.

15. Anlage (1) nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- die erste Lochung Sieblöcher (17a) mit einer Lochabmessung von 5x25mm,
- die zweite Lochung Sieblöcher (17b) mit einer Lochabmessung von 3x20mm, und
- die dritte Lochung Sieblöcher (17c) mit einer Lochabmessung von 3x10mm aufweist,

wobei vorzugsweise zehn Einzelsiebe (16a) mit der ersten Lochung, fünf Einzelsiebe (16b) mit der zweiten Lochung und sechs Einzelsiebe (16c) mit der dritten Lochung die Siebfläche (19) bilden.

16. Verwendung des nach einem der Ansprüche 1 bis 11 gewonnenen Bodenbaustoffs (3) zur Herstellung von Beton oder Asphalt.

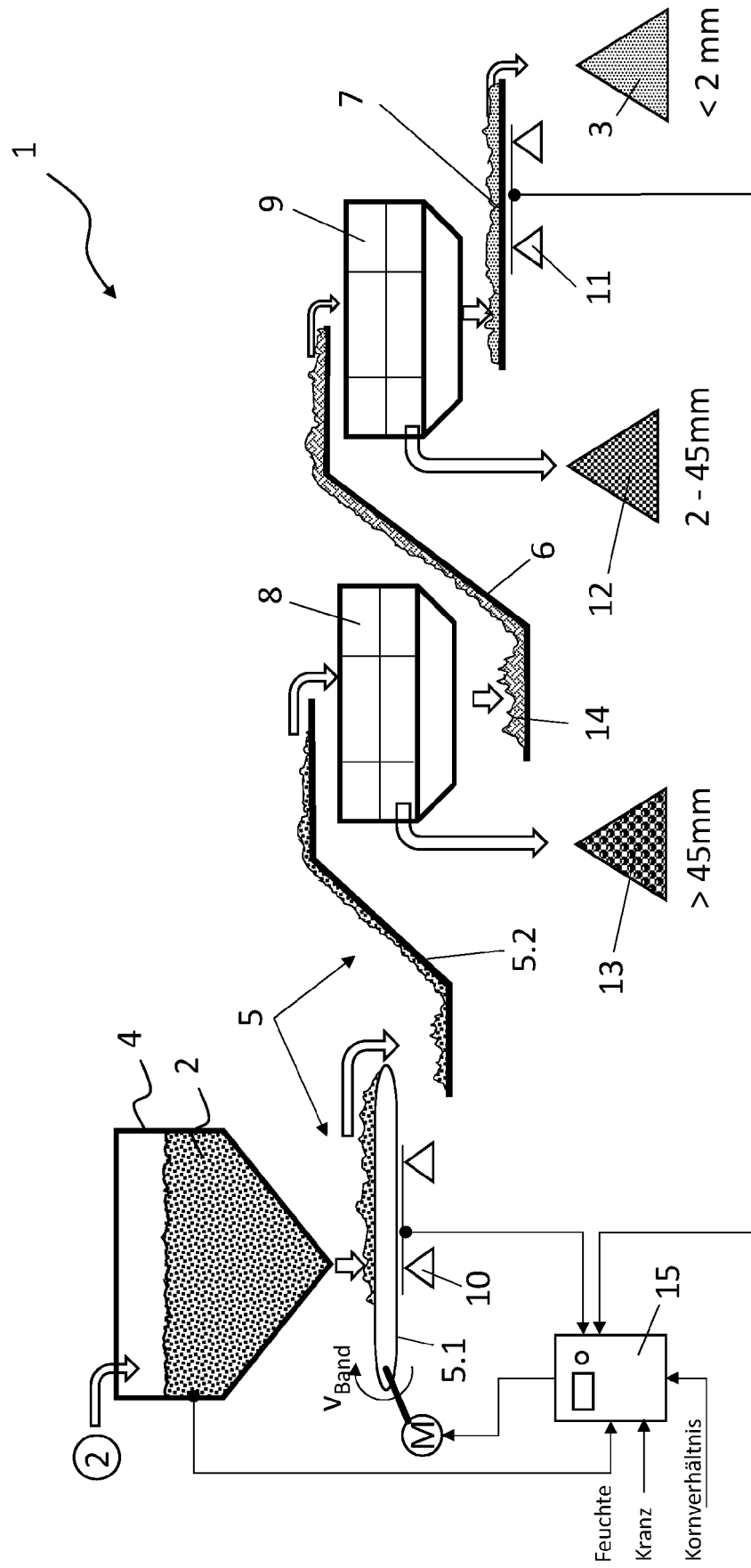


Fig. 1

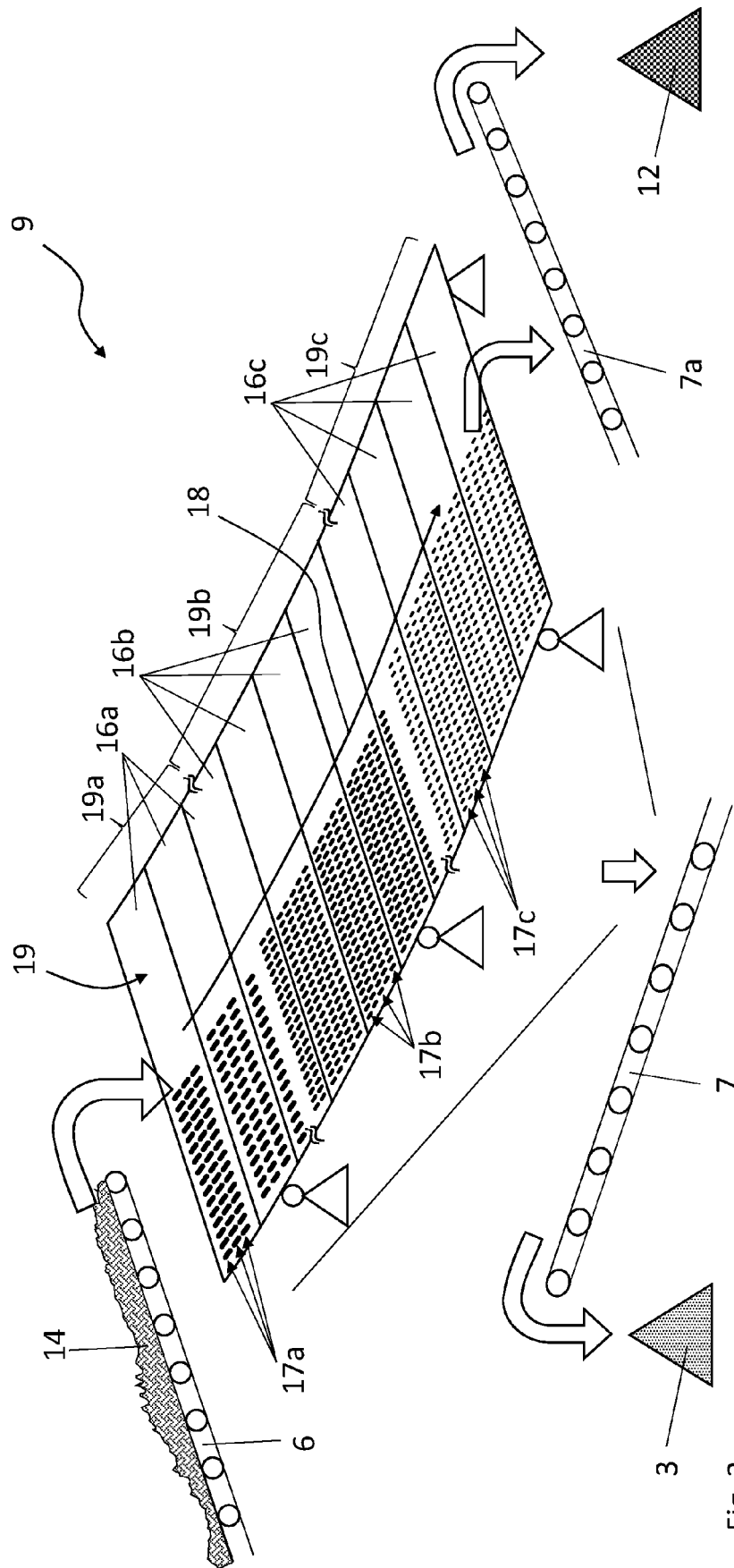


Fig. 2

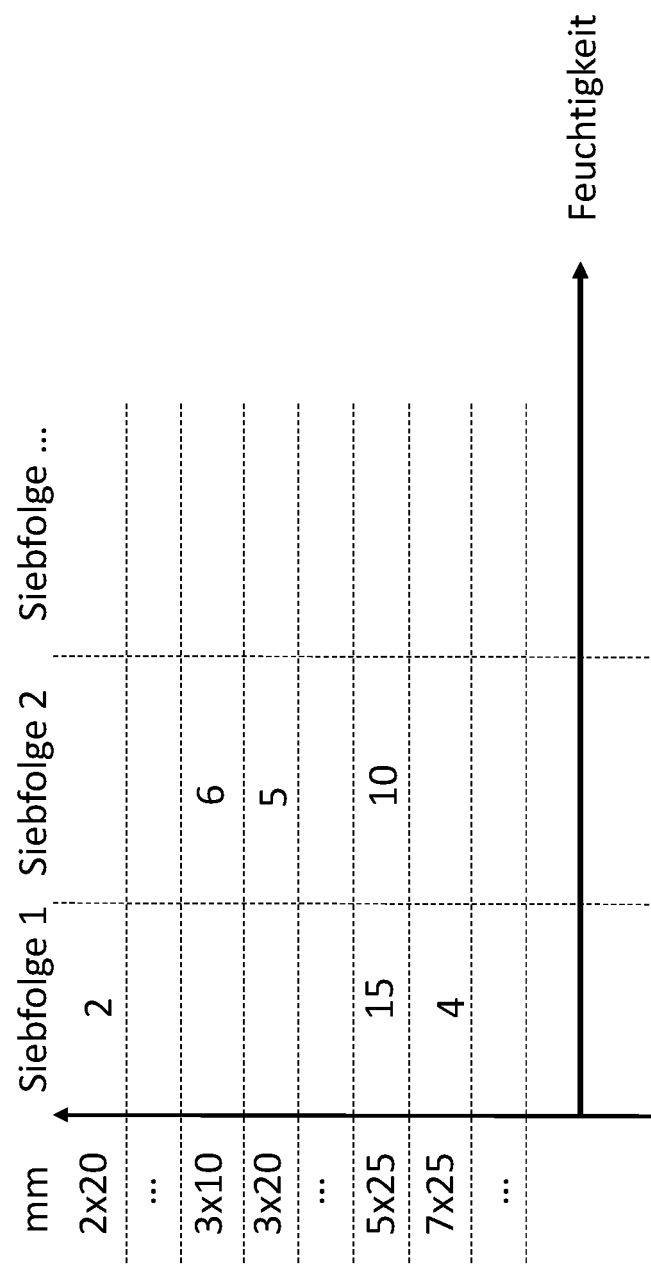


Fig. 3

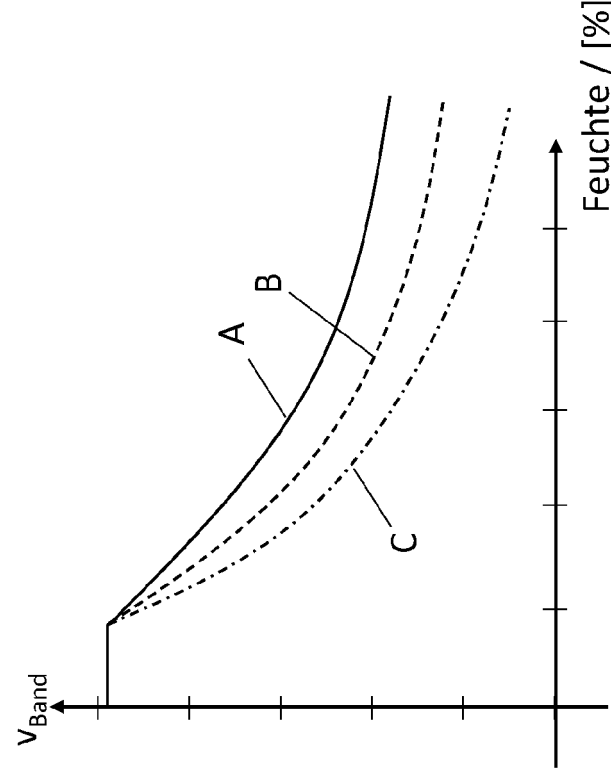


Fig. 5

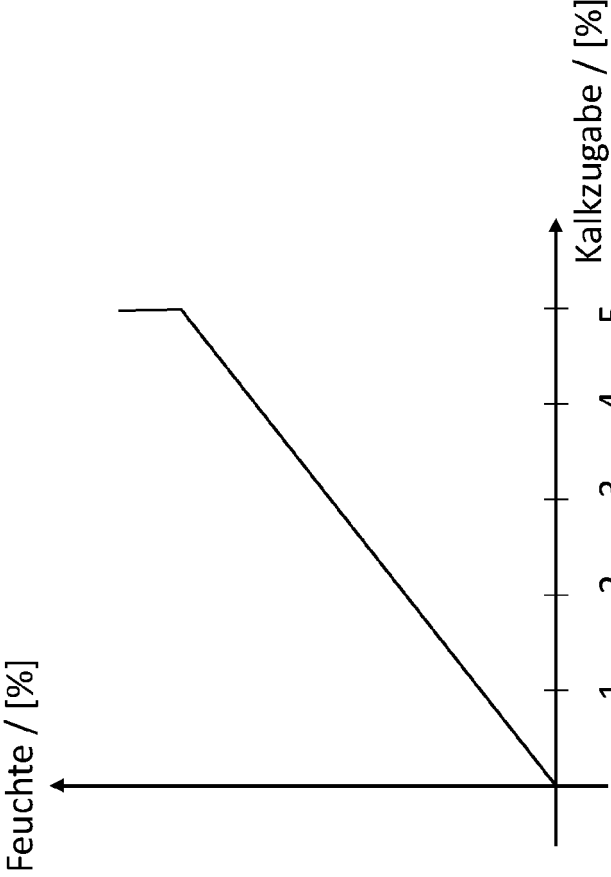


Fig. 4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 16 3317

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	KR 100 459 316 B1 (SPECO LTD) 3. Dezember 2004 (2004-12-03)	1-6, 11, 12, 16	INV. B07B13/04
Y	* Anspruch 1; Abbildungen 1-3 *	6-10, 13-15	B07B13/18 B07B1/46
A	----- US 2021/016297 A1 (BIRCHFIELD ROBERT CHARLES MASON [US] ET AL) 21. Januar 2021 (2021-01-21) * Abbildung 1; Tabellen 1-6 *	2, 3	
Y	----- JP 2 873158 B2 (NAKAI SANKI KK) 24. März 1999 (1999-03-24) * Absatz [0018] - Absatz [0019]; Abbildungen 1, 2, 7 *	6, 9, 10	
Y	----- US 2004/091319 A1 (SCHENK JURGEN [DE]) 13. Mai 2004 (2004-05-13)	6-10	
A	* Absätze [0019], [0019]; Abbildungen 1, 2, 7 *	4	
Y	----- DE 10 2019 214864 B3 (THYSSENKRUPP AG [DE]; THYSSENKRUPP IND SOLUTIONS AG [DE]) 18. Juni 2020 (2020-06-18) * Absatz [0017] *	9	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Y	----- WO 2017/019580 A1 (CADY ERIC [US] ET AL) 2. Februar 2017 (2017-02-02) * Absatz [0012] - Absatz [0013]; Abbildungen 1, 8 *	13-15	B07B
A	----- US 2018/236494 A1 (COGAN KEVIN C [US] ET AL) 23. August 2018 (2018-08-23) * Abbildungen 4-6 *	1, 12	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag		22. August 2022	Cassiat, Clément
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 : nichtschriftliche 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	

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

EP 22 16 3317

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente 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.

22-08-2022

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
KR 100459316 B1	03-12-2004	KEINE	
US 2021016297 A1	21-01-2021	CA 3147412 A1	21-01-2021
		CN 114401799 A	26-04-2022
		CO 2022001511 A2	20-05-2022
		EP 3999253 A1	25-05-2022
		US 2021016297 A1	21-01-2021
		WO 2021011805 A1	21-01-2021
JP 2873158 B2	24-03-1999	JP 2873158 B2	24-03-1999
		JP H07195034 A	01-08-1995
US 2004091319 A1	13-05-2004	AU 2002308359 A1	24-09-2002
		CA 2439069 A1	19-09-2002
		DE 10111300 A1	26-09-2002
		EP 1365901 A2	03-12-2003
		US 2004091319 A1	13-05-2004
		WO 02072329 A2	19-09-2002
DE 102019214864 B3	18-06-2020	DE 102019214864 B3	18-06-2020
		WO 2021058387 A1	01-04-2021
WO 2017019580 A1	02-02-2017	US 2018214798 A1	02-08-2018
		US 2021205736 A1	08-07-2021
		WO 2017019580 A1	02-02-2017
US 2018236494 A1	23-08-2018	US 2018236494 A1	23-08-2018
		US 2019299253 A1	03-10-2019

EPO FORM P0461

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

- WO 9748503 A1 [0006]
- DE 20205891 U1 [0007]
- DE 4121584 C1 [0008]
- DE 20218820 U1 [0009]
- WO 2007060155 A1 [0084]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **O. ROBINSON.** Sandkrise. *Jetzt mal Tacheles zum Thema Sand*, 01. Februar 2021, <https://www.bau-netzwerk.biz/ietzt-mal-tacheles-zum-themasand> [0004]