



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 655 410 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
10.05.2006 Patentblatt 2006/19

(51) Int Cl.:
E01C 3/00 (2006.01) E02D 3/12 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **04025845.1**

(22) Anmeldetag: **29.10.2004**

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

(71) Anmelder: **Kügler, Jost-Ulrich, Dipl.-Ing.
D-45219 Essen (DE)**

(72) Erfinder:
• **Kügler, Jost Ulrich Dipl.-Ing.
45239 Essen (DE)**
• **Belouschek, Peter Prof. Dr.
45481 Mülheim an der Ruhr (DE)**

• **Kügler, Katja Dipl.-Ing.
45239 Essen (DE)**

(74) Vertreter: **Hess, Peter K. G.
Patent- und Rechtsanwälte
Bardehle - Pagenberg - Dost
Altenburg - Geissler
Galileiplatz 1
81679 München (DE)**

Bemerkungen:

Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 86 (2)
EPÜ.

(54) **Verfahren zur Herstellung einer Tragschicht**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Tragschicht, insbesondere für den Straßenbau oder für Gebäude, mit den folgenden Schritten:

a. Bereitstellen eines Ausgangsmaterials mit einem offenen Porenvolumen zwischen 25% und 40%, insbesondere aus Sand und / oder Reststoffen von mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen (MBA-Anlagen) für Siedlungsabfälle und Abfälle, die wie Siedlungsabfälle entsorgt werden können und / oder einer Anschüttung eines industriellen Altstandorts;

b. Vermischen mit einer trockenen Steinkohlen-

flugasche und / oder einer Wirbelschichtasche und / oder einer Braunkohlenasche aus einem Kraftwerk oder zerfallenen Pfannenschlacken, wobei diese Ersatzbaustoffe in der Mischung einen Volumenanteil zwischen 10% und 35%, bevorzugt 15% - 25 % aufweisen;

c. Hinzufügen eines wasserhaltigen Schlammes oder Schluffs, wenn das Ausgangsmaterial einen zu geringen Wassergehalt aufweist, um eine hydraulische Bindung in der Mischung zu ermöglichen.

EP 1 655 410 A1

Beschreibung

1. Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Tragschicht, insbesondere für den Straßenbau oder als Standfläche für Gebäude.

2. Der Stand der Technik

[0002] Die Zunahme der Wüsten ist ein bekanntes Problem in vielen Ländern der Erde. Eine Wiedernutzbarmachung von Wüstengebieten bis hin zur Rekultivierung setzt eine entsprechende Infrastruktur voraus, insbesondere den Bau von Straßen zur Erschließung der Flächen.

[0003] In diesen Gebieten aber auch in Gegenden mit wenig Niederschlag, die noch nicht (vollständig) Wüsten sind, sogenannte aride Zonen, kommen überwiegend gleichkörnige, feinkörnige Sande in lockerer Lagerung vor, die für den Straßenbau oder andere Gründungen keine ausreichende Tragfähigkeit besitzen. Aufgrund ihrer Gleichkörnigkeit sind sie auch nicht verdichtungsfähig. Die Scherfestigkeit ist deshalb sehr gering. Ursache der geringen Scherfestigkeit ist die runde Kornform und die Gleichkörnigkeit des Sandes.

[0004] Bei einem herkömmlichen Ansatz für den Straßen- und Wegebau in solchen Gebieten ist es daher notwendig, große Mengen von Tragschichtmaterial wie gebrochenes Mineralgemisch, Recyclingmaterialien oder Gesteinsbruch in ausreichender Dicke als Tragschicht zu verwenden. Eine andere Alternative ist die Vermörtelung der Sandschichten. Dies erfordert jedoch einen sehr hohen Zementanteil und ist daher unwirtschaftlich. Ferner verlangt dieser Ansatz aufgrund der geringen Scherfestigkeit des Sands sehr mächtige hydraulisch gebundene Tragschichten, da sie sonst über dem weichen lokalen Untergrund zerbrechen.

[0005] Ein weiteres Problem der Herstellung der vermörtelten Tragschicht in der heißen Klimazone ist das Feuchthalten bis zur endgültigen Abbindung, die mehrere Tage benötigt. Die vermörtelten Schichten müssen mit ausreichendem Wassergehalt hergestellt und bis zur endgültigen hydraulischen Bindung mit hohem Wasseraufkommen feucht gehalten werden, damit diese Schichten in der heißen Sonne nicht verbrennen und nur teilweise hydraulisch binden, was erhebliche Festigkeitsverluste zur Folge hat.

[0006] Ein derartiger Straßenbau bzw. das Herstellen von Tragschichten für Gründungen ist daher nicht nur aufgrund der fehlenden Materialien in diesen Gebieten äußerst kostenaufwendig. Es ist daher erforderlich, zur großflächigen Erschließung von Wüstenrandgebieten, wie sie überall in Nordafrika und Arabien vorkommen, Alternativen zur Herstellung von Tragschichten für den Straßen- und Wegebau bzw. für Gründungen zu entwickeln. Dabei ist ein Bauverfahren nur dann wirtschaftlich, wenn die in den ariden Zonen anstehenden Bodenarten verwertet werden und darüber hinaus geeignete Abfall-

stoffe zur Aufbereitung von Tragschichten eingesetzt werden können.

[0007] Ein technisch verwandtes Problem stellt sich bei der stofflichen Verwertung von Rückständen oder Resten von mechanisch-biologisch behandeltem Hausmüll, sogenannten MBA-Rückständen. Hierbei handelt es sich hauptsächlich um fasrige Holz- und Kunststoffreste mit torfartigem Restmüll grobfasriger Struktur mit unterschiedlicher Körnung und Länge im trockenem Zustand. Diese Rückstände fallen in großen Mengen in mechanisch-biologischen Behandlungsanlagen an und sind nicht deponiefähig. Werden diese Materialien in einer Deponie abgelagert und verschichtet, wird keinerlei Festigkeit erzielt und es ist eine hohe Witterungsempfindlichkeit gegeben, da die leichten Materialien bei Regen abgeschwemmt werden. Dies gilt auch dann, wenn Müllverbrennungsschlacke zu den MBA Rückständen beigemischt wird.

[0008] Daher werden die folgenden strengen Anforderungen an den Einbau dieser mechanisch biologischen behandelten Müllabfälle auf einer Deponie gestellt.

- Profilierung der Einbaubereiche mit einem Gefälle zwischen 5 % und 10 % zur gezielten und kontrollierten Ableitung des Niederschlagswassers, wobei die Oberfläche geglättet und mit wasserundurchlässigen Materialien mit Verdichtung abgedeckt wird.
- Zur Gewährleistung eines gering durchlässigen Deponiekörpers ist der Abfall im Dünnschichtverfahren hochverdichtet einzubauen. Durch Einstellung eines optimalen Wassergehaltes der Abfälle ist eine höchst mögliche Verdichtbarkeit zu gewährleisten, so dass ein entsprechender Wassergehalt eingestellt werden muss.

[0009] Mit diesen Anforderungen soll sowohl eine Verbesserung der Qualität des vom Müllkörper ablaufenden Oberflächenwassers als auch eine Minimierung des Sickerwasseranfalls an der Deponiebasis erreicht werden. Wie die Erfahrungen erster Anlagenbetreiber mit durchgeführten großtechnischen Versuchen zeigen, ist es jedoch selbst bei Einstellung des Materials mit einem optimierten Wassergehalt zu Gunsten einer optimierten Verdichtung nicht möglich, die o. g. Aufgabenstellung zu lösen, da trotz guter Verdichtung eine hohe Porigkeit des Materials und somit eine hohe Durchlässigkeit verbleibt und das verdichtete Material bei Regen aufweicht und abschwemmt, so dass das Ablaufwasser mit diesen Inhaltsstoffen stark belastet ist. Um dies zu verhindern, sind auf der Deponie aufwendige Abdeckmaßnahmen erforderlich oder aber die MBA-Rückstände müssen kostenaufwendig einer Verbrennung zugeführt werden.

[0010] Schließlich stellen sich Tragfähigkeitsprobleme wie bei gleichkörnigem Wüstensand bei anstehenden lockeren Altanschüttungen, wie man sie auf alten Industriebrachen, beispielsweise im Ruhrgebiet, finden kann. Bisher war es erforderlich, derartige Bodenschichten von

Altstandorten abzutragen und durch verdichtungsfähige körnige Ersatzbaustoffe wie Recyclingmaterialien, Sand- oder Kiessand zu Gunsten einer Flachgründung zu ersetzen. Bei tiefreichenden Anschüttungsschichten mussten sogar Pfahlgründungen ausgeführt werden. Auch hier besteht daher ein Bedarf an einer sinnvollen Verwendung solcher beispielsweise im Ruhrgebiet weit verbreiteter Bodenschichten.

[0011] Bei den Ausschüttungen kann es sich um körnige Bodenschichten mit zu geringer Kornfestigkeit wie z.B. Hausbrandaschen oder Kesselrostaschen handeln. Diese Böden sind trotz Verdichtung nicht ausreichend tragfähig, da das Korn bei Belastung zerbricht. Anschüttungen aus Gießereisanden, Schlackensand, Strahlsande etc. vergleichbar einem gleichkörnigem Wüstensand besitzen aufgrund ihrer Gleichkörnigkeit verdichtet keine ausreichende Tragfähigkeit für Gründungen. Gemischtkörnige Anschüttungen, in denen dagegen auch Feinstkorn, Schluff vorkommt und die zusätzlich vernässt sind, lassen sich wegen ihres hohen Wassergehaltes nicht verdichten, da sie bei der mechanischen Bearbeitung aufweichen und selbst im verdichteten Zustand unter Voraussetzung eines für die Verdichtung optimalen Wassergehaltes keine ausreichende Tragfähigkeit für Gebäudegründungen abgeben.

[0012] Der vorliegenden Erfindung liegt daher das Problem zugrunde, ein Verfahren anzugeben, mit dem offenporige Ausgangsmaterialien geringer Scherfestigkeit und /oder Kornfestigkeit wie der erwähnte Wüstensand, die erläuterten MBA-Rückstände oder die genannten Anschüttungen in Tragschichten für den Straßenbau oder für andere Zwecke verwendet werden können.

3. Zusammenfassung der Erfindung

[0013] Die vorliegende Erfindung löst dieses Problem durch ein Verfahren zur Herstellung einer Tragschicht, insbesondere für den Straßenbau oder als Standfläche für Gebäude, mit den folgenden Schritten:

- a. Bereitstellen eines Ausgangsmaterials mit einem offenen Porenvolumen zwischen 25% und 40%, insbesondere aus Sand und / oder Reststoffen von mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen (MBA-Anlagen) für Siedlungsabfälle und Abfälle, die wie Siedlungsabfälle entsorgt werden können, und / oder einer Anschüttung eines industriellen Altstandorts;
- b. Vermischen mit einer trockenen Steinkohlenflugasche und / oder einer Wirbelschichtasche und / oder einer Braunkohlenasche aus einem Kraftwerk oder zerfallenen Pfannenschlacken, wobei diese Ersatzbaustoffe in der Mischung einen Volumenanteil zwischen 10% und 35%, bevorzugt 15% - 25 % aufweisen;
- c. Hinzufügen eines wasserhaltigen Schlammes oder

Schluffs, wenn das Ausgangsmaterial einen zu geringen Wassergehalt aufweist, um eine hydraulische Bindung in der Mischung zu ermöglichen.

[0014] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren werden die folgenden Grundvoraussetzungen zur Lösung des oben genannten Problems geschaffen: Dem offenporigen Sand, den MBA-Reststoffen oder den erwähnten Anschüttungen werden mit den Ersatzbaustoffe zugemischt, die eine gute Verdichtungsfähigkeit und hohe Scherfestigkeiten erzielen, indem das Feinstporengefüge des Ausgangsmaterials ausgefüllt wird. Damit wird die Materialmischung unmittelbar in einen Zustand gebracht, indem sie bereits ein Mindestmaß an Tragfähigkeit aufweist, so dass sie selbst bei feuchter Witterung als Tragschicht ausgebracht und verdichtet werden kann.

[0015] Mit dem wasserhaltigen Schluff wird der Materialmischung, falls erforderlich, ein Wasserträger zugemischt, damit die hydraulische Abbindung in der vorzugsweise bereits verfestigten Tragschicht über mehrere Tage ohne kostenaufwendige Feuchtigkeithaltung erfolgen kann. Gegebenenfalls kann die Materialmischung zusätzlich mit Meerwasser behandelt werden, ohne eine Schädigung der Tragfähigkeit durch entstehende Salzstrukturen zu verursachen.

[0016] Vorzugsweise wird das Ausgangsmaterial zuerst mit Splittsand einer Korngröße von im Durchschnitt ≤ 6 mm vermischt, wobei der Splittsand mit 20 - 30 Vol % zugemischt wird. Splittsand dieser Größe ist in der Lage, die offenen Poren des Ausgangsmaterials zu füllen, wodurch eine Kornstützung erreicht wird und damit eine höhere Scherfestigkeit.

[0017] Die als Ersatzbaustoffe genannten Materialien weisen vorzugsweise einen freien Kalkanteil von $\geq 20\%$, vorzugsweise $\geq 25\%$ auf. Die Korngröße der Ersatzbaustoffe ist bevorzugt ≤ 2 mm, besonders bevorzugt ≤ 1 mm. Ersatzbaustoffe mit diesen Eigenschaften tragen zum einen zur Kornstützung bei und ermöglichen andererseits eine hydraulische Bindung in der Tragschicht zu ihrer weiteren Verfestigung.

[0018] Der gegebenenfalls zu verwendende wasserhaltige Schluff weist vorzugsweise einen bindigen Boden mit Korngrößen von ≤ 0.06 mm auf. Dazu kann der Schluff beispielsweise Klärschlamm oder Gewässerschlamm sein. Der Wassergehalt der Schlämme beträgt vorzugsweise 75 Gew. % - 85 Gew. %, vorzugsweise 70 Gew. % - 80 Gew. %.

[0019] Weitere vorteilhafte Weiterentwicklungen des beanspruchten Verfahrens werden in weiteren abhängigen Ansprüchen definiert.

[0020] Schließlich betrifft die vorliegenden Erfindung gemäß eines weiteren Aspekts eine Tragschicht, insbesondere für den Straßenbau oder als Tragschicht für Gebäude, die mit einem der oben erläuterten Verfahren hergestellt worden ist.

4. Detaillierte Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele

[0021] Zunächst wird ein gegenwärtig bevorzugtes Ausführungsbeispiel für die Herstellung einer Tragschicht aus Wüstensand als Ausgangsmaterial näher erläutert:

Dazu wird der Wüstensand mit gebrochenen und daher vorzugsweise scharfkantigen Recyclingmaterialien wie Bauschutt oder Felsschutt so durchmischt, dass das Porenvolumen des Sandes mit scharfkantigem Splittsand im Wesentlichen ausgefüllt ist. Um aus Abbruchbeton eine möglichst hohe Materialausbeute zu erzielen, ist Splitt der Korngröße 0 - 6 mm zu wählen. Ein größeres Korn ist nicht notwendig, da es darauf ankommt, die offenen Poren des Sandes mit Splittsand zur Erlangung hoher Scherfestigkeiten im Wesentlichen auszufüllen und damit eine Kornstützung zu erhalten.

[0022] Das offene Porenvolumen des Sandes beträgt vorzugsweise 30 Vol. % bis max. 35 Vol. %. Es hat sich gezeigt, dass die höchsten Scherwerte erzielt werden, wenn bei der Hinzufügung des Splittsands keine Übermischung, d. h. keine maximale Ausfüllung der Poren erfolgt. Die Zugabemengen sollten daher 15 Vol. %, bevorzugt 20 Vol. %, max. Vol. 30 % betragen. Hierbei ist berücksichtigt, dass noch weitere Materialien in die Sandporen eingemischt werden müssen.

[0023] Während mit dem Ausgangsmaterial, d.h. im vorliegenden Fall gleichkörnigen Wüstensand, nur Scherwerte von $\rho = 30^\circ$ ermittelt werden, wird durch eine Kornstützung mit Splittsand ein Scherwert von 38° bis 42° je nach Gesteinsfestigkeit der Recyclingmaterialien erzielt. Diese Scherwerte entsprechen der Scherfestigkeit von Mineralgemischen, wie sie in Europa für den Straßenbau als Mindestwerte angesetzt werden.

[0024] Mit der erläuterten Einmischung der Korngröße mit einem Durchmesser zwischen 0 und 6 mm und einem Volumenanteil von 20 - 30 Vol. % alleine lassen sich noch nicht Tragfähigkeitswerte, wie sie mit Gesteinsmaterialien für den Straßenbau für Schwerlastverkehr benötigt werden ($E_{v2} \geq 150 \text{ MN/m}^2$) erzielen. Mit derartigen Mischungen werden jedoch schon Tragfähigkeitswerte von $E_{v2} \sim 80 \text{ MN/m}^2$ erreicht.

[0025] Aus diesem Grunde ist es für viele Zwecke vorteilhaft, das Ausgangsmaterial der Tragschicht durch Ausfüllen auch der Feinkornstrukturen zur Erhöhung der Tragfähigkeitswerte und durch eine zusätzliche hydraulische Bindung weiter zu erhöhen. Durch eine hohe Zugabemenge wird aufgrund der Körnung der genannten Ersatzbaustoffe eine weitere Kornstützung bis zum Feinkorn, d.h. einer Körnung $\phi \leq 0,06 \text{ mm}$, erzielt, was bei homogener Einmischung bereits zu einer Festigkeitserhöhung nach der Verdichtung führt. Hierfür sind trockene Steinkohlenflugaschen, Wirbelschichtaschen, Pfannenschlacken oder Braunkohlenaschen und auch Papieraschen geeignet. Diese Ersatzbaustoffe zeichnen sich insbesondere dadurch aus, dass sie einen freien Kalkanteil von $\geq 25 \%$ besitzen. Die Korngröße dieser

Ersatzbaustoffe beträgt 0,01 bis 1,0 mm, teilweise bis 2,0 mm. Wichtig ist, dass die Ersatzbaustoffe in großen Mengen in im Wesentlichen absolut trockener Form ähnlich wie Zement für derartige Aufgaben zur Verfügung stehen. Angefeuchtete gelöschte Ersatzbaustoffe dieser Art sind hierfür weniger geeignet.

[0026] Die Zugabe der genannten Ersatzbaustoffe in das erdfeuchte oben erläuterte Tragschichtgemisch in einer Größenordnung von 15 bis 25 Vol. % und eine nachfolgende Verdichtung ergeben nach 4 bis 5 Tagen eine stabilisierte und hydraulisch gebundene Tragschicht. Die so hergestellte Tragschicht sollte lagenweise in Schichtstärken von vorzugsweise 30 - 40 cm eingebaut und mit schweren Vibrationsmantelglattwalzen mit einem Gewicht von 10 - 15 t auf vorzugsweise 100 % der Proctordichte verdichtet werden.

[0027] Die hydraulische Bindung, schließlich, erfolgt über mehrere Tage. Wenn die Mischung zur hydraulischen Abbindung feucht gehalten wird, werden nach einer Woche optimale Werte erzielt. Der längere Zeitraum erklärt sich durch die für die hydraulische Abbindung erforderliche CO_2 Aufnahme aus der Luft, wenn der durch das Wasser gelöschte Kalk in erhärteten Kalk übergeht. Dazu muss das CO_2 zunächst in die Schicht eindringen, damit die erforderliche chemische Reaktion stattfinden kann. Aufgrund der auch schon vor der hydraulischen Bindung vergleichsweise hohen Festigkeit, kann die Tragschicht in dieser Zeit bereits mittleren Belastungen ausgesetzt werden, wodurch eine rationelle Durchführung weiterer Bearbeitungsmaßnahmen mit Maschinenunterstützung im gewissem Umfang möglich wird.

[0028] Um in Wüstenregionen die erläuterte langsame hydraulische Abbindung zu ermöglichen, wird dem Tragschichtgemisch vorzugsweise ein Schlamm zugegeben, der in etwa der Körnung eines Mischbodens aus Ton, Schluff und Sand eines Lösslehms mit Korngrößen von 0,001 bis 0,06 mm und bis 2 mm entspricht aber gegenüber natürlichen Schluffen eine sehr hohe Wasserhaltigkeit besitzt. Dies ist in idealer Form bei Klärschlämmen und / oder Gewässerschlämmen, wie sie bei Hafenvertiefungen anfallen, gegeben. Es ist bekannt, dass Klärschlamm als Zuschlagsstoff für Oberflächenabdichtungen Verwendung findet. Hierbei handelt es sich bevorzugt um Klärschlamm mit einer Trockensubstanz von TS = 30 Gew. % und 70 Gew. % Wasser. Die bevorzugte Verwendung von Klärschlamm mit einem Wassergehalt von W = 70 % wurde wegen der Verarbeitungsfähigkeit im Erdbau gewählt. Zu nasse Klärschlämme können aber in der Sonne vortrocknen und anschließend in die Tragschicht eingemischt werden, so dass auch sehr weiche Schlämme mit einer Trockensubstanz von TS = 20 Gew. % und Wasser von W = 80 Gew. % verwertet werden können.

[0029] Die Einmischung derartiger Schlämme in das Wüstensandsplittgemisch mit Zugabemengen von 20 bis 25 Vol. % und Ersatzbaustoffen 15-20 Vol. %, ergibt ein gutes erdfeuchtes, verdichtungsfähiges Bodengemisch, das trotz intensiver Sonneneinstrahlung feucht bleibt, in

verdichtetem Zustand gut tragfähig ist und zusätzlich hydraulisch abbindet. Derartige Gemische liefern nach einer Woche Tragfähigkeitswerte von $E_{v2} \geq 150 \text{ MN/m}^2$ bzw. Druckfestigkeiten von 7 N/mm^2 , wie sie die staatlichen Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen der Bundesrepublik Deutschland für die Bauklasse Schwerlastverkehr unter Asphaltdecken fordert. Auch Gebäude können auf derartig mit Wüstensand aufbereiteten Tragschichten gegründet werden.

[0030] Im Ergebnis wurde gefunden, dass Klärschlamm als wasserhaltender Boden dem hydraulischen Abdichtungsgemisch in der Größenordnung des offenen Porengemisches der Tragschicht zugegeben werden darf, das sind etwa 20 - 30 %, bevorzugt 25 %, ohne dass die Tragschicht ihre Tragfähigkeitswerte verliert. Darüber hinaus wurde gefunden, dass in diesem Zustand die hydraulische Abbindung unter extremen Klimabedingungen der heißen Sonneneinstrahlung ihre Funktion behält und nicht verbrennt. Lediglich an der Oberfläche ist das Erdplanum der Tragschicht vorzugsweise mit genügend Wasser feucht zu halten, weshalb zweckmäßiger Weise diese Tragschichten mit einer Verschleiß- oder Deckschicht, beispielsweise einer Straßendecke, überbaut werden. Große Wassermassen zur Feuchthalung der Tragschicht im Innern werden nicht benötigt, da die Eigenschaften des Schlammes als "trockenes Wasser" genutzt werden.

[0031] Um zu prüfen, ob sich das oben erläuterte Verfahren auch für die Herstellung von Tragschichten aus Anschüttungen alter Industriegebiete eignet, wurden Probefelder aus Bodengemisch, Formsanden, anderen Aschen mit Bauschuttresten zu 20 % - 30 % verlehmt sowie Probefelder aus reinem Lösslehm mit erhöhten Wassergehalten $w = 20 - 24 \%$ angelegt. Die Bodenmaterialien waren aufgrund ihres hohen Wassergehaltes nicht verdichtungsfähig. Im verdichtetem Zustand nach Rücktrocknung in der Sonne erreichten diese Bodenmaterialien nur geringe Tragfähigkeitswerte von 10 bis 20 MN/m^2 .

[0032] Durch Einmischung von 20 % Wirbelschichtaschen oder Pfannenschlacken in den nassen, nicht verdichtungsfähigen Boden wurde jedoch eine gute Verdichtungsfähigkeit erzielt, so dass die Böden optimal verdichtet werden konnten. Nach der hydraulischen Abbindung innerhalb einer Woche wurden auf den gleichen Materialien Tragfähigkeitswerte von $E_{v2} \geq 120$ bis 180 MN/m^2 festgestellt. Das Erstaunliche hierbei ist, dass gleichkörniger Lösslehm sehr hohe Tragfähigkeitswerte von $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ erzielte, was bei üblichen Kalkstabilisierungen mit Zugabemengen von Brandkalk von 4 - 7 %, bisher nicht erreicht wurde. Die Werte liegen bei $E_{v2} \geq 45$, max. 60 MN/m^2 .

[0033] Selbst nach einem Jahr zeigten die Schichten keine negative Veränderungen der Tragfähigkeit. Vielmehr wurde eine Zunahme der Werte um ca. 10 % festgestellt, so dass derartige Verbesserungen als dauerhaft anzusehen sind. Dies gilt auch dann, wenn z.B. Klärschlamm mit 20 % eingemischt wurde. Dies ist ver-

mutlich auf die Dichtwirkung derartig zusammengesetzter Tragschichtmaterialien und des wirksamen pH-Wertes im basischen Bereich zurückzuführen.

[0034] Ein weiteres Beispiel bestätigt die stabilisierende Wirkung von Schluff im Bodengemisch.:

[0035] In den 40er - 50er Jahren abgelagerte Hausbrandaschen in mehreren Metern Mächtigkeit erbrachten anfänglich Tragfähigkeitswerte von $E_{v2} = 1 - 10 \text{ MN/m}^2$, verdichtet Werte von gerade mal $E_{v2} = 5 - 15 \text{ MN/m}^2$. Die stabilisierte Asche mit Zugabe von Wirbelschichtaschen von 25 % erbrachte Werte von $E_{v2} \leq 30 \text{ MN/m}^2$.

[0036] Wird dagegen die Hausbrandasche mit übermäßigem Schluff 20 % stabilisiert und anschließend mit Wirbelschichtaschen oder Pfannenschlacke zu 25 % vergütet, wurden Tragfähigkeitswerte nach 1 Woche von $E_{v2} = 120 - 150 \text{ MN/m}^2$ gemessen. Diese erstaunlich hohen Tragfähigkeitswerte sind wie bereits vorab geschildert auf Zugabematerial und die dadurch verursachte physikalische Kornstützung zurückzuführen, insbesondere bei gleichkörnigen Böden. Die hydraulische Abbindung ist erst in zweiter Linie relevant, wobei jedoch bei der Zugabe von 20% der genannten Ersatzbaustoffe weniger hydraulisch bindender Kalk zur Verfügung steht als bei Zugabe von 7% Brandkalk. Dies spricht einmal mehr dafür, dass die Tragfähigkeitserhöhung im Wesentlichen auf die Kornstützung, also auf die physikalischen Eigenschaften zurückzuführen ist.

[0037] Mit dem erläuterten Verfahren ist es daher möglich, Altanschüttungen von Altstandorten durch Einmischung der oben genannten Ersatzbaustoffe mit weiterer Zugabe von Schluff, wenn nicht vorhanden, in ihrer Tragfähigkeit so zu verbessern, dass darauf neue Bauwerke mit Bodenpressungen gegründet werden können. In diesem Zusammenhang sei darauf verwiesen, dass körnige Anschüttungen wie Bauschutt, Schlacken etc. die ausreichend kornstabil und verdichtungsfähig sind, eine derartige Verbesserung nicht benötigen. Der Zusammenhang zwischen der Belastbarkeit und der Fundamentbreite ist dabei wie folgt:

Breite[m]	0,5	1,0	1,5
Belastung [kN/m ²]	250	350	400

[0038] Diese Bodenpressungen entsprechen Tragfähigkeitswerte von verdichteten kiesigen Sand- und Kiesandschichten oder Bauschuttmaterialien mit einer Körnung von im Durchschnitt zwischen 0 und 45 mm, auf denen mit gleichen Bodenpressungen üblicherweise gegründet wird.

[0039] Aufgrund der sehr hohen erzielbaren Tragfähigkeitswerte mit der Zugabe von den genannten Ersatzbaustoffen, selbst bei bindigen nassen Böden, besteht nunmehr die Möglichkeit, an der Oberfläche hochwertige Tragschichten aus Anschüttungsböden in ausreichender Mächtigkeit (2 bis 4 m, je nach Gesamtmächtigkeit der Anschüttungen bis $\geq 10 \text{ m}$) herzustellen und darüber Ge-

werbe- oder Bürogebäude mit den oben angegebenen Bodenpressungen zu gründen. Diese Aufbereitung stellt eine sehr wirtschaftliche Lösung zur Widerbebauung der oben genannten Altstandorte dar.

[0040] Das erläuterte Verfahren lässt sich ferner anwenden, um Tragschichten aus sogenannten MBA-Reststoffen herzustellen, damit diese schlecht deponierbaren Materialien somit einer stofflichen Verwertung zugeführt werden. Dazu werden diese Abfälle vorzugsweise wie folgt behandelt:

- Dem Material werden gebrochene Müllverbrennungsschlacke oder gleichwertige scharfkantige Kornfeste, Abfälle zur Scherfestigkeitserhöhung und der Verdichtungsfähigkeit zuzugeben.
- Dem Material wird ein Wasserträger in Form von Schlamm, Klär- oder Gewässerschlamm zum Porenschluss für eine langanhaltende Feuchtigkeit zur hydraulischen Abbindung und dem Porenschluss zugemischt.
- Es sind bis zum Feinkorn $\leq 0,06$ mm kornstützende und hydraulisch abbindende Ersatzbaustoffe aus den oben genannten Materialien in ausreichender Menge zuzugeben.
- Die Materialien werden homogen in Zwangsmischanlagen aufbereitet und anschließend nach dem Einbau mit schweren Walzen ca. 10t verdichtet.

[0041] Insbesondere hat sich gezeigt, dass mit den Tragfähigkeitsverbesserungsmaßnahmen durch die Zugabe von gebrochenen Müllverbrennungsschlacken der Körnung 0 - 32 mm bzw. 0 - 45 mm mit einem Anteil von 25 Vol. % - 30 Vol. % die Scherfestigkeit der Mischung sich von $\phi = 20^\circ - 24^\circ$ auf $\phi = 30^\circ - 33^\circ$ erhöht. Durch Zugabe geeigneter Schlämme, wie z. B. Klär- oder Gewässerschlamm, in einer Menge von 15 Vol. % - 25 Vol. % zur vorgenannten Mischung wird das Porengerüst dieser Mischung weiter ausgefüllt und durch Zugabe der genannten Ersatzbaustoffe in einer Menge von 20 Vol. % - 33 Vol. % die Einbaufähigkeit, Verdichtungsfähigkeit, die notwendige Tragfähigkeit und die Erosions- bzw. Deflationsfestigkeit der Mischungen mit MBA-Materialien erzielt. Die Tragfähigkeitswerte liegen bei 20 - 30 MN/m² nach 14 Tagen Standzeit; mit der Müllschlacke alleine wurden dagegen nur Werte von 5 - 10 MN/m² erzielt was einem weichen Lehm entspricht. Bei Regen wurde auf der mit den genannten Ersatzbaustoffen und Schlamm konditionierten Fläche kein Abrieb mehr erzeugt.

[0042] Aufgrund des Porenschlusses, der Tragfähigkeit und der guten Verdichtungsfähigkeit entstehen Tragschichten mit wasserabweisendem Charakter und insbesondere mit ausreichender Erosionsfestigkeit, so dass auf Böschungen, das Ausgangsmaterial durch Niederschlag nicht ausgeschwemmt wird.

[0043] Des Weiteren besitzen die Tragschichten aufgrund der ausreichenden Scherfestigkeit eine ausreichende Standfestigkeit auf Böschungen und eine ausreichende Festigkeit sei es zur weiteren Nutzung oder

zum Überfahren der Materialien zur weiteren ordnungsgemäßen lagenweisen Deponierung mit üblichen Erdbaugeräten, auch bei nassen Witterungsverhältnissen. Durch die wasserabweisenden Eigenschaften der MBA-Reststoffe wird die Sickerwasserneubildung im Basisbereich der Deponie erheblich reduziert. Erst durch eine solche Vorgehensweise können die oben genannten staatlichen Vorgaben für die Ablagerung auf Deponien eingehalten werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Tragschicht, insbesondere für den Straßenbau oder als Standfläche für Gebäude, mit den folgenden Schritten:

- a. Bereitstellen eines Ausgangsmaterials mit einem offenen Porenvolumen zwischen 25% und 40%, insbesondere aus Sand und / oder Reststoffen von mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen (MBA-Anlagen) für Siedlungsabfälle und Abfälle, die wie Siedlungsabfälle entsorgt werden können, und / oder einer Anschüttung eines industriellen Altstandorts;
- b. Vermischen mit einer trockenen Steinkohlenflugasche und / oder einer Wirbelschichtasche und / oder einer Braunkohlenasche aus einem Kraftwerk oder zerfallenen Pfannenschlacken, wobei diese Ersatzbaustoffe in der Mischung einen Volumenanteil zwischen 10% und 35%, bevorzugt 15% - 25 % aufweisen;
- c. Hinzufügen eines wasserhaltigen Schlammes oder Schluffs, wenn das Ausgangsmaterial einen zu geringen Wassergehalt aufweist, um eine hydraulische Bindung in der Mischung zu ermöglichen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Ausgangsmaterial zuerst mit Splittsand einer Korngröße von im Durchschnitt ≤ 6 mm vermischt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei der Splittsand mit 20 - 30 Vol % zugemischt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 3, wobei die Ersatzbaustoffe einen freien Kalkanteil von $\geq 20\%$, vorzugsweise $\geq 25\%$ besitzen.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 4, wobei die Korngröße der Ersatzbaustoffe ≤ 2 mm ist, vorzugsweise ≤ 1 mm.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Tragschicht nach den Verfahrensschritten a. und b. hergestellt wird und lagenweise eingebaut wird, wobei eine Lage vorzugsweise eine Dicke von 30 - 40 cm hat.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei die Tragschicht nach dem Einbau mit einer Vibrationsglattmantelwalze mit einem Gewicht zwischen 10t und 15t bis auf vorzugsweise 100% der Proctordichte verdichtet wird. 5
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der wasserhaltige Schlamm oder Schluff Klärschlamm und / oder Gewässerschlamm aufweist. 10
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der wasserhaltige Schlamm einen Wassergehalt von 40 Gew.% - 85 Gew.%, vorzugsweise 70 Gew.% - 80Gew.%, aufweist. 15
10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, wobei die Tragschicht nach dem Verfahrensschritt c. zu 20 Vol.% - 30 Vol. % Schlamm aufweist und zu 15 Vol.% bis 25 Vol.% einen oder mehrere der genannten Ersatzbaustoffe. 20
11. Verfahren nach Anspruch 11, wobei das Ausgangsmaterial Reststoffe von mechanisch-biologisch vorbehandeltem Hausmüll, insbesondere aus MBA-Anlagen, umfasst dem zusätzlich gebrochene Müllverbrennungsschlacken mit einer Körnung zwischen 0 mm und 45 mm, bevorzugt zwischen 0 und 32 mm zugegeben werden 25
12. Tragschicht, insbesondere für den Straßenbau oder für Gebäude, hergestellt mit einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 11. 30

Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 86(2) EPÜ.

1. Verfahren zur Herstellung einer Tragschicht, insbesondere für den Straßenbau oder als Standfläche für Gebäude, mit den folgenden Schritten: 40
- a. Bereitstellen eines Ausgangsmaterials mit einem offenen Porenvolumen zwischen 25% und 40%, welches Ausgangsmaterial aufweist: 45
- i) Sand und / oder
- ii) Reststoffe von mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen für Siedlungsabfälle und Abfälle, die wie Siedlungsabfälle entsorgt werden können, und / oder
- iii) Anschüttung eines industriellen Altstandorts; 50
- b. Vermischen des Ausgangsmaterials mit Ersatzbaustoffen, welche Ersatzbaustoffe folgende Stoffe aufweisen: 55

- i) trockene Steinkohlenflugasche und / oder
- ii) Wirbelschichtasche und / oder
- iii) Braunkohlenasche aus einem Kraftwerk oder
- iv) Schlacken, insbesondere zerfallene Pfannenschlacken,

wobei diese Ersatzbaustoffe in der Mischung einen Volumenanteil zwischen 10% und 35%, bevorzugt 15% - 25 %, aufweisen;

c. Hinzufügen eines wasserhaltigen Schlammes oder Schluffs, wenn das Ausgangsmaterial einen zu geringen Wassergehalt aufweist, um eine hydraulische Bindung in der Mischung zu ermöglichen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Ausgangsmaterial Splittsand einer Korngröße von im Durchschnitt ≤ 6 mm aufweist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Ausgangsmaterial 20 - 30 Vol % Splittsand aufweist.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 3, wobei die Ersatzbaustoffe einen freien Kalkanteil von ≥ 20 Gew.%, vorzugsweise ≥ 25 Gew.%, besitzen.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 4, wobei die Korngröße der Ersatzbaustoffe ≤ 2 mm, vorzugsweise ≤ 1 mm, ist.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Tragschicht nach den Verfahrensschritten a. und b. hergestellt wird und lagenweise eingebaut wird, wobei eine Lage vorzugsweise eine Dicke von 30 - 40 cm hat.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei die Tragschicht nach dem Einbau mit einer Vibrationsglattmantelwalze mit einem Gewicht zwischen 10t und 15t, bis auf vorzugsweise 100% der Proctordichte, verdichtet wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der wasserhaltige Schlamm oder Schluff Klärschlamm und / oder Gewässerschlamm aufweist.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der wasserhaltige Schlamm einen Wassergehalt von 40 - 85 Gew.%, vorzugsweise 70-80 Gew.%, aufweist.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, wobei die Tragschicht nach dem Verfahrensschritt c. zu 20 - 30 Vol. % Schlamm und zu 15 - 25 Vol.% einen oder mehrere der genannten Ersatzbaustoffe aufweist.

11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei das Ausgangsmaterial Reststoffe von mechanisch-biologisch vorbehandeltem Hausmüll, insbesondere aus mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen, umfasst, dem zusätzlich gebrochene Müllverbrennungsschlacken mit einer Körnung zwischen 0 und 45 mm, bevorzugt zwischen 0 und 32 mm zugegeben werden. 5

12. Tragschicht, insbesondere für den Straßenbau oder für Gebäude, hergestellt mit einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 11. 10

15

20

25

30

35

40

45

50

55



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 04 02 5845

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	BE 822 838 A1 (WEBSTER, HILTON, GOTTS) 1. April 1975 (1975-04-01) * Seite 3, Zeilen 2-19 * * Seite 8, Zeilen 22-26 * * Seite 15, Zeilen 13-30 * * Seite 19, Zeilen 1-20 * * Seite 22, Zeilen 5-28 * * Seite 26; Tabelle 8 *	1-3, 5-10,12	E01C3/00 E02D3/12
A	FR 1 433 508 A (MARTY) 1. April 1966 (1966-04-01) * das ganze Dokument *	1	
A	US 3 076 717 A (MINNICK LEONARD JOHN) 5. Februar 1963 (1963-02-05) * Spalte 2, Zeile 34 - Spalte 4, Zeile 54 *	1	
A	FR 2 583 998 A (MARGUET PAUL) 2. Januar 1987 (1987-01-02) * das ganze Dokument *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			E01C E02D B09B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 31. März 2005	Prüfer Kerouach, M
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 04 02 5845

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.

31-03-2005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
BE 822838	A1	01-04-1975	AU	7548174 A	20-05-1976
			CA	1035796 A1	01-08-1978
			DE	2456225 A1	12-06-1975
			ES	432737 A1	16-06-1977
			FR	2278648 A1	13-02-1976
			GB	1455917 A	17-11-1976

FR 1433508	A	01-04-1966	KEINE		

US 3076717	A	05-02-1963	KEINE		

FR 2583998	A	02-01-1987	FR	2583998 A1	02-01-1987

EPO FORM P0461

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