



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
26.11.2008 Patentblatt 2008/48

(51) Int Cl.:
E21D 9/04 (2006.01) E21D 9/11 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08004648.5**

(22) Anmeldetag: **13.03.2008**

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

(72) Erfinder:
• **Spengler, Hermann**
68782 Brühl (DE)
• **Mangstl, Alexander**
83115 Neubeuern (DE)

(30) Priorität: **22.05.2007 DE 102007024057**

(74) Vertreter: **Nunnenkamp, Jörg**
Andrejewski - Honke
Patent- und Rechtsanwälte
P.O. Box 10 02 54
45002 Essen (DE)

(71) Anmelder: **S & B Industrial Minerals GmbH**
46047 Oberhausen (DE)

(54) **Verfahren zur Verfestigung und/oder Abdichtung lockerer geologischer Formationen im Zuge von geotechnischen Baumaßnahmen**

(57) Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zur Verfestigung und/oder Abdichtung lockerer geologischer Formationen im Zuge von geotechnischen Baumaßnahmen. Insbesondere wird das betreffende Verfahren zur Herstellung einer Tunnel- und/oder Schlitzwand eingesetzt. Dabei wird ein im Wesentlichen aus einer Tonmineralsuspension und einem Porenfüllstoff bestehendes Stützmedium einem Arbeitsbereich (6) zugeführt. Erfindungsgemäß wird der Tonmineralsuspension als Porenfüllstoff ein quellfähiges lösliches Tonmineralgranulat hinzugefügt.

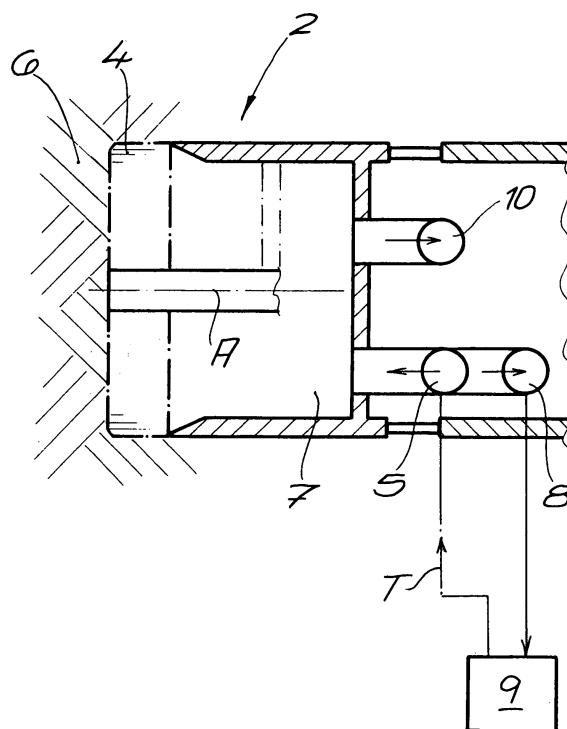


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verfestigung bzw. Stabilisierung und/oder Abdichtung lockerer geologischer Formationen im Zuge von geotechnischen Baumaßnahmen, insbesondere zur Herstellung einer Tunnel- und/oder Schlitzwand, vorzugsweise zum Einsatz im flüssigkeitsgestützten maschinellen Tunnelvortrieb und bei Schlitzwandverfahren, wonach ein im Wesentlichen aus einer Tonmineralsuspension und einem Porenfüllstoff bestehendes Stützmedium einem Arbeitsbereich oder einem jeweiligen Schlitz zugeführt wird.

[0002] Solche Verfahren sind aus der Praxis bekannt und werden beispielsweise beim maschinellen flüssigkeitsgestützten Tunnelvortrieb eingesetzt, und zwar sowohl für Vertikal- als auch Horizontalbohrungen. Darüber hinaus kommen solche Verfahren beim Einbringen von Schlitzwänden zum Einsatz, wie sie beispielsweise bei der Herstellung von Dichtwandmassen genutzt werden. Verwiesen wird in diesem Zusammenhang auf die DE 198 43 092 C2, welche sich mit einer Dichtwandmasse beschäftigt, die herstellbar ist, in dem ein bestimmter Bentonit in mikroporösem Zustand verbracht und gemahlen wird und dann in einem Einstufenverfahren mit Zement gemischt oder in einen Zweistufenverfahren mit Wasser vordispersiert und erst dann der genannte Zement oder ein Portlandzement eingerührt wird..

[0003] Darüber hinaus kennt man durch die EP 0 696 558 A2 eine Feinstzement-Bindemittelmischung, welche zur Herstellung einer Zementsuspension zum Füllen und/oder Verpressen von beispielsweise Porenräumen in Lockergesteinen genutzt wird. - Ein gattungsgemäßes Verfahren beschreibt die WO 87/05925 A1. Hier kommt ein Kunststoffmaterial als Porenfüllstoff zum Einsatz.

[0004] Ähnliches beschreibt die Dissertation von Dr. Anja Heinz "Modifizierte Bentonit Suspensionen für geotechnische Bauverfahren in Böden hoher Durchlässigkeit" vorgelegt beim Institut für Geotechnik an der ETH Zürich im Jahr 2006. Denn an dieser Stelle werden wiederum verschiedene Porenfüllstoffe untersucht und angesprochen, so beispielsweise Sand, Vermiculite, Glimmer, Sägemehl oder Zement. Auch Papier erfährt eine Behandlung und Würdigung als Porenfüllstoff. Daneben werden reine Bentonitsuspensionen experimentell erfasst.

[0005] Der Stand der Technik kann nicht rundweg befriedigen. So kommt es bei Anwendung der beschriebenen geotechnischen Baumaßnahmen, das heißt insbesondere beim flüssigkeitsgestützten maschinellen Tunnelvortrieb, in der Schlitzwandtechnik sowie gegebenenfalls der Bohrtechnik in lockeren geologischen Formationen bzw. grobkörnigen Böden dazu, dass infolge deren hoher Wasserdurchlässigkeit die Tonmineralsuspension hohen Verlusten unterliegt. Das ist wirtschaftlich kaum tragbar, weil beispielsweise beim Tunnelvortrieb ständig Tonmineralsuspension zugeführt werden muss. Im Übrigen führt das Einbringen der Tonmineralsuspension in

den Böden dazu, dass die Stützwirkung gegebenenfalls nicht mehr ausreicht, so dass sich Sicherheitsprobleme ergeben.

[0006] Um ein Eindringen der Suspension zu minimieren, sind deren rheologische Eigenschaften von großer Relevanz, also einfach ausgedrückt ihr Fließverhalten. Dabei hängt die Eindringtiefe der Tonmineralsuspension im Wesentlichen vom Porenraum, der Porengröße der geologischen Formation und von der Fließgrenze der Tonmineralsuspension ab. Ist die entsprechende Formation sehr stark durchlässig, verfügt sie entweder über große Poren oder eine hohe Anzahl von Poren oder es kommt beides zusammen.

[0007] Bei kleinen Poren kann das Eindringen durch die Fließgrenze der Suspension begrenzt werden, bei großen Poren ist dies technisch nicht mehr möglich. Denn dazu müsste die Suspension pastös sein, lässt sich folglich dann nicht mehr abpumpen, wiederaufbereiten und im Kreislauf führen, wie dies im Allgemeinen bei Tunnelvortriebsmaschinen verfolgt wird (vgl. DE 198 59 821 A1). Aus diesem Grund hat man im Stand der Technik mit verschiedenen Porenfüllstoffen gearbeitet, wobei in der Praxis Porenfüllstoffe wie Sand, Vermiculite, Sägespäne oder auch Papierschnitzel der Tonmineralsuspension zugesetzt werden.

[0008] Hier ergibt sich jedoch das Problem, dass die Porenfüllstoffe bei der Wiederaufbereitung des Stützmediums, also der Mischung aus der Tonmineralsuspension und dem Porenfüllstoff, zusammen mit etwaigen Bodenbestandteilen ausgeschleust werden müssen. Das kann durch beispielsweise Sieben und/ oder Filtern geschehen. Bei dieser Regenerierung ist der Porenfüllstoff verloren und muss zusammen mit den Bodenbestandteilen bzw. dem Bodenaushub abtransportiert und entsorgt werden.

[0009] Das führt nicht nur zu erhöhten Kosten beim Abtransport und der Entsorgung, sondern erfordert auch einen ständigen Nachschub des sich verbrauchenden Porenfüllstoffes. Ganz abgesehen davon, können Regenerierungsanlagen durch beispielsweise Sägespäne oder Papierschnitzel verstopft werden, sind also gegebenenfalls in ihrer Funktion beeinträchtigt. Gerade bei Tunnelvortrieben mit großen Durchmessern kann der letztgenannte Aspekt zu erheblichen Problemen führen, da die Leistung einer zugehörigen Regenerierungsanlage die Vortriebsleistung begrenzt. - Hier will die Erfindung insgesamt Abhilfe schaffen.

[0010] Der Erfindung liegt das technische Problem zugrunde, ein derartiges Verfahren so weiter zu entwickeln, dass die Funktionssicherheit erhöht, die Regenerierung des Stützmediums erleichtert ist und insgesamt die Kosten verringert sind.

[0011] Zur Lösung dieser technischen Problemstellung schlägt die Erfindung bei einem gattungsgemäßen Verfahren zur Verfestigung bzw. Stabilisierung und/oder Abdichtung lockerer geologischer Formationen im Zuge von geotechnischen Baumaßnahmen vor, dass der Tonmineralsuspension ein quellfähiges lösliches Tonmine-

ralgranulat als Porenfüllstoff hinzugefügt wird.

[0012] Die Erfindung greift also auf einen speziellen Porenfüllstoff zurück, nämlich ein quellfähiges Tonmineralgranulat, welches zudem in der zugehörigen Suspensionsflüssigkeit löslich ist. Das heißt, in der Suspensionsflüssigkeit befinden sich nicht nur die die Suspension bildenden sehr feinen festen Tonmineralteilchen, sondern zudem das Tonmineralgranulat. Sämtliche drei vorerwähnten Bestandteile (Suspensionsflüssigkeit, feines Tonmineralpulver bzw. feine feste Tonmineralteilchen und Tonmineralgranulat) bilden insgesamt das Stützmedium, welches dem Arbeitsbereich zugeführt wird. Bei diesem Arbeitsbereich handelt es sich in der Regel und nicht einschränkend um die so genannte Ortsbrust beim flüssigkeitsgestützten maschinellen Tunnelvortrieb.

[0013] Da das Tonmineralgranulat in der Suspensionsflüssigkeit löslich ist, müssen Maßnahmen getroffen werden, dass das Tonmineralgranulat im Arbeitsbereich dennoch seiner primären Aufgabe nachkommt, nämlich in der zu verfestigenden bzw. stabilisierenden lockeren geologischen Formation Poren zu verstopfen. Dies erreicht die Erfindung vorzugsweise dadurch, dass das Tonmineralgranulat der Tonmineralsuspension zu einem vorgegebenen (kurzen) Zeitpunkt vor Erreichen des Arbeitsbereiches beigemischt wird. Dabei ist der fragile Zeitpunkt so bemessen, dass das Tonmineralgranulat von der Suspensionsflüssigkeit nicht oder nahezu nicht angelöst worden ist. Als Folge hiervon steht das Tonmineralgranulat mit der zum Zeitpunkt der Beimischung zu der Tonmineralsuspension vorgegebenen Körnung im Arbeitsbereich zur Verfügung.

[0014] Tatsächlich empfiehlt die Erfindung an dieser Stelle eine Körnung des Tonmineralgranulates mit Korngrößen bzw. Durchmessern von mehr als einem halben Millimeter bis zu ca. 20 Millimeter. Üblicherweise wird ein Korngrößenbereich zwischen 1 Millimeter und 16 Millimetern abgedeckt, je nachdem wie die zu verfestigende bzw. abzudichtende lockere geologische Formation gestaltet ist bzw. in Abhängigkeit von der beobachteten oder gemessenen Porengröße im Arbeitsbereich.

[0015] Die Porengröße der betreffenden geologischen Formation ist entweder bekannt oder kann vor dem Einbringen des Stützmediums ermittelt werden. Je nach Porengröße der zu verfestigenden bzw. abzudichtenden lockeren geologischen Formation wird dann das Tonmineralgranulat hinsichtlich seiner Körnung ausgewählt. Dabei wird die Korngröße des Tonmineralgranulates üblicherweise so eingestellt, dass wenigstens 70 %, meistens mehr als 80 % und vorzugsweise mindestens 90 % der Poren der lockeren geologischen Formation von dem Tonmineralgranulat bzw. dessen Körnern verstopft werden. Zugleich kommt es darauf an, die Korngröße des Tonmineralgranulates nicht zu groß zu wählen, um die Wiederaufbereitung nicht zu behindern. Hier haben sich 20 Millimeter Durchmesser als Obergrenze für die Korngröße bewährt.

[0016] Tatsächlich wird das Stützmedium nämlich vorzugsweise wiederaufbereitet, indem etwaige Bodenbe-

standteile und/oder einzelne Körner des Tonmineralgranulates ausgeschleust werden, die sich im Zuge der Verarbeitung des Stützmediums nicht oder nicht vollständig aufgelöst haben. Zugleich sieht die Wiederaufbereitung vor, dass dem Stützmedium je nach Bedarf Suspensionsflüssigkeit und/oder das Tonmineralgranulat und/oder das Tonmineral als Tonmineralpulver hinzugefügt werden. Die Erfindung geht also davon aus, dass sich das Tonmineralgranulat vorteilhaft während seiner Verarbeitung im Arbeitsbereich und/oder beim Rücktransport ganz oder teilweise in der Tonmineralsuspension auflöst, folglich zu keinen Problemen bei der Wiederaufbereitung bzw. in einer Regenerationsanlage führt. Das heißt, etwaige dort vorhandene Siebe können nicht verstopfen, überlaufen und es kommt auch nicht zu Schaumbildung.

[0017] Im Übrigen lässt sich die Korngröße dadurch variieren, dass der Zeitpunkt der Beimischung des Tonmineralgranulates zur Tonmineralsuspension verändert wird. Liegt dieser Zeitpunkt weit vor dem Erreichen des Arbeitsbereiches, so ist damit zu rechnen, dass die ursprüngliche Korngröße durch beispielsweise Aufquellen oder Auflösen verändert (verringert) wurde. Erfolgt das Beimischen dagegen kurz vor dem Erreichen des Arbeitsbereiches, wird praktisch keine Änderung der Korngröße beobachtet. Je nach der Löslichkeit des Tonmineralgranulates in der Suspensionsflüssigkeit kann der Zeitpunkt der Beimischung des Tonmineralgranulates zur Tonmineralsuspension zu geändert werden, dass während des Transports zum Arbeitsbereich die Korngröße eine vorhersagbare Durchmesser verringering erfährt.

[0018] Es ist möglich, dass das Tonmineralgranulat nach seiner Verarbeitung und dem Rücktransport für die Wiederaufbereitung des Stützmediums eine Korngröße aufweist, welche im Bereich der feinen Tonmineralteilchen der Tonmineralsuspension liegt. Dadurch kann beispielsweise ein flüssigkeitsgestützter Tunnelvortrieb mit einer üblichen Menge an frischer Tonmineralsuspension starten und lässt sich lediglich durch Zugabe von Tonmineralgranulat und Suspensionsflüssigkeit aufrechterhalten. Das heißt, die Zugabe des Tonmineralgranulates und der Suspensionsflüssigkeit gleicht entstehende Verluste aus, wobei zugleich die rheologisch notwendigen Eigenschaften aufrechterhalten bleiben.

[0019] Hierzu trägt vorteilhaft bei, dass sowohl die Tonmineralsuspension als auch das Tonmineralgranulat aus einem jeweils übereinstimmenden Tonmineral hergestellt werden können. Dadurch lassen sich die rheologischen Eigenschaften einerseits der Tonmineralsuspension und andererseits der Mischung aus der Suspensionsflüssigkeit und dem Tonmineralgranulat aneinander anpassen. Sofern übereinstimmende Tonminerale eingesetzt werden, sind die rheologischen Eigenschaften praktisch identisch. - Dabei schließt die Erfindung natürlich nicht aus, dass dem Stützmedium zur Optimierung seiner Stabilität und der rheologischen Eigenschaften weitere mineralische oder organische Zusätze bei-

gemengt werden.

[0020] Immer wird im Rahmen der Erfindung ein Stützmedium zur Verfügung gestellt, welches bevorzugt zur Herstellung einer Tunnel- und/oder Schlitzwand bzw. im Zuge eines maschinellen Tunnelvortriebs oder in der Schlitzwandtechnik eingesetzt wird und im Arbeitsbereich oder Schlitz die dort vorhandenen Poren in der geologischen Formation bzw. in einem Boden zuverlässig verstopft. Dazu wird zunächst die Porengröße des Bodens ermittelt und in Abhängigkeit hiervon die Korngröße des Tonmineralgranulates ausgewählt und der Tonmineralsuspension beigemischt. Außerdem lässt sich der Zeitpunkt der Beimischung des Tonmineralgranulates zu der Tonmineralsuspension vorgeben, sofern dieser Zeitpunkt verändert werden kann.

[0021] Nicht benötigtes und im gelösten Boden befindliches Granulat wird zusammen mit der Tonmineralsuspension und etwaigen Bodenbestandteilen bzw. einem Bodenaushub zur Regenerierung vom Arbeitsbereich wegtransportiert. Dabei löst sich das Tonmineralgranulat durch die mechanische Beanspruchung im Arbeitsbereich und während des Transports vollständig oder nahezu vollständig auf und wird bei der anschließenden Regenerierung der Mischung aus dem Stützmedium und den Bodenbestandteilen bzw. dem Bodenaushub nicht aus dem Stützmedium heraussepariert.

[0022] Weil das in der Suspensionsflüssigkeit gelöste Tonmineralgranulat in etwa die gleichen rheologischen Eigenschaften wie die Tonmineralsuspension aufweist, sorgt das in der Suspensionsflüssigkeit gelöste Tonmineralgranulat dafür, dass die bereits gebrauchte und wiederaufbereitete Tonmineralsuspension in ihrer Stabilität und rheologischen Qualität unterstützt wird. Damit das Stützmedium durch eine etwaige Anreicherung mit dem Tonmineralgranulat nicht zu stark verdickt und in seiner Fließfähigkeit beeinträchtigt wird, kann dem wieder aufbereiteten Stützmedium je nach seiner Viskosität zusätzlich Suspensionsflüssigkeit zur Verdünnung hinzugeführt werden und in seiner Fließfähigkeit beeinträchtigt, kann dem wieder aufbereiteten Stützmedium je nach seiner Viskosität zusätzlich Suspensionsflüssigkeit zur Verdünnung hinzugefügt werden. Bei dieser Suspensionsflüssigkeit handelt es sich in der Regel um Wasser.

[0023] Je nach der Zugabemenge des Tonmineralgranulates zu der Tonmineralsuspension unter Bildung des Stützmediums kann die Zudosierung von frischer Tonmineralsuspension teilweise oder ganz entfallen. Etwaige und im Stand der Technik auftretende Probleme beim Regenerieren des Stützmediums in Verbindung mit den Bodenbestandteilen bzw. dem Bodenaushub treten nicht auf. Hierin sind die wesentlichen Vorteile zu sehen.

[0024] Im Folgenden wird die Erfindung anhand einer lediglich ein Ausführungsbeispiel darstellenden Zeichnung näher erläutert; es zeigen:

Fig. 1 eine Tunnelvortriebsmaschine schematisch und

Fig. 2 den Tunnelvortrieb im Bereich seiner Ortsbrust.

[0025] In der Fig. 1 ist eine Tunnelvortriebsmaschine in ihrem grundsätzlichen Aufbau dargestellt, mit deren Hilfe zunächst ein Schlitz 1 entsprechend der Fig. 2 entlang des geplanten Tunnelumfanges erzeugt wird. Zu diesem Zweck verfügt die Tunnelvortriebsmaschine über eine Schlitzgrabvorrichtung 2, welche den vorerwähnten Schlitz 1 erzeugt und eine Stüttschicht 3 herstellt. Im Ausführungsbeispiel ist die Schlitzgrabvorrichtung 2 mehrgliedrig ausgebildet, um sich verschiedenen Radien anpassen zu können.

[0026] In der Fig. 1 erkennt man frontseitig ein Werkzeug 4 für den Materialabtrag, bei dem es sich um ein oder mehrere Schneidräder handeln kann. Diese Schneidräder drehen sich um eine Achse A und lösen das vor ihnen liegende Gestein bzw. den Boden aus dem Verbund heraus.

[0027] Über eine Zufuhrleitung 5 wird ein Stützmedium zugeführt, um in der Fig. 2 dargestellten Arbeitsbereich 6 bzw. der Ortsbrust 6 die Stüttschicht 3 zu erzeugen. Bei dem Stützmedium handelt es sich erfindungsgemäß um eine Mischung aus einer Tonmineralsuspension und einem Porenfüllstoff, bei dem ein quellfähiges lösliches Tonmineralgranulat zum Einsatz kommt. Das Stützmedium wird über mehrere Öffnungen am Werkzeug 4 bzw. den zugehörigen Schneidrädern direkt in bzw. an die Ortsbrust 6 gepumpt.

[0028] Die Zufuhrleitung 5 mündet in eine Kammer 7, in welcher sich das Stützmedium mit herausgelöstem Material, vorliegend lockerem Boden oder Gestein, vermengt. Über eine Abfuhrleitung 8 wird nun dieses Gemenge aus dem Stützmedium und etwaigen Bodenbestandteilen abgeführt und einer lediglich angedeuteten Regenerierungsanlage 9 zugeführt. An die Kammer 7 ist noch eine Entfernungseinrichtung 10 angeschlossen, mit deren Hilfe das vom Werkzeug 4 abgetragene Material aus dem Bereich des Werkzeuges 4 entfernt werden kann. Die Entfernungseinrichtung 10 stellt insgesamt jedoch nur eine Option dar.

[0029] Im hinteren Teil der Kammer 7 kann eine Luftkammer vorgesehen sein. Dabei bildet sich in der Kammer 7 eine Luftblase, welche auf einen bestimmten Überdruck gehalten wird. Dieser Überdruck pflanzt sich über das in der Kammer 7 befindliche Stützmedium auf die zu bearbeitende geologische Formation fort.

[0030] Mit Hilfe der Regenerationsanlage 9 wird das Gemenge aus dem Stützmedium und den Bodenbestandteilen in der Weise wiederaufbereitet, dass die Bodenbestandteile in der Regel herausgesiebt werden und das verbleibende Stützmedium erneut über die Zufuhrleitung 5 in die Kammer 7 befördert wird.

[0031] Vorteilhaft verfügt das Stützmedium als Porenfüllstoff über ein quellfähiges und lösliches Tonmineralgranulat, welches eine Korngröße von mehr als 0,5 Millimetern aufweist. Damit das Gemenge aus den Bodenbestandteilen und dem Stützmedium unverändert

fließfähig bleibt und nach wie vor der Regenerationsanlage 9 zugeführt werden kann, wird die Korngröße des Tonmineralgranulates in der Regel auf 20 Millimeter begrenzt. Das Tonmineralgranulat wird in der Zufuhrleitung 5 kurz vor der Kammer 7 zu einem Zeitpunkt T zudosiert und von der hierin geführten Tonmineralsuspension in die Kammer 7 mitgenommen.

[0032] Dabei ist der Zeitpunkt T dieser Beimengung bzw. Zudosierung des Tonmineralgranulates zu der Tonmineralsuspension festgelegt bzw. vorgegeben und korrespondiert zu einer Zeitdauer, bis das fragliche Stützmedium den Arbeitsbereich bzw. die Ortsbrust 6 erreicht hat. Diese Zeitdauer bzw. der Zeitpunkt T der Beimengung des Tonmineralgranulates ist so bemessen, dass das Tonmineralgranulat in der Suspensionsflüssigkeit nicht oder nahezu nicht angelöst worden ist. Grundsätzlich lässt sich der Zeitpunkt T auch variieren. Dann können die einzelnen Körner des Tonmineralgranulates gezielt angelöst werden, um ein bestimmtes gewünschtes Korngrößenspektrum zur Verfügung zu stellen und/oder einen Teil der Tonmineralsuspension durch das angelöste Tonmineralgranulat zu ersetzen bzw. der Tonmineralsuspension hinzuzufügen, um bestimmte rheologische Eigenschaften zu erreichen.

[0033] Sofern das Tonmineralgranulat in der Suspensionsflüssigkeit nicht oder nahezu nicht angelöst worden ist, wird sichergestellt, dass das Tonmineralgranulat beim Erreichen des Arbeitsbereiches bzw. der Ortsbrust 6 praktisch die gleiche Körnung aufweist, wie zum Zeitpunkt T der Beimengung zu der Tonmineralsuspension in der Zufuhrleitung 5. Die Körnung des Tonmineralgranulates wird in Abhängigkeit von der Porengröße der zu verfestigenden bzw. abzudichtenden lockeren geologischen Formation vorgegeben. Beispielsweise mag die Auslegung so getroffen sein, dass die Körner des Tonmineralgranulates größer als 90 % der Poren der fraglichen geologischen Formation ausgebildet sind. Hierdurch kann sichergestellt werden, dass der weitaus größte Teil der fraglichen Poren durch die Tonmineralgranulate in dem Stützmedium verstopft werden. Selbstverständlich lässt sich auch eine Obergrenze von 80 % oder sogar 70 % der Porengröße denken und wird von der Erfindung umfasst.

[0034] Zugleich muss die letztlich von der Regenerationsanlage 9 vorgegebene maximal zu verarbeitende Korngröße Berücksichtigung finden. Denn sofern einzelne oder mehrere der Tonmineralgranulatkörner im Arbeitsbereich 6 bzw. während ihres Rücktransportes durch die Abfuhrleitung 8 zur Regenerationsanlage 9 nicht oder nicht vollständig aufgelöst sind, soll dennoch sichergestellt werden, dass etwaige Siebe oder Filter in der Regenerationsanlage 9 nicht verstopft werden. Das wird meistens erreicht, wenn die Korngröße des Tonmineralgranulates 20 Millimeter und vorzugsweise 16 Millimeter nicht überschreitet.

[0035] Im Übrigen wird die Rheologie des Stützmediums, das heißt, sein Fließverhalten, besonders vorteilhaft für den Fall beeinflusst, dass die Tonmineralsuspension

und das Tonmineralgranulat auf ein jeweils übereinstimmendes Tonmineral zurückgreifen bzw. aus einem übereinstimmenden Tonmineral oder einer jeweils übereinstimmenden Tonmineralmischung hergestellt worden sind. Als Tonmineral empfiehlt die Erfindung den Rückgriff auf ein Dreischichtmineral oder die Mischung aus mehreren Dreischichtmineralen mit jeweils innerkristalliner Quellsfähigkeit. Insbesondere kommen Smekтите und hier vorzugsweise Bentonite zum Einsatz. Diese verfügen über die gewünschte Quellsfähigkeit, um die lockere geologische Formation zu verfestigen und/oder abdichten und sind zugleich in der Suspensionsflüssigkeit, vorzugsweise Wasser, löslich.

[0036] Bei den besonders vorteilhaft eingesetzten Bentoniten für die Tonmineralsuspension und/oder den Porenfüllstoff handelt es sich bevorzugt um einen sodaaktivierten Calciumbentonit. Denn ein solcher Bentonit bildet aufgrund seiner aggregierten Struktur schon bei geringen Konzentrationen in Suspensionen eine hohe Fließgrenze aus. Gleichzeitig ist seine Viskosität geringer und das Tiksotropieverhalten günstiger als bei natürlichem Natriumbentonit. Folglich eignet sich der beschriebene sodaaktivierte Calciumbentonit für den beschriebenen Einsatzzweck besonders.

[0037] In jedem Fall bildet sich ein dichter Filterkuchen rasch aus und verhindert das weitere Eindringen der Suspension. Insofern wirkt sich auch die bei sodaaktiviertem Calciumbentonit beobachtete hohe Fließgrenze positiv aus, weil sie das Eindringen der Suspension in die zu verfestigende bzw. zu stabilisierende geologische Formation begrenzt, nach dem sich der Filterkuchen gebildet hat.

[0038] Schließlich sei betont, dass sich der Zeitpunkt T der Beimengung des Tonmineralgranulates zur Tonmineralsuspension variieren lässt. Das erreicht die Erfindung beispielsweise dadurch, dass in der Zufuhrleitung 5 verschiedene Öffnungen zum Einbringen des Tonmineralgranulates in Längserstreckung vorgesehen werden. Auch die Zugabe an Suspensionsflüssigkeit bzw. Wasser lässt sich verändern, um das Tonmineralgranulat an- oder aufzulösen. Mit Hilfe von in den Leitungen 5, 8 und/oder der Kammer 7 und/oder in der Regenerationsanlage 9 vorhandenen Sensoren lassen sich die verschiedenen Parameter wie Korngröße des Tonmineralgranulates, Fließfähigkeit der Tonmineralsuspension, Gehalt an Suspensionsflüssigkeit etc. erfassen und einer Steuereinheit zur Verarbeitung zuführen. Die Steuereinheit regelt dann die Zufuhr an Tonmineralgranulat, dessen Korngröße, den Zeitpunkt T der Beimengung, die Zugabe an Suspensionsflüssigkeit usw..

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verfestigung und/oder Abdichtung lockerer geologischer Formationen im Zuge von geotechnischen Baumaßnahmen, insbesondere zur Herstellung einer Tunnel- und/oder Schlitzwand, wo-

- nach ein im Wesentlichen aus einer Tonmineralsuspension und einem Porenfüllstoff bestehendes Stützmedium einem Arbeitsbereich (6) zugeführt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Tonmineralsuspension ein quellfähiges lösliches Tonmineralgranulat als Porenfüllstoff hinzugefügt wird. 5
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Tonmineralgranulat zu einem vorgegebenen Zeitpunkt (T) vor Erreichen des Arbeitsbereiches (6) der Tonmineralsuspension beige- 10
mengt wird, wobei der Zeitpunkt (T) so bemessen ist, dass das Tonmineralgranulat beim Erreichen des Arbeitsbereiches (6) von einer Suspensionsflüssigkeit der Tonmineralsuspension nicht oder nahezu 15
nicht angelöst worden ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Körnung des Tonmineralgranulates nach Maßgabe von gemessenen Poren- 20
größen im Arbeitsbereich (6) eingestellt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zeitpunkt (T) der Beimengung des Tonmineralgranulates zur Tonmi- 25
neralsuspension variiert wird, um das Tonmineralgranulat gezielt anzulösen.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich das Tonmineral- 30
granulat während seiner Verarbeitung im Arbeitsbereich (6) und/oder beim Rücktransport ganz oder teilweise in der Tonmineralsuspension auflöst.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stützmedium 35
wiederaufbereitet wird, indem etwaige Bodenbestandteile ausgeschleust und die Suspensionsflüssigkeit und/oder das Tonmineralgranulat und/oder die Tonmineralsuspension bedarfsweise hinzuge- 40
fügt werden.
7. Stützmedium, insbesondere zur Verwendung bei der Verfestigung und/oder Abdichtung lockerer geologischer Formationen im Zuge von geotechnischen 45
Baumaßnahmen, vorzugsweise zur Verwendung beim Tunnel- und/oder Schlitzwandbau, bestehend im Wesentlichen aus einer Tonmineralsuspension und einem Porenfüllstoff, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Porenfüllstoff ein quellfähiges lösliches Tonmineralgranulat eingesetzt wird. 50
8. Stützmedium nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Tonmineralgranulat eine Korn- 55
größe von mehr als 0,5 Millimetern bis zu ca. 20 Millimetern, insbesondere zwischen 1 Millimeter und 16 Millimetern, aufweist.
9. Stützmedium nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tonmineralsuspension und das Tonmineralgranulat aus einem übereinstimmenden Tonmineral hergestellt sind.
10. Stützmedium nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Tonmineral für die Tonmineralsuspension und/oder das Tonmineralgranulat ein Dreischichtmineral mit innerkristalliner Quellfähigkeit, insbesondere ein Smektit, vorzugsweise Bentonit, eingesetzt wird.

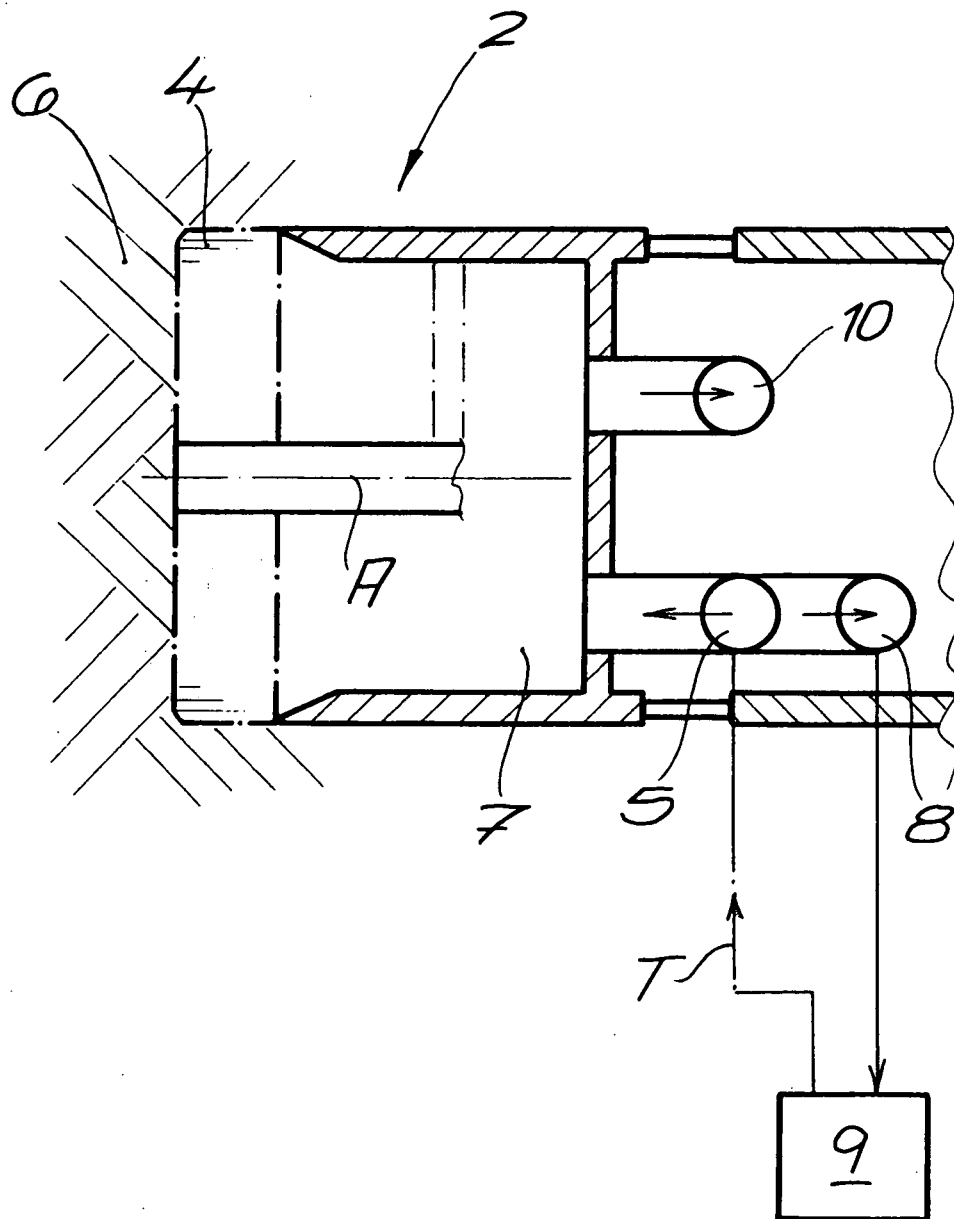


Fig. 1

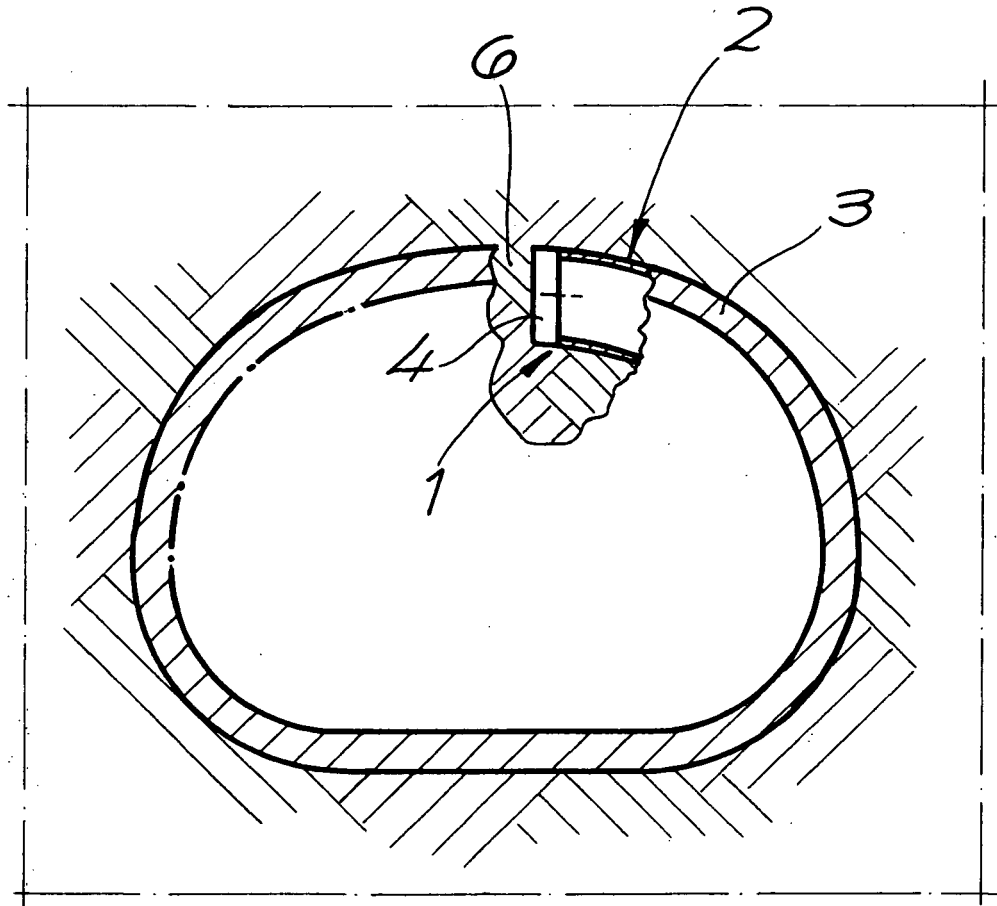


Fig. 2

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 19843092 C2 [0002]
- EP 0696558 A2 [0003]
- WO 8705925 A1 [0003]
- DE 19859821 A1 [0007]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **DR. ANJA HEINZ.** Modifizierte Bentonit Suspensionen für geotechnische Bauverfahren in Böden hoher Durchlässigkeit. *vorgelegt beim Institut für Geotechnik an der ETH Zürich*, Januar 2006 [0004]