

(19)



(11)

**EP 2 843 190 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**31.01.2018 Patentblatt 2018/05**

(51) Int Cl.:  
**E21F 17/103<sup>(2006.01)</sup> E21F 17/16<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **14181512.6**

(22) Anmeldetag: **20.08.2014**

**(54) Verschlussbauwerk und Verfahren und Materialien zu dessen Herstellung**

Closure structure and method and materials for producing the same

Construction de fermeture et procédé et matériaux pour sa fabrication

(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**

(30) Priorität: **02.09.2013 DE 102013109521**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**04.03.2015 Patentblatt 2015/10**

(73) Patentinhaber: **Stephan Schmidt KG  
65599 Dornburg-Langendernbach (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Schellhorn, Matthias  
65556 Limburg (DE)**  
• **Schmidt, Eva  
65553 Limburg (DE)**

(74) Vertreter: **Müller, Eckhard  
Mühlstrasse 9a  
65597 Hünfelden-Dauborn (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A1-92/10438 DE-A1- 4 307 196  
DE-A1- 19 856 640 DE-C1- 10 149 972**

**EP 2 843 190 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft Materialien und deren Verwendung in Verfahren zur Herstellung von Verschlussbauwerken zum Verschließen von Hohlräumen, die insbesondere im Untertagebau bei sogenannten Schachtbauwerken, aber auch als Dammbauwerk im Streckenverschluss auftreten.

**[0002]** Gefährliche Abfälle, wie z.B. hochtoxische oder radioaktive Substanzen, werden in Bergwerken deponiert und endgelagert, um sie dauerhaft von der Umwelt zu isolieren. Dies geschieht in Fässern, Trommeln oder anderen Gebinden, die in unterirdische Kavernen (Hohlräume) verbracht werden. Ist der Nutzraum der Kaverne ausgeschöpft, wird der Freiraum zwischen den verschiedenen Gebinden mit festem Material verfüllt, um eine ausreichende Druckfestigkeit des Bergstocks unter Vermeidung möglicher Deckeneinstürze zu gewährleisten. Anschließend müssen diese Hohlräume dauerhaft wasserdicht verschlossen werden, um eine sichere Langzeitlagerung der genannten Substanzen zu garantieren.

**[0003]** Gemäß dem Stand der Technik wird die Abdichtung gegen Wassereintritt bei solchen Verschlussbauwerken durch sogenannte Verschlussstopfen aus Bentonit erzeugt. Dazu wird der Baustoff untertage verbracht und auch untertage verdichtet, um die geforderten geringen Wasserdurchlässigkeiten zu erzielen. Eine andere Möglichkeit besteht in dem Einsatz von Bentonit-Formsteinen, die übertage hergestellt und untertage als Trockenmauerwerk verbaut werden.

**[0004]** In der DE 101 49 972 C1 wird eine weitere Variante zum Verschließen eines untertägigen Hohlraums beschrieben. Dabei wird der Hohlraum mit einem statischen Widerlager, das direkt an den Hohlraum grenzt, verschlossen. Dann folgt ein Abschnitt aus einem bindigen Material, an den sich wiederum ein äußeres statisches Widerlager anschließt. Die Widerlager, die nicht wasserdicht sein müssen, werden in an sich bekannter Weise als Trockenmauer aus Formsteinen ausgebildet. In Salzbergwerken bietet es sich an, Salzformsteine für diesen Zweck zu verwenden. Diese Formsteine werden übertage hergestellt und untertage verbaut.

**[0005]** Zwischen den statischen Widerlagern befindet sich der Abschnitt aus bindigem Material, vorzugsweise aus Bentonit oder aus Bentonitformsteinen. Das bindige Material, insbesondere Bentonit, quillt bei einer Wasseraufnahme und vergrößert sein Volumen dabei beträchtlich. Durch die Volumenvergrößerung kommt es zu einem Druckaufbau. Dieser Effekt wird genutzt, um mit Hilfe des bindigen (und gleichzeitig quellfähigen) Materials einen dauerhaft wasserdichten Verschlussstopfen für den zu verschließenden Hohlraum zu erzeugen. Hierfür ist es allerdings wiederum erforderlich, die Bentonit-Schüttungen untertage mit hydraulischen Geräten möglichst gleichmäßig zu verdichten.

**[0006]** Um eine gleichmäßige Befeuchtung des bindigen Materials und damit einen möglichst homogenen Druckaufbau innerhalb des Bentonit-Abschnitts zu erzeugen, wird innerhalb der Verfüllung aus dem bindigen Material mindestens eine Schicht aus einem weiteren Material angeordnet. Diese weitere Schicht befindet sich in einem Winkel von 60° bis 90° zur Wassereintrittsrichtung, ist zwischen 2 und 30 cm dick und hat eine Wasserdurchlässigkeit, die mindestens zehn Mal größer ist als die des Bentonits bzw. des bindigen Materials.

**[0007]** Die DE 198 56 640 A1 beschreibt ein Material zur Errichtung untertägiger Verschlusselemente. Dabei werden aus einer Mischung aus Sand, Ton, Bentonit Bergbau-Formatsteine verspresst. Aus diesen Steinen wird in bekannter bautechnischer Technologie eine Trockenmauer - unter Verwendung eines Tonmörtels - als untertägiges Verschlussbauwerk errichtet.

**[0008]** Die WO 92/10438 bezieht sich auf einen leichten Zuschlagsstoff in Form von Pellets oder Granulat und dessen Gebrauch in der Bauindustrie, wie z.B. für Bausteine, Leichtbaufüllblöcke und als Füllmittel für leichten Zement. Dieser Zuschlagsstoff besteht aus Brennstoffasche, Zement und Polystyrolkugeln.

**[0009]** Allen Verfahren aus dem Stand der Technik zum Verschließen von, bevorzugt untertägigen, Hohlräumen ist somit gemeinsam, dass immer Arbeiten vor Ort stattfinden müssen, die in der Regel aus der Herstellung von (Trocken-) Mauern und / oder dem Verdichten des eingebrachten, bindigen Materials bestehen. Dies ist zeit- und kostenintensiv und auf Grund der besonderen Arbeitsumstände auch nicht ungefährlich.

**[0010]** Der Erfindung lag somit die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und / oder geeignete Materialien und Baustoffe aufzufinden, mit dem bzw. mit denen in möglichst effizienter Art und Weise Verschlussbauwerke oder Verschlussstopfen insbesondere zum Verschließen von Hohlräumen hergestellt werden können. Dabei galt es zu beachten, dass diese Hohlräume sich insbesondere untertage befinden können und ein Verschluss in der Regel wasserdicht erfolgen sollte. Weiterhin sollten Arbeiten untertage bei der Erstellung solcher Verschlussbauwerke zumindest weitgehend vermieden werden.

**[0011]** Die Aufgabe wird durch die Verwendung einer erfindungsgemäßen Materialkombination oder -Zusammensetzung gelöst, welche als Verschlussmaterial dient und grundsätzlich aus hochverdichteten Formkörpern, bevorzugt Pellets, aus einem bindigen Material und einer inerten Zwickelfüllung besteht. Das Verschlussbauwerk oder der Verschlussstopfen besteht aus diesem Verschlussmaterial. Zusätzliche Widerlager oder Trockenmauerwerke sind in der Regel aus statischen Gründen erforderlich, werden als Bauwerk vorausgesetzt und werden hier nicht näher betrachtet. Der erfindungsgemäß verwendete Begriff Verschlussbauwerk umfasst daher nur den eigentlichen Verschlussstopfen und nicht die aus statischen Gründen erforderlichen Widerlager, die bevorzugt als Betonwiderlager ausgeführt werden. Das Verschlussmaterial kann als fertige Mischung von Formkörpern/Pellets und inerter Zwickelfüllung an dem Einbauort

verbaut werden, dies ist die erfindungsgemäß bevorzugte Variante. Daneben ist es auch möglich, die Komponenten als getrennte Schüttungen (Pellets als Schüttung 1 und Zwickelfüllung als Schüttung 2) abwechselnd oder nacheinander zu verbauen. Die Einbringung erfolgt durch das lose Verstürzen des Verschlussmaterials als Gemisch oder als separate Schüttungen 1 und 2 (z.B. als loser Versturz in ein Schachtbauwerk) oder, bevorzugt, im Blasversatz, bei dem wiederum

bevorzugt ein vorgefertigtes Gemisch der Komponenten des Verschlussmaterials zum Einsatz kommt.

**[0012]** Die Anforderungen an das Verschlussmaterial sind abhängig von den Anforderungen an das daraus hergestellte Verschlussbauwerk (Quellvolumen, Quelldruck, Dichtigkeit gegenüber anstehenden Medien / Prüfflüssigkeiten), welche wiederum abhängig sind von den örtlichen Gegebenheiten, insbesondere der zu erwartenden anstehenden Wassersäule und dem sich hieraus ergebenden hydrostatischen Druck, und ob der Verschluss weitgehend oder möglichst vollständig abdichtend gegen möglichen Wassereintritt sein muss oder nur ein temporäres Bauwerk, zum Beispiel im Streckenverschluss, darstellt.

**[0013]** In der Regel wird das Verschlussbauwerk weitgehend wasserabdichtend sein müssen. Die sich daraus ergebenden Anforderungen an das Verschlussbauwerk und damit an das verwendete Verschlussmaterial sind dann bevorzugt durch die folgenden Parameter bestimmt: Einbaudichte des Verschlussmaterials ohne zusätzliches Verdichten vor Ort von größer als  $1,7 \text{ t/m}^3$  ( $\text{kg/dm}^3$ ), insbesondere zwischen  $1,7$  und  $2,1 \text{ t/m}^3$ . Aufbau eines Quelldrucks im Verschlussmaterial (durch Wasseraufnahme) von mehr als  $1 \text{ MPa}$  ( $1 \text{ Megapascal} = 1 \text{ N/mm}^2$ ), insbesondere von mehr als  $2 \text{ MPa}$ . Quelldruck baut sich auf, wenn eine durch Wasseraufnahme ausgelöste Volumenzunahme (Quellung) behindert wird (z.B. durch eine Auflast). Der Verschlussstopfen bzw. das Verschlussmaterial sollte darüber hinaus Wasserdurchlässigkeiten (gekennzeichnet durch den Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f$  in  $\text{m/s}$ ) von  $k_f$  kleiner als  $10^{-11} \text{ m/s}$ , insbesondere von kleiner als  $10^{-12} \text{ m/s}$ , aufweisen (Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit nach DIN 18130).

**[0014]** Die erfindungsgemäß zu verwendenden Formkörper oder Pellets als eine Komponente des Verschlussmaterials sind bevorzugt zylindrische, hochverdichtete Formkörper, die durch Vakuumstrangpressung hergestellt werden. Ihre Rohdichte beträgt bevorzugt mehr als  $2,0 \text{ t/m}^3$  entsprechend einer Trockenrohddichte von ca.  $1,8$  bis  $2,0 \text{ t/m}^3$ . Die bevorzugten Abmessungen liegen bei einem Durchmesser von bis zu  $20 \text{ mm}$ , vorzugsweise  $6 - 10 \text{ mm}$ , und einer Länge von ca.  $5 - 30 \text{ mm}$ , vorzugsweise ebenfalls  $6 - 10 \text{ mm}$ , um einen zylindrischen, aber auch möglichst isometrischen Formkörper hinsichtlich Längen-/Breitenverhältnis zu erlangen. Auch bei diesem Material würde sich bei einer Einkornschüttung (Schüttung 1) eine Volumenerfüllung von ca.  $60 - 65$  Volumen-% entsprechend einem Hohlraumvolumen von ca.  $35 - 40$  Volumen-% ergeben.

**[0015]** Die Formkörper aus bindigem Material enthalten vorzugsweise Minerale der Smektitgruppe. Dabei handelt es sich um Minerale und Mineralgemenge aus verschiedenen quellfähigen Schichtsilikaten, die eine Dreischichtstruktur besitzen und zu den Tonmineralen gehören. Die Pellets enthalten diese Minerale zu mindestens  $60 \text{ Gew.-%}$ , vorzugsweise zu mehr als  $75 \text{ Gew.-%}$ . Der wichtigste Vertreter dieser Smektitminerale ist das Schichtsilikat Montmorillonit, das bevorzugt zu den oben genannten Prozentwerten in den Pellets enthalten ist. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform bestehen diese Pellets oder Formkörper aus reinem Bentonit. Bentonit ist ein natürliches, plastisches Tongestein, welches neben Quarz, Glimmer, Feldspat, Pyrit oder auch Calcit als wichtigsten Bestandteil Montmorillonit zu ca.  $60 - 80 \text{ Gew.-%}$  neben weiteren Tonmineralien enthält.

**[0016]** In Abhängigkeit von den Anforderungen an das Verschlussbauwerk, insbesondere im Hinblick auf die maximal zulässige Wasserdurchlässigkeit  $k_f$ , ist auch die Verwendung von (Ton-)Pellets/ Formkörpern mit einem geringeren Anteil an quellfähigen Smektit-Tonmineralen möglich. Dabei ist zu beachten, dass auch mit nicht- oder nur gering quellfähigen Tonpellets aus kaolinitischem Ton durchaus Wasserdurchlässigkeiten von  $1 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}$  erreicht werden können. Für das Erreichen des erfindungsgemäß angestrebten Verschlussergebnisses ist grundsätzlich die Kombination aus hochverdichteten Formkörpern und inerten Zwickelfüllung entscheidend.

**[0017]** Ein wesentlicher Punkt, der bei der Herstellung der erfindungsgemäßen Formkörper, insbesondere Pellets, besonders bevorzugt zylindrische Pellets, zu beachten ist, ist ein gewisser Restwassergehalt, damit die Formkörper die für den erfindungsgemäßen Zweck erforderlichen mechanischen Eigenschaften aufweisen. Sind die Pellets zu trocken, besteht erhöhte Bruchgefahr beim Versturz, welche das Eindringen des Inertkorns in die Zwickel massiv behindern kann. Des Weiteren kann bei Wasserzutritt ein Zersprengen der Pellets auftreten, da die Wasseraufnahme zum sofortigen und evtl. unkontrollierten Quellen mit dem Aufbau eines entsprechenden Quelldrucks führen kann. Daher sind, in Abhängigkeit vom verwendeten Material, Restwassergehalte von bevorzugt kleiner  $20 \text{ Gew.-%}$ , insbesondere kleiner  $18 \text{ Gew.-%}$ , anzustreben. Der Restwassergehalt sollte andererseits bevorzugt  $10 \text{ Gew.-%}$  und insbesondere  $8 \text{ Gew.-%}$  nicht unterschreiten, da dies zu den o.g. nachteiligen Eigenschaften bei zu trockenem Material führen kann.

**[0018]** Die zweite Komponente des erfindungsgemäßen Verschlussmaterials ist eine sog. inerte Zwickelfüllung zum Auffüllen der Zwickel, die sich, wie oben ausgeführt, bei einer Einkornschüttung der erfindungsgemäßen Formkörper bilden würden. Unter Zwickel versteht man den Hohlraum zwischen den Partikeln eines Haufwerks. Als inerte Zwickelfüllung dient ein hochfließfähiges Inertmaterial. Dieses Inertmaterial ist bevorzugt von rolliger Körnung, damit es besonders gut in die von den Formkörpern oder Pellets gebildeten Hohlräume oder Zwickel eindringen und diese vollständig verfüllen kann.

**[0019]** Bevorzugt sind Inertmaterialien mit einem Größtkorn von bis zu  $1 \text{ mm}$ , insbesondere mit einem Größtkorn von

kleiner als 0,25 mm. Dabei ist das Größtkorn einer Krönung ( $D_{max}$ ) der Nennwert des Größtkorns der größten Korngruppe. Sehr vorteilhaft sind hochfließende Inertmaterialien rolliger Körnung mit enger Kornabstufung zwischen 0,25 mm und 0,1 mm. Solche Materialien sind im Handel erhältlich, z.B. Quarzsand Werk Haltern H 35 S der Firma Quarzwerke GmbH, Frechen. Dieser besteht zu mehr als 99 Gew.-% aus  $SiO_2$ , hat eine mittlere Korngröße von 0,17 mm mit 98 Gew.-% der Körner im Bereich von 0,09 bis 0,25 mm. In Abhängigkeit von den Anforderungen an das Verschlussbauwerk, insbesondere im Hinblick auf die erforderliche Wasserabdichtung, können auch gröbere Inertmaterialien (größeres Größtkorn, breitere Kornabstufung) Anwendung finden.

**[0020]** Das inerte Zwickelmateriale besteht somit bevorzugt aus Feinsand, insbesondere Quarzsand. Auch die folgenden Substanzklassen sind bei entsprechender Korngröße und Verteilung als erfindungsgemäße Zwickelfüllung geeignet: inerte Metalloxide und Silikate, wie zum Beispiel Oxide der Spinellgruppe oder Feldspäte, aber auch alle anderen anorganischen Mineralstoffe, die aufgrund ihrer Wasserunlöslichkeit keine Gefährdung im Hinblick auf die Langzeitsicherheit des Bauwerkes darstellen. Eine erhöhte Wasserlöslichkeit als Ausschlusskriterium wäre zum Beispiel bei den meisten Carbonaten oder Sulfaten mit Ausnahme von Schwerspat der Fall. Auch hier richtet sich die Auswahl der geeigneten Materialien nach den Anforderungen an das Verschlussbauwerk, die maßgeblich von den Gegebenheiten des Erstellungsorts abhängig sind. Ein Einsatz von Schwerspat beispielsweise ist denkbar in Dammbauwerken, wo eine zusätzliche Abschirmung gegenüber radioaktiver Strahlung im laufenden Betrieb erforderlich ist. Die feine und hochfließende Zwickelfüllung hat die Eigenschaft, dass sie selbst bei nachträglichem Schütten sehr gut in die Hohlräume der Schüttung 1 (Pellets) einrieseln kann, diese Hohlräume weitgehend ausfüllt und somit für eine sehr hohe Dichtepackung des Verschlussmaterials sorgt.

**[0021]** Als weitere Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Zwickelfüllung (Schüttung 2) neben dem inerten Feinmaterial, z.B. in Form von Sand, auch noch entsprechend feinkörniges bindiges Material gemäß Schüttung 1 (z.B. Minerale der Smektitgruppe oder reines Bentonitfeingranulat) enthält. Dadurch kann die Dichtigkeit des Verschlussbauwerks weiter erhöht werden.

**[0022]** Neben der getrennten Schüttung von Formkörpern und inerte Zwickelfüllung ist erfindungsgemäß insbesondere bevorzugt, eine vorgefertigte Mischung bzw. ein vorgefertigtes Gemenge aus verdichteten Formkörpern und inerte Zwickelfüllung herzustellen, welches dann durch losen Verstoß am Einbauort oder im sogenannten Blasversatz eingesetzt wird. Das erfindungsgemäße Verfahren zur Erstellung eines Verschlussbauwerks umfasst neben den genannten Maßnahmen besonders bevorzugt den Verstoß des Verschlussmaterials in Form einer vorgefertigten Mischung durch Verblasen dieser Mischung (Blasversatz) z.B. aus einem Silo-LKW mit eingebauter oder separater Blasvorrichtung.

**[0023]** Beim Verblasen einer erfindungsgemäßen Verschlussmischung aus Pellets und feinem Sand als Zwickelfüllung wurde festgestellt, dass es dabei zu einer partiellen Zerstörung der Pellets kommt. Diese werden abgerundet und dabei bildet sich sehr feines bindiges (Pellet-) Material, was zu einer erhöhten Packungsdichte und weiter verbesserter Wasserundurchlässigkeit führt.

**[0024]** Die Zusammensetzung dieser Mischung aus Schüttung 1 (Formkörper/Pellets) und Schüttung 2 (inerte Zwickelfüllung, z.B. Sand) ist bevorzugt so dimensioniert, dass, ausgehend von der theoretischen Hohlraumfüllung oder des sich zwischen den Pellets bildenden Hohlraums, der Anteil an Formkörpern immer etwas überhöht ist. Das hat zur Folge, dass nach vollzogenem Einbau der Mischung inerte Zwickelfüllung nachgeschüttet werden kann, um letzte verbliebene Zwickel aufzufüllen. Dabei wird die Bildung von Linsen aus Zwickelmateriale (z.B. Sandlinsen) unterdrückt, die zu einer höheren Wasserdurchlässigkeit führen könnten. Ausgehend von der Tatsache, dass die Monokornschüttung aus Pellets einen Zwickelhohlraum von ca. 35-40 Volumen-% aufweist, hat sich ein Verhältnis Schüttung 1 : Schüttung 2 von 70 : 30 - 65 : 35 Gew.-% als sinnvoll erwiesen, also eine Unterdeckung des Feinmaterials von ca. 5 Gew.-%.

**[0025]** Die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens bestehen insbesondere darin, dass man die Verschlussbauwerke in äußerst kurzer Bauzeit einbauen kann, keine (bzw. deutlich reduzierte) Mann-Tage vor Ort (untertage) notwendig sind, da das Verschlussmaterial sofort zum Einsatzort verbracht wird, insbesondere durch das Verfahren des Blasversatz. Gegenüber dem untertägigen Einbau mit der Erstellung von Widerlagern und dem regelmäßigen Verdichten vor Ort des bindigen Materials, was sehr zeit- und kostenaufwendig ist, können durch das erfindungsgemäße Verfahren Verschlussbauwerke (Verschlusschichtdicken oder Verschlussstopfen in beliebiger Stärke, z.B. mit Schichtdicken von 5 m), erzeugt werden, ohne dass dabei Bauunterbrechungen oder Arbeitseinsatz untertage notwendig ist. Eine Verdichtung des Verschlussmaterials vor Ort kann entfallen.

**[0026]** Mit den erfindungsgemäßen Verschlussmaterialien lassen sich beliebig dimensionierte Dichtbauwerke mit, in Abhängigkeit vom verwendeten Material, den gewünschten Wasserdurchlässigkeiten  $k_f$  erzeugen. Schon im einfachen Sturzversatz können Einbaudichten von größer als  $1,7 \text{ t/m}^3$  erreicht werden, die durch den vorteilhaften Blasversatz auf Werte von bis zu und größer als  $1,9 \text{ t/m}^3$  gesteigert werden können.

**[0027]** Das erfindungsgemäße Verfahren und die dabei verwendeten Materialien haben ein breites Einsatzgebiet. Anwendungsgebiete sind allgemein das Verschließen von Hohlräumen untertage, wie dies z.B. bei der (End-)Lagerung von toxischen und radioaktiven Materialien notwendig ist, das Abschirmen von Teilen eines Bergbaureviers gegen zuströmendes Oberflächenwasser und/oder drückendes Grundwasser; d.h. generell die Erstellung von hydraulischen Sperren. Das Verfahren und das damit in Verbindung stehende Materialkonzept sind neben Schachtverschlüssen auch

für die Erstellung von Dammbauwerken in Strecken geeignet. Hier ergibt sich z.B. der Vorteil des Blasversatzes bis unter die Firste. In herkömmlichen Bauweisen ist eine Verdichtung unter der Firste nicht möglich.

**[0028]** Die Erfindung umfasst somit die Verwendung der beschriebenen Materialien, getrennt oder als vorgefertigtes Gemisch, zur Erstellung von Verschlussbauwerken, ein Verfahren zur Erstellung von Verschlussbauwerken unter Einsatz der erfindungsgemäßen Materialien und Verschlussbauwerke, herstellbar mit den genannten Materialien und nach dem beschriebenen Verfahren.

**[0029]** Das nachfolgende Beispiel dient zur näheren Erläuterung der Erfindung, ohne diese in irgendeiner Weise zu beschränken. Vielmehr können alle genannten Merkmale und Maßnahmen aus Beschreibung, Beispielen und/oder Patentansprüchen in jeder für den Fachmann und den Erfindungszweck sinnvollen Art und Weise ohne Beschränkung miteinander kombiniert werden.

#### Ausführungsbeispiel

**[0030]** Es wird eine Mischung aus 30 Gew.-% des beschriebenen Quarzsandes H 35 S und 70 Gew.-% hochverdichteten Pellets, die aus reinem Bentonit bestehen, hergestellt.

**[0031]** Der Sand hat eine Dichte (Kornrohichte) gemäß DIN EN ISO 787-10 von 2,65 g/cm<sup>3</sup> (t/m<sup>3</sup>). Die Pellets haben die folgenden Abmessungen: Durchmesser 10 mm, Länge produktionsbedingt zwischen 5 und 15 mm, eine Kornrohichte (Trockenrohichte) von 2,1 g/cm<sup>3</sup>, ein Quellvolumen von 400 ml (obere Kante der aufgequollenen Pellets in einem 500 ml Weithalsbecherglas bei Einwaage von 100 g Pellets) und eine Wasseraufnahme nach Enslin-Neff von 370 %.

**[0032]** Diese Mischung wird in einen Silo-LKW gefüllt und das Material in einem Untertageversuch rund 350 Meter aus dem Silozug über eine Blasleitung verblasen. Dabei ca. 300 m vertikal und ca. 30 m waagerecht übertage und ca. 20 m waagerecht untertage. Bei dem Versuch wird ein Eimer direkt in einen Streckenabschluss eingegraben und dem Förderstrom ausgesetzt. Nach Überfüllung des Eimers wird die ungestörte Probe auf Dichte und Konverteilung vermessen. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle wiedergegeben.

| Kornfraktion (mm)                                | > 16 | > 12,5 | > 10,0 | > 8,0 | > 5,6 | > 4,0 | > 2,8 | > 2,0 | > 1,0 | > 0,5 | > 0,2 | > 0,125 | > 0,063 | < 0,063, | Dichte (kg/dm <sup>3</sup> ) |
|--------------------------------------------------|------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|----------|------------------------------|
| Anteile (Masse-%)                                |      |        |        |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |          |                              |
| <b>a) Ausgangsmischung</b>                       | 0,7  | n.b.   | 45,9   | 13,9  | 5,3   | 0,9   | 0,3   | 0,1   | 0,1   | 0,5   | 13,1  | 16,3    | 0,3     | 0,0      |                              |
| <b>b) Probe</b><br>Eimer im Handwerk eingegraben | 0,2  | 0,0    | 40,7   | 11,7  | 8,4   | 3,9   | 1,4   | 0,8   | 1,3   | 1,0   | 23,5  | 6,2     | 0,8     | 0,1      | <b>1,74</b>                  |

**[0033]** Die Probe weist eine Dichte nach dem Blasvorgang und ohne jede zusätzliche Verdichtung von mind. 1,74 kg/dm<sup>3</sup> (t/m<sup>3</sup>) auf und ist damit für die Erstellung eines erfindungsgemäßen Verschlussbauwerks geeignet.

**[0034]** Die Tabelle zeigt weiterhin die bereits beschriebene partielle Kornzerstörung bei den Pellets bei einem Vergleich der Korngrößenverteilung von Ausgangsmischung und verblasenem Material. Durch den Blasvorgang wird zusätzlich zum Sand feinkörniges bindiges Material (hier Bentonit) erzeugt, was zu einer erhöhten Wasserundurchlässigkeit des gebildeten Verschlussbauwerks führt.

#### Ausführungsbeispiel 2

**[0035]** Bei einem vertikalen Schachtverschluss wird das erfindungsgemäße Binärgemisch gemäß Ausführungsbeispiel 1 in mehreren Lagen durch Blasversatz in Wechsellagerung mit Sandlagen eingebaut. Insgesamt werden hierbei 786,94 t Material bei einem Gesamtvolumen von 456,54 m<sup>3</sup> verbaut. Die erzielte Dichte liegt somit bei 1,72 t/m<sup>3</sup> durch losen Versturz ohne nachträgliche Verdichtung vor Ort.

#### Ausführungsbeispiel 3

**[0036]** In einem untertägigen Streckenverschluss werden insgesamt 204,18 t des erfindungsgemäßen Binärgemischs gemäß Ausführungsbeispiel 1 horizontal zwischen Schalungselementen im Blasversatz bis unter die Firste verbaut. Das markscheiderische Aufmaß wird mit einem Hohlraumvolumen von 119,58 m<sup>3</sup> bestimmt. Somit ergibt sich nach Abzug aller Einbauten eine Einbaudichte von 1,74 t/m<sup>3</sup>.

#### Patentansprüche

1. Verwendung von hochverdichteten Pellets aus bindigem Material mit einer Rohdichte von mehr als 2t/m<sup>3</sup> in Kombination mit einer inerten Zwickelfüllung zur Herstellung von Verschlussbauwerken.
2. Verwendung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine vorgefertigte Mischung aus Pellets aus bindigem Material und inerter Zwickelfüllung verwendet wird.
3. Verwendung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Pellets einen Durchmesser von bis zu 20 mm und eine Länge von 5-30 mm aufweisen.
4. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** als bindiges Material Minerale der Smektitgruppe verwendet werden.
5. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** als bindiges Material Montmorillonit verwendet wird.
6. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Pellets Bentonit enthalten oder aus diesem bestehen.
7. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** als inerte Zwickelfüllung Sand rolliger Körnung verwendet wird.
8. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die inerte Zwickelfüllung ein Größtkorn von kleiner als 0,25 mm aufweist.
9. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Herstellung des Verschlussbauwerks durch Blasversatz einer Mischung von hochverdichteten Pellets aus bindigem Material und inerter Zwickelfüllung erfolgt.
10. Verfahren zur Herstellung von Verschlussbauwerken durch Verwendung von hochverdichteten Pellets aus bindigem Material mit einer Rohdichte von mehr als 2t/m<sup>3</sup> in Kombination mit einer inerten Zwickelfüllung als Verschlussmaterialien.
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Materialien nach einem der Ansprüche 1 bis 9 verwendet werden.

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Herstellung des Verschlussbauwerks durch Blasversatz einer Mischung von hochverdichteten Pellets aus bindigem Material und inerter Zwickelfüllung erfolgt.

5 13. Verschlussbauwerk, hergestellt nach dem Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12.

## Claims

10 1. Use of highly compressed pellets of a cohesive material with a bulk density of more than  $2\text{t/m}^3$  in combination with an inert gap filler for manufacturing sealing constructions.

2. Use according to claim 1, **characterized in that** a pre-manufactured mixture of pellets of cohesive material and inert gap filler is used.

15 3. Use according to claim 1 or 2, **characterized in that** the pellets have a diameter of up to 20 mm and a length of 5-30 mm.

20 4. Use according to one of the claims 1 to 3, **characterized in that** minerals of the smectite group are used as the cohesive materials.

5. Use according to one of the claims 1 to 4, **characterized in that** montmorillonite is used as the cohesive material.

25 6. Use according to one of the claims 1 to 5, **characterized in that** the pellets contain bentonite or consist of the same.

7. Use according to one of the claims 1 to 6, **characterized in that** sand with a non-cohesive graining is used as the inert gap filler.

30 8. Use according to one of the claims 1 to 7, **characterized in that** the inert gap filler has a maximum grain size of less than 0.25 mm.

35 9. Use according to one of the claims 1 to 8, **characterized in that** the manufacture of the sealing construction is carried out through pneumatic stowing of a mixture of highly compressed pellets from cohesive material and inert gap filler.

10. Method for manufacturing sealing constructions by using highly compressed pellets of a cohesive material with a with a bulk density of more than  $2\text{t/m}^3$  in combination with an inert gap filler as sealing materials.

40 11. Method according to claim 10, **characterized in that** the materials are used according to one of the claims 1 to 9.

12. Method according to claims 10 or 11, **characterized in that** the manufacture of the sealing construction is carried out through pneumatic stowing of a mixture of highly compressed pellets from cohesive material and inert gap filler.

45 13. Sealing construction manufactured according to the method according to one of the claims 10 to 12.

## Revendications

50 1. Utilisation de pellet hautement compactées en un matériau liant ayant une densité apparente de plus de  $2\text{ t/m}^3$  en combinaison avec un remplissage inerte pour la fabrication de constructions de fermeture.

2. Utilisation selon la revendication 1, **caractérisée en ce qu'**un mélange préfabriqué de pellets en un matériau liant et d'un remplissage inerte est utilisé.

55 3. Utilisation selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** les pellets présentent un diamètre de jusqu'à 20 mm et une longueur de 5 à 30 mm.

4. Utilisation selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** des minéraux du groupe de

la smectite sont utilisés en tant que matériau liant.

5. Utilisation selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisée en ce que** de la montmorillonite est utilisée en tant que matériau liant.

5

6. Utilisation selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisée en ce que** les pellets contiennent de la bentonite ou en sont constituées.

10

7. Utilisation selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisée en ce que** du sable à grainage sans cohésion est utilisé en tant que remplissage inerte.

8. Utilisation selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisée en ce que** le remplissage inerte présente une taille de grain maximale de moins de 0,25 mm.

15

9. Utilisation selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisée en ce que** la fabrication de la construction de fermeture a lieu par remblayage pneumatique d'un mélange de pellets hautement compactées en un matériau liant et d'un remplissage inerte.

20

10. Procédé de fabrication de constructions de fermeture par utilisation de pellets hautement compactées en un matériau liant ayant une densité apparente de plus de 2 t/m<sup>3</sup> en combinaison avec un remplissage inerte en tant que matériaux de fermeture.

25

11. Procédé selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** les matériaux selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 sont utilisés.

12. Procédé selon la revendication 10 ou 11, **caractérisé en ce que** la fabrication de la construction de fermeture a lieu par remblayage pneumatique d'un mélange de pellets hautement compactées en un matériau liant et d'un remplissage inerte.

30

13. Construction de fermeture, fabriquée par le procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 12.

35

40

45

50

55

**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 10149972 C1 [0004]
- DE 19856640 A1 [0007]
- WO 9210438 A [0008]