



(19)  
**Bundesrepublik Deutschland**  
**Deutsches Patent- und Markenamt**

(10) **DE 10 2006 059 478 B3 2008.02.21**

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 059 478.9**  
 (22) Anmeldetag: **14.12.2006**  
 (43) Offenlegungstag: –  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **21.02.2008**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **E21D 11/38 (2006.01)**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

<p>(73) Patentinhaber:  <b>Technische Universität Bergakademie Freiberg,          09599 Freiberg, DE</b></p> <p>(74) Vertreter:  <b>Ilberg &amp; Weißfloh, 01309 Dresden</b></p> <p>(72) Erfinder:  <b>Glaubach, Uwe, Dipl.-Ing., 09599 Freiberg, DE;          Gruner, Matthias, Dr.-Ing., 09599 Freiberg, DE;          Kudla, Wolfram, Prof. Dr.-Ing., 01069 Dresden, DE</b></p> <p>(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht          gezogene Druckschriften:  <b>DE 102 16 105 C1          DE 44 34 758 C1          DE 34 27 978 C1          DE10 2005 009036 B3          DE 9 09 881 B          DE 198 56 640 A1</b></p>	<p><b>DE 44 34 759 A1          DE 41 30 658 A1          DE 38 35 849 A1          DE 37 33 867 A1          DE 37 29 123 A1          DE 20 43 511 A          DE 2 39 992 A          DD 2 89 316 B5          DD 2 58 538 A3          DD 1 35 103 A          EP 00 09 272 A1</b></p> <p><b>Fischle, Wolfgang Rudolf und Schwieger, Klaus:          "Untersuchungen an einem Abschlußbauwerk im          Kali-          salzbergwerk Hope". Kali und Steinsalz, Bd. 9,          1987, Heft 11, S. 380-386;          Ohne Autor: "Wasserdichte Verdämmung im          Steinsalz-          gebirge". Glückauf 38, 1902, Nr. 14, S. 307-309;</b></p>
--	--

(54) Bezeichnung: **Formstabile Blöcke zum Abdichten von Strecken im Salzgestein sowie Einbauverfahren hierfür**

(57) Zusammenfassung: Formstabile Blöcke zum Abdichten von Strecken im Salzgestein, insbesondere von Strecken mit wärmeempfindlichen und hygroskopischen Bestandteilen werden aus einem gießbaren Sand-Mastixasphalt einer solchen Konsistenz gefertigt, dass ein aus diesen Blöcken zusammengesetzter Verband in situ unter äußerem Einfluss von Druck und Wärme zu einem Dichtelement monolithisiert. Indem der Sand-Mastixasphalt sowohl die Eigenschaften eines Festkörpers als auch einer Flüssigkeit vereint, werden die im Normalfall sich widersprechenden Anforderungen hinsichtlich Formstabilität, Tragverhaltens und plastischen Abdichtverhaltens erfüllt.

**Beschreibung**

## Anwendungsgebiet der Erfindung

**[0001]** Die Erfindung betrifft formstabile Blöcke zum Abdichten von Strecken im Salzgestein gegenüber angenommenen Flüssigkeitszutritten und ein Einbauverfahren hierfür. Ein besonders vorteilhaftes Anwendungsgebiet ist die Abdichtung von Strecken im heterogen zusammengesetzten Salzgestein mit wärmeempfindlichen und hygroskopischen Bestandteilen. In diesem Fall ist der übliche Heißeinbau von Bitumen oder Asphalt nicht möglich.

## Stand der Technik:

**[0002]** In Bergwerken oder genutzten unterirdischen Hohlräumen werden zum Schutz gegen potentielle Flüssigkeitszutritte aus dem umliegenden Gebirge oder aus benachbarten Bereichen des Grubengebäudes flüssigkeitsdichte Streckenverschlussbauwerke errichtet. Bisher bekannte Verfahren zum Abdichten von Strecken im Salzgestein beziehen sich auf Standorte im Steinsalz. Dabei wurden als z. B. als Dichtmaterialien Blöcke aus gepressten Steinsalz (DE 41 30 658 A1, DE 44 34 758 C1, DE 44 34 759 A1) oder spezielle Bentonitformsteine (DE 198 56 640 A1) vorgeschlagen.

**[0003]** Als weiteres Dichtmaterial kann Asphalt eingesetzt werden. Bekannt sind die Streckenverschlüsse Leopoldshall (1898) und Hope (1983), in denen Asphalt dichtfugen bzw. Asphaltinnendichtungen zwischen den Dammkörpern aus Beton eingebaut wurden (siehe Wasserdichte Verdämmung im Steinsalzgebirge. Glückauf 38 (1902) 14, S. 307–309 und Fischle, W.R.; Schwiager, K.: Untersuchungen an einem Abschlussbauwerk im Kalisalzbergwerk Hope. Kali und Steinsalz 9 (1987) 1, S. 380–387).

**[0004]** Daneben existieren Vorschläge, die Bitumen oder Asphalt als Dichtmaterial für Streckenverschlüsse im Salinar vorsehen und dabei das Ziel haben, die durch den Flüssigkeitscharakter des Bitumens bedingten Schwierigkeiten beim Abdichten horizontaler Grubenbaue bzw. Strecken durch die Anwendung konstruktiver Sondermaßnahmen zu eliminieren. Diese Sondermaßnahmen sind die Anordnung von Überdruckkammern oder die Positionierung von Bitumen- oder Asphaltpackungen unterschiedlicher Dichte.

**[0005]** Der dabei gegenüber dem potentiellen Flüssigkeitsdruck erforderliche Überdruck im Bitumen- bzw. Asphaltement kann beispielsweise über eine schräge Verbindungsbohrung zu einem Bitumenschlot auf die Bitumenkammer übertragen werden (DE 34 27 978 C1). Weiterhin sind Konstruktionen zur Aufrechterhaltung der Dichtwirkung von Querschnittsabdichtungen aus Bitumen durch nach über

Tage führende Bohrlöcher bekannt (DD 258 538 A3). Eine Alternative ist eine zwischen zwei Betonwiderlagern befindliche Bitumen- oder Asphaltkammer, in der der Überdruck durch die Gebirgskonvergenz induziert wird (DE 102 16 105 C1).

**[0006]** Bekannt (z. B. DE 239 992 A, DD 135 103 A) ist die Anwendung von gegenüber dem Salzgebirge und gegenüber möglichen Salzlösungen inerte Puffermedien (Öl, Bitumen), die auch unter Überdruck stehen. Voraussetzungen für die Wirksamkeit dieses Systems ist eine impermeable Gebirgsstoßbeschichtung sowie eine externe automatisierte Einrichtung zur Gewährleistung eines ständigen Überdruckes im Puffermedium (Überdruck gegenüber dem anstehenden Laugendruck maximal 0,2 MPa).

**[0007]** Eine Konstruktion zur Positionierung von Bitumen oder Asphaltpackungen unterschiedlicher Dichte ist in DD 289 316 A5 beschrieben. Die Dichte der Materialien in den Dichtepackungen wird so eingestellt, dass sie in einem Fall geringer als die Dichte der angreifenden Flüssigkeit ist (möglich bei Bitumen gegenüber mineralisierten Wässern bzw. Salzlösungen) und im anderen Fall größer als die Dichte der angreifenden Flüssigkeit ist (möglich bei Asphalt gegenüber Wässern bzw. Salzlösungen). Beide Dichtepackungen werden durch definiert durchlässige Sperr- oder Trennmauern positioniert.

**[0008]** Im Wasserbau und im Deponiebau werden erfolgreich Asphalt dichtungen eingesetzt, die die vorteilhaften Eigenschaften von Asphalt als Dichtmaterial belegen. Nach DE 38 35 849 A1 können Kerndichtungen für Erdbauwerke auch aus Asphaltbetonfertigteilen hergestellt werden, die untereinander in einem bitumenhaltigen Mörtelbett verklebt oder durch Wärmeeinwirkung durch verlorene elektrische Heizelemente verschmolzen werden. Allerdings ist hier eine besondere Ausbildung der Stoßfugen hinsichtlich einer Profilierung oder Geometrie erforderlich. Ein ähnliches Prinzip liegt Bauwerksabdichtungen aus vorgefertigten Mastixasphaltbahnen mit Polymerzusätzen, die nachträglich verschweißt werden (DE 20 43 511 A), zugrunde. Ein alternatives Verfahren (EP 009 272 A1) schlägt die Penetration von Bitumenmischungen bzw. Mastixasphalt in ein Sand- bzw. Kiesgerüst vor.

**[0009]** Weitere Erfindungen schlagen Bitumen/Asphalt-Mischungen vor, die entweder polymervergütet sind (DE 37 33 867 A1) oder wässrige Emulsionen enthalten (DE 909 881 B, DE 37 29 123 A1). Beide Möglichkeiten sind von der Zusammensetzung nicht langzeitstabil bzw. scheiden für eine Anwendung im Salzgestein generell aus.

**[0010]** Im untertägigen Einsatz ist von Vorteil, dass sich Bitumen gegenüber dem Gebirge, den üblicherweise eingesetzten Baumaterialien Ton und Beton

sowie gegenüber den potentiell zutretenden Flüssigkeiten inert verhält. In horizontalen Grubenbauten ist der Flüssigkeitscharakter von Bitumen nachteilig, da dies zu Dichteschichtungen führen kann. Die in Betracht gezogenen Lösungen zeigen, dass der Einsatz von Asphalt als Material zum Abdichten von Strecken möglich ist, wenn konstruktive Sondermaßnahmen angewendet werden.

**[0011]** Die vorgenannten technischen Lösungen haben jedoch alle den Nachteil, dass sie entweder eine ständige Wartung und Überprüfung erfordern, entsprechende schnelle Konvergenz des umgebenden Salzgesteins voraussetzen oder dass die dauerhafte Funktionstüchtigkeit der vorgeschlagenen Konstruktionen und die Langzeitstabilität der Rezeptur nicht nachgewiesen werden kann.

**[0012]** Nicht beachtet wurde in den vorgeschlagenen technischen Lösungen, dass der übliche Heißeinbau von Bitumen oder Asphalt in unterirdischen Grubenräumen, die sich entfernt vom Schacht befinden, nicht nur technisch schwer umsetzbar ist, sondern dass auch infolge der nicht vermeidbaren Emissionen erhebliche Gefährdungen bestehen, so dass dieses Einbauverfahren nicht immer genehmigungsfähig ist.

**[0013]** Ein weiterer Nachteil des Heißeinbaus von Bitumen und Asphalt, der in bisherigen Lösungen nicht bedacht wurde, ist die durch den thermischen Ausdehnungskoeffizienten des Bitumens bedingte enorme Rückdehnung beim Abkühlen, die zwangsläufig zu Imperfektionen bei der Hohlraumfüllung führt.

**[0014]** Da einige Salzgesteine temperaturempfindlich sind, bestehen weitere Einschränkungen für das übliche Verfahren des Heißeinbaus. Für den Einbau von Dichtungsasphalt ist eine Mindesttemperatur von 160°C erforderlich. Für Gussasphalt beträgt die Einbautemperatur ca. 220°C. Dem steht gegenüber, dass kristallwasserhaltige natürliche Salzgesteine, die z. B. Komponenten wie Carnallit oder Tachyhydrit enthalten, sehr temperaturempfindlich und hygroskopisch sind und sich je nach relativer Luftfeuchte bei Temperaturen zwischen 30°C und 100°C unter der Abgabe von Kristallwasser zersetzen. Diese Kristallwasserabgabe führt zu einer weiteren Schädigung des umliegenden Salzgesteins und letztlich zu einer nicht funktionstüchtigen Abdichtung. Für diese Bedingungen ist keine technische Lösung zum Einbau von Bitumen oder Asphalt bekannt. Lediglich das in der Patentschrift DE 10 2005 009 036 B3 beschriebene Verfahren zeigt eine Alternative durch die Verwendung eines sich kalt verfestigenden Zweikomponentenbitumens. Diese Patentschrift bezieht sich aber auf eine Anwendung als Injektionsmittel.

## Aufgabenstellung

**[0015]** Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen bitumenbasierten formstabilen Block und ein entsprechendes Einbauverfahren für solche Blöcke anzugeben, mit denen Strecken im Salzgestein auch unter schwierigen Randbedingungen dauerhaft abgedichtet werden können. Ein Ziel ist es dabei, Verbände aus diesen Blöcken zusammen mit anderen Dichtelementen aus Bentonit, Beton oder Steinsalz zu kombinieren, so dass eine redundante und diversitäre Ausführung des Gesamtsystems mit hohem Sicherheitsniveau möglich wird.

**[0016]** Da der Heißeinbau von Asphalt nicht möglich ist, werden aus Gussasphalt Blöcke vorgefertigt, aus denen das Bauwerk zusammengesetzt werden kann. Stellt man Gussasphaltblöcke aus einer Standardrezeptur her, also aus Destillationsbitumen und den üblichen Füller und Zuschlägen, ergeben sich allerdings eine Reihe von Nachteilen, wie die unebene Oberfläche, die unregelmäßige Form der Blöcke und das bereits bei Temperaturen von 25°C ausgeprägte Kriechverhalten. Dies führt zur weiteren Verformung der Gussasphaltblöcke bei der Lagerung und beim Transport. Versucht man, die unregelmäßigen Fugen zwischen den Blöcken mit einem bituminösen Vergussmaterial auszugleichen, ergeben sich weitere Nachteile durch die Wechselwirkungen zwischen den Bestandteilen des Vergussmaterials und dem Gussasphalt, die sich in einem instabilen Verhalten des Verbandes unter Belastung zeigen. Diese Blöcke sind somit für den Bau von untertägigen Dichtelementen nicht geeignet.

## Darlegung des Wesens der Erfindung

**[0017]** Ein bituminöses Dichtmaterial wird erfindungsgemäß in seinen mechanischen Eigenschaften so eingestellt, dass es nicht den Nachteil des newtonschen Flüssigkeitsverhaltens der üblicherweise eingesetzten Destillationsbitumina aufweist, der zu Dichteschichtungen mit den zutretenden Flüssigkeiten und infolgedessen zum Materialabfluss und zum Verlust der Abdichteigenschaften führt. Deshalb wird vom Einsatz von ungefülltem Bitumen generell abgesehen und auf Asphalt orientiert, also auf eine Mischung aus Bitumen und mineralischen Stoffen. Durch eine zielgerichtete Auswahl eines Bitumens und dessen Kombination mit speziellen Füller- und Zuschlaggemischen wird ein gießbarer Sand-Mastixasphalt hergestellt, dessen Eigenschaften so eingestellt werden, dass einerseits optimale Verarbeitungseigenschaften im heißen Zustand (über 180°C) und andererseits bei Umgebungstemperaturen von 25°C–30°C ein solches Verformungsverhalten erreicht wird, dass die aus diesem Material hergestellten Blöcke sich mit hoher Maßhaltigkeit und Formstabilität sowie glatter Oberfläche herstellen lassen.

[0018] Die Eigenschaften des gießbaren Sand-Mastixasphaltes werden außerdem so eingestellt, dass einerseits durch die Belastungen bei Transport und Handling keinerlei Verformungen auftreten, aber andererseits durch ein speziell eingestelltes elasto-plastisches Verformungsverhalten ein ideales Dichtverhalten erreicht wird.

[0019] Unter Flüssigkeitsdruckbelastungen mit Salzlösungen oder mit Wasser bis zu Drücken von 20 MPa tritt bei der angegebenen Rezeptur keine Entmischung auf, so dass hierbei auch ein langzeitstabiles Dichtverhalten erreicht werden kann.

[0020] Das Problem des fugenfreien Einbaus der Sand-Mastixasphaltblöcke wird dadurch gelöst, dass der Sand-Mastixasphalt in seiner Zusammensetzung so eingestellt wird, dass bei Temperaturen von ca. 40°C bis 60°C unter Verspannung der Sand-Mastixasphaltblöcke ein selbstständiges Verkleben der Fugen eintritt, die in der vorgesehenen Weise zu einer Monolithisierung der Asphaltabdichtung zu einem Dichtelement führt.

[0021] Die Verspannung wird in weiterer Ausgestaltung der Erfindung durch eine beheizbare Platte erreicht, über die eine Druckspannung von 200 kN/m<sup>2</sup>–400 kN/m<sup>2</sup> auf die Stirnseite der Asphaltabdichtung aufgebracht wird. Die Dauer dieser Monolithisierung beträgt ca. 12 bis 24 Stunden. Für die Monolithisierung der Sand-Mastixasphaltblöcke kann in einer Ausprägung der Erfindung die beim Abbinden eines Betons entstehende Hydratationswärme und/oder der Expansionsdruck eines MgO-Betons genutzt werden.

[0022] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausbildung der Erfindung besteht das Bindemittel der Sand-Mastixasphaltemischung aus einem oxidierten Bitumen mit einem ausgeprägten strukturviskosen (nichtnewtonschen) Fließverhalten. Der Penetrationsindex dieses Bitumens ist größer 2 und es werden mittels dynamischen Scherrheometer (DSR) Phasenwinkel kleiner 30° (bei 25°C) gemessen. Der Erweichungspunkt liegt über 80°C und die Nadelpenetration ist kleiner 45 (1/10 mm). Durch die Verwendung eines derartigen Bindemittels können sehr widerstandsfähige Asphalte hergestellt werden, die eine sehr hohe Formstabilität und gleichzeitig eine optimale plastische Dichtwirkung unter den Belastungsbedingungen einer Asphaltabdichtung vereinen.

[0023] Der mineralische Zuschlag des vorgeschlagenen Materials besteht im Unterschied zum üblichen Asphalt vorteilhaft aus einem rundkörnigen Natursand 0–2 mm und einem salzlaugenresistenten Tonschiefermehl als Füller. Beide Zuschläge werden in ihren Mischungsanteilen so bemessen, dass ein optimales Tragegerüst entsteht. Vorzugsweise beträgt der Bindemittelgehalt der Sand-Mastixasphalt-

mischung zwischen 12 und 20 Masse-Prozent.

#### Vorteile der Erfindung

[0024] Durch das erfindungsgemäße Vorgehen wird ein Material für formstabile Blöcke zum Abdichten von Strecken im Salzgestein erzeugt, das die Eigenschaften sowohl eines Festkörpers als auch einer Flüssigkeit vereint. Dadurch werden die im Normalfall sich widersprechenden Anforderungen hinsichtlich Formstabilität, Tragverhalten und plastischen Abdichtverhalten gleichzeitig erfüllt.

#### Ausführungsbeispiel:

[0025] Für die Herstellung der Sand-Mastixasphaltemischung wird als Bindemittel ein handelsübliches Oxidationsbitumen 85/25 eingesetzt. In einem Mischer werden als mineralische Zuschläge eine Mischung aus 85% Natursand 0/2 und 15% Tonschiefermehl 90 µm zugegeben. Der Bindemittelgehalt der Sand-Mastixasphaltemischung beträgt 15,6%. Dabei beträgt der Hohlraumgehalt des hergestellten Asphaltbetons weniger als 0,5%, was eine absolute Dichtigkeit des Asphaltbetons gewährleistet. Die Verarbeitungstemperatur beträgt ca. 210°C. Mit Hilfe von Gießformen aus Aluminium werden Sand-Mastixasphaltblöcke mit einer Kantenlänge von 20 cm hergestellt. Aufgrund der angegebenen Zusammensetzung zeichnen sich die Sand-Mastixasphaltblöcke durch eine hohe Formstabilität und Maßhaltigkeit aus. Unter Eigengewicht beträgt die Verformung bei 25°C weniger als 0,4% innerhalb von 8 Wochen. Durch Anwendung einer Temperierung mit 60°C und einer Druckbelastung von 300 kN/m<sup>2</sup> (3 bar) wird ein zusammengesetzter Verband aus den vorgefertigten Sand-Mastixasphaltblöcken zu einem homogenen Dichtelement monolithisiert.

[0026] Ein erfindungsgemäßer Verband lässt sich sehr gut mit anderen Dichtmaterialien, wie Bentonit, Beton oder Steinsalz, oder Dichtelementen aus diesen kombinieren, so dass eine redundante und diversifizierte Ausführung des Gesamtsystems mit hohem Sicherheitsniveau geschaffen werden kann.

#### Patentansprüche

1. Formstabile Blöcke zum Abdichten von Strecken im Salzgestein, insbesondere von Strecken mit wärmeempfindlichen und hygroskopischen Bestandteilen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Blöcke aus einem gießbaren Sand-Mastixasphalt einer solchen Konsistenz bestehen, dass ein aus diesen Blöcken zusammengesetzter Verband in situ unter äußerem Einfluss von Druck und Wärme zu einem Dichtelement monolithisiert.

2. Formstabile Blöcke nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Sand-Mastixasphalt aus

Oxidationsbitumen als Bindemittel mit einem Penetrationsindex größer 2, einem Erweichungspunkt über 80°C und einer Nadelpenetration von kleiner 45 (1/10 mm), aus Tonschiefermehl als Füller sowie rundkörnigem Natursand bis 2 mm Korngröße als Zuschlag besteht.

3. Formstabile Blöcke nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Anteil des Oxidationsbitumens im Sand-Mastixasphalt im Bereich zwischen 12 Masse % und 20 Masse % liegt.

4. Formstabile Blöcke nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Sand-Mastixasphalt bei der Herstellung der Blöcke eine dynamische Viskosität kleiner 400 Pas besitzt und damit pumpfähig ist.

5. Formstabile Blöcke nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Sand-Mastixasphalt im Gebrauchszustand eine dynamische Viskosität von mindestens  $10^{11}$  Pas hat.

6. Verfahren zum Einbau formstabiler Blöcke nach mindestens einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die formstabilen Sand-Mastixasphaltblöcke in situ mit einer äußerlich aufgetragenen Druckverspannung zwischen 200 kN/m<sup>2</sup> und 400 kN/m<sup>2</sup> bei einer Temperatur von 40°C bis 60°C monolithisiert werden, wodurch ein homogenes Dichtelement entsteht.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass zur Monolithisierung der Sand-Mastixasphaltblöcke die beim Abbinden eines Betons entstehende Hydratationswärme und/oder der Expansionsdruck eines MgO-Betons genutzt wird.

8. Verband zum Abdichten von Strecken im Salzgestein, dadurch gekennzeichnet, dass der Verband aus Blöcken eines gießbaren Sand-Mastixasphalts besteht und in situ unter äußerem Einfluss von Druck und Wärme zu einem Dichtelement monolithisiert.

9. Verband nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Verband aus Sand-Mastixasphaltblöcken mit anderen Dichtmaterialien kombiniert ist.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen