(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 733 263 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
07.03.2018 Patentblatt 2018/10

(51) Int Cl.:
E02D 17/02 *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **12192983.0**

(22) Anmeldetag: **16.11.2012**

(54) **Verfahren zum Sichern einer Tiefbaustelle**

Method for securing a civil engineering site

Procédé à sécuriser un poste de travaux publics

(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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
21.05.2014 Patentblatt 2014/21

(73) Patentinhaber: **Covestro Deutschland AG**
51373 Leverkusen (DE)

(72) Erfinder:
- **ERWE, Dr. Torsten**
  51519 Odenthal (DE)
- **GROSS, Thomas**
  42929 Wermelskirchen (DE)
- **Kleiner, Thomas**
  51519 Odenthal (DE)

(74) Vertreter: **Levpat**
c/o Covestro AG
Gebäude 4825
51365 Leverkusen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
CH-A5- 585 823 **DE-A1- 3 332 256**

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).

EP 2 733 263 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Schutzwand zum Sichern einer Tiefbaustelle, mit deren Hilfe ein Einsacken oder Einstützen einer die Tiefbaustelle umgebenen Bodenformation vermieden werden kann.

Beim Tiefbau wird in einen Untergrund eine Vertiefung eingebracht. Damit ein die Tiefbaustelle umgebener Bereich einer Bodenformation schwerkraftbedingt nicht in die herzustellende Vertiefung stürzt, ist es grundsätzlich erforderlich einen bestimmten Böschungswinkel am Rand der herzustellenden Vertiefung einzuhalten. Dadurch ist um eine die Vertiefung der Tiefbaustelle begrenzende gedachte Grenzlinie herum ein Bereich vorzusehen, in dem der erforderliche Böschungswinkel von der gewünschten Tiefe der Vertiefung bis zur Oberfläche der Bodenformation vorgesehen werden kann. Wenn für diesen Bereich nicht ausreichend Raum vorhanden ist, beispielsweise durch andere Bauwerke, ist es bekannt eine massive Trennwand in die Bodenformation einzutreiben, um dadurch die Tiefbaustelle auch ohne Ausbildung eines Böschungswinkels ausreichend zu sichern.

[0002] Aus EP 0 131 678 A1, DE3 33 2256 A1 und DE 39 21 938 A1 ist es bekannt in eine eine Tiefbaustelle umgebende Bodenformation eine Lanze einzutreiben, die in einer gewünschten Tiefe ein Zweikomponentengemisch abgibt. Das Zweikomponentengemisch reagiert zu einem Schaum, der die umgebende Bodenformation verfestigt. Dies wird an mehreren verschiedenen zueinander beabstandeten Stellen durchgeführt bis die die Tiefbaustelle umgebende Bodenformation verfestigt ist. Nachteilig hierbei ist, dass die Stabilität der verfestigten Bodenformation nicht zufriedenstellend ist. Insbesondere können derartige Verfahren bei Tiefbauarbeiten bei einer porösen aber besonders harten Bodenformation, insbesondere einem Schotterbett einer Eisenbahngleisanlage, nicht angewendet werden.

Es ist die Aufgabe der Erfindung Maßnahmen anzugeben, die eine stabile Absicherung einer Tiefbaustelle ermöglichen. Insbesondere ist es eine Aufgabe der Erfindung Maßnahmen anzugeben, die eine stabile Absicherung einer Tiefbaustelle bei einer porösen und harten Bodenformation, insbesondere bei einem Schotterbett einer Eisenbahngleisanlage, ermöglichen.

Die Lösung erfolgt erfindungsgemäß durch ein Verfahren zum Sichern einer Tiefbaustelle mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie eine Schutzwand mit den Merkmalen des Anspruchs 10. Bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben, die jeweils einzeln oder in Kombination einen Aspekt der Erfindung darstellen können.

[0003] Erfindungsgemäß ist ein Verfahren zum Sichern einer Tiefbaustelle vorgesehen mit den Schritten kontinuierliches Aufbringen einer Eduktmischung entlang einer die Tiefbaustelle begrenzenden Grenzlinie auf einer Oberfläche einer Bodenformation, insbesondere Schotterbett, Einsickern lassen der Eduktmischung in die Bodenformation und Aufschäumen der Eduktmischung zu einem verfestigen Schaum, wobei der Schaum und ein von dem Schaum umschäumter Teil der Bodenformation eine entlang der Grenzlinie verlaufende Schutzwand zum Zurückhalten von an einer äußeren Seitenfläche der Schutzwand vorgesehenen Bodenformation bei an einer inneren Seitenfläche der Schutzwand abgetragenen Bodenformation ausbilden.

[0004] Hierbei wird berücksichtigt, dass eine Bodenformation, die aus natürlich entstandene Böden besteht, ein poröses krümeliges Gemisch darstellt, das mineralische Bestandteile mit einer bestimmten Korngrößenzusammensetzung aufweist. Dies ermöglicht es, dass eine insbesondere flüssige Eduktmischung mit einer hinreichend geringen Viskosität ohne weitere Hilfsmittel in Zwischenräume der Bodenformation eindringen kann und in eine ausreichende Tiefe fließen kann bevor die Eduktmischung zu einem Schaum reagiert, der die umgebende Bodenformation mit Hilfe des entstandenen Schaums zu einer Schutzwand verfestigt. Besonders bevorzugt handelt es sich bei der Bodenformation um eine Schotterschüttung, insbesondere ein Schotterbett einer Eisenbahngleisanlage, die vergleichsweise große Zwischenräume zwischen den einzelnen Schottersteinen aufweist, so dass die Eduktmischung vergleichsweise schnell in eine ausreichende Tiefe der Schotterschüttung einsickern kann. Hierbei ist es nicht erforderlich eine Lanze oder ein vergleichbares Hilfsmittel zum Applizieren der Eduktmischung mit einer bestimmten Tiefe in die Bodenformation einzutreiben. Dadurch können auch Tiefbaustellen in Bereichen mit einem porösen aber harten Bodenformation einfach und platzsparend gesichert werden.

[0005] Durch die kontinuierliche Abgabe der Eduktmischung kann ein im Wesentlichen durchgängiger Verbund der Schutzwand erreicht werden. Beispielsweise wird die Eduktmischung kontinuierlich auf die Stelle der Grenzlinie abgegeben, so dass ein bereits eingesickerter Teil der Eduktmischung anfängt zu schäumen, während weitere Eduktmischung noch zugegeben wird. Der später abgegebene Teil der Eduktmischung beginnt dann zu einem Schaum zu reagieren während der zuvor abgegebene Teil der Eduktmischung noch am schäumen ist, wodurch sich ein im Wesentlichen homogener Schaum ergibt. Insbesondere schäumt der zuvor abgegebene Teil der Eduktmischung in einer größeren Tiefe in der Bodenformation als der später abgegebene Teil der Eduktmischung, so dass der nachfolgende Teil der Eduktmischung von dem bereits entstehenden Schaum entgegen der Schwerkraftrichtung nach oben gedrückt werden kann. Dies ermöglicht es, dass die Schutzwand auf einer definierten Tiefe in der Bodenformation beginnt zu entstehen und von dieser Tiefe aus im Wesentlichen homogen nach oben wächst. Durch den homogenen Verbund der Schutzwand aus ausgehärtetem Schaum und von dem Schaum umschäumten Teil der Bodenformation in vertikaler Richtung und/oder entlang der Grenzlinie können unnötige Phasengrenzen und/oder Schwach-

stellen vermieden werden, so dass die Schutzwand eine erhöhte Stabilität aufweist und eine stabile Absicherung der Tiefbaustelle auch in dem Fall einer porösen und harten Bodenformation, insbesondere bei einem Schotterbett einer Eisenbahngleisanlage, ermöglicht ist.

[0006] Das Aufbringen der Eduktmischung auf die Oberfläche der Bodenformation kann insbesondere durch Ausgießen, Aufträufeln und/oder Besprühen erfolgen. Durch das Aufbringen der Eduktmischung kann insbesondere die Oberfläche der Bodenformation flächig benetzt werden, wobei die mit der Eduktmischung benetzte Fläche vorzugsweise unter Berücksichtigung einer gewünschten Dicke der Schutzwand quer zur Grenzlinie gewählt ist. Hierbei wird vorzugsweise ebenfalls die erwartete Tiefe der Schutzwand in der Bodenformation berücksichtigt und/oder in welchem Ausmaß die Schutzwand eine im Wesentlichen trapezförmige Querschnittsfläche aufweisen soll. Insbesondere ist es möglich die Schutzwand im unteren stärker belasteten Bereich dicker und im oberen geringer belasteten Bereich dünner auszuführen. Dies ermöglicht im Vergleich zu einer Schutzwand mit einem rechteckigen Querschnitt bei gleichem Materialeinsatz eine höhere Stabilität. Besonders bevorzugt kann der Volumenstrom der aufgebrachten Eduktmischung variiert werden, insbesondere um eine Schutzwand mit einer im Wesentlichen trapezförmigen Querschnittsfläche erzeugen zu können. Vorzugsweise wird die Eduktmischung an mehreren entlang der Grenzline verteilten Stellen gleichzeitig aufgebracht, wodurch sich ein besonders homogener Verbund der Schutzwand ergibt und die Schutzwand entsprechend schnell entlang der Grenzline erzeugt werden kann.

[0007] Grundsätzlich kann das "kontinuierliche" Aufbringen der Eduktmischung in dem Sinne kontinuierlich erfolgen, dass ein einheitlicher, insbesondere homogener, Verbund des verfestigten Schaums in vertikaler Richtung und/oder in Richtung der Grenzlinie herbeizuführt wird. Unter einem "kontinuierliche Aufbringen der Eduktmischung" können daher auch Abgabearten verstanden werden, die zwar semi-kontinuierlich, beispielsweise gepulst, erfolgen, aber so geringe Taktzeiten aufweisen, dass die nacheinander aufgebrachten Eduktmischungen einen Schaumverbund ohne optisch erkennbare Grenzschichten ergeben. In bevorzugter Ausführungsform erfolgt das "kontinuierliche Aufbringen der Eduktmischung" durch Abgabe der Eduktmischung durch eine während des Aufbringens unverschlossenen Öffnung, vorzugsweise mit Hilfe eines während des Aufbringens konstantem Druck. Besonders bevorzugt ist der Volumenstrom der auzubringenden Eduktmischung ständig größer Null und weiter bevorzugt im Wesentlichen konstant.

[0008] Die Formgebung der Schutzwand, insbesondere die Querschnittsfläche und/oder die Dicke der Schutzwand, ist insbesondere derart gewählt, dass die Schutzwand vorzugsweise unter Zugabe eines geeigneten Sicherheitsaufschlags den schwerkraftbedingten Kräften der die Tiefbaustelle umgebenden Bodenformation auf die äußere Seitenwand der Schutzwand stand hält. Hierbei werden insbesondere gegebenenfalls von Seiten der Tiefbaustelle auf die innere Seitenfläche der Schutzwand aufgebrachte Gegenkräfte nicht berücksichtigt. Die Menge der in die Bodenformation eingesickerten Eduktmischung ist vorzugsweise derart bemessen, das innerhalb der Tiefbaustelle die Bodenformation an der inneren, das heißt zur zu erzeugenden Vertiefung der Tiefbaustelle weisenden, Seitenfläche der Schutzwand vollständig abgetragen werden kann.

[0009] Bei der Grenzlinie handelt es sich um eine gedachte Linie welche die Tiefbaustelle mit der später noch zu erzeugenden Vertiefung von der übrigen Bodenformation trennt. Die Grenzlinie entspricht dadurch insbesondere einem Bereich, bis zu dem innerhalb der Tiefbaustelle die Bodenformation zur Erzeugung der Vertiefung abgetragen werden soll. Beispielsweise ist für die Tiefbaustelle vorgesehen eine Grube auszuheben, so dass die Grenzlinie als ein die Grube begrenzender geschlossener Ring ausgeführt sein kann. Es ist aber auch möglich, dass die Tiefbaustelle die einseitige Abtragung einer erhoben ausgeführten Bodenformation betrifft, so dass in einem Teilbereich des Randes der Tiefbaustelle eine die spätere Vertiefung überragende Bodenformation überhaupt nicht vorliegt. In diesem Fall kann die Grenzlinie eine sich nicht kreuzende Linie sein, die beispielsweise bogenförmig ausgestaltet ist. Ferner ist es möglich, dass nur in einem Teilbereich der Grenzlinie die Schutzwand erzeugt werden soll, wobei in anderen Bereichen der Grenzlinie ein geeigneter Böschungswinkel vorgesehen werden kann.

[0010] Als Eduktmischung kann insbesondere ein Kunststoff oder ein Kunststoffreaktivgemisch eingesetzt werden, das vorzugsweise ein Epoxid oder ganz besonders bevorzugt ein Polyurethanreaktivgemisch ist. Bei dem ausgehärteten Schaum handelt es sich vorzugsweise um Polyurethanschaum.

[0011] Das bevorzugt als Eduktmischung eingesetzte Polyurethanreaktivgemisch enthält vorzugsweise ein Gemisch aus

a) ein oder mehreren Isocyanatverbindungen aus der Gruppe bestehend aus Polyisocyanaten mit einem NCO-Gehalt von 28 bis 50 Gew.-% und NCO-Prepolymeren mit einem NCO-Gehalt von 10 bis 48 Gew.-% aus Polyisocyanaten mit einem NCO-Gehalt von 28 bis 50 Gew.-% und Polyetherpolyolen mit einer Hydroxylzahl von 6 bis 112, Polyoxyalkylendiolen mit einer Hydroxylzahl von 113 bis 1100 oder Alkylendiolen mit einer Hydroxylzahl von 645 bis 1850 oder Gemischen daraus und

b) einer Polyolkomponente bestehend aus einem oder mehreren Polyetherpolyolen mit einer Hydroxylzahl von 6 bis 112 und einer Funktionalität von 1,8 bis 8 in Gegenwart von

c) 0 bis 26 Gew.-%, bezogen auf die Reaktionskom-

ponenten b) bis g), eines oder mehrerer Kettenverlängerungsmittel mit einer Hydroxyl- oder Aminzahl von 245 bis 1850 und einer Funktionalität von 1,8 bis 8,

d) 0,05 bis 5 Gew.-%, bezogen auf die Reaktionskomponenten b) bis g), eines oder mehrerer Treibmittel,

e) 0 bis 5 Gew.-%, bezogen auf die Reaktionskomponenten b) bis g), eines oder mehrerer Katalysatoren,

f) 0 bis 50 Gew.-%, bezogen auf die Reaktionskomponenten b) bis g), eines oder mehrerer Füllstoffe und

g) 0 bis 25 Gew.-%, bezogen auf die Reaktionskomponenten b) bis g), eines oder mehrerer Hilfs- und/oder Zusatzstoffe,

wobei die Kennzahl des Reaktionsgemisches im Bereich von 70 bis 130 liegt.

[0012] Insbesondere sind die Gew.-% der einzelnen Reaktionskomponenten mit der Maßgabe gewählt, dass die Summe der Gew.-% der einzelnen Reaktionskomponenten kleiner oder gleich 100 Gew.-% sind.

[0013] Unter Kennzahl wird das Äquivalentverhältnis von NCO-Gruppen zu OH-Gruppen und NH-Gruppen multipliziert mit 100 verstanden. So bedeutet z.B. eine Kennzahl von 110, dass auf eine reaktive OH-Gruppe oder NH-Gruppe 1,1 reaktive NCO-Gruppen aus den Isocyanatverbindungen oder auf eine reaktive NCO-Gruppe aus den Isocyanatverbindungen 0,91 reaktive OH-Gruppen bzw. NH-Gruppen vorliegen.

[0014] Die Komponenten zur Herstellung der Polyurethanschaumstoffe werden in einem Mischungsverhältnis eingesetzt, welches eine homogene Vermischung der Komponenten, insbesondere beim Einsatz von Hochdruckmaschinen, erlaubt. Durch die Verwendung von Hochdruckmaschinen lassen sich auch schnell reagierende PUR - Systeme verarbeiten und somit ein wirtschaftliches Verfahren realisieren. Durch Einsatz der im nachfolgenden näher beschriebenen Rohstoffe lassen sich zudem die Verarbeitungseigenschaften des PUR-Systems entsprechend den Anforderungen optimal einstellen. So ist eine Teilverschäumung der Bodenformation, insbesondere eines Schotterbetts einer Eisenbahngleisanlage, unter Anwendung der Gießtechnik als Applikationsmethode realisierbar. Darüber hinaus lassen sich die mechanischen Eigenschaften der eingesetzten Polyurethanschäume in weiten Grenzen variieren. Die Vorteile der eingesetzten PUR-Schäume sind gute Stauchkräfte (bei 10% Stauchung) ($\geq$ 10,0 N), gute Stauchhärten (bei 10% Stauchung) ($\geq$ 1,0 kPa) und Zugfestigkeiten ($\geq$ 0,1 MPa) bei geringer dauerhafter Verformung (DVR (40%, 25°C, 5 min) $\leq$ 0,01%).

[0015] Die Polyurethanschäume werden vorzugsweise in Gegenwart von Kettenverlängerern und Katalysatoren hergestellt. Hierbei werden bevorzugt Katalysatoren verwendet, welche primäre und /oder sekundäre Hydroxyl- und/oder Aminogruppen besitzen. Die auf diese Weise erhaltenen Polyurethane weisen ein verbessertes Emissionsverhalten auf und zeichnen sich, nach Extraktion mit Lösungsmitteln (zum Beispiel Wasser), durch einen verringerten Anteil an mobilisierbaren Inhaltstoffen aus. Die erfindungsgemäßen Polyurethanschäume können gegebenenfalls zusätzlich aus der Polyurethanchemie an sich bekannte Füllstoffe sowie Hilfs- und Zusatzstoffe enthalten.

[0016] Das Reaktionsgemisch zur Herstellung des Polyurethanschaums wird im Hinblick auf die Verarbeitung so eingestellt, dass es unter Verwendung einer einfachen Applikationstechnik (zum Beispiel Gießverfahren) verwendet werden kann. Beispielsweise kann durch gezielte Einstellung der Reaktivität des Reaktionsgemisches eine Teilverschäumung der Bodenformation, insbesondere des Schotterbetts, durchgeführt werden. Eine solche Teilverschäumung erlaubt einerseits die selektive Verstärkung der Bodenformation entlang der Grenzlinie der Tiefbaustelle und ermöglicht andererseits den ungestörten Abfluss von Flüssigkeiten, wie zum Beispiel Wasser. Eine zu langsame Reaktion würde dazu führen, dass das Reaktionsgemisch in den Boden oder in seitliche Bereiche des Schotterbettes abfließt. Eine zu schnelle Reaktion würde dazu führen, dass das Reaktionsgemisch nicht bis in eine ausreichende Tiefe der Bodenformation eindringt. Zum Beispiel sollte für eine Eisenbahngleisanlage mit einem Schotterbett mit ca. 40 cm Schotterhöhe die Startzeit des Reaktionsgemisches 1 bis 15 Sekunden, vorzugsweise 1 bis 5 Sekunden, und die Verfestigungszeit (Abbindezeit) 15 bis 45 Sekunden, vorzugsweise 15 bis 30 Sekunden, betragen, wobei längere Verfestigungszeiten möglich wären. Besonders bevorzugt werden als Startzeit des Reaktionsgemisches 2 bis 60 Sekunden, insbesondere 4 bis 40 Sekunden und weiter bevorzugt 5 bis 30 Sekunden gewählt, so dass sich für die Schutzwand eine entsprechend große Tiefe ergibt. Die Verfestigungszeit kann insbesondere derart gewählt werden, dass der entstehende Schaum von einer durch die Startzeit beeinflussten gewünschten Tiefe bis zur Oberfläche beziehungsweise bis kurz vor der Oberfläche oder etwas über die Oberfläche hinaus wächst, so dass die Schutzwand im Wesentlichen über die gesamte Höhe bis zur Oberfläche der Bodenformation eine Schutzfunktion bereitstellen kann und kein Teil der nicht abgetragenen Bodenformation in einen abgetragenen Teil der Bodenformation stürzen kann.

[0017] Der eingesetzte Polyurethanschaum sollte vorzugsweise eine Stauchkraft (bei 10% Stauchung) von mindestens 10,0 N, eine Stauchhärte (bei 10% Stauchung) von mindestens 1,0 kPa und eine Zugfestigkeit von mindestens 0,1 MPa aufweisen. Darüber hinaus sollte er bevorzugt einen Druckverformungsrest (DVR) (40 %, 25°C, 5 min) von höchstens 0,01 % und eine gute Witterungs- bzw. Hydrolysestabilität aufweisen. Der ein-

gesetzte Polyurethanschaum sollte sich weiterhin durch einen möglichst geringen Anteil an emittierbaren sowie mobilisierbaren Inhaltstoffen auszeichnen.

[0018] Bei den verwendeten Polyisocyanaten a) handelt es sich um (cyclo)aliphatische oder aromatische Polyisocyanate. Bevorzugt handelt es sich um Toluylendiisocyanat, Di- und/oder Polyisocyanate der Diphenylmethanreihe, welche einen NCO-Gehalt von 28 bis 50 Gew.-% aufweisen. Hierzu gehören bei Raumtemperatur flüssige und gegebenenfalls entsprechend modifizierte Gemische von 4,4'-Diisocyanatodiphenylmethan mit 2,4'- und in geringem Umfang gegebenenfalls 2,2'-Diisocyanatodiphenylmethan. Gut geeignet sind auch bei Raumtemperatur flüssige Polyisocyanatgemische der Diphenylmethanreihe, die neben den genannten Isomeren deren höhere Homologe enthalten, und die in an sich bekannter Weise durch Phosgenierung von Anilin/Formaldehyd-Kondensaten zugänglich sind. Auch Urethan- bzw. Carbodiimidgruppen und/oder Allophanat- bzw. Biuretgruppen aufweisende Modifizierungsprodukte dieser Di- und Polyisocyanate sind geeignet.

[0019] Ebenfalls geeignet sind NCO-Prepolymere als Komponente a) mit einem NCO-Gehalt von 10 bis 48 Gew.-%. Sie werden aus den vorgenannten Polyisocyanaten und Polyetherpolyolen mit einer Hydroxylzahl von 6 bis 112, Polyoxyalkylendiolen mit einer Hydroxylzahl von 113 bis 1100 oder Alkylendiolen mit einer Hydroxylzahl von 645 bis 1850 oder Gemischen daraus hergestellt.

[0020] Bei den Komponenten b) handelt es sich um Polyhydroxypolyether, welche auf an sich bekannte Weise durch Polyaddition von Alkylenoxiden an polyfunktionelle Starterverbindungen in Gegenwart von Katalysatoren hergestellt werden können. Bevorzugt werden die Polyhydroxypolyether aus einer Starterverbindung mit durchschnittlich 2 bis 8 aktiven Wasserstoffatomen und einem oder mehreren Alkylenoxiden hergestellt. Bevorzugte Starterverbindungen sind Moleküle mit zwei bis acht Hydroxylgruppen pro Molekül wie Wasser, Ethylenglykol, Propylenglykol, Diethylenglykol, Dipropylenglykol, Triethylenglykol, Tripropylenglykol, 1,4-Butandiol, 1,6-Hexandiol, Triethanolamin, Glycerin, Trimethylolpropan, Pentaerythrit, Sorbit und Saccharose. Die Starterverbindungen können allein oder im Gemisch verwendet werden. Die Polyole b) werden aus einem oder mehreren Alkylenoxiden hergestellt. Bevorzugt verwendete Alkylenoxide sind Oxiran, Methyloxiran und Ethyloxiran. Diese können allein oder im Gemisch verwendet werden. Bei Verwendung im Gemisch ist es möglich, die Alkylenoxide statistisch und/oder blockweise umzusetzen. Ebenfalls geeignet sind solche höhermolekularen Polyhydroxypolyether, in denen hochmolekulare Polyaddukte bzw. Polykondensate oder Polymerisate in feindisperser, gelöster oder aufgepropfter Form vorliegen. Derartige modifizierte Polyhydroxylverbindungen werden z.B. erhalten, wenn man Polyadditionsreaktionen (z.B. Umsetzungen zwischen Polyisocyanaten und aminofunktionellen Verbindungen) bzw. Polykondensationsreaktionen (z.B. zwischen Formaldehyd und Phenolen und/oder Aminen) in situ in den Hydroxylgruppen aufweisenden Verbindungen b) ablaufen lässt (wie beispielsweise in DE 1 168 075 beschrieben). Auch durch Vinylpolymerisate modifizierte Polyhydroxylverbindungen, wie sie z.B. durch Polymerisation von Styrol und Acrylnitril in Gegenwart von Polyethern (z.B. gemäß US 3 383 351) erhalten werden, sind für das erfindungsgemäße Verfahren als Polyolkomponente b) geeignet. Vertreter der genannten Komponente b) sind z.B. im Kunststoff-Handbuch, Band VII "Polyurethane", 3. Auflage, Carl Hanser Verlag, München / Wien, 1993, Seiten 57 - 67 bzw. Seiten 88 - 90 beschrieben.

[0021] Bevorzugt werden als Polyolkomponente b) ein oder mehrere Polyhydroxypolyether eingesetzt, die eine Hydroxylzahl von 6 bis 112, vorzugsweise von 21 bis 56, und eine Funktionalität von 1,8 bis 8, vorzugsweise von 1,8 bis 6, aufweisen.

[0022] Als Kettenverlängerungsmittel c) eignen sich solche, deren mittlere Hydroxyl- oder Aminzahl bei 245 bis 1850 und deren Funktionalität bei 1,8 bis 8, bevorzugt bei 1,8 bis 3, liegt. Beispielhaft zu nennen sind hier Ethylenglykol, Propylenglykol, Diethylenglykol, Dipropylenglykol, 1,4-Butandiol, 1,6-Hexandiol, Triethanolamin, Glycerin, Trimethylolpropan und kurzkettige Alkoxylierungsprodukte. Die Komponente c) wird vorzugsweise in Mengen von 0 bis 26 Gew.-%, bezogen auf die Reaktionskomponenten b) bis g), verwendet. Ethylenglykol, 1,4-Butandiol, das Propoxylierungsprodukt von Trimethylolpropan (OHZ: 550) sowie Gemische aus Triethanolamin und Diisopropanolamin (OHZ: 1160) werden besonders bevorzugt eingesetzt.

[0023] Als Treibmittel d) sind sowohl physikalische Treibmittel als auch Wasser einsetzbar. Bevorzugte physikalische Treibmittel d) sind 1,1-Difluorethan (HFC-152a), 1,1,1,2-Tetrafluorethan (HFC-134a), 1,1,1,2,3,3,3,-Heptafluorpropan (HFC-227ea), 1,1,1,3,3-Pentafluorpropan (HFC-245fa), 1,1,1,3,3-Pentafluorbutan (HFC-365mfc), n-Pentan, i-Pentan, i-Hexan oder Gemische daraus. Besonders bevorzugt wird Wasser als Komponente d) eingesetzt. Die Treibmittel können alleine oder in Kombination eingesetzt werden und liegen in Mengen von 0,05 bis 5 Gew.-%, besonders bevorzugt in Mengen von 0,3 bis 3,5 Gew.-%, bezogen auf die Reaktionskomponenten b) bis g), vor.

[0024] Die an sich langsam ablaufende Reaktion zwischen Isocyanat- und Hydroxylgruppen kann durch Zusatz von einem oder mehreren Katalysatoren e) beschleunigt werden. Dabei kommen insbesondere tertiäre Amine der an sich bekannten Art in Frage, z.B. Triethylamin, Tributylamin, N-Methylmorpholin, N-Ethylmorpholin, N-Cocomorpholin, N,N,N',N'-Tetramethylethylendiamin, 1,4-Diazabicyclo[2.2.2]octan, N-Methyl-N'-dimethylaminoethylpiperazin, N,N-Dimethylcyclohexylamin, N,N,N',N'-Tetramethyl-1,3-butandiamin, N,N-Dimethylimidazol-ß-phenylethylamin, 1,2-Dimethylimidazol, Bis(2-dimethylaminoethyl)-ether oder 2-Methylim-

idazol. Auch organische Metallkatalysatoren, wie organische Wismutkatalysatoren, z.B. Wismut-(III)-neodecanoat oder organische Zinnkatalysatoren, z.B. Zinn-(II)-salze von Carbonsäuren, wie Zinn-(II)-acetat, Zinn-(II)-octoat, Zinn-(II)-ethylhexoat und Zinn-(II)-laurat und die Dialkylzinnsalze von Carbonsäuren, z.B. Dibutylzinndiacetat, Dibutylzinndilaurat, Dibutylzinnmaleat oder Dioctylzinndiacetat können allein oder in Kombination mit den tertiären Aminen verwendet werden. Bevorzugt werden Katalysatoren verwendet, welche primäre und/oder sekundäre Hydroxyl- und/oder Aminogruppen besitzen. Dabei kommen sowohl einbaubare Amine als auch einbaubare organische Metallkatalysatoren der an sich bekannten Art in Frage, z.B. N-(3-Dimethylaminopropyl)-N,N-diisopropanolamin, N,N,N'-Trimethyl-N' -hydroxyethyl-bisaminoethylether, Tetramethyldipropylentriamin, 3-(Dimethylamino)propylharnstoff, Zinnricinoleat. Die Katalysatoren können allein oder in Kombination verwendet werden. Vorzugsweise werden 0 bis 5,0 Gew.-%, besonders bevorzugt 0,5 bis 5,0 Gew.-%, Katalysator bzw. Katalysatorkombination, bezogen auf die Reaktionskomponenten b) bis g) eingesetzt. Weitere Vertreter von Katalysatoren sowie Einzelheiten über die Wirkungsweise der Katalysatoren sind im Kunststoff-Handbuch, Band VII "Polyurethane", 3. Auflage, Carl Hanser Verlag, München / Wien, 1993 auf den Seiten 104 - 110 beschrieben.

[0025] Gegebenenfalls mitzuverwendende Füllstoffe f) können sowohl anorganische als auch organische Füllstoffe sein. Als anorganische Füllstoffe seien beispielhaft genannt: silikatische Mineralien, wie Schichtsilikate, Metalloxide wie Eisenoxide, pyrogen hergestellte Metalloxide wie Aerosile, Metallsalze wie Schwerspat, anorganische Pigmente wie Cadmiumsulfid, Zinksulfid sowie Glas, Mikroglaskugeln, Mikroglashohlkugeln, u.a. Verwendet werden können natürliche und synthetische faserförmige Mineralien, wie Wollastonit und Glasfasern verschiedener Länge, die gegebenenfalls geschlichtet sein können. Als organische Füllstoffe seien beispielhaft genannt: kristalline Paraffine oder Fette, Pulver auf Basis von Polystyrol, Polyvinylchlorid, Harnstoff-Formaldehyd-Massen und/oder Polyhydrazodicarbonamiden (z.B. aus Hydrazin und Toluylendiisocyanat). Es können auch Mikrohohlkugeln organischer Herkunft oder Kork eingesetzt werden. Die organischen bzw. anorganischen Füllstoffe können einzeln oder als Gemische verwendet werden. Die Füllstoffe f) werden bevorzugt in Mengen von 0 bis zu 50 Gew.-%, vorzugsweise von 0 bis zu 30 Gew.-%, bezogen auf die Reaktionskomponenten b) bis g), zugegeben.

[0026] Zu den Hilfs- und Zusatzstoffen g), die gegebenenfalls mitverwendet werden, gehören beispielsweise Stabilisatoren, färbende Agenzien, Flammschutzmittel, Weichmacher und/oder einwertige Alkohole.

[0027] Als Stabilisatoren werden insbesondere oberflächenaktive Substanzen, d.h. Verbindungen eingesetzt, welche zur Unterstützung der Homogenisierung der Ausgangsstoffe dienen und gegebenenfalls auch geeignet sind, die Zellstruktur der Kunststoffe zu regulieren. Genannt seien beispielsweise Emulgatoren, wie die Natriumsalze der Rizinusölsulfate oder Fettsäuren sowie Salze von Fettsäuren mit Aminen, Schaumstabilisatoren, wie Siloxanoxalkylengemischpolymerisate, und Zellregulatoren, wie Paraffine. Als Stabilisatoren kommen vorwiegend Organopolysiloxane zur Anwendung, welche wasserlöslich sind. Dabei handelt es sich um Polydimethylsiloxanreste, an denen eine Polyetherkette aus Ethylenoxid und Propylenoxid angepfropft ist. Die oberflächenaktiven Substanzen werden vorzugsweise in Mengen von 0,01 bis 5,0 Gew.-%, bevorzugt von 0,1 bis 1,5 Gew.-%, bezogen auf die Reaktionskomponenten b) bis g), zugegeben.

[0028] Als färbende Agenzien können für die Einfärbung von Polyurethanen an sich bekannte Farbstoffe und/oder Farbpigmente auf organischer und/oder anorganischer Basis, beispielsweise Eisenoxid- und/oder Chromoxidpigmente und Pigmente auf Phthalocyanin- und/oder Monoazo-Basis eingesetzt werden.

[0029] Geeignete, gegebenenfalls mitzuverwendende Flammschutzmittel sind beispielsweise Trikresylphophat, Tris-2-chlorethylphosphat, Tris-chlorpropylphosphat und Tris-2,3-dibrompropylphosphat. Außer den bereits genannten halogensubstituierten Phosphaten können auch anorganische Flammschutzmittel, wie Aluminiumoxidhydrat, Ammoniumpolyphosphat, Calciumsulfat, Natriumpolymetaphosphat oder Aminphosphate, z.B. Melaminphosphate, verwendet werden.

[0030] Als Weichmacher seien beispielsweise Ester von mehrwertigen, vorzugsweise zweiwertigen Carbonsäuren mit einwertigen Alkoholen genannt. Die Säurekomponente solcher Ester kann sich z.B. herleiten von Bernsteinsäure, Isopthalsäure, Trimellitsäure, Phthalsäureanhydrid, Tetra- und/oder Hexahydrophthalsäureanhydrid, Endomethylentetrahydrophthalsäureanhydrid, Glutarsäureanhydrid, Maleinsäureanhydrid, Fumarsäure und/oder dimeren und/oder trimeren Fettsäuren, gegebenenfalls in Mischung mit monomeren Fettsäuren. Die Alkoholkomponente solcher Ester kann sich z.B. herleiten von verzweigten und/oder unverzweigten aliphatischen Alkoholen mit 1 bis 20 C-Atomen, wie Methanol, Ethanol, Propanol, Isopropanol, n- Butanol, sek.-Butanol, tert.-Butanol, den verschiedenen Isomeren des Pentylalkohols, Hexylalkohols, Octylalkohols (z.B. 2-Ethyl-Hexanol), Nonylalkohols, Decylalkohols, Laurylalkohols, Myristylalkohols, Cetylalkohols, Stearylalkohols und/oder von natürlich vorkommenden oder durch Hydrierung natürlich vorkommender Carbonsäuren erhältlichen Fett- und Wachsalkoholen. Als Alkoholkomponente kommen auch cycloaliphatische und/oder aromatische Hydroxyverbindungen infrage, beispielsweise Cyclohexanol und dessen Homologe Phenol, Kresol, Thymol, Carvacrol, Benzylalkohol und/oder Phenylethanol. Als Weichmacher kommen außerdem Ester der obengenannten Alkohole mit Phosphorsäure in Frage. Gegebenenfalls können auch Phosphorsäureester aus halogenierten Alkoholen, wie z.B. Trichlorethylphosphat, ein-

gesetzt werden. Im letzteren Fall kann gleichzeitig mit dem Weichmacher-Effekt ein flammhemmender Effekt erzielt werden. Selbstverständlich können auch gemischte Ester der obengenannten Alkohole und Carbonsäuren eingesetzt werden. Bei den Weichmachern kann es sich auch um sogenannte polymere Weichmacher handeln, z.B. um Polyester der Adipin-, Sebacin- und/oder Phthalsäure. Weiter sind auch Alkylsulfonsäureester des Phenols, z.B. Paraffinsulfonsäurephenylester, als Weichmacher verwendbar.

[0031] Weitere, gegebenenfalls mitzuverwendende Hilfs- und/oder Zusatzstoffe g) sind einwertige Alkohole wie Butanol, 2-Ethylhexanol, Octanol, Dodecanol oder Cyclohexanol, die gegebenenfalls zwecks Herbeiführung eines gewünschten Kettenabbruchs mit verwendet werden können.

[0032] Die Hilfs- und/oder Zusatzstoffe g) werden vorzugsweise in Mengen von 0 bis 25 Gew.-%, besonders bevorzugt von 0 bis 10 Gew.-%, bezogen auf die Reaktionskomponenten b) bis g), zugegeben. Nähere Angaben über die üblichen Hilfs- und Zusatzstoffe g) sind der Fachliteratur, beispielsweise dem Kunststoff-Handbuch, Band VII "Polyurethane", 3. Auflage, Carl Hanser Verlag, München / Wien, 1993, Seite 104 ff. zu entnehmen.

[0033] Die Herstellung der Polyurethanschaumstoffe kann prinzipiell auf verschiedene Weise erfolgen. Man kann beispielsweise nach dem one-shot- oder dem Prepolymer-Verfahren arbeiten. Beim one-shot - Verfahren werden alle Komponenten, z.B. Polyole, Polyisocyanate, Kettenverlängerer, Treibmittel, Katalysatoren, Füll- und/oder Zusatzstoffe zusammengegeben und intensiv miteinander vermischt. Beim Prepolymer-Verfahren stellt man zunächst ein NCO-Prepolymer her, indem man einen Teil der Polyolmenge mit der gesamten Polyisocyanatmenge umsetzt, fügt dann dem erhaltenen NCO-Prepolymer die restliche Menge an Polyol sowie gegebenenfalls Kettenverlängerer, Treibmittel, Katalysator, Füll- und/oder Zusatzstoffe zu und mischt intensiv. Besonders bevorzugt im Sinne der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren, bei dem die Komponenten b) bis g) zu einer so genannten "Polyolkomponente" abgemischt werden, die dann mit dem Polyisocyanat und/oder NCO-Prepolymer a) verarbeitet wird. Die gegebenenfalls mit zu verwendenden Kettenverlängerer, Treibmittel, Katalysatoren, Füllstoffe sowie Hilfs- und/oder Zusatzstoffe werden wie oben beschrieben im Allgemeinen der "Polyolkomponente" zugesetzt, jedoch ist dies nicht zwingend erforderlich, da mit der Polyisocyanatkomponente a) verträgliche, nicht mit ihr reagierende Komponenten auch dieser einverleibt werden können.

[0034] Das bei der Durchmischung der Reaktionskomponenten entstehende Gemisch wird beispielsweise nach dem Gießverfahren auf die Oberfläche einer Bodenformation, insbesondere auf die Oberfläche eines Schotterbetts, aufgebracht. Hierbei erfolgt die Förderung, Dosierung und Mischung der Einzelkomponenten oder der Komponentengemische mit den in der Polyurethan-Chemie an sich bekannten Vorrichtungen. Die Menge des eingetragenen Gemisches wird im allgemeinen so bemessen, dass der Polyurethanschaum eine Freischaumdichte von 20 bis 800 kg/m^3, bevorzugt 30 bis 600 kg/m^3, besonders bevorzugt von 50 bis 300 kg/m^3, aufweist. Als Ausgangstemperatur des auf die Bodenformation aufgebrachten Reaktionsgemisches wird im Allgemeinen ein Bereich von 20 bis 80°C, vorzugsweise 25 bis 40°C, gewählt. Die Bodenformation kann gegebenenfalls vor dem Einbringen das Reaktionsgemisches getrocknet und erwärmt werden. In Abhängigkeit von den Reaktionskomponenten, den zugegebenen Katalysatoren und der Temperaturführung kann die Zeit bis zur Verfestigung des Schaums (Abbindezeit) von 15 bis 45 Sekunden, bevorzugt von 15 bis 30 Sekunden, betragen. Längere Verfestigungszeiten sind möglich.

[0035] Die Reaktivkomponenten können im sogenannten Hochdruck- oder Niederdruckverfahren gemischt werden.

[0036] Insbesondere wird die Schutzwand in vertikaler Richtung und entlang der Grenzlinie im Wesentlichen flächig geschlossen ausgeführt. Nicht durch Schaum verfestigte Teile der Bodenformation entlang der Grenzlinie sind dadurch vermieden, so dass Schwachstellen, die ein Durchbrechen der Schutzwand ermöglichen könnten, vermieden sind. Insbesondere ist der Schaum der Schutzwand in vertikaler Richtung und/oder entlang der Grenzlinie im Wesentlichen homogen ausgeführt und/oder nachfolgend entstandener Schaum hat zuvor entstandenen Schaum umschäumt. Der später entstandene Schaum kann insbesondere in Poren des zuvor entstandenen Schaums eingedrungen sein und dadurch einen im Wesentlichen formschlüssigen Verbund herbeigeführt haben. Es ist auch möglich, dass später entstandener Schaum den zuvor entstandenen Schaum im Wesentlichen halbmondförmig umgreift, so dass sich in vertikaler Richtung und/oder entlang der Grenzlinie hintereinander angeordnete Schaum-Schichten schalenartig umgreifen können. Dies führt bei einer Belastung der Schutzwand seitlich zur Grenzlinie dazu, dass der später entstandene Schaum formschlüssig an dem zuvor entstandenen Schaum festgehalten wird und nicht an dem zuvor entstandenen Schaum unter Last abgleiten kann. Eine hohe Stabilität der Schutzwand wird dadurch beibehalten.

[0037] Vorzugsweise weist die Schutzwand eine durchschnittliche Erstreckung in vertikaler Richtung von H und bis zur Oberfläche einen Abstand d auf, wobei $-0{,}05 \leq d/H \leq 0{,}30$, insbesondere $-0{,}01 \leq d/H \leq 0{,}20$, vorzugsweise $0{,}00 \leq d/H \leq 0{,}15$ und besonders bevorzugt $0{,}05 \leq d/H \leq 0{,}10$ gilt. Hierbei bedeutet ein negativer Wert des Verhältnisses d/H, dass die Schutzwand aus der Bodenformation über das Niveau der Oberfläche der Bodenformation aus der Bodenformation hinausragt, während ein positiver Wert des Verhältnisses d/H bedeutet, dass die Schutzwand unterhalb des Niveaus der Oberfläche der Bodenformation in der Bodenformation zurück bleibt. Dadurch, dass die Schutzwand im Wesentlichen bis zur Oberfläche der Bodenformation ausgebildet wird,

kann eine ausreichende Sicherung der Tiefbaustelle erreicht werden. Wenn die Schutzwand aus der Bodenformation herausragt, ergibt sich ein abstehender Rand, der als Sicherheitszuschlag verwendet werden kann und/oder es ermöglicht auf der Tiefbaustelle abgetragenes Material in der Nähe der Schutzwand aufzuhäufen. Wenn die Schutzwand unter der Oberfläche etwas zurückbleibt, kann ein in der Regel unwesentlicher Teil der zurückgehaltenen Bodenformation während des Abtragens im Bereich der Tiefbaustelle in die erzeugte Vertiefung hineinrieseln, so dass mit einem geringen Materialeinsatz eine ausreichende Sicherung der Tiefbaustelle erreicht werden kann.

[0038] Besonders bevorzugt erfolgt das Einsickern der Eduktmischung in die Bodenformation rein schwerkraftbedingt. Ein Einpressen der Eduktmischung in die Bodenformation hinein ist nicht erforderlich. Insbesondere ist es nicht erforderlich eine Lanze oder ein vergleichbares Hilfsmittel auf ein Niveau unterhalb der Oberfläche der Bodenformation vorzusehen, um die Eduktmischung in die Bodenformation einzubringen. Stattdessen kann die Eduktmischung allein aufgrund ihres Eigengewichts in Hohlräume der Bodenformation eindringen und gegebenenfalls hierbei vorhandene Flüssigkeiten, insbesondere Wasser, verdrängen.

[0039] Vorzugsweise erfolgt das Aufschäumen nach einer Startzeit T nach dem Aufbringen der Eduktmischung auf die Bodenformation, wobei insbesondere die Startzeit, insbesondere durch Einstellen der Reaktivität der Eduktmischung mit Hilfe eines Katalysators, unter Berücksichtigung einer Einsickergeschwindigkeit der Eduktmischung in die Bodenformation zur Erreichung einer minimalen Höhe der Schutzwand in vertikaler Richtung gewählt wird. Die Einsickergeschwindigkeit wird insbesondere maßgeblich durch die Porosität der Bodenformation und der Viskosität der Eduktmischung bestimmt. Die Porosität der Bodenformation kann insbesondere durch Entnahme von Probenkörpern aus der abzusichernden Bodenformation und deren Untersuchung bestimmt werden. Insbesondere kann die Einsickergeschwindigkeit durch empirische Versuche mit einer beabsichtigten Eduktmischung und dem aus der abzusichernden Bodenformation entnommenen Probenkörper bestimmt werden. Vorzugsweise liegen bereits Erfahrungswerte für verschiedene Bodenarten von Bodenformationen mit vergleichbaren Korngrößenzusammensetzungen, beispielsweise Schotterbett einer Eisenbahngleisanlage oder natürliches Erdreich, vor, so dass gesonderte Versuche eingespart werden können. Wenn die Bodenformation durch ein Schotterbett gebildet wird, kann die Startzeit T insbesondere zu $1\ s \leq T \leq 30\ s$, vorzugsweise $3\ s \leq T \leq 20\ s$ und besonders bevorzugt $5\ s \leq T \leq 10\ s$ gewählt werden. Wenn die Bodenformation durch einen natürlich entstandenen Boden gebildet wird kann die Startzeit T insbesondere zu $2\ s \leq T \leq 120\ s$, vorzugsweise $5\ s \leq T \leq 60\ s$ und besonders bevorzugt $10\ s \leq T \leq 30\ s$ gewählt werden.

[0040] Besonders bevorzugt wird der durchschnittliche Ort, an dem die Eduktmischung auf die Oberfläche der Bodenformation aufgebracht wird, entlang der Grenzlinie mit im Wesentlichen konstanter Geschwindigkeit verlagert. Dadurch kann ein im Wesentlicher homogener Verbund der Schutzwand in vertikaler Richtung und entlang der Grenzlinie herbeigeführt werden. Hierbei ist es beispielsweise möglich, dass die Abgabe der Eduktmischung derart erfolgt, dass die Abgabe der Eduktmischung um einen Mittelpunkt pendelt, wobei dieser Mittelpunkt entlang der Grenzlinie mit im Wesentlichen konstanter Geschwindigkeit verlagert wird. In diesem Fall, definiert der Mittelpunkt den durchschnittlichen Ort, an dem die Abgabe der Eduktmischung erfolgt. Insbesondere ergibt sich der Ort, an dem die Abgabe der Eduktmischung erfolgt, durch einen Auslass, durch den die Eduktmischung eine Vorratskammer oder ähnliches verlässt. Beispielsweise kann der Auslass ein abstehendes Ende eine Düse sein, die von einer Mischkammer, in der die Komponenten der Eduktmischung zusammengemischt werden, absteht.

[0041] Insbesondere wird ein zuvor verfestigter Teil der Schutzwand von einer nachfolgend entlang der Grenzlinie eingesickerten Eduktmischung teilweise umschäumt. Dadurch ist es möglich, dass später entstandener Schaum den zuvor entstandenen Schaum im Wesentlichen halbmondförmig umgreift, so dass sich entlang der Grenzlinie hintereinander angeordnete Schaum-Schichten schalenartig umgreifen können. Dies führt bei einer Belastung der Schutzwand seitlich zur Grenzlinie dazu, dass der später entstandene Schaum formschlüssig an dem zuvor entstandenen Schaum festgehalten wird und nicht an dem zuvor entstandenen Schaum unter Last abgleiten kann. Eine hohe Stabilität der Schutzwand wird dadurch beibehalten. Dies kann insbesondere vorteilhaft sein, wenn für die auf die Oberfläche der Bodenformation aufgebrachte Eduktmischung eine geringe Einsickergeschwindigkeit zu erwarten ist und/oder die Schutzwand besonders tief in die Bodenformation eindringen soll.

[0042] Vorzugsweise wird die Schutzwand in einem Schotterbett einer Eisenbahngleisanlage eingebracht. Das Schotterbett einer Eisenbahngleisanlage ist vergleichsweise stark porös und weist vergleichsweise große Zwischenräume zwischen den Schattersteinen auf, so dass die Eduktmischung leicht in kurzer Zeit eine große Einsickertiefe erreichen kann. Insbesondere kann beispielsweise bei einer Sanierung einer Eisenbahngleisanlage seitlich versetzt zu einem Lastabtragungsbereich eines Schotterbetts die Schutzwand vorgesehen sein, so dass das Schotterbett im Rahmen der Sanierung abgetragen werden kann. Vorzugsweise sind zwei nebeneinander verlaufende Gleise vorgesehen, wobei die Schutzwand zwischen den Gleisen vorgesehen ist. Dies ermöglicht es zunächst das Schotterbett des einen Gleises für eine Sanierung abzutragen und nachfolgend das abgetragene Schotterbett wieder aufzuschütten, wobei nach der Sanierung des einen Gleises das Schotterbett des anderen Gleis für eine Sanierung abgetragen wer-

den kann. Die Schutzwand kann hierbei für die Sanierung sowohl des einen Gleis als auch des anderen Gleis verwendet werden, wobei die Schutzwand insbesondere sowohl bei dem Abtragen des Schotterbetts als auch bei dem nachfolgenden Aufschütten des sanierten Schotterbetts eine Schutzfunktion übernehmen kann.

[0043] Besonders bevorzugt wird ein Schienenfahrzeug zur Bevorratung der Eduktmischung entlang eines Gleis verfahren, wobei seitlich neben dem Gleis die Schutzwand hergestellt wird. Das Schienenfahrzeug kann in angekoppelten Wagons auch größere Mengen der Komponenten der Eduktmischung mit sich führen, so dass ohne großem Aufwand eine besonders lange insbesondere im Wesentlichen kontinuierlich hergestellte Schutzwand in dem Schotterbett der Eisenbahngleisanlage vorgesehen werden kann.

[0044] Die Erfindung betrifft ferner eine Schutzwand zum Sichern einer Tiefbaustelle herstellbar durch ein Verfahren, das wie vorstehend beschrieben aus- und weitergebildet sein kann. Die Schutzwand weist insbesondere ausgehärteten Schaum und von dem Schaum umschäumte Teile der Bodenformation auf. Die Schutzwand weist insbesondere zumindest teilweise umschäumte Schottersteine auf. Die Schutzwand ist insbesondere in vertikaler Richtung und/oder entlang der Grenzlinie im Wesentlichen homogen, das heißt ohne optisch erkennbare Grenzschichten zwischen verschiedenen Bereichen des Schaums, ausgestaltet. Durch den dadurch ermöglichten homogenen Verbund der Schutzwand aus ausgehärtetem Schaum und von dem Schaum umschäumten Teil der Bodenformation in vertikaler Richtung und/oder entlang der Grenzlinie können unnötige Phasengrenzen und/oder Schwachstellen vermieden werden, so dass die Schutzwand eine erhöhte Stabilität aufweist und eine stabile Absicherung der Tiefbaustelle auch in dem Fall einer porösen und harten Bodenformation, insbesondere bei einem Schotterbett einer Eisenbahngleisanlage, ermöglicht ist.

[0045] Die Schutzwand weist insbesondere eine Länge L entlang der Grenzlinie von 1 m ≤ L, insbesondere 5 m ≤ L, vorzugsweise 10 m ≤ L und besonders bevorzugt 50 m ≤ L auf. Insbesondere wenn die Schutzwand in einem Schotterbett einer Eisenbahngleisanlage vorgesehen ist, können sich Längen L ergeben, die sich grundsätzlich über die gesamte Trassenstrecke der Eisenbahngleisanlage erstrecken können. Beispielsweise weist die Schutzwand eine Länge L entlang der Grenzlinie von 100 m ≤ L, insbesondere 1 km ≤ L, vorzugsweise 10 km ≤ L und besonders bevorzugt 50 km ≤ L auf. Die Schutzwand weist in vertikaler Richtung insbesondere eine Höhe H von 20 cm ≤ H ≤ 5 m, vorzugsweise 40 cm ≤ H ≤ 3 m, weiter bevorzugt 60 cm ≤ H ≤ 2 m und besonders bevorzugt 80 cm ≤ H ≤ 1 m auf. Die Schutzwand weist quer zur Grenzlinie ein durchschnittliche Dicke d von insbesondere 1 cm ≤ d ≤ 50 cm, vorzugsweise 2 cm ≤ d ≤ 40 cm, weiter bevorzugt 5 cm ≤ d ≤ 30 cm und besonders bevorzugt 10 cm ≤ d ≤ 20 cm auf.

[0046] Nachfolgend wird die Erfindung unter Bezugnahme auf die anliegenden Zeichnungen anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels exemplarisch erläutert, wobei die nachfolgend dargestellten Merkmale sowohl jeweils einzeln als auch in Kombination einen Aspekt der Erfindung darstellen können. Es zeigen:

Fig. 1: eine schematische Schnittansicht einer Eisenbahngleisanlage und

Fig. 2: eine schematische Schnittansicht der Eisenbahngleisanlage aus Fig. 1 mit einer Tiefbaustelle.

[0047] Die in Fig. 1 dargestellte Eisenbahngleisanlage 10 weist im dargestellten Ausführungsbeispiel ein erstes Gleis 12 und ein zweites Gleis 14 auf, wobei das erste Gleis 12 auf einer Bodenformation in Form eines ersten Schotterbetts 16 und das zweite Gleis 14 auf einer Bodenformation in Form eines zweiten Schotterbetts 18 aufliegen. Beispielsweise soll das zweite Gleis 14 zusammen mit dem zugehörigen zweiten Schotterbett 18 zu Sanierungszwecken abgetragen werden. Ohne Sicherheitsmaßnahmen würde jedoch bei einem Abtragen des zweiten Schotterbetts 18 das erste Schotterbett 16 seitlich wegrutschen, wodurch das erste Gleis 12 nicht mehr ausreichend abgestützt wäre und aus Sicherheitsgründen nicht befahren werden dürfte. Gleichzeitig ist zwischen dem ersten Gleis 12 und dem zweiten Gleis 14 nicht genügend Platz vorhanden, um nach einem Abtragen des zweiten Schotterbetts 18 für das erste Schotterbett 16 einen ausreichenden Böschungswinkel vorsehen zu können.

[0048] Stattdessen wird mit Hilfe eines auf dem ersten Gleis 12 vorgesehenen ersten Schienenfahrzeug 20 und/oder einem auf dem zweiten Gleis 14 vorgesehenen zweiten Schienenfahrzeug 22 eine Eduktmischung 24 auf eine Oberfläche 26 der Schotterbetten 16, 18 ausgegossen. Die Schienenfahrzeuge 20, 22 können insbesondere mit einer konstanten Geschwindigkeit auf dem zugeordneten Gleis 12, 14 verfahren werden, so dass die Eduktmischung 24 entlang einer Grenzlinie 36 zwischen dem verbleibenden ersten Schotterbett 16 und dem abzutragenden zweiten Schotterbett 18 ausgegossen werden kann. Die Eduktmischung 24 kann beispielsweise in einer Mischkammer 28 gemischt und über eine Düse 30 abgegeben werden. Die Eduktmischung 24 kann in die Schotterbetten 16, 18 bis zu einem Grundniveau 32 einsickern, bis zu dem das zweite Schotterbett 18 abgetragen werden soll. Die Eduktmischung 24 kann bei Erreichung des designierten Grundniveaus 32 anfangen zu schäumen und mit den Schottersteinen des Schotterbetts 16, 18 einen Verbund eingehen. Der durch eine chemische Reaktion der Eduktmischung 24 entstandene Schaum 34 kann hierbei von unten von dem Grundniveau 32 nach oben ungefähr bis zur Oberfläche 26 wachsen.

[0049] Wie in Fig. 2 dargestellt kann der Schaum 34 sich verfestigen und zusammen mit den eingeschäumten

Schottersteinen des Schotterbetts 16, 18 eine Schutzwand 38 ausbilden, die im Querschnitt leicht trapezförmig ausgestaltet sein kann. Die Schutzwand 38 weist eine Stabilität auf, die groß genug ist ein Absacken des ersten Schotterbetts 16 in den Bereich einer Tiefbaustelle 40 zu verhindern, wenn beispielsweise mit geeignetem Baugeräten 42 das zweite Schotterbett 18 abgetragen ist. Das bedeutet, dass die Schutzwand 38 eine von der Tiefbaustelle 40 wegweisende äußere Seitenfläche 44, gegen die das erste Schotterbett 16 drückt, und eine zur Tiefbaustelle 40 weisende innere Seitenfläche 46, die freigelegt sein kann, aufweist. Zwischen der äußeren Seitenfläche 44 und der inneren Seitenfläche 46 weist die Schutzwand 38 eine ausreichende Dicke auf, um die auf die Schutzwand 38 wirkenden Lasten sicher abtragen zu können. Vorzugsweise kann nachfolgend das zweite Schotterbett 18 wieder aufgeschüttet und das erste Schotterbett 16 abgetragen werden, wobei zur Abstützung des zweiten Schotterbetts 18 die selbe Schutzwand 38 verwendet werden kann, bei der dann die äußere Seitenfläche 44 und die innere Seitenfläche 46 vertauscht wäre. Ein erneutes Herstellen der Schutzwand 38 kann dadurch eingespart werden. Ferner bleibt dadurch entweder das erste Gleis 12 oder das zweite Gleis 14 während der Sanierungsarbeiten am jeweils anderen Gleis 14, 12 befahrbar.

[0050] Das vorstehend beschriebene Verfahren ist auch bei von einem Schotterbett 16, 18 verschiedenen Bodenformation, beispielsweise ein natürlicher Boden, anwendbar. Das Verfahren kann beispielsweise im Straßenbau, Tunnelbau, Ausschachtarbeiten, Herstellung eines Kellers oder sonstige Bauarbeiten mit Tiefbauaspekten oder tiefbauverwandten Aspekten angewendet werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Sichern einer Tiefbaustelle (40), mit den Schritten
   kontinuierliches Aufbringen einer Eduktmischung (24) entlang einer die Tiefbaustelle (40) begrenzenden Grenzlinie (36) auf einer Oberfläche (26) einer Bodenformation, insbesondere Schotterbett (16, 18),
   Einsickern lassen der Eduktmischung (24) in die Bodenformation (16, 18) und
   Aufschäumen der Eduktmischung (24) zu einem verfestigen Schaum (34),
   wobei der Schaum (34) und ein von dem Schaum (34) umschäumter Teil der Bodenformation (16, 18) eine entlang der Grenzlinie (36) verlaufende Schutzwand (38) zum Zurückhalten von an einer äußeren Seitenfläche (44) der Schutzwand (38) vorgesehenen Bodenformation (16) bei an einer inneren Seitenfläche (46) der Schutzwand (38) abgetragenen Bodenformation (18) ausbilden.

2. Verfahren nach Anspruch 1 bei dem die Schutzwand (38) in vertikaler Richtung und entlang der Grenzlinie (36) im Wesentlichen flächig geschlossen ausgeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2 bei dem die Schutzwand (38) eine durchschnittliche Erstreckung in vertikaler Richtung von H und bis zur Oberfläche (26) einen Abstand d aufweist, wobei $-0{,}05 \leq d/H \leq 0{,}30$, insbesondere $-0{,}01 \leq d/H \leq 0{,}20$, vorzugsweise $0{,}00 \leq d/H \leq 0{,}15$ und besonders bevorzugt $0{,}05 \leq d/H \leq 0{,}10$ gilt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3 bei dem das Einsickern der Eduktmischung (24) in die Bodenformation (16, 18) rein schwerkraftbedingt erfolgt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4 bei dem das Aufschäumen nach einer Startzeit T nach dem Aufbringen der Eduktmischung (24) auf die Bodenformation (16, 18) erfolgt, wobei insbesondere die Startzeit, insbesondere durch Einstellen der Reaktivität der Eduktmischung (24) mit Hilfe eines Katalysators, unter Berücksichtigung einer Einsickergeschwindigkeit der Eduktmischung (24) in die Bodenformation (16, 18) zur Erreichung einer minimalen Höhe der Schutzwand (38) in vertikaler Richtung gewählt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 bei dem der durchschnittliche Ort, an dem die Eduktmischung (24) auf die Oberfläche der Bodenformation (16, 18) aufgebracht wird, entlang der Grenzlinie (36) mit im Wesentlichen konstanter Geschwindigkeit verlagert wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6 bei dem ein zuvor verfestigter Teil der Schutzwand (38) von einer nachfolgend entlang der Grenzlinie (36) eingesickerten Eduktmischung (24) teilweise umschäumt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 bei dem die Schutzwand (38) in einem Schotterbett (16, 18) einer Eisenbahngleisanlage (10) eingebracht wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8 bei dem ein Schienenfahrzeug (20, 22) zur Bevorratung der Eduktmischung (24) entlang eines Gleis (12, 14) verfahren wird, wobei seitlich neben dem Gleis (12, 14) die Schutzwand (38) hergestellt wird.

Claims

1. Method for securing a civil engineering site (40),

comprising the following steps:

continuously applying a reactant mixture (24) along a boundary line (36) delimiting the civil engineering site (40) to a surface (26) of a base formation, in particular a ballast bed (16, 18),
allowing the reactant mixture (24) to seep into the base formation (16, 18), and
foaming the reactant mixture (24) to form a solidified foam (34),
wherein the foam (34) and a part of the base formation (16, 18) surrounded by the foam (34) form a protective wall (38) extending along the boundary line (36) and intended to hold back a base formation (16) provided at an outer side face (44) of the protective wall (38) in the case of a base formation (18) being removed at an inner side face (46) of the protective wall (38).

2. Method according to Claim 1, in which the protective wall (38) is designed to be substantially areally closed in the vertical direction and along the boundary line (36).

3. Method according to Claim 1 or 2, in which the protective wall (38) has an average extent in the vertical direction of H and a distance d up to the surface (26), where $-0.05 \leq d/H \leq 0.30$, in particular $-0.01 \leq d/H \leq 0.20$, preferably $-0.00 \leq d/H \leq 0.15$ and particularly preferably $-0.05 \leq d/H \leq 0.10$.

4. Method according to one of Claims 1 to 3, in which the reactant mixture (24) is caused to seep into the base formation (16, 18) purely as a result of gravitational force.

5. Method according to one of Claims 1 to 4, in which the foaming takes place after a starting time T after the application of the reactant mixture (24) to the base formation (16, 18), wherein in particular the starting time is selected, in particular by setting the reactivity of the reactant mixture (24) with the aid of a catalyst, while taking into account a rate of seepage of the reactant mixture (24) into the base formation (16, 18) to achieve a minimum height of the protective wall (38) in the vertical direction.

6. Method according to one of Claims 1 to 5, in which the average location at which the reactant mixture (24) is applied to the surface of the base formation (16, 18) is displaced along the boundary line (36) with a substantially constant speed.

7. Method according to one of Claims 1 to 6, in which a pre-solidified part of the protective wall (38) has partially foamed around it a reactant mixture (24) which is caused to seep subsequently along the boundary line (36).

8. Method according to one of Claims 1 to 7, in which the protective wall (38) is incorporated in a ballast bed (16, 18) of a railway track system (10) .

9. Method according to Claim 8, in which a rail vehicle (20, 22) for supplying the reactant mixture (24) is moved along a track (12, 14), wherein the protective wall (38) is produced laterally alongside the track (12, 14).

Revendications

1. Procédé pour sécuriser un chantier de travaux publics (40), comprenant les étapes suivantes :

appliquer en continu un mélange d'éduit (24) le long d'une ligne de délimitation (36) délimitant le chantier de travaux publics (40) sur une surface (26) d'une formation du sol, en particulier d'un lit de ballast (16, 18),
laisser infiltrer le mélange d'éduit (24) dans la formation du sol (16, 18) et
mousser le mélange d'éduit (24) pour former une mousse solidifiée (34),
la mousse (34) et une partie de la formation du sol (16, 18) enrobée par la mousse (34) constituant une paroi de protection (38) s'étendant le long de la ligne de délimitation (36) pour retenir une formation du sol (16) prévue au niveau d'une surface latérale extérieure (44) de la paroi de protection (38) lorsqu'une formation du sol (18) est enlevée au niveau d'une surface latérale intérieure (46) de la paroi de protection (38).

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la paroi de protection (38) est réalisée sous forme fermée essentiellement à plat dans la direction verticale et le long de la ligne de délimitation (36) .

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la paroi de protection (38) présente une étendue moyenne H dans la direction verticale et, jusqu'à la surface (26), une distance d, avec $-0{,}05 \leq d/H \leq 0{,}30$, en particulier $-0{,}01 \leq d/H \leq 0{,}20$, de préférence $0{,}00 \leq d/H \leq 0{,}15$ et particulièrement préférablement $0{,}05 \leq d/H \leq 0{,}10$.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel la filtration du mélange d'éduit (24) dans la formation du sol (16, 18) s'effectue de manière purement sollicitée par la force de pesanteur.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel le moussage s'effectue après un temps initial T après l'application du mélange d'éduit (24) sur la formation du sol (16, 18), le temps initial étant choisi notamment par ajustement de la réacti-

vité du mélange d'éduit (24) à l'aide d'un catalyseur, en tenant compte d'une vitesse d'infiltration du mélange d'éduit (24) dans la formation du sol (16, 18) afin d'obtenir une hauteur minimale de la paroi de protection (38) dans la direction verticale.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel l'endroit moyen au niveau duquel le mélange d'éduit (24) est appliqué sur la surface de la formation du sol (16, 18) est déplacé le long de la ligne de délimitation (36) avec une vitesse essentiellement constante.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans laquelle une partie préalablement solidifiée de la paroi de protection (38) est en partie enrobée de mousse d'un mélange d'éduit (24) infiltré subséquemment le long de la ligne de délimitation (36).

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel la paroi de protection (38) est introduite dans un lit de ballast (16, 18) d'une installation de voie ferrée (10).

9. Procédé selon la revendication 8, dans lequel un véhicule ferroviaire (20, 22) est déplacé le long d'une voie (12, 14) pour l'approvisionnement du mélange d'éduit (24), la paroi de protection (38) étant construite latéralement à côté de la voie (12, 14).

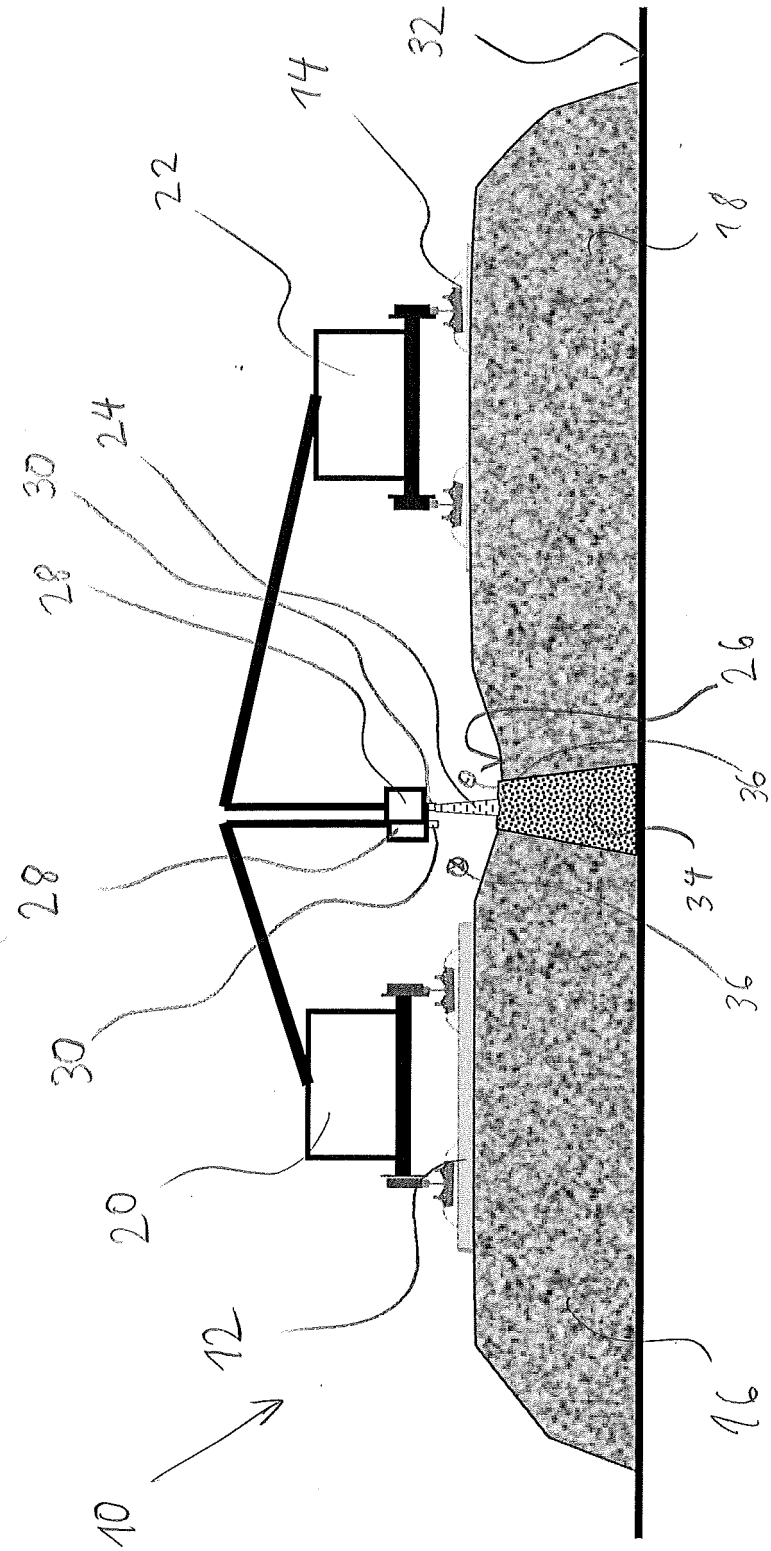


FIG. 1

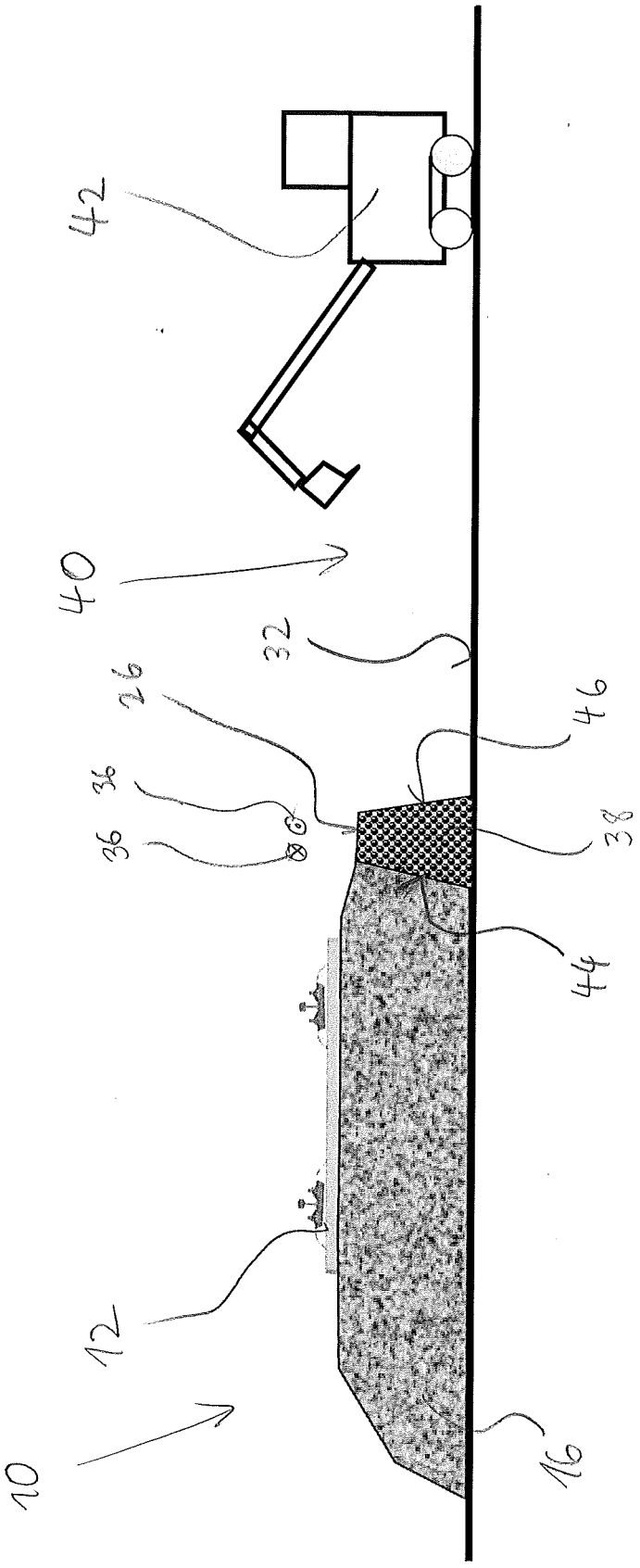


FIG. 2

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

- EP 0131678 A1 **[0002]**
- DE 3332256 A1 **[0002]**
- DE 3921938 A1 **[0002]**
- DE 1168075 **[0020]**
- US 3383351 A **[0020]**

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Polyurethane. Kunststoff-Handbuch. Carl Hanser Verlag, 1993, vol. VII, 57-67 **[0020]**
- Polyurethane. Kunststoff-Handbuch. Carl Hanser Verlag, 1993, vol. VII, 104-110 **[0024]**
- Polyurethane. Kunststoff-Handbuch. Carl Hanser Verlag, 1993, vol. VII, 104 ff **[0032]**