

(19)



(11)

EP 3 366 843 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
17.06.2020 Patentblatt 2020/25

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

E01C 3/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18158963.1**

(22) Anmeldetag: **27.02.2018**

(54) **POLYMERMODIFIZIERTE BODENSTABILISIERUNG**

POLYMER-MODIFIED GROUND STABILISATION

STABILISATION DES SOLS MODIFIÉE PAR POLYMÈRES

(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: **27.02.2017 DE 102017104084**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
29.08.2018 Patentblatt 2018/35

(73) Patentinhaber: **Lehner, Markus Walter**
98000 Monte Carlo (MC)

(72) Erfinder:
• **Der Erfinder hat auf sein Recht verzichtet, als solcher bekannt gemacht zu werden.**

(74) Vertreter: **Dilg, Haeusler, Schindelmann**
Patentanwalts-gesellschaft mbH
Leonrodstraße 58
80636 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-B1- 0 045 026 DE-A1-102004 009 509
DE-A1-102008 016 325

EP 3 366 843 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 Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verfestigen eines Untergrunds und einen Untergrundverfestiger.

[0002] Bei der Herstellung von Straßen wird in der Regel zunächst eine Bodenschicht abgetragen, und nach Einebnung der Fläche wird eine Schottertragschicht aufgebracht, gefolgt von einer Asphalt-Tragschicht, einer Asphalt-Bindemittelschicht und einer Asphalt-Deckschicht. Die Schottertragschicht weist häufig eine Mächtigkeit von 50 bis 70 cm.

[0003] Bei der Herstellung von Fundamenten wird üblicherweise ebenfalls das Erdreich ausgehoben, weil vor Fundamentherstellung eine Schotterungsschicht aufgebracht wird.

[0004] Diese bekannten Verfahren führen zu hohen Baukosten, da ein Bodenaustausch durchgeführt werden muss und zudem kostspielige Materiallieferungen, Erdbau und Entsorgung von Böden sowie zahlreiche Transporte notwendig sind. Typischerweise muss bestehender Boden abtransportiert und in Deponien gelagert werden.

[0005] Somit ist also die Herstellung von Straßen und Fundamenttragschichten aufwendig. Manche Straßenbeläge und Fundamente neigen zudem zu Rissbildung im Untergrund bzw. haben eine unzureichende Druckfestigkeit sowie neigen zu Schäden bei Frosteinwirkung.

[0006] DE 10 2008 016 325 A1 offenbart einen Boden- oder Fundamentverfestiger, der ein Latexpolymer aufweist. Der Boden- oder Fundamentverfestiger kann mit Wasser und Zement bearbeitet werden. Ein Anteil des Verfestigers bezogen auf den Zement kann 0,1 bis 20 Gewichts-%, besonders bevorzugt 0,3 bis 10 Gewichts-%, betragen.

[0007] DE 10 2004 009 509 A1 offenbart ein Verfahren zum Verfestigen sandhaltiger Bodenmaterialien unter Einarbeiten eines in Wasser nichtlöslichen filmbildenden Polymerisats in einer Menge von 0,1-10 Gewichts-%, bezogen auf die festen Bestandteile des sandhaltigen Bodenmaterials, in die sandhaltigen Bodenmaterialien. Das Verfahren wird durchgeführt unter Einarbeiten eines Zements in einer Menge von 0,5-10 Gewichts-%, bezogen auf die festen Bestandteile des sandhaltigen Bodenmaterials, in die sandhaltigen Bodenmaterialien. Der Boden enthält während oder nach dem Einarbeiten Wasser in einer Menge von 0,1-30 Gewichts-%, bezogen auf die festen Bestandteile des Bodens.

[0008] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Untergrundverfestigung mit geringem Aufwand und hoher Qualität hinsichtlich Frostbeständigkeit bei ausreichender Rissvermeidung und ausreichender Druckfestigkeit herzustellen.

[0009] Diese Aufgabe wird durch die Gegenstände gemäß den unabhängigen Patentansprüchen gelöst. Bevorzugte Ausgestaltungen ergeben sich aus den abhängigen Patentansprüchen.

[0010] Erfindungsgemäß ist ein Verfahren zum Verfestigen eines Untergrunds (zum Beispiel einer Straße und/oder einer Fundamenttragschicht) gemäß Patentanspruch 1 geschaffen. Bei dem Verfahren wird ein polymerbasierter elastischer Netzbildner (eines Untergrundverfestigers) mit einem Bindemittel und Wasser zu einem verfestigten Untergrund verarbeitet. Dabei wird eine Menge verwendeten Netzbildners, eine Menge verwendeten Bindemittels und eine Menge des verwendeten Wassers von der Beschaffenheit des Untergrunds abhängig gemacht.

[0011] Ferner wird erfindungsgemäß ein Untergrundverfestiger gemäß Patentanspruch 7 zum Verfestigen eines Untergrunds bereitgestellt (der in obigem Verfahren eingesetzt werden kann), wobei der Untergrundverfestiger ein Bindemittel und 2 Gewichts-% bis 3,5 Gewichts-% eines elastischen (insbesondere gummiartigen) Netzbildners aufweist, bezogen auf eine Menge des Bindemittels, mit dem der Netzbildner und Wasser zum Bilden des verfestigten Untergrunds verarbeitbar sind.

[0012] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird ein Untergrundverfestiger mit den oben beschriebenen Merkmalen verwendet, wobei zwischen 2 Gewichts-% und 10 Gewichts-% Bindemittel, bezogen auf den zu verfestigenden Untergrund, verwendet werden.

[0013] Ein Untergrundverfestiger mit den oben beschriebenen Merkmalen kann als Zusatz zum Erhöhen der Frostbeständigkeit eines zu verfestigenden Untergrunds verwendet werden.

[0014] Ein Untergrundverfestiger mit den oben beschriebenen Merkmalen kann als Zusatz zum Erhöhen des Elastizitätsmoduls eines zu verfestigenden Untergrunds verwendet werden.

[0015] Ein Untergrundverfestiger mit hierin beschriebenen Merkmalen kann als Zusatz zum Erhöhen der Spaltzugfestigkeit eines zu verfestigenden Untergrunds verwendet werden.

[0016] Im Rahmen dieser Anmeldung kann unter dem Begriff "Untergrundverfestiger" insbesondere ein Material bzw. eine Materialzusammensetzung verstanden werden, das oder die alleine genommen oder bereits mit Wasser vermischt auf und/oder in einen zu verfestigenden Untergrund gegeben werden kann, sodass durch Wechselwirkung zwischen dem Untergrundverfestiger und dem zu verfestigenden Untergrund es zur Ausbildung eines verfestigten Untergrunds kommt. Ein solcher Untergrundverfestiger kann zum Beispiel in einer festen Phase vorliegen, insbesondere ein Granulat oder ein Pulver sein. Alternativ kann ein Untergrundverfestiger auch in einer flüssigen Phase vorliegen oder ein viskoses Material sein, wobei während des Aushärtens des Untergrundverfestigers dieser in eine feste Phase überführt werden kann. Insbesondere kann der Untergrundverfestiger als Suspension (oder als Emulsion) vorliegen.

[0017] Im Rahmen dieser Anmeldung kann unter dem Begriff "polymerbasierter elastischer Netzbildner" insbesondere ein Material verstanden werden, das als Teil eines Untergrundverfestigers eine Polymerkomponente aufweist, die bei ihrer Aushärtung vernetzt und dabei dem Untergrundverfestiger an bzw. in dem Untergrund neben einer ausrei-

chenden Stabilität auch ein gewisses Maß an Elastizität verleiht. Durch das Vernetzen des Polymers des Netzwurkbildners kann es zu einem Aushärten des Untergrundverfestigers und zu einem Verfestigen des damit zusammenwirkenden Untergrunds kommen.

[0018] Im Rahmen dieser Anmeldung kann unter dem Begriff "Bindemittel" insbesondere ein Medium verstanden werden, das als Teil des Untergrundverfestigers und/oder als Teil des zu verfestigenden Untergrunds für das Ausbilden einer Bindung zwischen den Komponenten des Untergrundverfestigers untereinander sowie zwischen dem Untergrundverfestiger und dem zu verfestigenden Untergrund konfiguriert ist. Solche hydraulischen Bindemittel können zum Beispiel Zement und/oder Kalk enthalten. Bereits im Untergrund enthaltener Kalk kann zusätzlich zu einem extern zugegebenen Zement die hydraulische Bindewirkung bereitstellen. Als extern zugegebener Zement kann zum Beispiel Portlandzement CEM I 32,5 R zum Einsatz kommen. Zum Beispiel können in einem zu verfestigenden Untergrund 3 bis 10 Gewichts-% Zement als hydraulisches Bindemittel und 2 bis 3,5 Gewichts-% eines polymerbasierten Netzwurkbildners eingebracht werden.

[0019] Im Rahmen dieser Anmeldung kann unter dem Begriff "Beschaffenheit des Untergrunds" insbesondere eine Eigenschaft des Untergrunds verstanden werden, die einen Einfluss darauf hat, welche Menge Wasser zum Ausbilden einer zuverlässigen, insbesondere optimalen, Verbindung zwischen Untergrund und Untergrundverfestiger zuzuführen ist. Die Beschaffenheit kann temporäre Bodeneigenschaften betreffen, wie zum Beispiel eine gegenwärtig erhöhte Feuchtigkeit aufgrund von Niederschlägen oder eine gegenwärtig reduzierte Feuchtigkeit aufgrund einer Trockenperiode. Die Beschaffenheit kann aber auch dauerhafte Bodeneigenschaften betreffen, wie zum Beispiel ein natürlicher Feuchtegehalt des Bodens. Wenn die Wasserhaltigkeit des Untergrunds bei der Bemessung der Menge von Wasser berücksichtigt wird, die mit dem Untergrundverfestiger zum Verfestigen des Untergrunds verarbeitet wird, kann eine bodenspezifische Anpassung bzw. Optimierung der relativen Mengen der Einzelkomponenten erfolgen.

[0020] Gemäß einem erfindungsgemäßen Verfahren werden eine Wassermenge zum gemeinsamen Verarbeiten mit einer Menge eines erfindungsgemäßen polymerbasierten elastischen Netzwurkbildners eines Untergrundverfestigers sowie eine Bindemittelmenge nicht nur im Verhältnis zueinander ausgewählt, sondern wird zudem die Beschaffenheit des zu verfestigenden Untergrunds bei der Bemessung der Wassermenge, der Menge Netzwurkbildner und der Bindemittelmenge mit einbezogen. Die Beschaffenheit des Untergrunds kann insbesondere dessen Wasserhaltigkeit umfassen. Je mehr Wasser der Untergrund zum Verfestigen desselben unter Verwendung des Untergrundverfestigers beisteuern kann, desto weniger Wasser muss extern zugegeben werden, und umgekehrt. Auch auf eine angemessene Menge Netzwurkbildner und auf eine angemessene Menge Bindemittel hat die Beschaffenheit, insbesondere der Feuchtigkeit, des Untergrunds einen signifikanten Einfluss, der durch das untergrundbeschaffenheitsabhängige Auswählen der Einzelmengen der genannten Bestandteile berücksichtigt werden kann. Dadurch ist das logistisch aufwendige Vorhalten großer Mengen von möglicherweise gar nicht benötigten Bestandteilen des Untergrundverfestigers entbehrlich. Vielmehr kann zum Beispiel bei relativ feuchten Untergründen die bodenunabhängige Zugabe von Wasser (zum Beispiel bei einer festen Vormischung des Untergrundverfestigers mit Wasser) sogar kontraproduktiv sein, da sich übermäßige Wasserzugabe sogar negativ auf die Druckfestigkeit und Robustheit gegen Rissbildung des Untergrunds auswirken kann. Wenn zum Beispiel ein Untergrund eine ausgeprägt hohe Feuchtigkeit aufweist, würde das Verwenden eines bereits vorab in Wasser unspezifisch verflüssigten Untergrundverfestigers die Haltekraft im Boden verschlechtern. In diesem Fall kann ein trockener Untergrundverfestiger (zum Beispiel in Form eines Granulats oder eines Pulvers) bessere Verarbeitungsergebnisse liefern als ein bereits mit Wasser versetzter Untergrundverfestiger. Wenn also die Beschaffenheit des Untergrunds als Basis für die Bestimmung der Menge von zuzuführendem Netzwurkbildner, zuzuführendem Bindemittel und zuzuführendem Wasser berücksichtigt wird, können besonders vorteilhafte Eigenschaften des verfestigten Untergrunds in Hinblick auf Festigkeit und Frostbeständigkeit erreicht werden.

[0021] Erfindungsgemäß ist ein elastischer Netzwurkbildner des Untergrundverfestigers mit einer Quantität in einem Korridor zwischen 2 Gewichts-% und 3,5 Gewichts-% bezogen auf ein Bindemittel in einem Untergrundverfestiger vorgesehen, um gemeinsam mit dem Bindemittel und Wasser zum Bilden des verfestigten Untergrunds auszuhärten. Das Elastizitätsmodul kann mit Vorteil erhöht werden. Diese signifikanten Wirkungen sind durch Experimente belegt. Außerdem kann in dem genannten Bereich zum Teil zusätzlich eine Verbesserung der Festigkeit erreicht werden, jedenfalls aber die Festigkeit in akzeptablen Grenzen gehalten werden. Ohne dass die Anmelderin wünscht, an eine bestimmte Theorie gebunden zu werden, wird gegenwärtig angenommen, dass der polymerbasierte Netzwurkbildner bei der Verarbeitung ein elastisches Netzwerk bildet, das Poren bzw. Lücken in dem Boden-Bindemittel-Gemisch füllt. Genauer gesagt wird anschaulich davon ausgegangen, dass der zum Beispiel als Polymersuspension zugeführte Netzwurkbildner für eine geordnete Abgabe von Wasser an das hydraulische Bindemittel (insbesondere Zement) sorgt, was zu einer geordneten Hydrophobierung führt. Der Netzwurkbildner bildet also ein Netzwerk mit Bindemittel und Untergrund, sodass ein erhöhtes Elastizitätsmodul erreicht werden kann. Der verfestigte Untergrund zeigt daher eine erhöhte Steifigkeit, ohne aber seine Elastizität zu verlieren, wodurch Tendenzen zur Rissbildung wirksam unterdrückt werden. Darüber hinaus füllt der Netzwurkbildner anschaulich kleine Lücken im Untergrund aus, sodass kein Wasser mehr in diese Lücken eindringen kann, wodurch eine besonders gute Frostbeständigkeit erreicht wird.

[0022] Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung kann der beschriebene Untergrundverfestiger

mit zwischen 2 Gewichts-% und 10 Gewichts-% Bindemittel, bezogen auf den zu verfestigenden Untergrund, verarbeitet werden. Je mehr Bindemittel (insbesondere Zement) eingesetzt wird, desto besser wird die Druckfestigkeit. Allerdings führt eine höhere Menge Bindemittel zu einem Anstieg der Tendenz zu einer spröden Rissbildung. Der polymerbasierte

Netzwerkbildner des Untergrundverfestigers jedoch vermag es in mäßigen Mengen, die Rissbildung zu unterdrücken.

[0023] Im Weiteren werden zusätzliche Ausführungsbeispiele des Untergrundverfestigers und des Verfahrens beschrieben.

[0024] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann der Netzwerkbildner als Trockenpulver oder als Polymeremulsion bzw. -suspension zugeführt werden.

[0025] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann das Wasser mit dem Untergrundverfestiger vermischt werden, bevor der Untergrundverfestiger in den zu verfestigenden Untergrund eingebracht wird - insbesondere unmittelbar bevor der Untergrundverfestiger in den zu verfestigenden Untergrund eingebracht wird. Das Vermischen des Untergrundverfestigers mit dem Wasser kann direkt an einer Baustelle und somit nach dem Transport des zum Beispiel pulverförmigen Untergrundverfestigers von einer Fertigungsstätte an die Baustelle erfolgen. Dies reduziert signifikant den logistischen Aufwand im Zusammenhang mit dem Verbringen des Untergrundverfestigers an den Ort seiner Verarbeitung.

[0026] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann das Wasser mit dem Untergrundverfestiger vermischt werden, nachdem der Untergrundverfestiger in den zu verfestigenden Untergrund eingebracht ist. Hierbei kann der Untergrundverfestiger gleichzeitig mit, aber getrennt von dem Wasser in den Untergrund eingeführt werden. Es ist auch möglich, erst den Untergrundverfestiger und dann das Wasser in den Untergrund einzufüllen. Bei noch einer anderen Option wird nur ein Wasserreservoir in dem Untergrund genutzt, um den in einer Festkörperphase vorliegenden (zum Beispiel als Granulat oder Pulver vorliegenden) Untergrundverfestiger zu verflüssigen. Dann ist gar kein externes Wasser erforderlich, um den Untergrund mittels des Untergrundverfestigers zu verfestigen.

[0027] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann ein Feuchtegrad des Untergrunds ermittelt werden und basierend auf dem ermittelten Feuchtegrad erst nachfolgend das Wasser mit dem Untergrundverfestiger vermischt werden. Anders ausgedrückt kann die Menge von in den Untergrund einzubringenden Wassers sowie die Menge des eingesetzten Netzwerkbildners als auch die Menge des eingesetzten Bindemittels abhängig von dem Feuchtegrad des Untergrunds eingestellt werden. Entsprechend kann vor oder während der Untergrundverfestigung eine Feuchtegradbestimmung des Materials des zu verfestigenden Untergrunds durchgeführt werden, und abhängig von dem ermittelten Feuchtegrad eine Menge Wasser, Netzwerkbildner und Bindemittel ermittelt werden, die mit dem Untergrundverfestiger in den zu verfestigenden Untergrund eingebracht werden. Dadurch wird es möglich, die korrekte Menge des hinzuzufügenden Wassers, Netzwerkbildners und Bindemittels nicht nur basierend auf den Ingredienzien des Untergrundverfestigers ermitteln zu können, sondern auch aus den Feuchtebedingungen des Untergrunds.

[0028] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann das Bindemittel ganz oder teilweise Teil des Untergrundverfestigers sein. Alternativ oder ergänzend kann das Bindemittel teilweise Teil des zu verfestigenden Untergrunds sein. Das Bindemittel kann also zumindest zum Teil eine Komponente des Untergrundverfestigers sein, die dann flexibel und passend zu den anderen Komponenten ausgewählt werden kann. Es ist allerdings auch möglich, ohnehin im Untergrund befindlichen Zement, Kalksand, etc. als Bindemittel zu verwenden. In diesem Fall kann das extern hinzugefügte Bindemittel teilweise weggelassen werden. Dies reduziert den Aufwand im Zusammenhang mit der Untergrundverfestigung. Außerdem macht eine Nutzung von im Untergrund enthaltenen Komponenten für die Verfestigung einen Abtrag und eine Entsorgung von Untergrundmaterial vor der Verfestigung entbehrlich.

[0029] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann der Untergrundverfestiger in pulverförmiger Form zu dem zu verfestigenden Untergrund verbracht werden. Das gewichtsintensive Wasser kann in diesem Fall erst kurz oder während der Verarbeitung dem Untergrundverfestiger und/oder dem Untergrund bedarfsweise hinzugefügt werden.

[0030] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann ein Gemisch aus dem Netzwerkbildner, dem Bindemittel und dem zu verfestigenden Untergrund gebildet werden, eine Untersuchung an dem Gemisch durchgeführt werden, basierend auf einem Ergebnis der Untersuchung die Menge des mit dem Gemisch zu vermengenden Netzwerkbildners, Bindemittels und Wassers bestimmt werden, und die bestimmte Menge Netzwerkbildner, Bindemittel und Wasser mit dem Gemisch dann vermennt werden. Nachdem also der Untergrund mit dem wie beschrieben zusammengesetzten Untergrundverfestiger versetzt worden ist, kann auf Basis der Erkenntnisse dieser Materialeinbringung eine präzise Menge von Wasser und Bindemittel bestimmt werden, die dem Untergrundverfestiger hinzugefügt werden sollten. Dies erlaubt es, eine optimale Zusammensetzung des Untergrundverfestigers für die Bodenverfestigung aufzufinden und zu verarbeiten.

[0031] Gemäß einem Ausführungsbeispiel können der Netzwerkbildner und das Bindemittel getrennt voneinander und ohne Vormischung in den zu verfestigenden Untergrund verarbeitet werden. Indem die beiden Komponenten unabhängig voneinander direkt in den Boden eingebracht werden können, ist das Verarbeitungsverfahren besonders einfach durchführbar ("Mixed in Place"). Alternativ ist es jedoch auch möglich, zunächst eine Mischung aus Netzwerkbildner und Bindemittel in einem Mischwerk herzustellen und bereits die Mischung dieser Komponenten gemeinsam in den Untergrund einzubringen ("Mixed in Plant").

[0032] Erfindungsgemäß weist der Untergrundverfestiger zwischen 2 Gewichts-% bis 3,5 Gewichts-% des Netzwerkbildners auf, bezogen auf das Bindemittel. Experimentelle Befunde haben gezeigt, dass bei einer derartigen Bemessung

des elastischen polymerbasierten Netzbildners der verfestigte Boden nicht nur äußerst frostbeständig ist, sondern synergistisch schnell und langanhaltend eine deutliche Erhöhung der Druckfestigkeit bei einer gleichzeitigen Erhöhung des Elastizitätsmoduls zeigt. Diese vorteilhaften Effekte stellen sich in besonders ausgeprägtem Maße im Bereich des genannten Korridors ein. In dem beschriebenen Bereich können besonders vorteilhafte Eigenschaften in Hinblick auf eine Erhöhung der Druckfestigkeit und der Steifigkeit erreicht werden. Besonders gute Ergebnisse konnten mit ungefähr 2,5 Gewichts-% des Netzbildners erreicht werden.

[0033] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann das Bindemittel aus einer Gruppe ausgewählt sein, die besteht aus Zement und Kalk. Besonders die Verwendung von Zement führt zu einer hohen Druckfestigkeit. Bei einem solchen bevorzugten Ausführungsbeispiel kann von einer polymermodifizierten Zementstabilisierung gesprochen werden. Auch eine Mischung aus Zement und Kalk stellt eine technisch vorteilhafte Lösung dar. Allerdings können alternativ oder ergänzend andere hydraulische Bindemittel eingesetzt werden.

[0034] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann der Untergrundverfestiger pulverförmig sein oder als Granulat bereitgestellt werden. Die Verflüssigung eines solchen Untergrundverfestigers kann dann zum Beispiel erst während der Verarbeitung in dem Untergrund erfolgen.

[0035] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann der Untergrundverfestiger ferner Wasser aufweisen. Dieses kann dem Untergrundverfestiger kurz vor oder während der Verarbeitung zugefügt werden.

[0036] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann der Untergrundverfestiger frei von zumindest einem aus einer Gruppe bestehend aus Stabilisatoren, einem Verdickungsmittel, einem Entschäumer, und einem Salz oder Hydroxid eines Alkali- oder Erdalkalimetalls sein. Die genannten Komponenten sind für den Untergrundverfestiger also entbehrlich. Dies erlaubt eine kostengünstige und umweltfreundliche sowie schnelle Herstellung des Untergrundverfestigers, der aus nur wenigen Komponenten zusammengesetzt zu sein braucht.

[0037] Erfindungsgemäß ist der Netzbildner ein Latexpolymer, insbesondere Styrolbutadienlatex. Es hat sich herausgestellt, dass ein Latexpolymer besonders vorteilhafte Eigenschaften im Hinblick auf Vernetzung und Bereitstellung einer gegen Rissbildung dienenden Elastizität ist.

[0038] Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann der Netzbildner Ligninsulfonat aufweisen. Ligninsulfonate sind die Salze der Ligninsulfonsäure, einem wasserlöslichen, anionischen, polyelektrolytischen, verzweigten Polymer. Ligninsulfonate entstehen beim chemischen Aufschluss von Lignin, eines Biopolymers, welches im Sulfitverfahren mit Salzen der Schwefligen Säure umgesetzt werden kann. Beim Aufschluss werden chemische Bindungen im hydrophoben Ligningerüst aufgebrochen und die entstehenden Fragmente durch Anlagerung von Sulfonat-Gruppen in eine wasserlösliche Form überführt. Ligninsulfonat ist ein pulverförmiger Rohstoff, der herkömmlich zur Papierherstellung verwendet werden kann und gemäß exemplarischen Ausführungsbeispielen der Erfindung wirksam als polymerbasierter Netzbildner des Untergrundverfestigers fungieren kann.

[0039] Gemäß einem Ausführungsbeispiel werden höchstens 15 Gewichts-% Wasser, bezogen auf den zu stabilisierenden Untergrund, verwendet. Die exakt zu verwendende Menge Wasser kann abhängig von den Bodeneigenschaften eingestellt werden, insbesondere von der ohnehin im Untergrund vorhandenen Feuchte. Die idealerweise gewählte Wassermenge hängt unter anderem von der Verdichtungsfähigkeit des Untergrundmaterials ab.

[0040] Als Netzbildner können Latexpolymere eingesetzt werden, die in Wasser löslich oder dispergierbar sind. Zum Beispiel kann Styrol-Butadien-Latex (SBR), (Meth)acrylat-Latex, Ethylen-Vinylacetat-Latex, Ethylen/Propylen-Latex, Ethylen/Propylen-Dien-Latex (EPDM), Butadien-Acrylnitril-Latex (NBR), Silikon-Latex (SI), Polybutadien-Latex (BR), Naturkautschuk-Latex oder ein Gemisch von zweien oder mehreren davon eingesetzt werden. Der Latex kann dabei unvernetzt oder vernetzt sein. Es ist auch möglich, einen unvernetzten Latex gemeinsam mit einem Vernetzungsmittel einzusetzen. Dabei werden insbesondere chemische Vernetzer mitverwendet. Das Molekulargewicht des dem Latex zugrunde liegenden Polymers kann 300 bis 1000000, bevorzugt 500 bis 100000 g/mol, betragen (Zahlenmittel des Molekulargewichts, bestimmt durch Gelpermeationschromatographie).

[0041] Der Untergrundverfestiger (der auch als Bodenverfestiger bezeichnet werden kann) kann mit einer Fräse in den zu verfestigenden Untergrund eingearbeitet werden. Dadurch entfällt ein aufwendiges Ersetzen des Untergrunds. Beispielsweise kann der Untergrundverfestiger gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung in pulverförmiger oder flüssiger Form über eine beispielsweise prozessorgesteuerte Pumpe in den Einzugsbereich einer Fräse eingesprüht und durch die Fräse mit dem Boden oder Erdreich vermischt werden. Dabei kann beispielsweise Zement oder ein weiteres oder anderes Bindemittel vorgestreut werden, das dann ebenfalls in den Untergrund eingebracht werden kann. Bei der Sanierung eines Untergrunds, beispielsweise Straßen, kann die Straßenoberschicht unter Hinzufügung eines Untergrundverfestigers gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung mit der Fräse vermischt werden. Ein Abtrag einzelner Schichten kann dabei vermieden werden.

[0042] Ein Untergrundverfestiger gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung kann mit Vorteil für den Unterbau und die Tragschicht für Landesstraßen, Bundesstraßen und Autobahnen, Geh- und Radwege mit und ohne Oberbau, Forst-, Wald- und Wirtschaftswege, Parkplätze, Lager-, Containerflächen mit/ohne Oberbau, Baustellenzufahrten, Sanierungsarbeiten, Aufbereitung von Wirtschaftswegen, Garten- und Landschaftsbau, ein Stabilisieren von Flugaschen, Gründungen im Spezialtiefbau, Rollbahnen, Erschließungsstraßen und/oder die Befestigung von Schot-

terpisten eingesetzt werden.

[0043] Das Verfahren zum Verfestigen eines Untergrunds kann wie folgt durchgeführt werden:

1. Entnahme einer Bodenprobe
2. Bestimmung des Wassergehalts der Bodenprobe
3. Bestimmung der Menge des hydraulischen Bindemittels und des elastischen Netzwirkbildners
4. Herstellen einer Suspension (oder Emulsion) auf Basis des polymerbasierten elastischen Netzwirkbildners
5. Einbringen der Suspension (oder Emulsion) in den Boden
6. Einfräsen des hydraulischen Bindemittels

[0044] Im Folgenden werden exemplarische Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung mit Verweis auf die folgenden Figuren detailliert beschrieben.

Figur 1 zeigt einen Behälter mit einem Untergrundverfestiger und einen Behälter von damit zu vermischendem Wasser gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Figur 2 zeigt einen Untergrund, der mit einem Untergrundverfestiger gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung zu erfüllen und zu stabilisieren ist, und dessen Feuchtegrad gemessen wird.

Figur 3 zeigt einen Behälter mit einem bereits mit einer Menge von Wasser vermischten Untergrundverfestiger gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung, welche Menge basierend auf einer Feuchtigkeitsbestimmung des Untergrunds bestimmt worden ist.

Figur 4 zeigt einen mit einem Untergrundverfestiger gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung verfüllten Untergrund.

Figur 5 zeigt ein Diagramm, in dem für einen herkömmlich zementstabilisierten Untergrund und für einen mit einem Untergrundverfestiger gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung sowie mit einem Vergleichsbeispiel verfestigten Untergrund eine Druckfestigkeit in MN/m² nach 7 Tagen und nach 28 Tagen aufgetragen ist.

Figur 6 zeigt ein auf Figur 5 bezogenes Diagramm, in dem für den herkömmlich zementstabilisierten Untergrund und für den mit dem Untergrundverfestiger gemäß dem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung sowie gemäß dem Vergleichsbeispiel verfestigten Untergrund die Spaltzugfestigkeit nach 7 Tagen und nach 28 Tagen aufgetragen ist.

Figur 7 zeigt ein auf Figur 5 und Figur 6 bezogenes Diagramm, in dem für den herkömmlich zementstabilisierten Untergrund und für den mit dem Untergrundverfestiger gemäß dem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung sowie gemäß dem Vergleichsbeispiel verfestigten Untergrund das Elastizitätsmodul in MN/m² aufgetragen ist.

Figur 8 zeigt ein auf Figur 5 bis Figur 7 bezogenes Diagramm, in dem für den herkömmlich zementstabilisierten Untergrund und für den mit einem Untergrundverfestiger gemäß dem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung sowie gemäß dem Vergleichsbeispiel verfestigten Untergrund die lineare Ausdehnung infolge Frost-Tau-Wechsel aufgetragen ist.

[0045] Gleiche oder ähnliche Komponenten in unterschiedlichen Figuren sind mit gleichen Bezugsziffern versehen.

[0046] Bevor bezugnehmend auf die Figuren exemplarische Ausführungsbeispiele der Erfindung beschrieben werden, sollen noch einige allgemeine Aspekte der Erfindung erläutert werden:

Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung wird ein Untergrundverfestiger geschaffen, bei dem eine polymermodifizierte Bodenstabilisierung mit hydraulischen Bindemitteln durch folgende Zusammensetzung realisiert werden kann:

vorzugsweise 2-10 Gewichts-% Bindemittel in Bezug auf einen zu stabilisierenden Untergrund (insbesondere Boden);
 2-3,5 Gewichts-% Polymer als elastischer Netzwirkbildner (trocken), in Bezug auf eingesetztes Bindemittel;
 vorzugsweise gelöst in einer Wasserzugabemenge, die zum Beispiel basierend auf einem Proctor-Test des Untergrund-Bindemittel-polymerbasierter Netzwirkbildner-Gemisches ermittelt werden kann. Die Wassermenge bewegt

sich dabei vorzugsweise im Bereich von 0-15 Gewichts-% in Bezug auf zu stabilisierenden Untergrund.

[0047] Die restlichen (zum Beispiel höchstens 70 Gewichts-%) des verfestigten Untergrunds können durch den zu verfestigenden Untergrund selbst bereitgestellt werden.

[0048] Bei einem Proctor-Test kann einer Bodenprobe, deren Trockenrohdichte zuvor ermittelt wurde, in einem definierten Gefäß nach einem festgelegten Arbeitsverfahren vordefinierte Energie über einen Proctorverdichter (insbesondere einem Fallgewicht mit Führungsstange) zugeführt und anschließend die erzielte Dichte ermittelt werden. Der Versuch kann mindestens fünfmal mit unterschiedlichen Wassergehalten durchgeführt werden. Trägt man die erzielten Dichten über dem zugehörigen Wassergehalt auf, ergibt sich eine Kurve, die zunächst ansteigt, ein Maximum erreicht und dann wieder abfällt. Das Maximum dieser Kurve ist die Proctordichte des Untergrunds mit zugehörigem optimalen Wassergehalt. Hierbei wird ein Zusammenhang zwischen Verdichtbarkeit und Wassergehalt sichtbar.

[0049] Mit einem Untergrundverfestiger gemäß dem oben beschriebenen exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung kann ein wesentlicher Teil der Mischung (nämlich der polymerbasierte Netzwerkstabilisator, der als Latexpolymer ausgebildet sein kann) flüssig oder trocken direkt in den Untergrund eingebracht und verarbeitet werden. Bevorzugt wird ein flüssiges Einbringen, da dann die Hydrophobierung des hydraulischen Bindemittels besonders geregelt erfolgen kann.

[0050] Die mit einem solchen Ausführungsbeispiel der Erfindung erzielbaren Vorteile sind zunächst ein erheblicher logistischer, da in einer flüssigen Mischung der größte Gewichtsanteil nur Wasser ist und dann nicht mehr anfällt. Darüber hinaus kann die in den Untergrund eingebrachte Menge an Wasser, welches zum Redispergieren des trockenen Latex (oder eines anderen polymerbasierten Netzwerkbildners) und zum Abbinden eines zusätzlich verwendeten Bindemittels (zum Beispiel Zement) eingesetzt wird, genau auf diese Komponenten und die tatsächlichen Wasserverhältnisse im Untergrund angepasst werden kann.

[0051] **Figur 1** zeigt einen Behälter 130 mit einem Untergrundverfestiger 104 und einen anderen Behälter 132 von damit zu vermischendem Wasser 108 gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0052] Der Untergrundverfestiger 104 kann zum Verfestigen eines Untergrunds 100 (siehe **Figur 2**), wie zum Beispiel einer Straße oder einem Sanduntergrund, eingesetzt werden. Der Untergrundverfestiger 104 weist ein schematisch dargestelltes Bindemittel 106 auf, zum Beispiel Zementpulver oder Kalkpulver. Das Bindemittel 106 kann sich allerdings auch teilweise bereits im Untergrund 100 befinden. Wenn sich das Bindemittel 106 ganz im Untergrund 100 befindet, kann das Hinzufügen von Bindemittel 106 zu dem Untergrundverfestiger 104 auch entbehrlich sein. Der beschriebene Untergrundverfestiger 104 kann mit Vorteil mit zwischen 2 Gewichts-% und 10 Gewichts-% Bindemittel 106 verarbeitet werden, bezogen auf den zu verfestigenden Untergrund 100. Darüber hinaus weist der schematisch dargestellte Untergrundverfestiger 104 erfindungsgemäß zwischen 2 Gewichts-% bis 3,5 Gewichts-% eines elastischen, anschaulich gummiartigen, schematisch dargestellten Polymer-Netzwerkbildners 102 auf, bezogen auf eine Menge des Bindemittels 106. Der Netzwerkbildner 102 weist erfindungsgemäß ein Latexpolymer auf oder besteht daraus (bevorzugt Styrolbutadienlatex).

[0053] Anschaulich kann der Netzwerkbildner 102 beim Verarbeiten des Untergrundverfestigers 100 mit dem Untergrund 100 ein Polymernetzwerk bilden und dabei den Untergrund verfestigen, ihm aber gleichzeitig einen elastischen und somit rissfesten und frostbeständigen Charakter verleihen. Bei den genannten mäßigen Mengen des Netzwerkbildners 102 kann gleichzeitig eine Erhöhung der Druckfestigkeit und eine Erhöhung des Elastizitätsmoduls des mittels des Untergrundverfestigers 104 verfestigten Untergrunds 100 erreicht werden. Es ist vorteilhaft, dass die Menge des Netzwerkbildners 102 nicht zu stark absinkt (insbesondere nicht weit unter 1 Gewichts-% absinkt, bezogen auf die Menge des Bindemittels 106) und nicht zu stark ansteigt (insbesondere nicht weit über 6 Gewichts-% ansteigt, bezogen auf die Menge des Bindemittels 106). Der in dem Behälter 130 befindliche Untergrundverfestiger 104 ist pulverförmig und weist noch kein Wasser 108 auf, was dessen Transport von einer Fertigungsstätte zu einer Baustelle signifikant vereinfacht.

[0054] Darüber hinaus kann der Untergrundverfestiger 104 gemäß dem beschriebenen Ausführungsbeispiel der Erfindung optional noch ein schematisch dargestelltes Additiv 110 bzw. eine gewisse Menge Kaolin aufweisen.

[0055] Dagegen kann der Untergrundverfestiger 104 vorzugsweise frei von Stabilisatoren, einem Verdickungsmittel, einem Entschäumer und einem Salz oder Hydroxid eines Alkali- oder Erdalkalimetalls sein. Das vereinfacht die Herstellung des Untergrundverfestigers 104, ohne dessen Funktion zu beeinträchtigen und reduziert die ohnehin schon geringe Umweltbelastung des Untergrundverfestigers 104.

[0056] Wie anhand **Figur 1** zu erkennen ist, können der Untergrundverfestiger 104 aus den beschriebenen Bestandteilen 102, 106, 110 sowie das Wasser 108 in separaten Behältern 130, 132 zu einer Baustelle transportiert werden. Eine Vermischung des Untergrundverfestigers 104 mit dem Wasser 108 kann dann erst unmittelbar vor dem Einbringen in den Untergrund 100 erfolgen, während eines separaten Einbringens von Untergrundverfestiger 104 und Wasser 108 in den Untergrund 100, oder nach dem Einbringen des Untergrundverfestigers 104 in den Untergrund 100.

[0057] **Figur 2** zeigt einen Untergrund 100, der mit einem Untergrundverfestiger 104 gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung zu verfüllen und zu stabilisieren ist und dessen Feuchtegrad gerade mittels eines Feuchtesensors 134 gemessen wird.

[0058] Mit anderen Worten wird vor dem Einbringen des in Figur 1 gezeigten Untergrundverfestigers 104 in den Untergrund 100 zunächst mittels des Feuchtesensors 134 ein Feuchtegrad des Untergrunds 100 gemessen. Somit wird mittels des Feuchtesensors 134 vor der Untergrundverfestigung eine Feuchtegradbestimmung des Materials des zu verfestigenden Untergrunds 100 durchgeführt. Basierend auf dem ermittelten Feuchtegrad wird erst nachfolgend das Wasser 108 mit dem Untergrundverfestiger 104 vermischt. Dieser Maßnahme liegt die Erkenntnis zugrunde, dass es für die Untergrundverfestigung in Hinblick auf Druckstabilität, Rissfestigkeit und Beständigkeit des verfestigten Untergrunds 100 wesentlich von Vorteil sein kann, nicht unabhängig von einem Feuchtegrad eines zu verfestigenden Untergrunds 100 eine fest vorgemischte Mischung aus Untergrundverfestiger 104 und Wasser 108 einzusetzen. Vielmehr ist es von Vorteil, dem granulatartigen oder pulverförmigen Untergrundverfestiger 104 eine variable Menge Wasser beizumischen, die von dem aktuellen Feuchtegrad des Untergrunds 100 abhängig ist. Auch die Mengen von hinzugefügtem Bindemittel 106 und Netzwerkbildner 102 können abhängig vom aktuellen Feuchtegrad des Untergrunds 100 eingestellt werden. Zum Beispiel kann kurz vor der Untergrundverfestigung fallender Regen, ein hoher Grundwasserspiegel oder ein grundsätzlich hoher Feuchtegrad eines Untergrunds 100 dazu führen, dass nur eine geringe Menge Wasser 108 oder sogar gar kein Wasser 108 dem in einer festen Phase befindlichen Untergrundverfestiger 104 beigemengt wird, bevor dieser in den Untergrund 100 eingebracht wird. Auf diese Weise kann eine wesentlich flexiblere Verfestigung von Untergründen 100 mit variablen Bodenbeschaffenheiten erreicht werden.

[0059] Zum Beispiel kann der folgende Prozess durchgeführt werden:

1. der Wassergehalt des Bodens wird bestimmt
2. die Proctordichte wird bestimmt
3. der Gesamtwassergehalt wird bemessen durch die Summe aus vorhandenem Wasser und einer zusätzlichen Beigabe
4. das zusätzliche Wasser wird mit dem polymerbasierten Netzwerkbildner vermischt

[0060] Figur 3 zeigt den Behälter 130 mit dem bereits mit einer Menge von Wasser 108 vermischten Untergrundverfestiger 104 gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung. Die Menge von verwendetem Netzwerkbildner 102, die Menge verwendeten Bindemittels 106 und die Menge von zugefügtem Wasser 108 ist basierend auf einer Feuchtigkeitsbestimmung des Untergrunds 100 (vergleiche Figur 2) bestimmt worden.

[0061] Indem die Menge von in den Untergrund 100 einzubringendem Wasser 108, Netzwerkbildner 102 und Bindemittel 106 abhängig von dem Feuchtegrad des Untergrunds 100 eingestellt wird, kann die Zusammensetzung der Mischung aus Untergrundverfestiger 104 und Wasser 108 flexibel und anwendungsbezogen sowie präzise so eingestellt werden, dass eine maximal feste Untergrundverfestigung erreicht werden kann. Abhängig von dem ermittelten Feuchtegrad wird also eine Menge Wasser 108, Netzwerkbildner 102 und Bindemittel 106 ermittelt, die mit dem Untergrundverfestiger 104 in den zu verfestigenden Untergrund 100 eingebracht wird. Dies erfolgt gemäß Figur 3 so, dass die ermittelte Menge Wasser 108 aus dem Behälter 132 in den Behälter 130 mit dem zuvor pulverförmigen Untergrundverfestiger 104 eingefüllt wird und diese Komponenten zu einer fließfähigen viskosen oder flüssigen Masse verrührt werden.

[0062] Bei dem beschriebenen Verfahren zum Verfestigen des Untergrunds 100 wird also zunächst gemäß Figur 1 der polymerbasierte elastische Netzwerkbildner 102 des Untergrundverfestigers 104 mit dem Bindemittel 106 vermischt. Nach Bestimmung des Feuchtegrads des zu verfestigenden Untergrunds 100 gemäß Figur 2 wird dann gemäß Figur 3 eine von dem Feuchtigkeitsgrad abhängige definierte Menge Wasser 108 zu dem Untergrundverfestiger 104 (in einer ebenfalls von dem Feuchtegrad des zu verfestigenden Untergrunds 100 abhängigen Menge) hinzugefügt und das resultierende Gemisch zu einem verfestigten Untergrund 100 verarbeitet. Dabei wird die Menge verwendeten Wassers 108 abhängig von einer Beschaffenheit des Untergrunds 100 eingestellt. Hierfür wird das Wasser 108 mit dem Untergrundverfestiger 104 vermischt, und zwar erst kurz bevor der Untergrundverfestiger 104 in den zu verfestigenden Untergrund 100 eingebracht wird. Genauer ausgedrückt wird das Wasser 108 in einer definierten untergrundfeuchtigkeitsabhängigen Menge mit dem Untergrundverfestiger 104 vermischt, unmittelbar bevor der Untergrundverfestiger 104 in den zu verfestigenden Untergrund 100 eingebracht wird.

[0063] Alternativ ist es auch möglich, das hydraulische Bindemittel 106 (zum Beispiel Zement) einerseits und den polymerbasierten elastischen Netzwerkbildner 102 (insbesondere als Polymer-Suspension) voneinander getrennt in den Untergrund 100 einzubringen und erst dort miteinander zu vermischen.

[0064] Vorzugsweise wird die gegebenenfalls in den Untergrundverfestiger 104 eingebrachte Menge Wasser 108 bzw. die Menge des in den Untergrund 100 eingebrachten Untergrundverfestigers 104 so bemessen, dass höchstens 15 Gewichts-% Wasser, bezogen auf den zu stabilisierenden Untergrund 100, verwendet werden. Eine Überwässerung kann dadurch vermieden werden.

[0065] Figur 4 zeigt einen mit dem Untergrundverfestiger 104 gemäß dem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung verfüllten Untergrund 100.

[0066] Um die Anordnung gemäß Figur 4 zu erhalten, wird der Untergrundverfestiger 100 gemäß Figur 3 zunächst in den Untergrund 100 eingebracht (gemäß Figur 3 und Figur 4 in einen Hohlraum 174 des Untergrunds 100) und gege-

benenfalls durch Rollen oder Pressen in eine gewünschte Form gebracht.

[0067] Der Netzwurkbildner 102, der gemeinsam mit dem Bindemittel 106 und dem Wasser 108 vermischt wurde, wird dann gemeinsam mit dem ursprünglichen Untergrund 100 zum Bilden des verfestigten Untergrunds 100 verarbeitet und dadurch verfestigt.

[0068] Im Weiteren wird ein anderes vorteilhaftes Ausführungsbeispiel beschrieben, das in der Figur nicht dargestellt ist. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel wird zunächst ein Gemisch aus einem Netzwurkbildner 102, einem Bindemittel 106 und dem zu verfestigenden Untergrund 100 gebildet. Sodann wird eine Untersuchung an dem Gemisch durchgeführt. Basierend auf einem Ergebnis der Untersuchung kann dann die Menge des mit dem Gemisch zu vermengenden Wassers 108 bestimmt werden. Die bestimmte Menge Wasser 108 wird nachfolgend mit dem Gemisch vermenget. Auch durch diese Vorgehensweise kann eine hochpräzise Mischung erstellt werden.

[0069] Figur 5 zeigt ein Diagramm 600, in dem für einen herkömmlich verfestigten Untergrund und für einen mit einem Untergrundverfestiger 104 gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung sowie gemäß einem Vergleichsbeispiel verfestigten Untergrund 100 eine Druckfestigkeit in MN/m² nach 7 Tagen und nach 28 Tagen aufgetragen ist. Genauer gesagt sind entlang einer Abszisse 602 unterschiedliche verfestigte Untergründe aufgetragen, wohingegen entlang einer Ordinate 604 die Druckfestigkeit ("unconfined compression strength") in MN/m² nach 7 Tagen (jeweils linker Balken) und nach 28 Tagen (jeweils rechter Balken) aufgetragen ist. Figur 6 zeigt ein auf Figur 5 bezogenes Diagramm 700, in dem für den herkömmlich verfestigten Untergrund und für den mit dem Untergrundverfestiger 104 gemäß dem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung sowie gemäß dem Vergleichsbeispiel verfestigten Untergrund 100 die Spaltzugfestigkeit nach 7 Tagen und nach 28 Tagen aufgetragen ist.

[0070] Figur 7 zeigt ein auf Figur 5 und Figur 6 bezogenes Diagramm 800, in dem für den herkömmlich verfestigten Untergrund und für den mit dem Untergrundverfestiger 104 gemäß dem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung sowie gemäß dem Vergleichsbeispiel verfestigten Untergrund 100 das Elastizitätsmodul in MN/m² aufgetragen ist.

[0071] Figur 8 zeigt ein auf Figur 5 bis Figur 7 bezogenes Diagramm 900, in dem für den herkömmlich verfestigten Untergrund und für den mit einem Untergrundverfestiger 104 gemäß dem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung sowie gemäß dem Vergleichsbeispiel verfestigten Untergrund 100 die lineare thermische Ausdehnung infolge Frost-Tau-Wechsel in Promille aufgetragen ist.

[0072] Die experimentellen Befunde gemäß Figur 5 bis Figur 8 geben die genannten Daten zum einen für einen Referenzuntergrund wieder. Der Referenzuntergrund ist entlang den Abszissen 602 gemäß Figur 5 bis Figur 8 jeweils durch die Ziffer "1" charakterisiert. Bei dem Referenzuntergrund handelt es sich um einen herkömmlichen, zementstabilisierten Untergrund.

[0073] Ziffer "2" in Figur 5 bis Figur 8 bezieht sich ebenfalls auf einen Untergrund, der mit einem Untergrundverfestiger 104 gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung behandelt wurde. Dieser enthält einen pulverförmigen latexbasierten Polymer-Netzwurkbildner 102 und das Zement als Bindemittel 106.

[0074] Ziffer "3" in Figur 5 bis Figur 8 bezieht sich ebenfalls auf einen entsprechenden Untergrund, der mit einem Untergrundverfestiger 104 gemäß einem Vergleichsbeispiel verarbeitet wurde. Dieser enthält einen pulverförmigen latexbasierten Polymer-Netzwurkbildner 102 in einer anderen Menge als gemäß "2" und das Zement als Bindemittel 106.

[0075] Den experimentellen Befunden von Figur 5 bis Figur 8 ist zu entnehmen, dass der Untergrundverfestiger 104 gemäß dem Ausführungsbeispiel der Erfindung eine signifikante Verbesserung gegenüber dem herkömmlich verfestigten Referenzuntergrund hinsichtlich Festigkeit und Steifigkeit zeigt. Außerdem ist eine signifikante Verbesserung der Frostbeständigkeit zu erkennen.

[0076] Im Weiteren werden die experimentellen Befunde gemäß Figur 5 bis Figur 8 näher beschrieben.

[0077] Um die Wirkungsweise des polymerbasierten Netzwurkbildners als Zusatzstoff des Bodenverfestigers gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung hinsichtlich Veränderung der Festigkeit und Frostbeständigkeit eines mittels hydraulischen Bindemittels verfestigten Bodens erfassen zu können, sind die in Figur 5 bis Figur 8 dargestellten vergleichenden Laboruntersuchungen durchgeführt worden.

[0078] Da jeder natürlich gewachsene Boden Inhomogenitäten aufweist, sind die Versuche, zur Erhöhung der Vergleichbarkeit, an Probekörpern aus einem Vergleichsboden durchgeführt worden. Der Vergleichsboden wurde aus 80 Gewichts-% Quarzsand (Produkt Siligrans) und 20 Gewichts-% Quarzmehl (Produkt Microsil M300) hergestellt. Dieser Boden weist einen Sandanteil von 80 Gewichts-%, einen Schluffanteil von 17 Gewichts-% und einen Tonanteil von 3 Gewichts-% auf. Es handelt sich somit um einen schluffigen Sand (si SA).

[0079] Als Bindemittel ist Zement des Typs CEM II/B-M (C-L) 32,5 R eingesetzt worden. Die Bindemittelmenge betrug einheitlich 3,5 Gewichts-%.

[0080] Als Zusatzstoff ist der polymerbasierte Netzwurkbildner im Ausmaß von 0 Gewichts-%, 2,5 Gewichts-% und 4,0 Gewichts-% bezüglich Zementgehalt beigegeben worden. Der polymerbasierte Netzwurkbildner 102 (der mit 0 Gewichts-%, 2,5 Gewichts-% bzw. 4,0 Gewichts-% bezüglich Zementgehalt beigegeben wurde) wies einen relativen Anteil von ca. 80 Gewichts-% Styrolbutadienlatex (allgemeiner: 70 bis 90 Gewichts-% Styrolbutadienlatex), ca. 10 Gewichts-% Kaolin (allgemeiner: 2 bis 20 Gewichts-% Kaolin) und ca. 10 Gewichts-% weitere Additive 110 (allgemeiner:

EP 3 366 843 B1

3 bis 17 Gewichts-% Additive) auf (wobei dem Fachmann klar ist, dass sich die Summe der Gewichtsprozent von Styrolbutadienlatex, Kaolin und Additiven auf 100% summiert).

[0081] Aus diesen Gemischen sind die Probekörper unter Zugabe von 8 Gewichts-% Wasser und Verdichtung nach Proctorbedingungen in Übereinstimmung mit der Norm EN 13286-2:2012 hergestellt worden.

[0082] Die maßgebenden Laborversuche zur Charakterisierung der Festigkeit und Frostbeständigkeit der Probekörper sind wie folgt festgelegt worden:

- Druckfestigkeit nach 7 und 28 Tagen gemäß EN 13286-41:2003 (vergleiche Figur 5)
- Spaltzugfestigkeit nach 7 und 28 Tagen gemäß EN 13286-42:2003 (vergleiche Figur 6)
- Elastizitätsmodul gemäß EN 13286-43:2003 (vergleiche Figur 7)
- Frosthebungsversuche gemäß TP BF StB, Teil 11, Pkt. 1 (vergleiche Figur 8)

[0083] Die erstgenannten drei Versuche sind für die Beurteilung der Festigkeit des Bodenkörpers und der letztgenannte Versuch für die Frostbeständigkeit des Bodens maßgebend.

[0084] Nachstehend sollen die Versuchsergebnisse angeführt und aus geotechnischer Sicht bewertet werden. Zusätzlich wird in Klammer jeweils die prozentuelle Erhöhung gegenüber den Werten des Zement-Bodengemisches ohne Zusatz des polymerbasierten Netzwerkbildners angegeben.

[0085] Es wird dabei bezugnehmend auf die nachfolgenden Tabellen auf die Auswirkungen der Zugabe des polymerbasierten Netzwerkbildners auf die Festigkeit des Boden-Zement Gemisches einerseits und die Frostbeständigkeit andererseits eingegangen.

Tabelle 1: einaxiale Druckfestigkeit (vergleiche Figur 5)

Probe	7-Tage-Festigkeit (N/mm ²)	28-Tage-Festigkeit (N/mm ²)
Zement	2,3	4,2
Zement + 2,5 Masseprozent polymerbasierter Netzwerkbildner	2,6 (+10%)	5,1 (+20%)
Zement + 4 Masseprozent polymerbasierter Netzwerkbildner	1,9 (-21%)	4,2 (±0%)

Tabelle 2: Spaltzugfestigkeit (vergleiche Figur 6)

Probe	7-Tage-Festigkeit (N/mm ²)	28-Tage-Festigkeit (N/mm ²)
Zement	0,10	0,30
Zement + 2,5 Masseprozent polymerbasierter Netzwerkbildner	0,17 (+70%)	0,33 (+10%)
Zement + 4 Masseprozent polymerbasierter Netzwerkbildner	0,10 (±0%)	0,27 (-10%)

Tabelle 3: E-Modul (vergleiche Figur 7)

Probe	28-Tage-Festigkeit (N/mm ²)
Zement	228
Zement + 2,5 Masseprozent polymerbasierter Netzwerkbildner	419 (+83%)
Zement + 4 Masseprozent polymerbasierter Netzwerkbildner	356 (+56%)

Tabelle 4: Frosthebung (vergleiche Figur 8)

Probe	Lineare Ausdehnung (‰)
Zement	23,2
Zement + 2,5 Masseprozent polymerbasierter Netzwerkbildner	7,9 (-66%)
Zement + 4 Masseprozent polymerbasierter Netzwerkbildner	6,1 (-74%)

[0086] Hinsichtlich der Druckfestigkeit ist festzuhalten, dass die Zugabe von 2,5 Gewichts-% des polymerbasierten Netzwerkbildners eine nennenswerte Festigkeitszunahme bewirkt. Diese beträgt nach 7 Tagen 10 % und nach 28 Tagen 20 %. Der 7-Tagewert von 2,6 MN/m² liegt bei Zugabe des polymerbasierten Netzwerkbildners nur knapp unter den Anforderungen für zementstabilisierte Tragschichten gemäß RVS 08.17.01. Dort beträgt der Soll-Wert 3,0 MN/m². Bei Erhöhung des Zementgehaltes kann auch dieser Wert erreicht werden.

[0087] Eine deutlich höhere Dosis des polymerbasierten Netzwerkbildners bleibt hingegen ohne positive Auswirkung auf die Druckfestigkeit. Die Werte entsprechen in etwa jenen ohne Zugabe des polymerbasierten Netzwerkbildners.

[0088] Im Falle der Spaltzugfestigkeit resultiert bei Zugabe von 2,5 Gewichts-% des polymerbasierten Netzwerkbildners eine kurzzeitige Erhöhung um 70% nach 7 Tagen und eine langfristige erhebliche Erhöhung um ca. 10 % nach 28 Tagen.

[0089] Eine weitere deutliche Erhöhung des Gehaltes des polymerbasierten Netzwerkbildners wirkt sich hingegen auch bei diesem Parameter nicht mehr positiv aus. Die Werte liegen in etwa 10 % unter jenen ohne Zugabe des polymerbasierten Netzwerkbildners.

[0090] Der E-Modul (Verformungsverhalten), der für das Verformungsverhalten maßgebend ist, erhöht sich durch die Zugabe von 2,5 Gewichts-% des polymerbasierten Netzwerkbildners sehr stark. Es liegt ein um 83 % höherer Wert und somit eine wesentlich geringere Verformbarkeit vor, was sich äußerst positiv auf die Tragfähigkeit auswirkt.

[0091] Eine weitere Erhöhung des Gehaltes des polymerbasierten Netzwerkbildners führt zu einer etwas geringeren Erhöhung um 56 % gegenüber dem Ausgangswert ohne Zugabe des polymerbasierten Netzwerkbildners.

[0092] Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Zugabe von 2,5(±0,5) Gewichts-% des polymerbasierten Netzwerkbildners das technische Optimum darstellt.

[0093] Diese Zugabemenge wirkt sich positiv auf das Tragverhalten und Verformungsverhalten des mittels Zement verfestigten Bodens aus. Durch das höhere Tragverhalten kann eine Reduzierung der Bodenauswechslungs- bzw. Tragschichtstärken erfolgen.

[0094] Die geringere Verformbarkeit wirkt sich hingegen positiv auf die Bemessung des Asphaltbelages bzw. einer Betondecke aus. Es kann dementsprechend die Schichtstärke bzw. im Falle der Betonplatte (Hallenbau) auch der Bewehrungsgehalt reduziert werden.

[0095] Ferner wird auch die Frostbeständigkeit durch die Zugabe des polymerbasierten Netzwerkbildners exorbitant erhöht. Die Frosthebung vermindert sich bei Zugabe von 2,5 Gewichts-% um 66 % und bei Zugabe von 4 Gewichts-% um 74 %.

[0096] Der für frostsichere Gesteinskörnungen in der ÖNORM B 4811:2013, Pkt. 5.4, angegebenen Soll-Wert von 10 % (15 mm bei Probenhöhe 150 mm) wird jedenfalls nennenswert unterschritten.

[0097] Die Proben sind daher nach Zugabe des polymerbasierten Netzwerkbildners für Straßen als ausreichend frostbeständig einzustufen.

[0098] Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Zugabe von 2 Gewichts-% bis 3,5 Gewichts-% des polymerbasierten Netzwerkbildners das Optimum aus technischer Sicht darstellt, weil sich damit mit geringem Aufwand Druckfestigkeit, Spaltzugfestigkeit, Elastizitätsmodul und Frostbeständigkeit verbessern lassen.

[0099] Im Weiteren soll auf Basis der Versuchsergebnisse und der geotechnischen Bewertung ein Überblick über mögliche Anwendungsgebiete des polymerbasierten Netzwerkbildners erfolgen. Bei den möglichen Anwendungen ist einerseits die Verbesserung des Trag- und Verformungsverhalten und andererseits die Erhöhung der Frostbeständigkeit zu berücksichtigen.

[0100] Als mögliche Anwendung ist zunächst die Sanierung von untergeordneten Straßen mit Frosts Schäden zu nennen.

[0101] Es existiert im untergeordneten Straßennetz eine Vielzahl an Straßen, wo kein ausreichender Aufbau vorhanden ist. Dies führt laufend zu Frosts Schäden, die üblicherweise provisorisch saniert werden. Eine Gesamtanierung ist dann vorgesehen, wenn die Einzelschäden ein zu großes Ausmaß annehmen.

[0102] In diesem Zusammenhang bietet der Zusatz des polymerbasierten Netzwerkbildners zum Zement die Möglichkeit, den bestehenden Unterbau damit zu stabilisieren. Dadurch kann einerseits die Tragfähigkeit auf die Anforderungen erhöht werden. Der polymerbasierte Netzwerkbildner bietet allerdings auch den Vorteil, dass der Unterbau frostsicher gemacht wird. Dementsprechend können zukünftig auch die Frosts Schäden minimiert werden.

[0103] Darüber hinaus können die bestehenden Materialien belassen werden. Es entfallen dadurch der Materialbedarf

und die Materialentsorgung. Durch den Entfall der Transporte kann auch die Bauzeit und die Umweltbelastung minimiert werden.

[0104] Als weitere Anwendungsbeispiele sind die Errichtung von Straßen, Wirtschafts- und Forstwegen, Parkplätzen und Betriebsgebieten zu nennen.

[0105] Auf Grund der Erhöhung der Frostbeständigkeit des anstehenden Untergrundes durch die Zugabe des polymerbasierten Netzbildners kann die Stärke der Frostschuttschichte reduziert bzw. auf eine mechanisch stabilisierte Tragschichte (zum Beispiel 20 cm oder weniger) beschränkt werden.

[0106] Zusätzlich ermöglicht die Erhöhung der Tragfähigkeit bzw. Verminderung der Verformbarkeit eine Optimierung des Asphaltaufbaues.

[0107] Als weiteres Anwendungsbeispiel kommen Industriehallen in Betracht.

[0108] Im Falle von Industriebauten werden oftmals monolithische oder zweifach bewehrte Bodenplatten ausgeführt.

[0109] Durch eine Bodenstabilisierung mittels hydraulischem Bindemittel und Zugabe des polymerbasierten Netzbildners kann am anstehenden Boden einerseits die Verformbarkeit minimiert und die Frostsicherheit erreicht werden. Dementsprechend kann die Frostschuttschichte reduziert bzw. auf eine mechanisch stabilisierte Tragschichte (20 cm oder weniger) beschränkt werden. Die Erhöhung der Tragfähigkeit ermöglicht außerdem eine optimierte Bemessung der Bodenplatte durch Erhöhung der Bettung der Platte.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verfestigen eines Untergrunds (100), wobei bei dem Verfahren:

ein polymerbasierter elastischer Netzbildner (102) eines Untergrundverfestigers (104) mit einem Bindemittel (106) und Wasser (108) zu einem verfestigten Untergrund (100) verarbeitet werden; und eine Menge verwendeten Netzbildners (102), eine Menge verwendeten Bindemittels (106) und eine Menge verwendeten Wassers (108) abhängig von einer Beschaffenheit des Untergrunds (100) eingestellt wird; wobei der zum Verfestigen des Untergrunds (100) verwendete Untergrundverfestiger (104) aufweist:

das Bindemittel (106); und

die Menge des elastischen Netzbildners (102), bezogen auf die Menge des Bindemittels (106), mit dem der Netzbildner (102) und das Wasser (108) zum Bilden des verfestigten Untergrunds (100) verarbeitet werden, wobei der Netzbildner (102) ein Latexpolymer aufweist oder daraus besteht, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Menge des elastischen Netzbildners (102), bezogen auf die Menge des Bindemittels (106), 2 Gewichts-% bis 3,5 Gewichts-% beträgt.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, aufweisend eines der folgenden Merkmale:

wobei das Wasser (108) mit dem insbesondere pulverförmigen Untergrundverfestiger (104) vermischt wird, bevor der Untergrundverfestiger (104) in den zu verfestigenden Untergrund (100) eingebracht wird, insbesondere unmittelbar bevor der Untergrundverfestiger (104) in den zu verfestigenden Untergrund (100) eingebracht wird;

wobei das Wasser (108) mit dem insbesondere pulverförmigen Untergrundverfestiger (104) vermischt wird, während der Untergrundverfestiger (104) in den zu verfestigenden Untergrund (100) eingebracht wird und/oder nachdem der Untergrundverfestiger (104) in den zu verfestigenden Untergrund (100) eingebracht worden ist.

3. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 2, aufweisend zumindest eines der folgenden Merkmale:

wobei ein Feuchtegrad des Untergrunds (100) ermittelt wird und basierend auf dem ermittelten Feuchtegrad erst nachfolgend eine daraus ermittelte Menge Netzbildner (102), Menge Bindemittel (106) und Menge Wasser (108) mit dem Untergrundverfestiger (104) vermischt wird;

wobei das Bindemittel (106) ganz oder teilweise Teil des Untergrundverfestigers (104) ist;

wobei das Bindemittel (106) teilweise Teil des zu verfestigenden Untergrunds (100) ist.

4. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Untergrundverfestiger (104) in pulverförmiger Form oder als Granulat in den zu verfestigenden Untergrund (100) eingebracht wird.

5. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei:

ein Gemisch aus dem Netzworkebildner (102), dem Bindemittel (106) und dem zu verfestigenden Untergrund (100) gebildet wird;
eine Untersuchung an dem Gemisch durchgeführt wird;
basierend auf einem Ergebnis der Untersuchung die Menge des mit dem Gemisch zu vermengenden Netzworkebildners (102), Bindemittels (106) und Wassers (108) bestimmt wird;
die bestimmte Menge Netzworkebildner (102), Bindemittel (106) und Wasser (108) mit dem Gemisch vermengt wird.

6. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Netzworkebildner (102), insbesondere trocken oder in einer wässrigen Suspension, und das Bindemittel (106) getrennt voneinander und ohne Vormischung in den zu verfestigenden Untergrund (100) eingearbeitet werden.

7. Untergrundverfestiger (104) zum Verfestigen eines Untergrunds (100), wobei der Untergrundverfestiger (104) aufweist:

ein Bindemittel (106); und
eine Menge eines elastischen Netzworkebildners (102), bezogen auf eine Menge des Bindemittels (106), mit dem der Netzworkebildner (102) und Wasser (108) zum Bilden des verfestigten Untergrunds (100) verarbeitbar sind, wobei der Netzworkebildner (102) ein Latexpolymer aufweist oder daraus besteht,
dadurch gekennzeichnet, dass die Menge des elastischen Netzworkebildners (102), bezogen auf die Menge des Bindemittels (106), 2 Gewichts-% bis 3,5 Gewichts-% beträgt.

8. Untergrundverfestiger (104) gemäß Anspruch 7, aufweisend zumindest eines der folgenden Merkmale:

wobei das Bindemittel (106) aus einer Gruppe ausgewählt ist, die besteht aus Zement und Kalk;
wobei der Untergrundverfestiger (104) trocken vorliegt, insbesondere pulverförmig ist;
wobei der Untergrundverfestiger (104) als Suspension vorliegt;
wobei der Untergrundverfestiger (104) frei von zumindest einem aus einer Gruppe bestehend aus Stabilisatoren, einem Verdickungsmittel, einem Entschäumer, und einem Salz oder Hydroxid eines Alkali- oder Erdalkalimetalls ist;
wobei das Latexpolymer Styrolbutadienlatex ist.

9. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei zwischen 2 Gewichts-% und 10 Gewichts-% Bindemittel (106), bezogen auf den zu verfestigenden Untergrund (100), verwendet werden.

10. Verfahren gemäß Anspruch 9, wobei höchstens 15 Gewichts-% Wasser (108), bezogen auf den zu stabilisierenden Untergrund (100), verwendet werden.

Claims

1. Method of solidifying a ground (100), wherein in the method:

a polymer based elastic network former (102) of a ground solidifier (104) is processed with a binder (106) and water (108) to a solidified ground (100); and
an amount of the used network former (102), an amount of the used binder (106) and an amount of the used water (108) is adjusted dependent on a composition of the ground (100);
wherein the ground solidifier (104) which is used for solidifying the ground (100) comprises:

the binder (106); and
the amount of the elastic network former (102) relating to the amount of the binder (106), with which the network former (102) and the water (108) are processed for forming the solidified ground (100), wherein the network former (102) comprises or consists of a latex polymer,

characterized in that the amount of the elastic network former (102) relating to the amount of the binder (106) is 2 weight percent to 3,5 weight percent.

2. Method according to claim 1, comprising one of the following features:

wherein the water (108) is mixed with the, in particular powdered, ground solidifier (104) before the ground solidifier (104) is introduced into the ground (100) to be solidified, in particular directly before the ground solidifier (104) is introduced into the ground (100) to be solidified;

wherein the water (108) is mixed with the, in particular powdered, ground solidifier (104) while the ground solidifier (104) is introduced into the ground (100) to be solidified and/or after the ground solidifier (104) has been introduced into the ground (100) to be solidified.

3. Method according to one of the claims 1 to 2, comprising at least one of the following features:

wherein a degree of humidity of the ground (100) is determined and based on the determined degree of humidity only subsequently the amount of the network former (102), the amount of the binder (106) and the amount of the water (108), which are determined therefrom, are mixed with the ground solidifier (104);

wherein the binder (106) is entirely or partially a part of the ground solidifier (104);

wherein the binder (106) is partially a part of the ground (100) to be solidified.

4. Method according to one of the claims 1 to 3, wherein the ground solidifier (104) is introduced into the ground (100) to be solidified in powdered form or as granulate.

5. Method according to one of the claims 1 to 4, wherein:

a mixture of the network former (102), the binder (106) and the ground (100) to be solidified is formed;

an inspection of the mixture is performed;

based on a result of the inspection, the amount of the network former (102) to be mixed with the mixture, the binder (106) and the water (108) is determined;

the determined amount of the network former (102), the binder (106) and the water (108) is mixed with the mixture.

6. Method according to one of the claims 1 to 5, wherein the network former (102), in particular dry or in an aqueous suspension, and the binder (106) are incorporated into the ground (100) to be solidified separated from each other and without pre-mixture.

7. Ground solidifier (104) for solidifying a ground (100), wherein the ground solidifier (104) comprises:

a binder (106); and

an amount of an elastic network former (102) relating to an amount of the binder (106), with which the network former (102) and the water (108) are processable for forming the ground (100) to be solidified, wherein the network former (102) comprises or consists of a latex polymer,

characterized in that the amount of the elastic network former (102) relating to the amount of the binder (106) is 2 weight percent to 3,5 weight percent.

8. Ground solidifier (104) according to claim 7, comprising at least one of the following features:

wherein the binder (106) is selected from a group consisting of cement and lime;

wherein the ground solidifier (104) is dry, in particular powdered;

wherein the ground solidifier (104) is a suspension;

wherein the ground solidifier (104) is free from at least one of a group consisting of stabilizers, a thickener, a defoamer, and a salt or hydroxide of an alkali metal or an alkaline earth metal;

wherein the latex polymer is styrene-butadiene latex.

9. Method according to one of the claims 1 to 6, wherein between 2 weight percent and 10 weight percent binder (106) relating to the ground (100) to be solidified are used.

10. Method according to claim 9, wherein at most 15 weight percent water (108) relating to the ground (100) to be stabilized are used.

Revendications

1. Procédé de consolidation d'un sol (100), dans lequel pour le procédé :

un agent réticulant (102) élastique à base de polymère d'un consolidateur de sol (104) avec un liant (106) et de l'eau (108) sont traités pour former un sol consolidé (100) ; et
une quantité d'agent réticulant utilisé (102), une quantité de liant utilisé (106) et une quantité d'eau utilisée (108) sont définies en fonction d'une nature du sol (100) ;
dans lequel le consolidateur de sol (104) utilisé pour la consolidation du sol (100) présente :

le liant (106) ; et

la quantité de l'agent réticulant (102) élastique, par rapport à la quantité du liant (106), avec lequel l'agent réticulant (102) et l'eau (108) sont traités pour la formation du sol consolidé (100), dans lequel l'agent réticulant (102) présente un polymère de latex ou s'en compose,

caractérisé en ce que la quantité de l'agent réticulant (102) élastique représente, par rapport à la quantité du liant (106), 2 % en poids à 3,5 % en poids.

2. Procédé selon la revendication 1, présentant une des caractéristiques suivantes :

caractérisé en ce que l'eau (108) est mélangée avec le consolidateur de sol (104) en particulier poudreux avant que le consolidateur de sol (104) ne soit introduit dans le sol (100) à consolider, en particulier directement avant que le consolidateur de sol (104) ne soit introduit dans le sol (100) à consolider ;
dans lequel l'eau (108) est mélangée avec le consolidateur de sol (104) en particulier poudreux, alors que le consolidateur de sol (104) est introduit dans le sol à consolider (100) et/ou après que le consolidateur de sol (104) a été introduit dans le sol à consolider (100).

3. Procédé selon l'une des revendications 1 à 2, présentant au moins une des caractéristiques suivantes :

caractérisé en ce qu'un degré d'humidité du sol (100) est déterminé et seulement ensuite sur la base du degré d'humidité déterminé, une quantité déterminée à partir de celui-ci de l'agent réticulant (102), une quantité de liant (106) et une quantité d'eau (108) sont mélangées au consolidateur de sol (104) ;
dans lequel le liant (106) fait entièrement ou partiellement partie du consolidateur de sol (104) ;
dans lequel le liant (106) fait partiellement partie du sol à consolider (100).

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le consolidateur de sol (104) est introduit sous la forme de poudre ou comme granulat dans le sol (100) à consolider.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** :

un mélange de l'agent réticulant (102), du liant (106) et du sol (100) à consolider est formé ;
un examen est réalisé au niveau du mélange ;
sur la base d'un résultat de l'examen la quantité de l'agent réticulant (102), du liant (106) et de l'eau (108) à mélanger au mélange est déterminée ;
la quantité déterminée d'agent réticulant (102), de liant (106) et d'eau (108) est mélangée au mélange.

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** l'agent réticulant (102), en particulier à sec ou dans une suspension aqueuse, et le liant (106) sont séparés l'un de l'autre et sont incorporés sans prémélange dans le sol (100) à consolider.

7. Consolidateur de sol (104) pour la consolidation d'un sol (100), dans lequel le consolidateur de sol (104) présente :

un liant (106) ; et

une quantité d'un agent réticulant (102) élastique, par rapport à une quantité du liant (106), avec lequel l'agent réticulant (102) et de l'eau (108) peuvent être traités pour la formation du sol (100) consolidé, dans lequel l'agent réticulant (102) présente un polymère de latex ou s'en compose,

caractérisé en ce que la quantité de l'agent réticulant (102) élastique représente, par rapport à la quantité du liant (106), 2 % en poids à 3,5 % en poids.

8. Consolidateur de sol (104) selon la revendication 7, présentant au moins une des caractéristiques suivantes :

caractérisé en ce que le liant (106) est sélectionné à partir d'un groupe qui se compose de ciment et de chaux ;
dans lequel le consolidateur de sol (104) se présente de manière sèche, en particulier est poudreux ;

EP 3 366 843 B1

dans lequel le consolidateur de sol (104) se présente sous forme de suspension ;
dans lequel le consolidateur de sol (104) est exempt d'au moins un à partir d'un groupe se composant de stabilisateurs, d'un épaississant, d'un agent antimoussant, et d'un sel ou hydroxyde d'un métal alcalin ou alcalinoterreux ;
5 dans lequel le polymère de latex est du latex de styrène et de butadiène.

9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce qu'**entre 2 % en poids et 10 % en poids de liant (106) sont utilisés par rapport au sol (100) à consolider.

10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce qu'**au plus 15 % en poids d'eau (108) sont utilisés par rapport au sol (100) à stabiliser.

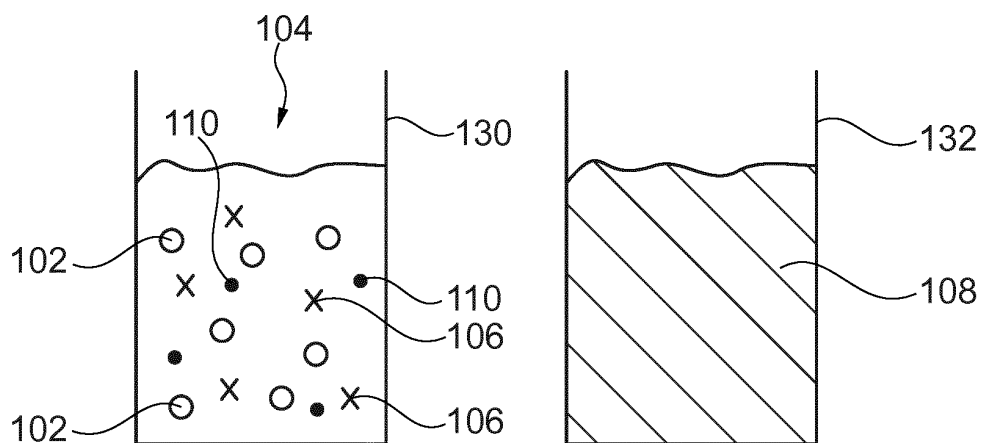


Fig. 1

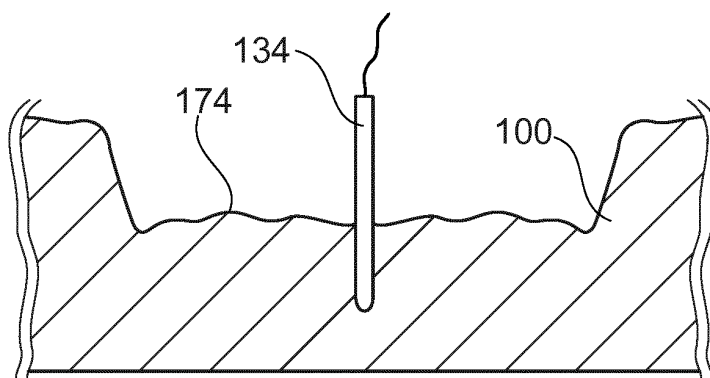


Fig. 2

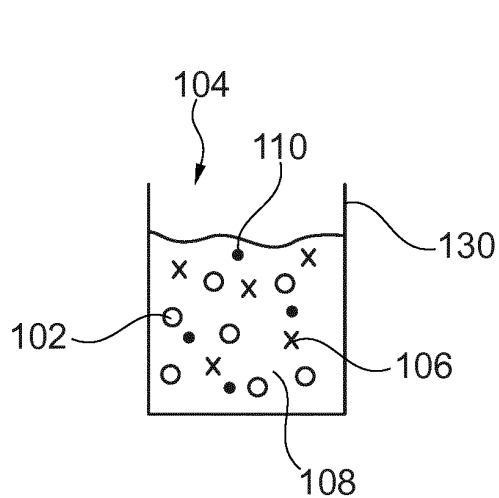


Fig. 3

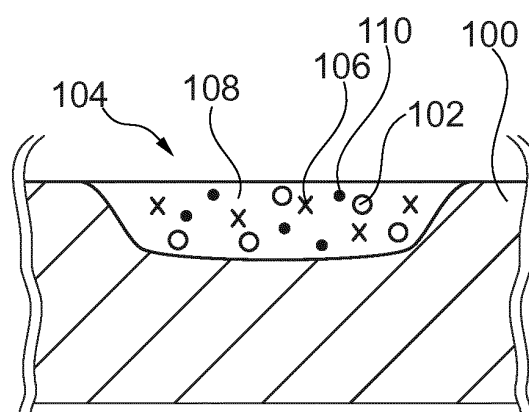


Fig. 4

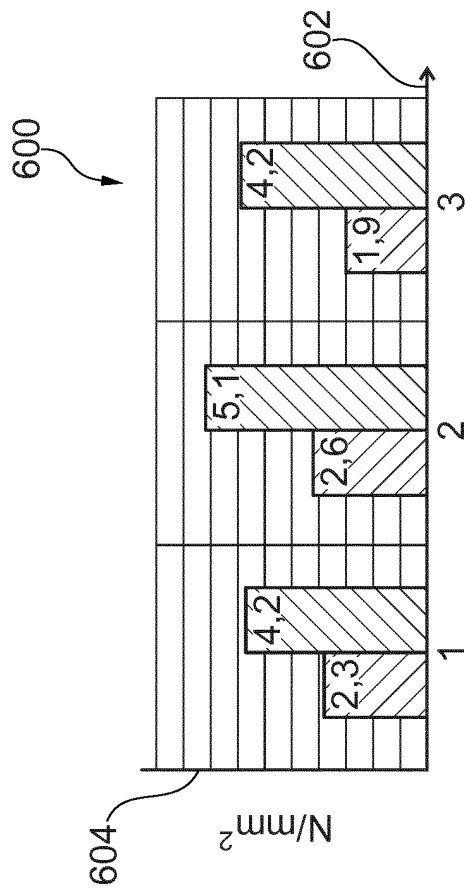


Fig. 5

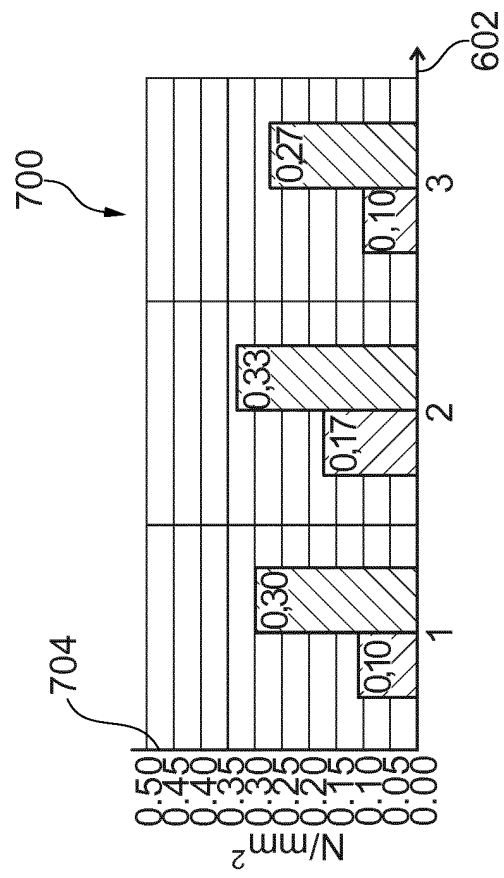


Fig. 6

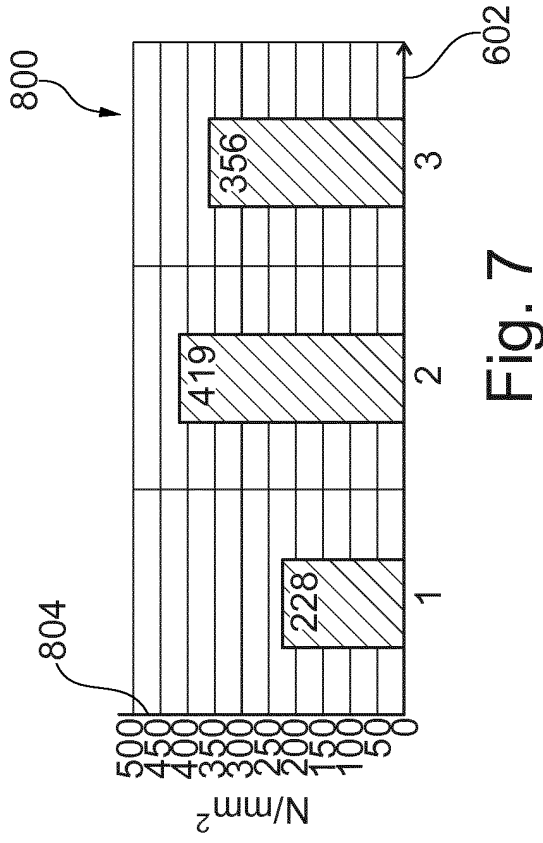


Fig. 7

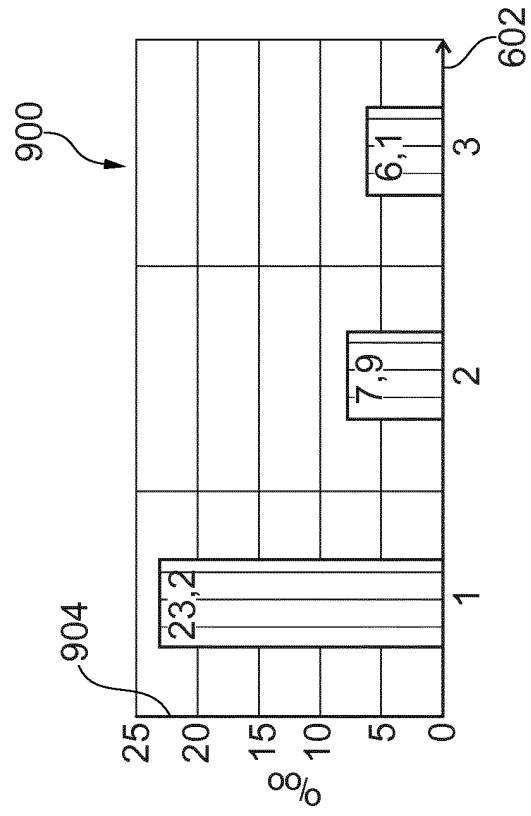


Fig. 8

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 102008016325 A1 [0006]
- DE 102004009509 A1 [0007]