

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) EP 0 950 641 A2

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
20.10.1999 Patentblatt 1999/42

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: C02F 5/08

(21) Anmeldenummer: 99105768.8

(22) Anmeldetag: 22.03.1999

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder:  
Wegmüller, Marcel Christian  
4125 Riehen (CH)

(30) Priorität: 15.04.1998 CH 86498

(74) Vertreter:  
Hartmann, Günter, Dr. Dipl.-Chem.  
Ruschke Hartmann Becker  
Pienzenauerstrasse 2  
81679 München (DE)

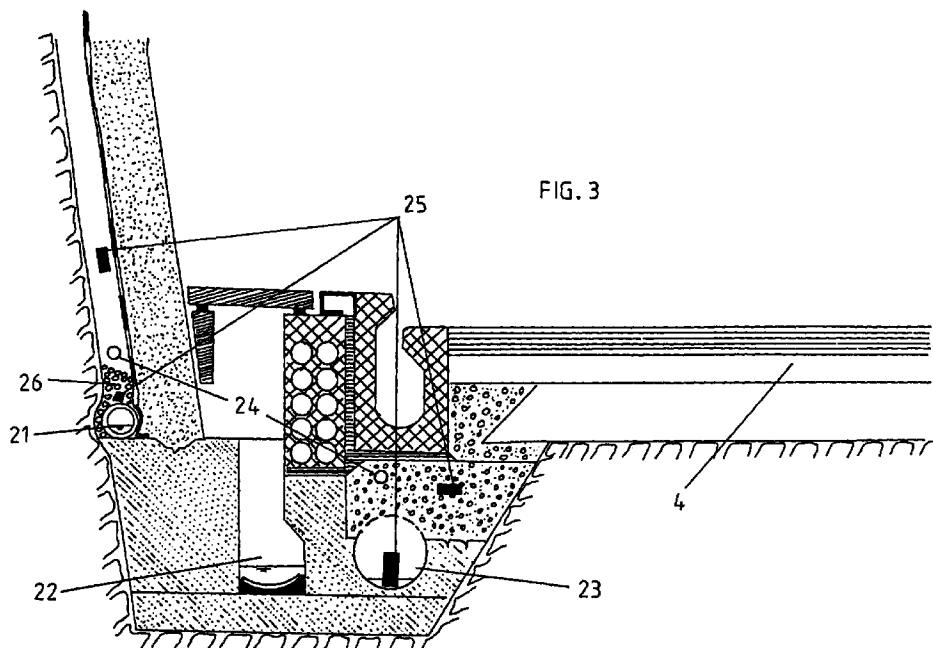
(71) Anmelder:  
Wegmüller, Marcel Christian  
4125 Riehen (CH)

### (54) Depotsteine und Verfahren zur Verhinderung bzw. Verminderung der Bildung von Ablagerungen in Bauwerkse Entwässerungssystemen

(57) Die Erfindung betrifft Depotsteine, die Wasser-Konditionierungsmittel und Trägersubstanzen sowie gegebenenfalls weitere übliche Zusätze in variablen Mengenverhältnissen enthalten, Verfahren zu ihrer Herstellung und ihre Verwendung zur Verminderung bzw. Verhinderung der Bildung von Ablagerungen (Versinterungen) in einem Bauwerkse Entwässerungssystem.

Zusammensetzung der vorgeformten Depotsteine läßt sich die Zugabemenge des Wasser-Konditionierungsmittels in Abhängigkeit von der in dem Entwässerungssystem, vorzugsweise am Ende desselben, anfallenden Wassermenge sowohl im primären (unzugänglichen) als auch im sekundären (zugänglichen) Bereich des Entwässerungssystems in beliebiger Weise steuern.

Durch die Anzahl, die Anordnung, die Art und



EP 0 950 641 A2

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft Depotsteine zur Verhinderung bzw. Verminderung der Bildung von Ablagerungen, insbesondere Carbonatablagerungen, in einem Bauwerksentwässerungssystem, Verfahren zu ihrer Herstellung sowie ihre Verwendung in Verfahren zur Verhinderung bzw. Verminderung der Bildung von Ablagerungen, insbesondere Carbonatablagerungen, in Bauwerksentwässerungssystemen.

[0002] Unter Bauwerksentwässerungssystemen sind hier die Entwässerungssysteme von Bauwerken des Hoch- und Tiefbaus, beispielsweise von Gebäuden, Hochbauten, Bahnhöfen, Flughafenanlagen, Tunnelbauten, Stollen, Kavernen, Staumauern, Talsperren, Wasserkraftbauten, Erddämmen, Stützmauern, Straßenbauten, Quelfassungen oder provisorischen Baugruben sowie Hangentwässerungsanlagen zu verstehen.

[0003] Der hier verwendete Ausdruck "Entwässerungssysteme" umfaßt sowohl die "primären Entwässerungssysteme" eines Bauwerks, die Elemente beinhalten, die nach Fertigstellung des Bauwerks nicht mehr frei zugänglich sind, wie z.B. Noppenbahnen bzw. -streifen, Drainagematten, Sickerpackungen um die Drainageleitungen herum, Öffnungen der Drainagerohre (außen) und dgl., als auch die "sekundären Entwässerungssysteme" eines Bauwerks, die frei zugängliche Elemente beinhalten, wie z.B. Drainagerohre (innen), Kontrollschächte, Schlammsammler, Zuleitungen, Entwässerungsleitungen und dgl.

[0004] Bei der Entwässerung von Bauwerken des Hoch- und Tiefbaus fallen Grund- und Bergwässer (Sickerwässer) an, die einen unterschiedlich hohen Gehalt an gelösten, überwiegend anorganischen Wasserinhaltsstoffen aufweisen, die häufig harte Ablagerungen verursachen. Die Bildung von harten Ablagerungen aus überwiegend Carbonaten in Drainage- und Entwässerungssystemen wird auch als Versinterung bezeichnet. Unter der Versinterungsstärke ist die Menge an Carbonat-Ablagerungen zu verstehen, die pro  $\text{cm}^3$  anfallendem Grund- und Bergwasser in einem Drainage- und Entwässerungssystem in einer definierten Zeiteinheit ausgeschieden wird, und der Versinterungsgrad beurteilt den Zustand eines Drainage- und Entwässerungssystems bezüglich der darin enthaltenen Carbonat-Ablagerungen. Die Problematik der Versinterung von Bauwerksentwässerungssystemen ist in der Forschungsarbeit Nr. 16/90 des Vereins der Schweizer Straßenfachleute (VSS), die mit einem Schlußbericht im Januar 1996 unter dem Titel "Versinterungen von Entwässerungsleitungen, Ursachen und Gegenmaßnahmen", abgeschlossen wurde, dargestellt. Darin werden als Ergebnis der Forschungsarbeit die folgenden Schlußfolgerungen gezogen:

- die  $\text{CO}_2$ -Konzentration ( $\text{CO}_2$ -Partialdruck) der Porenluft im Boden nimmt i.a. mit zunehmender

Tiefe zu und damit steigt auch der Anteil des Kohlensäure-Gehaltes ( $\text{H}^+$  und  $\text{HCO}_3^-$ ) im Wasser, so daß zusätzliches  $\text{CaCO}_3$  gelöst wird;

- beim Kontakt des Grund- und Bergwassers mit atmosphärischer Luft nimmt der  $\text{CO}_2$ -Partialdruck i.a. wieder ab, d.h.  $\text{CO}_2$  entweicht aus dem Wasser in die Luft, so daß weniger  $\text{CaCO}_3$  in Lösung bleiben kann und ein Teil ausfällt;
- im Zusammenhang mit der Versinterung von Entwässerungssystemen spielen die zementgebundenen Baustoffe mit ihrem basischen Charakter und ihrem hohen Gehalt an  $\text{Ca}^{2+}$  eine entscheidende Rolle. Die in dem Wasser gelöste Kohlensäure wird durch die Base  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  neutralisiert und steht damit nicht mehr zur Lösung von  $\text{CaCO}_3$  zur Verfügung. Zudem enthält vor allem junger Beton in den Poren selbst viel leicht lösliches Calciumhydroxid ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). Beides führt schließlich zu einer starken Ausfällung von  $\text{CaCO}_3$ .

[0005] Aus hydrologischer Sicht lassen sich drei grundsätzlich voneinander verschiedene Versinterungsmechanismen unterscheiden:

Typ 1: die Bildung von Ablagerungen durch natürliche Carbonat- bzw. Kalkübersättigung. Carbonat- bzw. kalkgesättigtes Bergwasser verliert einen Teil seines  $\text{CO}_2$ -Gehaltes beim Eintritt in ein Bauwerksentwässerungssystem und verursacht als Folge einer Gleichgewichtsreaktion die Bildung von Carbonatablagerungen;

Typ 2: die Bildung von Ablagerungen durch pH-Wert-Erhöhung des Bergwassers, wie sie beispielsweise durch den Kontakt des Grund- und Bergwassers mit alkalischen Baustoffen (Beton) verursacht wird. Dadurch erhöht sich der pH-Wert des Grund- und Bergwassers und führt zu massiven Carbonatausfällungen;

Typ 3: die Bildung von Ablagerungen, insbesondere Carbonatablagerungen, durch kohlensaures Bergwasser im Kontakt mit Betonbauten. Kohlensaures Bergwasser bildet beim Zuströmen auf das Bauwerk als Folge der Druckentlastung Kohlendioxid-Gasblasen. Diese können nicht entweichen und strömen zusammen mit dem Bergwasser dem Hohlraum entgegen. Um die Gasblasen herum bildet sich eine aggressive kalklösende Umgebung. Beim Kontakt dieses Bergwassers mit Beton wird Calciumhydroxid aus der Zementmatrix herausgelöst und beim Eintritt des Bergwassers in das Entwässerungssystem durch Entweichen des überschüssigen  $\text{CO}_2$  in Form von Carbonatablagerungen wieder ausgeschieden.

[0006] Unabhängig von ihrer Bildungsart verkleinern die bei der Versinterung entstehenden harten, festhaftenden Ablagerungen die Abflußquerschnitte der Entwässerungssysteme oder schließen sie in Extremfällen sogar ganz. Als Folge davon können die anfallenden Wassermengen nicht mehr frei abfließen, und es entstehen Rückstaus, die große Schäden verursachen können. Die Schäden reichen von unerwünschten Wasserinfiltrationen ins Bauwerksinneren über

hohe Wasserdrucke auf die Bauwerksschale bis hin zu Eisbildungen auf Fahrbahnen und Vernässungen in Gewölben, verbunden mit der Gefahr von elektrischen Kurzschlüssen bei Bahntunneln und dergleichen. Zudem setzt der direkte Wasserkontakt die Dauerhaftigkeit (Lebensdauer) der Bauwerke herab. Insbesondere bei solchen Bauwerken, deren Stabilität von der einwandfreien Funktionstüchtigkeit des Entwässerungssystems abhängig sind, kann die Bildung von Ablagerungen in dem Entwässerungssystem fatale Folgen haben. Diese Ablagerungen vermindern nämlich die Funktionsfähigkeit aller Teile eines Bauwerkse

**[0007]** In Teilen des primären Entwässerungssystems, beispielsweise den Sickergräben 10, Sickerschichten 11, Sanddrains 12, Geodrains 13 oder Drainagebohrungen im Fels 20 (vgl. die beiliegenden Zeichnungen Fig. 1 und 2) können Ablagerungen die Leistungsfähigkeit der Entwässerung reduzieren oder ganz zerstören. Im primären Teil eines Entwässerungssystems sind Unterhaltsarbeiten, wenn überhaupt, nur mit sehr hohem Aufwand möglich, wobei aufwendige Sanierungsarbeiten oft die einzige Möglichkeit darstellen, um die Funktionstüchtigkeit des Entwässerungssystems wiederherzustellen. In den Bereichen des sekundären Entwässerungssystems, beispielsweise in den Sickerleitungen 2, Rinnen 5, Gräben 6, Abschlüssen 7, Schlammfassern 8 und Einlaufschächte 9 (vgl. die beiliegenden Zeichnungen Fig. 1 und 2) sind periodische Unterhaltsarbeiten zum Entfernen entstandener Ablagerungen wegen der besseren Zugänglichkeit zwar möglich, aber auch hier sind die periodischen Unterhaltsarbeiten sehr kostenintensiv und nicht immer erfolgreich.

**[0008]** Man ist daher seit langem bestrebt, die Bildung dieser unerwünschten Ablagerungen, insbesondere Carbonatablagerungen, in Bauwerkse

**[0009]** Die zur Zeit gebräuchlichsten Verfahren zum Entfernen von Ablagerungen in Entwässerungssystemen sind die elektromechanische Reinigung mit Spezialwerkzeugen, beispielsweise Kanalfernsehen verbunden mit Robotik sowie Hochdruckspülen oder

Hochdruckfräsen mit Wasser. Auch diese Verfahren sind außerordentlich kostspielig und arbeitsintensiv und führen häufig zu unerwünschten Betriebsunterbrechungen. Sind diese Arbeiten aus bautechnischen Gründen (beispielsweise in primären Entwässerungssystemen) nicht möglich oder führen sie nicht zu den gewünschten Ergebnissen, so kann die Funktionstüchtigkeit des Entwässerungssystems meist nur mit aufwendigen Sanierungsarbeiten wiederhergestellt werden.

**[0010]** Auch die bereits vorgeschlagene Konditionierung des Berg- oder Grundwassers mit handelsüblichen Wasserkonditionierungsmitteln, um die Bildung von Ablagerungen nach dem Eintritt in ein Bauwerkse

**[0011]** Aufgabe der Erfindung war es daher, eine Methode zur Verminderung bzw. Verhinderung der Entstehung von Ablagerungen, insbesondere Carbonatablagerungen, in Bauwerkse

**[0012]** Es wurde nun überraschend gefunden, daß die obengenannte Aufgabe gelöst werden kann mittels Depotsteinen zur Verhinderung bzw. Verminderung der Bildung von Ablagerungen, insbesondere Carbonatablagerungen, in einem Bauwerkse

gen, insbesondere Carbonatablagerungen, in einem Bauwerksentwässerungssystem.

**[0013]** Gegenstand der Erfindung sind gemäß einem ersten Aspekt Depotsteine zur Verhinderung bzw. Verminderung der Bildung von Ablagerungen, insbesondere Carbonatablagerungen, in einem Bauwerksentwässerungssystem, die gekennzeichnet sind durch einen Gehalt an mindestens einem Wasser-Konditionierungsmittel, gegebenenfalls im Gemisch mit mindestens einer Trägersubstanz und/oder Bindemittel, sowie gegebenenfalls weiteren üblichen Zusätzen, wie z.B. Fließregulierungsmittel, Gleitmittel und/oder Konservierungsmittel.

**[0014]** Die erfindungsgemäßen Depotsteine haben vorzugsweise einen homogenen oder strukturierten, insbesondere schichtenförmigen, Aufbau und sind vorzugsweise von beliebiger Größe und Gestalt. Sie liegen vorzugsweise in gegossener oder gepreßter Form, insbesondere in Form von Blöcken oder Tabletten, vor.

**[0015]** Die erfindungsgemäßen Depotsteine enthalten mindestens 10 Gew.-%, vorzugsweise mindestens 25 Gew.-%, besonders bevorzugt 50 bis 95 Gew.-% Wasser-Konditionierungsmittel und als Rest Trägermaterial und/oder Bindemittel sowie gegebenenfalls weitere übliche Zusätze, wie z.B. Fließregulierungsmittel, Gleitmittel und/oder Konservierungsmittel. Letztere schützen die Depotsteine vor vorzeitigem Abbau (Zersetzung) durch Mikroorganismen, insbesondere Sulfat-reduzierende Mikroorganismen, wie sie in Grund- und Bergwässern enthalten sein können.

**[0016]** Die erfindungsgemäßen Depotsteine können sowohl in dem primären als auch in dem sekundären Bauwerksentwässerungssystem eingesetzt werden. Bei Kontakt des anfallenden Grund- und Bergwassers (Sickerwassers) mit den Depotsteinen geben diese das in ihnen enthaltene Konditionierungsmittel ab und schützen so auf dem nachfolgenden Fließweg das Entwässerungssystem vor der Entstehung von harten Ablagerungen (Versinterungen). Durch die spezifische Zusammensetzung und die Menge an Trägersubstanz in den Depotsteinen kann die Abgabemenge an Konditionierungsmittel in beliebiger Weise gesteuert werden.

**[0017]** Die erfindungsgemäßen Depotsteine enthalten als Wasser-Konditionierungsmittel vorzugsweise Homopolymere, Copolymere oder Terpolymere von gesättigten oder ungesättigten, ein oder mehrere Hydroxy-, Oxo- oder Aminogruppen enthaltenden Mono-, Di- und Polycarbonsäuren und ihren Salzen, Estern, Amiden und Anhydriden, oxidierte Kohlenhydrate, Proteine und Mischungen davon.

**[0018]** Besonders bevorzugte Wasser-Konditionierungsmittel sind Homopolymere, Copolymere oder Terpolymere von gesättigten oder einfach oder mehrfach ungesättigten Monocarbonsäuren, Dicarbonsäuren oder Polycarbonsäuren, die eine oder mehrere Hydroxy-, Oxo- oder Aminogruppen aufweisen, von deren Estern, Salzen, insbesondere Ammonium- und Alkalimetallsalzen, Amiden, Imiden und Anhydriden,

insbesondere diejenigen von Acrylsäure, Methacrylsäure, Acrylamid, Methacrylamid, Maleinsäure, Maleinsäureamid oder -imid, Maleinsäureanhydrid,  $\alpha$ -Aminobornsteinsäure,  $\alpha$ -Aminobornsteinsäureamid oder -imid,  $\alpha$ -Aminobornsteinsäureanhydrid, Itaconsäure (Methylenbornsteinsäure), Itaconsäureamid oder -imid, Itaconsäureanhydrid,  $\alpha$ -Aminoglutarinsäure,  $\alpha$ -Aminoglutarinsäureamid oder -imid,  $\alpha$ -Aminoglutarinsäureanhydrid, Aconitsäure (Propen-1,2,3-tricarbonsäure), Mesaconsäure, Fumarsäure und sulfomethylierten oder sulfoethylierten Derivaten davon, die einzeln oder in Form einer Mischung eingesetzt werden können.

**[0019]** Als Wasser-Konditionierungsmittel besonders geeignet sind Bernsteinsäureamid, Polysaccharide, Polyoxycarbonsäuren und deren Copolymer, Proteine, insbesondere Polyaminobornsteinsäure, Polyacrylate, Polymethacrylate, Polyacrylamide, Copolymere von Acrylsäure bzw. Methacrylsäure und Acrylamid, sulfomethylierte oder sulfoethylierte Polyacrylamide, Copolymere und Terpolymere mit Acrylsäure und Maleinsäureester, Maleinsäureanhydrid-Polymere und Copolymere oder oxidierte Kohlenhydrate, wobei diese Produkte einzeln oder im Gemisch zur Herstellung von Depotsteinen eingesetzt werden können.

**[0020]** Als Trägersubstanz und/oder Bindemittel für die erfindungsgemäßen Depotsteine besonders gut geeignet sind Gelatine, hydrophobe Fette, Wachse oder Harze, Hydrokolloidbildner wie Metolose, Hydroxypropylmethylcellulose und -ethylcellulose oder Fettsäuren, insbesondere Laurinsäure, gehärtetes Ricinusöl, Carnaubawachs, mikrokristalline Cellulose oder Gemische davon, die gegebenenfalls mit einem Fließregulierungsmittel wie kolloidalem Siliciumdioxid, einem Gleitmittel wie Saccharosestearat und/oder einem Konservierungsmittel wie Methylparaben oder Butylparaben versetzt sind.

**[0021]** Besonders gut geeignete Depotsteine für die Behandlung von Grund- und Bergwässern mit einem pH-Wert von vorzugsweise 5 bis 9 sind solche, die 10 bis 100 Gew.-%, vorzugsweise 55 bis 95 Gew.-% Polycarbonsäure (vorzugsweise Polymere auf Acrylat- und Methacrylat-Basis) und 90 bis 0 Gew.-%, vorzugsweise 45 bis 5 Gew.-% Trägersubstanz, vorzugsweise Laurinsäure, enthalten.

**[0022]** Für die Konditionierung von Grund- und Bergwässern mit einem pH-Wert von vorzugsweise 8 bis 12,5 eignen sich besonders gut Depotsteine, die 10 bis 100 Gew.-%, vorzugsweise 25 bis 75 Gew.-% Polyaminobornsteinsäure mit einem Molekulargewicht von 1000 bis 5000, insbesondere von 1500 bis 3000, und einem  $\alpha/\beta$ -Verhältnis von (20-50):(80-50), vorzugsweise von 30:70, und 90 bis 0 Gew.-%, vorzugsweise 75 bis 25 Gew.-% Trägersubstanz, vorzugsweise Gelatine, enthalten.

**[0023]** Die erfindungsgemäßen Depotsteine können hergestellt werden unter Anwendung von Gießverfahren oder Preßverfahren.

**[0024]** Das Gießverfahren ist dadurch gekenn-

zeichnet, daß man das Wasser-Konditionierungsmittel mit der Trägersubstanz und/oder einem Bindemittel mit einem niedrigen Schmelzpunkt von vorzugsweise unter 60°C in dem gewünschten Mengenverhältnis unter Erwärmen mischt und die dabei erhaltene Schmelze aus der Trägersubstanz und/oder dem Bindemittel mit den darin dispergierten Wasser-Konditionierungsmittel-Teilchen abkühlt und formt unter Bildung von homogenen Depotsteinen. Bei diesem Verfahren verwendet man als Trägersubstanz vorzugsweise Gelatine, hydrophobe Fette, Wachse oder Harze oder Mischungen davon.

**[0025]** Das Preßverfahren zur Herstellung der erfindungsgemäßen Depotsteine ist dadurch gekennzeichnet, daß man das Wasser-Konditionierungsmittel mit pulverförmigen Trägersubstanzen und/oder Bindemitteln in dem gewünschten Mengenverhältnis trocken mischt und die dabei erhaltene trockene Mischung anschließend zu Formkörpern verpreßt. Als Trägersubstanz für dieses Verfahren besonders geeignet sind Hydrokolloidbildner wie Metolose, Hydroxypropylmethylcellulose und -ethylcellulose, Fettsäuren, insbesondere Laurinsäure, gehärtetes Ricinusöl, Carnaubawachs oder mikrokristalline Cellulose oder Mischungen davon.

**[0026]** Vor oder während der Herstellung der Depotsteine werden der Trägersubstanz vorzugsweise Fließregulierungsmittel, beispielsweise kolloidales Siliciumdioxid, Gleitmittel, beispielsweise Saccharosestearat, und/oder Konservierungsmittel, beispielsweise Methylparaben oder Butylparaben, zumischt. Die Konservierungsmittel schützen die Depotsteine vor vorzeitigem biologischem Abbau (Zersetzung) durch Mikroorganismen, beispielsweise Sulfat-reduzierende Mikroorganismen, wie sie überall in Grund- und Bergwässern vorkommen können. Den erfindungsgemäßen Depotsteinen können zusätzlich auch herkömmliche Härtestabilisatoren, Dispergatoren oder Sequestrierer zugesetzt werden, so daß sie auch gegen Neubildung von Ablagerungen, die durch natürliches kalkübersättigtes Bergwasser entstehen, geschützt sind. Depotsteine, die  $\alpha$ -Aminobernsteinsäure als Wasser-Konditionierungsmittel enthalten, lassen sich besonders gut bei zementbedingten Ablagerungen einsetzen und für die Konditionierung von Bergwässern mit einem hohen pH-Wert, vorzugsweise in dem Bereich von 8 bis 12,5. Dagegen eignen sich Polycarbonsäure-Konditionierungsmittel besonders gut für die Konditionierung von Bergwässern mit niedrigeren pH-Werten, vorzugsweise in dem Bereich von 5 bis 10.

**[0027]** Gemäß einem weiteren Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Verhinderung bzw. Verminderung der Bildung von Ablagerungen, insbesondere Carbonatablagerungen, in einem Bauwerksentwässerungssystem, das dadurch gekennzeichnet ist, daß man dem abzuführenden Berg- oder Grundwasser Wasser-Konditionierungsmittel in Form von Depotsteinen, wie sie vorstehend beschrieben worden

sind, zugibt, die unter Berücksichtigung des Gefälles in das Bauwerksentwässerungssystem eingebracht werden.

**[0028]** Bei Neubauten werden die erfindungsgemäßen Depotsteine in das primäre und/oder sekundäre Entwässerungssystem eingebracht, während sie bei bereits bestehenden Bauwerken dem sekundären Entwässerungssystem zugesetzt werden.

**[0029]** Bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Depotsteine in solchen Mengen in dem Bauwerksentwässerungssystem angeordnet, daß sie an der Wasserzulauf-Stelle bei kleinen Wasserzulaufmengen vorzugsweise 0,5 bis 50 000 ppm, bei mittleren Wasserzulaufmengen vorzugsweise 0,5 bis 5000 ppm und bei konstanten hohen Wasserzulaufmengen vorzugsweise 0,5 bis 100 ppm Wasser-Konditionierungsmittel an das sie überströmende Grund- oder Bergwasser abgeben.

**[0030]** Bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Depotsteine vorzugsweise in solcher Menge und solcher Anordnung in das Bauwerksentwässerungssystem eingebracht, daß am Ende des Entwässerungssystems der Wasser-Konditionierungsmittel-Gehalt in dem Berg- oder Grundwasser nicht weniger als 0,5 ppm beträgt. Besonders bevorzugt werden Depotsteine der vorstehend beschriebenen Art verwendet, die mit Drainagefliesen, Noppenfolien, Kunststoffdichtungsbahnen oder Halbschalen zur Wasserableitung verbunden sind und in das Bauwerk eingebracht werden.

**[0031]** Die Zugabemenge des Wasser-Konditionierungsmittels wird bei Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens durch die Anzahl und Anordnung sowie die Art und Zusammensetzung der Depotsteine in Abhängigkeit von der am Ende der Entwässerungssystems anfallenden Wassermenge in der gewünschten Weise gesteuert.

**[0032]** Als besonders geeignet hat sich erwiesen die Verwendung von Depotsteinen, die als Wasser-Konditionierungsmittel Polyaminobernsteinsäure mit einem Molekulargewicht von 1000 bis 5000 und einem  $\alpha/\beta$ -Verhältnis von (20-50):-(80-50), vorzugsweise Polyaminobernsteinsäure mit einer Kettenlänge  $n < 50$ , einem Molekulargewicht zwischen 1500 und 3000 und einem  $\alpha/\beta$ -Verhältnis von 30:70 enthalten.

**[0033]** Bei genauer Kenntnis der anfallenden Wassermenge und des zugehörigen Wasserchemismus läßt sich die geeignete Menge an Konditionierungsmittel vom Fachmann leicht bestimmen, die erforderlich ist, um eine ausgeprägte Verminderung bzw. eine vollständige Verhinderung der Bildung von Ablagerungen, insbesondere Carbonatablagerungen, in einem Entwässerungssystem zu bewirken. In der Regel genügen 2 ppm, d.h. 2 g Konditionierungsmittel zur erfolgreichen Behandlung von 1 m<sup>3</sup> anfallendem Grund- und Bergwasser. Die Konzentration an Konditionierungsmittel in dem Grund- und Bergwasser ist in unmittelbarer Nähe der Depotsteine natürlich viel höher und kann

über 50 000, besonders bevorzugt über 5000 mg/l betragen. Sie nimmt aber auf dem nachfolgenden Fließweg ab und sollte am Ende des Entwässerungssystems nicht weniger als 0,5 mg/l betragen.

**[0034]** Die Erfindung eignet sich zur Konditionierung der anfallenden Grund- und Bergwässer mit pH-Werten von 4,0 (gemessen 1998 im Sicherheitsstollen des Gotthard-Straßentunnels) bis zu 12,5 (gemessen 1980 während der Bauphase des Tunnels). Nach der erfindungsgemäßen Konditionierung wird das anfallende Grund- und Bergwasser in der Regel am Ende des Entwässerungssystems direkt in einen Vorfluter geleitet, da es den entsprechenden ökologischen Anforderungen genügt. Die erfindungsgemäße Wasser-Konditionierung ist auch geeignet für Entwässerungssysteme, in deren Bereich eine sehr hohe Luftfeuchtigkeit herrscht und deren Temperatur in tiefliegenden Tunnelbauwerken bis zu 40°C betragen kann. Sie ist insbesondere geeignet für äußerst feingliedrige Bauwerkentwässerungssysteme, die über eine Vielzahl von Verästelungen und Nebenarmen verfügen, deren konventionelle Konditionierung sehr aufwendig und kostspielig wäre. Bei der erfindungsgemäßen Konditionierung treten auch keinerlei korrosive Wechselwirkungen mit den eingesetzten Bauwerkmaterialien, wie beispielsweise den Bauwerksabdichtungen, die in der Regel aus PVC, PE oder PP bestehen, dem Beton, der Stahlarmierung, den Glasfaserankern oder dgl. auf, so daß die Dauerhaftigkeit des Bauwerks dadurch nicht beeinträchtigt wird. Die erfindungsgemäße Wasser-Konditionierung ist nicht nur technisch einfacher, sondern auch wirtschaftlicher als die konventionellen Reinigungsmethoden und die Konditionierung mittels mechanischer und elektronisch gesteuerter Dosierungsanlagen.

**[0035]** Nachfolgend soll die Erfindung anhand von Zeichnungen für zwei Beispiele und einen Vergleichsversuch näher erläutert werden.

#### Figur 1

Figur 1 zeigt die schematische Darstellung der zur Zeit gebräuchlichsten Elemente von Entwässerungssystemen.

#### Figur 2

Figur 2 zeigt die schematische Darstellung der zur Zeit gebräuchlichsten Elemente von Entwässerungssystemen anhand eines Schnittes auf Höhe der Linie A - A der Fig. 1. Diese Darstellung gehört zum Beispiel 1.

Fig. 1 enthält zusammen mit der Fig. 2 alle wesentlichen Elemente, die ein Entwässerungssystem beinhalten kann.

Die Elemente der Oberflächenentwässerung, dem sogenannten sekundären Entwässerungssystem, sind:

Rinnen 5, Gräben 6, Abschlüsse 7, Schlamm-sammler 8, und Einlaufschächte 9.

Die Elemente der Drainagen, dem sogenannten primären Entwässerungssystem, sind Sickergräben 10, Sickerleitungen 2 mit durchlässiger Wandung, z.B. unverfugte, gelochte oder geschlitzte Rohre, Rigolen, Sickerschichten 11, Sanddrains 12, z.B. Sickeranlagen aus Sandlagen, Geodrains 13, z.B. Sickeranlagen aus Kunststoff wie Drainagevliese, Noppenfolien oder Geotextilien, sowie Drainagebohrungen im Fels 20.

Die Elemente der Kanalisation (sekundäres Entwässerungssystem) sind Sammelleitungen 3, die das gesamte, ihnen durch Sekundärleitungen zugeführte Grund- und Bergwasser eines Abschnitts des Entwässerungssystems aufnehmen und ableiten, zudem Kontrollschächte 1 und Einlaufbauwerke 14. Die Elemente der Rückgabebauwerke sind Auslaufbauwerke 15, Rückhaltebecken 16, Versickerungsanlagen 17, Regenüberlauf 18 und Ölabscheider 19.

#### Figur 3

Figur 3 gehört zu Beispiel 2 und 3 und zeigt einen Schnitt durch den Nationalstraßentunnel Crapteig der A13 in der Schweiz im Bereich der Gehwegkonsole.

Die Darstellung zeigt den Aufbau der verschiedenen Entwässerungsleitungen in diesem Straßentunnel. Die Darstellung enthält die Fahrbahnplatte 4, die Isolationssickerleitung 21, die Transportleitung 22 und die Drainageleitung 23, Depotsteine in Tablettenform in den Sickerpackungen der Drainageleitungen 24, sowie Depotsteine in Blockform in den Sickerpackungen der Drainageleitungen sowie im Draingerohr 25.

#### Beispiel 1: Verfahren zur Konditionierung des Grund- und Bergwassers

**[0036]** Im ersten Beispiel nach Fig. 1 und Fig. 2 erfolgt die Zugabe des Konditionierungsmittels über Depotsteine in die Elemente des Entwässerungssystems. Bei bestehenden Bauwerken lassen sich die Depotsteine ohne größeren Aufwand nur im sekundären, d.h. dem zugänglichen Entwässerungssystem auslegen. Ein umfassender Schutz des Entwässerungssystems ist bei bestehenden Bauwerken also nur bedingt möglich. Bei Neubauten können die Depotsteine auch in das primäre Entwässerungssystem eingebaut werden. Wie lange ihre Wirksamkeit anhält, hängt von der Wasserführung an der jeweiligen Stelle und der Menge an eingebauten Depotsteinen ab. Bei Bedarf können Öffnungen eingebaut werden die ein Nachfüllen der Depotsteine ermöglichen. Bei einem durchschnittlichen Wasseranfall von 50 m<sup>3</sup> pro Laufmeter Drainagerohr und Jahr bedarf es rund 1kg Depotsteine pro Laufmeter Drainagerohr, wenn eine Wirkzeit von 5 Jahren erreicht werden soll. Dabei sollte der Anteil der Trägersubstanzen zweckmäßig < 50% betragen.

### Beispiel 2: Vergleichsversuch mit dem Versinterungstyp 2; pH-Werterhöhung des Grund- und Bergwassers

[0037] Im Nationalstraßentunnel Crapteig der A 13 wurde im Laufe des Jahres 1998 ein Vergleichsversuch zur Reduktion von Carbonatablagerungen in den Drainagerohren mit Depotsteinen unterschiedlicher Zusammensetzung durchgeführt. Die Figur 3 zeigt den Straßentunnel im Bereich der Gehwegkonsole. Die Ausführungen der linken und rechten Seite des Tunnels sind identisch. Der Bergwasseranfall, der Wasserchemismus sowie die Versinterungsstärke in beiden Drainagerohren 23 des Tunnels unterscheiden sich nur unwesentlich. Während achtzehn Monaten wurden in beiden Drainagerohren 23, unterhalb der rechten und linken Gehwegkonsole des Straßentunnels Depotsteine mit unterschiedlicher Zusammensetzung ausgelegt und deren Wirksamkeit für Bergwasser beurteilt. Die Depotsteine im Drainagerohr 23 unterhalb der Fahrspur nach Chur bestanden zu 80% aus pulverförmiger Polycarbonsäure (Polymer auf Acrylat/Methacrylat-Basis) mit 20 % Laurinsäure als Trägersubstanz und wurden im Tablettierverfahren hergestellt. Demgegenüber bestanden die Depotsteine im Drainagerohr 23 unterhalb der Fahrspur San Bernardino zu 80 % aus Poly- $\alpha$ -aminobornsteinsäure und 20 % Gelatine.

[0038] Im Verlauf des Versuchs hat sich gezeigt, daß bei Versinterungen die durch den Versinterungstyp 2 entstehen, d.h. also durch eine pH-Werterhöhung des Bergwassers auf pH 12, Depotsteine mit Poly- $\alpha$ -aminobornsteinsäure eine doppelt so hohe Wirksamkeit besitzen wie Depotsteine aus Polycarbonsäuren. Nachfolgende Untersuchungen haben ergeben, daß sich Poly- $\alpha$ -aminobornsteinsäure mit einer Kettenlänge <50, einem Molekulargewicht zwischen 1500 und 3000 und einem  $\alpha/\beta$ -Verhältnis von 30:70 als Konditionierungsmittel besonders gut eignet. Einerseits ist die Wirksamkeit dieser Poly- $\alpha$ -aminobornsteinsäure als Konditionierungsmittel in Depotsteinen bei hohen pH-Werten über 9 viel besser als bei allen übrigen Konditionierungsmitteln und zudem wird diese Poly- $\alpha$ -aminobornsteinsäure in die Wassergefährdungsklasse 0 (im allgemeinen nicht wassergefährdend) eingeteilt, was ökologische Vorteile bietet.

[0039] Die unterschiedliche Härtestabilisations-Wirkung wird deutlich sichtbar, wenn man die an den verschiedenen Bergwasserproben gemessenen Ca-Härten betrachtet. Bergwasserproben mit Polycarbonsäuren als Konditionierungsmittel erreichen eine maximale Carbonathärte (Ca-Härte) von 13 °dH, während Bergwasserproben mit Poly- $\alpha$ -aminobornsteinsäure bis zu 16 °dH erreichen. Die Carbonathärte (Ca-Härte) des unbehandelten Bergwassers beträgt dagegen etwa 11°dH. Grundsätzlich gilt, je höher die Ca-Härte des Grund- und Bergwassers, desto geringer die Neubildung von Kalkablagerungen im Entwässerungssystem. Die Dosiermengen an Konditionierungsmittel betragen

auf beiden Seiten des Entwässerungssystems rund 2 ppm (2 g pro m<sup>3</sup> anfallendem Grund- und Bergwasser), wobei diese Konzentrationen am Ende des Entwässerungssystem, beim Tunnelportal, ermittelt wurden.

### Beispiel 3: Anwendung der Depotsteine

[0040] In der Figur 3 ist der Nationalstraßentunnel Crapteig der A 13 im Schnitt dargestellt. Zum Schutz der Isolationssickerleitung 21 vor der Bildung von harten Ablagerungen könnte beispielsweise ein Konditionierungsmittel über eine Dosieranlage in konstanten Mengen in flüssiger Form zugegeben werden. Bei sachgerechter Handhabung erfordert dieses Verfahren eine zuverlässige Dosieranlage mit entsprechender Ausrüstung. Bei der Vielzahl der Isolationssickerleitungen in einem Nationalstraßentunnel, im Schnitt > 200 Stück, wird der Aufwand für die Installation der Anlagen zu groß und finanziell unrentabel, weshalb hier diese Lösung nicht in Frage kommt. Alternativ dazu können Depotsteine 25 eingesetzt werden. Depotsteine 25 eignen sich besonders an den Stellen, wo die anfallende Wassermenge nicht sehr groß ist, d.h. unter 2 l/s liegt in einem Entwässerungssystemabschnitt oder das Entwässerungssystem zeitweise trocken liegt. Ein Entwässerungssystem besteht in der Regel aus einer Vielzahl identischer Systemabschnitte wie z.B. einer einzelnen Isolationssickerleitung. Während dieser Trockenperiode bleibt der Depotstein an Ort und behält sein Wirkungspotential über Monate oder Jahr bei, ohne dabei an Substanz zu verlieren.

[0041] Enthalten die Depotsteine zusätzlich herkömmliche Härtestabilisatoren, Dispergatoren oder Sequestriermittel, so sind sie auch sehr gut geschützt gegen die Neubildung von Ablagerungen, die durch natürliches kalkübersättigtes Bergwasser entstehen. Enthalten die Depotsteine Poly- $\alpha$ -aminobornsteinsäure lassen sie sich besonders gut bei zementbedingten Ablagerungen einsetzen. Gerade in der Bauphase, der Periode mit den stärksten Versinterungen, tragen Depotsteine mit Poly- $\alpha$ -aminobornsteinsäure dazu bei, die Neubildung von Ablagerungen zu verhindern. Die Depotsteine können auch vorgängig mit anderen Baumaterialien verbunden und in das Bauwerk eingebaut werden. Für diese Kombination eignen sich Drainagevliese, Noppenfolien, Kunststoffhalbschalen zur direkten Wasserableitung, Kunststoffdichtungsbahnen und dergleichen.

[0042] Grundsätzlich sollte man versuchen, das anfallende Grund- und Bergwasser unmittelbar beim Austritt aus dem Fels zu konditionieren. Wegen der Vielzahl der Wassereintrittsstellen ist dies aus finanziellen Gründen mit Dosieranlagen nicht immer möglich und zudem bewegen sich häufig die Wassereintrittsstellen im Laufe der Zeit, so daß festinstallierte Dosier-Anlagen ihre Wirkung verlieren würden. Deshalb sind flächendeckende Maßnahmen durch Einbringen von Depotsteinen zum Schutze des primären und auch des sekundären Ent-

wässerungssystems wirksamer und wirtschaftlicher.

### Patentansprüche

1. Depotsteine zur Verhinderung bzw. Verminderung der Bildung von Ablagerungen, insbesondere Carbonatablagerungen, in einem Bauwerksentwässerungssystem, gekennzeichnet durch einen Gehalt an mindestens einem Wasser-Konditionierungsmittel, gegebenenfalls im Gemisch mit mindestens einer Trägersubstanz und/oder Bindemittel, sowie gegebenenfalls weiteren üblichen Zusätzen, wie z.B. Fließregulierungsmittel, Gleitmittel und/oder Konservierungsmittel. 5
2. Depotsteine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sie einen homogenen oder strukturierten, vorzugsweise schichtenförmigen, Aufbau haben und von beliebiger Größe und Gestalt sind. 10
3. Depotsteine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß sie in gegossener oder gepreßter Form, vorzugsweise als Blöcke oder Tabletten, vorliegen. 15
4. Depotsteine nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß sie mindestens 10 Gew.-%, vorzugsweise mindestens 25 Gew.-%, besonders bevorzugt 50 bis 95 Gew.-%, Wasser-Konditionierungsmittel und als Rest Trägermaterial und/oder Bindemittel sowie gegebenenfalls weitere übliche Zusätze enthalten. 20
5. Depotsteine nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß sie als Wasser-Konditionierungsmittel Homopolymere, Copolymere oder Terpolymere von gesättigten oder ungesättigten, eine oder mehrere Hydroxy-, Oxo- oder Aminogruppen enthaltenden Mono-, Di- und Polycarbonsäuren und ihren Salzen, Estern, Amiden und Anhydriden, oxidierte Kohlenhydrate, Proteine oder Mischungen davon enthalten. 25
6. Depotsteine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß sie als Wasser-Konditionierungsmittel Homopolymere, Copolymere oder Terpolymere von gesättigten oder einfach oder mehrfach ungesättigten Monocarbonsäuren, Dicarbonsäuren oder Polycarbonsäuren, die eine oder mehrere Hydroxy-, Oxo- oder Aminogruppen aufweisen, deren Estern, Salzen, insbesondere Ammonium- und Alkalimetallsalzen, Amiden, Imiden und Anhydriden, insbesondere von Acrylsäure, Methacrylsäure, Acrylamid, Methacrylamid, Maleinsäure, Maleinsäureamid oder -imid, Maleinsäureanhydrid,  $\alpha$ -Aminobernsteinsäure,  $\alpha$ -Aminobernsteinsäureamid oder -imid,  $\alpha$ -Aminobernsteinsäureanhydrid, Itaconsäure (Methylenbernsteinsäure), Itaconsäureamid oder -imid, Itaconsäureanhydrid,  $\alpha$ -Aminoglutarinsäure,  $\alpha$ -Aminoglutarinsäureamid oder -imid,  $\alpha$ -Aminoglutarinsäureanhydrid, Aconitsäure (Propen-1,2,3-tricarbonsäure), Mesaconsäure, Fumarsäure und sulfomethylieren oder sulfoethylierten Derivaten davon enthalten. 30
7. Depotsteine nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß sie als Trägersubstanz und/oder Bindemittel Gelatine, hydrophobe Fette, Wachse oder Harze, Hydrokolloidbildner wie Metolose, Hydroxypropylmethylcellulose und -ethylcellulose und Fettsäuren, insbesondere Laurinsäure, gehärtetes Ricinusöl, Carnaubawachs, mikrokristalline Cellulose oder Gemische davon enthalten, die gegebenenfalls mit einem Fließregulierungsmittel wie kolloidalem Siliciumdioxid, einem Gleitmittel wie Saccharosestearat und/oder einem Konservierungsmittel wie Methylparaben oder Butylparaben versetzt sind. 35
8. Depotsteine nach den Ansprüchen 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß sie 10 bis 100 Gew.-%, vorzugsweise 55 bis 95 Gew.-% Polycarbonsäure und 90 bis 0 Gew.-%, vorzugsweise 45 bis 5 Gew.-% Trägersubstanz, vorzugsweise Laurinsäure, enthalten, für Grund- und Bergwässer mit einem pH-Wert von vorzugsweise 5 bis 10. 40
9. Depotsteine nach den Ansprüchen 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß sie 10 bis 100 Gew.-%, vorzugsweise 25 bis 75 Gew.-% Polyaminobernsteinsäure mit einem Molekulargewicht von 1000 bis 5000, vorzugsweise von 1500 bis 3000, und einem  $\alpha/\beta$ -Verhältnis von (20-50):(80-50), vorzugsweise von 30:70, und 90 bis 0 Gew.-%, vorzugsweise 75 bis 25 Gew.-% Trägersubstanz, vorzugsweise Gelatine, enthalten, für Grund- und Bergwässer mit einem pH-Wert von vorzugsweise 8 bis 12,5. 45
10. Verfahren zur Herstellung der Depotsteine gemäß den Ansprüchen 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß man das Wasser-Konditionierungsmittel mit einer Trägersubstanz und/oder einem Bindemittel mit einem niedrigen Schmelzpunkt, vorzugsweise unter 60°C, in dem gewünschten Mengenverhältnis unter Erwärmen mischt und die dabei erhaltene Schmelze mit darin dispergierten Teilchen abkühlt und formt unter Bildung von homogenen Depotsteinen. 50
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß man als Trägersubstanz Gelatine, hydrophobe Fette, Wachse oder Harze oder Mischungen davon verwendet. 55
12. Verfahren zur Herstellung der Depotsteine gemäß den Ansprüchen 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet,

- daß man das Wasser-Konditionierungsmittel mit pulverförmigen Trägersubstanzen und/oder Bindemitteln in dem gewünschten Mengenverhältnis trocken mischt und die dabei erhaltene trockene Mischung anschließend zu Formkörpern verpreßt. 5
13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß man als Trägersubstanz Hydrokolloidbildner wie Metolose, Hydroxypropylmethylcellulose und -ethylcellulose, Fettsäuren, insbesondere Laurinsäure, gehärtetes Ricinusöl, Carnaubawachs oder mikrokristalline Cellulose oder Mischungen davon verwendet. 10
14. Verfahren nach den Ansprüchen 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß man vor oder während der Herstellung der Depotsteine der Trägersubstanz Fließregulierungsmittel, beispielsweise kolloidales Siliciumdioxid, Gleitmittel, beispielsweise Saccharosestearat, und/oder Konsetuierungsmittel, beispielsweise Methylparaben oder Butylparaben, zumischt. 20
15. Verfahren zur Verhinderung bzw. Verminderung der Bildung von Ablagerungen, insbesondere Carbonatablagerungen, in einem Bauwerksentwässerungssystem, dadurch gekennzeichnet, daß man dem abzuführenden Berg- oder Grundwasser Wasser-Konditionierungsmittel in Form von Depotsteinen gemäß den Ansprüchen 1 bis 9, zugibt, die unter Berücksichtigung des Gefälles in das Bauwerksentwässerungssystem eingebracht werden. 30
16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Depotsteine bei Neubauten in das primäre und/oder sekundäre Entwässerungssystem eingebracht werden und bei bereits bestehenden Bauwerken dem sekundären Entwässerungssystem zugesetzt werden. 35
17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Depotsteine in solchen Mengen in dem Bauwerksentwässerungssystem angeordnet werden, daß sie an der Einspeisungsstelle bei kleinen Wasserzulaufmengen vorzugsweise 0,5 bis 50 000 ppm, bei mittleren Wasserzulaufmengen vorzugsweise 0,5 bis 5000 ppm und bei konstanten hohen Wasserzulaufmengen vorzugsweise 0,5 bis 100 ppm Wasser-Konditionierungsmittel an das sie überströmende Grund- oder Bergwasser abgeben. 50
18. Verfahren nach den Ansprüchen 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Depotsteine in solcher Menge und solcher Anordnung in das Bauwerksentwässerungssystem eingebracht werden, daß am Ende des Entwässerungssystems der Wasser-Konditionierungsmittel-Gehalt in dem Berg- oder Grundwasser nicht weniger als 0,5 ppm beträgt. 55
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß Depotsteine gemäß den Ansprüchen 1 bis 9 verwendet werden, die mit Drainagefliesen, Noppenfolien, Kunststoffdichtungsbahnen oder Halbschalen zur Wasserableitung verbunden sind und in das Bauwerk eingebracht werden.
20. Verfahren nach den Ansprüchen 15 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß Depotsteine verwendet werden, die als Wasser-Konditionierungsmittel Polyaminobernsteinsäure mit einem Molekulargewicht von 1000 bis 5000 und einem  $\alpha/\beta$ -Verhältnis von (20-50):(80-50), vorzugsweise Polyaminobernsteinsäure mit einer Kettenlänge  $n < 50$ , einem Molekulargewicht zwischen 1500 und 3000 und einem  $\alpha/\beta$ -Verhältnis von 30:70, enthalten.
21. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 15 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Zugabe Menge des Wasser-Konditionierungsmittels durch die Anzahl und Anordnung sowie die Art und Zusammensetzung der Depotsteine in Abhängigkeit von der am Ende des Entwässerungssystems anfallenden Wassermenge gesteuert wird.



