



**SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT**  
 BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

①① **CH 664 405 A5**

⑤① Int. Cl.4: **E 01 C 3/04**

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**  
 Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

①② **PATENTCHRIFT A5**

②① Gesuchsnummer: 4806/83

②② Anmeldungsdatum: 01.09.1983

②④ Patent erteilt: 29.02.1988

④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 29.02.1988

⑦③ Inhaber:  
 Plana Engineering AG, Hünenberg

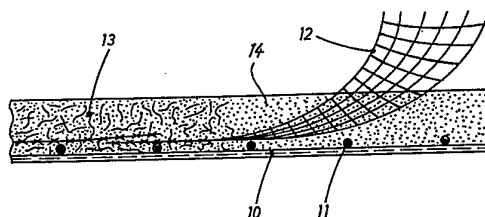
⑦② Erfinder:  
 Claus, Hermann, Bad Ragaz

⑦④ Vertreter:  
 A. Braun, Braun, Héritier, Eschmann AG,  
 Patentanwälte, Basel

⑤④ **Verfahren zur Stabilisierung einer Bodenschicht.**

⑤⑦ Auf eine bindemittelarme Basisschicht (10) wird eine Bodenschicht (14) aufgebracht, welche durch Zufuhr eines Gemisches von Wasser und einem silikathaltigen Bindemittel sowie durch eine Vorort-Mischung in einen breiigen Zustand übergeführt wurde. Nach dem Aufbringen eines Stabrostes (11) und eines Stahldrahtnetzes (12) werden in die Bodenschicht (14) einzelne Armierungselemente (13) von länglicher Gestalt beigegeben und gleichmässig in der Bodenschicht (14) verteilt.

Das Verfahren eignet sich vorzugsweise für die Stabilisierung von Unterlagenschichten im Bahn- und Strassenbau, für Flugplätze und für die Befestigung von stark mechanisch beanspruchtem Baugrund.



### PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Stabilisierung einer Bodenschicht ohne Gewichtsverdichtung zwecks Erzielung gesteigerter Frühfestigkeitseigenschaften, unter Verwendung von mindestens einem silikathaltigen Bindemittel, dadurch gekennzeichnet, dass die zu stabilisierende Bodenschicht zunächst durch Zufuhr eines Gemisches aus Wasser und dem silikathaltigen Bindemittel sowie durch eine Vorort-Mischung in einen breiigen Zustand überführt wird, worauf in den auf diese Weise gebildeten Brei eine Vielzahl einzelner Armierungselemente, deren grösste Abmessung höchstens der Dicke der zu stabilisierenden Bodenschicht entspricht, gleichmässig verteilt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Armierungselemente (7) stab- oder schnitzelartige Elemente sind.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Armierungselemente (8) ringförmig geschlossene Gebilde sind.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem gewachsenen Boden und der zu stabilisierenden Bodenschicht eine bindemittelärmere Basisschicht im gleichen Arbeitsgang erstellt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in die zu stabilisierende Bodenschicht ein gitterartiges Flächengebilde eingebaut wird, das sich auf einen Distanzierungsrost abstützt.

### BESCHREIBUNG

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Stabilisierung einer Bodenschicht nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Es ist bekannt, für bestimmte Belastungen oder sonstige Anordnungen ungenügend stabile natürliche Böden durch Beimischung von verfestigenden Bindematerialien oder den Einbau von sogenannten Geotextilien aus unverrottbaren Kunststoffmaterialien oder nicht korrodierenden Siebmaterialien wenigstens für eine beschränkte Zeit, aber auch für dauernd so zu verbessern, dass die gewünschte Stabilität wenigstens annähernd erreicht ist. Unter «ungenügend stabilen Böden» sollen insbesondere solche verstanden werden, welche auf örtliche normale Änderungen oder Umgebungseinflüsse, insbesondere Gefrieren und Auftauen mit starken Volumen- und/oder Kohäsionsänderungen reagieren. Stabilitätsverbesserungen lassen sich insbesondere durch Beimischungen von Zement oder Kalk erzielen, der vor einer allfälligen Verdichtung möglichst gleichmässig verteilt zugegeben und nach dem Verdichten einige Tage ungestört aushärten kann. Solchermassen stabilisierte Böden sind in der Regel infolge ausreichender Resistenz gegen Wasseraufnahme nach dem Abbinden des Zementes stabil gegen Frost. Nachteilig bei allen mit Zement- oder Kalkbeimischung stabilisierten Böden ist, dass sie zwar für statische Belastung und bei kontinuierlich homogenem Untergrund ausreichende Auflagebasen zu schaffen vermögen. Da sie aber nur geringe Eigenfestigkeit und praktisch keine Zugfestigkeit besitzen, besteht namentlich bei Auftreten von häufiger oder ständiger Wechselbeanspruchung die Gefahr, dass der Zusammenhalt der stabilisierten Schicht durch mechanische Beanspruchung verloren geht und sich die Schicht in mehr oder weniger grosse Schollen auflöst. Solche Schollen können dann in bei unhomogenem Untergrund in weichere Zonen absinken, oder bei starker Rüttel- oder Pumpbeanspruchung wie z.B. bei Bahntrassen oder Strassenunterbauten in die Schotter- bzw. Tragschicht aufsteigen. In beiden Fällen tritt fortschrei-

tende Verkleinerung der stabilisierten Bodenpartien auf, was jeweils zur Zerstörung der bezüglichen oberliegenden Beanspruchungsschichten führt.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Stabilisierung von Böden zwecks Verbesserung der Tragfähigkeit vorzuschlagen, durch das die Lastaufnahme durch den gewachsenen Boden möglichst «fliessend» erfolgt, das Arbeitsvermögen und die Flexibilität durch Steigerung der Biegezug- und Scherfestigkeit innerhalb des verfestigten Bodenbereichs erhöht wird, die belastungsbedingte Rissentstehung und Rissausbreitung minimal haltbar ist sowie das Nachbruchverhalten zur Vermeidung von Schwindrissen günstig beeinflussbar ist. Eine weitere Aufgabe ist das Erzielen gesteigerter Frühfestigkeitseigenschaften, d.h. die Fähigkeit der stabilisierten Schicht, bereits kurz nach Einbau bzw. Erstellung der Schicht, Belastung übernehmen zu können.

Das Ziel der Erfindung ist ein Verfahren zur Stabilisierung von Böden vorzuschlagen, bei der die Nachteile bisheriger Bodenstabilisierungsverfahren mit relativ einfachen Mitteln wirksam eliminiert sind. Es soll insbesondere ein Verfahren geschaffen werden, das vorzugsweise für den Unterbau von Verkehrswegen und andern stark mechanisch beanspruchtem Baugrund die Durchführung von Bodenstabilisierungen ermöglicht, durch welche bereits kurz nach Arbeitsabschluss eine tragfähige Schicht zwischen dem gewachsenen Boden und der Verschleiss- bzw. Lastaufnahmeschicht erzielbar ist.

Die erfindungsgemässe Lösung der gestellten Aufgabe und die Mittel zur Erreichung des Erfindungsziels sind durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 definiert. Ausführungsformen davon gehen aus den abhängigen Ansprüchen hervor.

Ausführungsbeispiele des erfindungsgemässen Verfahrens bzw. der durch das Verfahren zu erzielenden stabilisierten Bodenschicht sind nachstehend anhand der Zeichnung beschrieben. In diesen zeigt:

Fig. 1a, b Querschnitte durch a) einen Bahngeleisekörper mit einer unter der Schotterauflage, und b) im gewachsenen Boden eines Strassen- oder Platzterrains unter der Verschleisschicht eingebauten stabilisierten Schicht nach der Erfindung;

Fig. 2a, b, c drei Beispiele für nach dem Streuverfahren in eine zu stabilisierende Schicht eingebrachte Armierungselemente aus a) offenen, beliebig biegbaren, schnitzelartigen Materialien, b) in sich geschlossenen Gebilden aus federsteifen Ringgliedern, und c) aus nadel- oder stabförmigen länglichen Fasern oder Fasergebilden, und

Fig. 3 eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemässen Bodenstabilisierung mit einer die Materialverzahnung und die Bruchfestigkeit im Übergangsbereich zum gewachsenen Boden mechanisch steigernden Gittereinlage im Bereich der zu stabilisierenden Schicht.

Die Fig. 1a, b zeigen zwei typische Anwendungsformen der Erfindung an bestehenden Tiefbauobjekten. Das erstgezeigte Beispiel (Fig. 1a) betrifft eine speziell aber nicht ausschliesslich beim Geleiseunterhalt praktizierbare Anwendung. Ein durch jahrelanges Befahren unelastisch gewordenen Schotterbett 1, in das aus dem ursprünglich darunterliegenden Kieskoffer infolge Pumpwirkung aufgestiegenes Basismaterial (= gewachsener Boden oder Dammschüttung) eingedrungen ist, soll ersetzt werden. Es versteht sich, dass blosses Ersetzen des Schotterbettes das Verschmutzungsproblem nur kurzzeitig löst, weil «nachgepumptes» Erdmaterial rasch wieder zur Durchsetzung des Schotters mit einer Erdschicht führt. Es ist daher üblich, den mit Erde durchsetzten

Kieskoffer und/oder das darunter liegende Bodenmaterial nach Entfernung bzw. Anhebung der Geleise und Entfernen des alten Schotterbettes auf bekannte Weise im Ortsmischverfahren aufzubereiten und durch Zement- oder Kalk- und allenfalls Wasserzugabe in eine möglichst homogene Form zu bringen, die für Zement- bzw. Kalkstabilisierung typisch ist. Dabei kann entweder der noch vorhandene Kieskoffer stabilisiert werden, oder das Basismaterial wird, wie nachfolgend beschrieben, verfestigt mit dem Ziel, dass die Feinteile gebunden werden. Die verfestigte Schicht sichert eine gute Lastübertragung, so dass der gesamte Kieskoffer entfallen kann.

Die übliche Beimischung von Zement oder Kalk erfolgt zweckmässig in der Trockenphase, so dass es möglich ist, den untersten bzw. Basisabschnitt 3 von 2 bis 3 cm Höhe bei einer z.B. insgesamt 12 bis 15 cm hohen zu stabilisierenden und zu verfestigenden Schicht 2 relativ bindemittelarm zu halten. Es ist aber auch möglich, die Zement- bzw. Kalkbeimischung zusammen mit der Wasserbeigabe vorzunehmen.

Das zweitgezeigte Beispiel (Fig. 1b) betrifft eine Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens beim Bau von schwach belastbaren Strassen, bei der Erstellung des Unterbaus von Hauptstrassen oder beim Unterhalt solcher Strassen sowie bei der Erstellung von dem Fussgängerverkehr vorbehaltenen Trottoirs und Plätzen. Das Aufbereiten des Zement-Erdgemisches kann hier nach dem Ortsmischverfahren wie oben beschrieben, oder nach dem Zentralmischverfahren erfolgen, bei dem die Bodenmaterial-Bindemittel-Mischung und allenfalls die Wasserbeimischung ausserhalb der Einbaustelle vorgenommen wird. Unter Bindemitteln sollen im Rahmen der vorliegenden Erfindung allgemein neben Zement und Kalk auch auf Silikatbasis mit und ohne Härter bestehende Bindemittel verstanden werden. Die Erstellung einer bindemittelärmeren Basisschicht 4 kann beim Zentralmischverfahren durch Einfüllen einer Magerschicht oder durch nachträgliches Beifügen von Bodenmaterial in die Basisschicht, oder von Bindemittel in die Hauptschicht 5 vorgenommen werden. Die Hauptschicht 5 erhält dann eine Deckschicht 6 in der Form einer Verschleisschicht. Beim Ortsmischverfahren kann die Höhe der Basisschicht durch höhenverstellbare Mischgeräte festgelegt werden.

Sowohl beim Ortsmischverfahren als auch beim Zentralmischverfahren werden dem weichen bis viskosen Bodenmaterial-Bindemittel-Wasser-Gemisch erfindungsgemäss Armierungselemente beigegeben, die in die genannte Mischung eingearbeitet und in dieser – mit Ausnahme in der Basisschicht 7' – im wesentlichen gleichmässig verteilt suspendiert werden. Die Armierungselemente können nach Fig. 2a aus beliebig geformten und beliebig biegsamen, stab- oder schnitzelartigen, etwa 3 bis 10 cm langen Armierungselementen 7 aus einem elastisch dehnbaren Material bestehen. Die Element-Dichte in der zu stabilisierenden Materialmischung wird je nach der gewünschten Belastbarkeit so gewählt, dass sich pro Schnittflächeneinheit – in beliebigen Richtungen gesehen – ein Armierungselementen-Flächenanteil von mehr als 1%, vorzugsweise 5–15% ergibt. Dies ergibt bei 1 cm<sup>2</sup> Schnittfläche und 2,5 mm Armierungselement-Durchmesser 1 bis 3 Fasern.

In Fig. 2b sind Armierungselemente aus ringförmig geschlossen gestalteten Gebilden 8 aus z.B. federstiftem Material gezeigt, die nach einem allfälligen Zusammen-drücken beim Einfüllen wieder etwa in ihre ringförmige Ausgangsform zurückfedern. Ihr Ausgangs-Ringdurchmesser ist zweckmässig etwa 4 bis 7 cm, so dass beim vollständigen Flachdrücken eine «Faserlänge» von etwa 6 bis 10 cm resultiert. Zieht man in Betracht, dass solche Armierungselemente praktisch in mehreren Ebenen gebogen sind, so resultieren

etwa gleiche Verankerungsverhältnisse wie im Falle der Fasern 7 nach Fig. 2a.

Schliesslich zeigt Fig. 2c Armierungselemente 9 in Nadel- oder Stabform aus einem federstiften oder sonstwie flexiblen Material.

Die Armierungselemente 9 sind in beliebigen Richtungen in der Materialmischung orientiert, um eine rundum etwa gleichmässige Verankerungswirkung zu erzielen. Da damit zu rechnen ist, dass etwa gleiche Querschnittsanteilverhältnisse wie im Falle der Fasern 7 (Fig. 2a) resultieren, sind auch mit Verankerungselementen 9 ähnliche Festigkeitssteigerungen erzielbar.

Grundsätzlich besitzen die in den Beispielen nach Fig. 2a–c gezeigten Armierungselemente eine Länge, die höchstens etwa der Dicke der zu stabilisierenden Bodenschicht entspricht. Der Querschnitt der Armierungselemente beträgt zur Erhaltung der beschriebenen Flexibilität höchstens etwa 12 mm<sup>2</sup>.

Das Einarbeiten der Armierungselemente der Formen und Anordnungen nach den Fig. 2a–c erfolgt beim Ortsmischverfahren mittels fahrbaren Verteil- und Einbringeräten, bei welchen zur Erzielung der Armierungselement-ärmeren Basisschicht 7', 8', 9' höhenverstellbare Einbring- bzw. Einmischeinrichtungen vorhanden sind. Der gleiche Armierungsvorgang kann selbstverständlich auch beim Zentralmischverfahren gewählt werden. Doch ist es dort meist vorteilhafter, die Bemischung gleich mit der Aufbereitung des zu stabilisierenden Bodenmaterial-Bindemittel-Wasser-Gemisches vorzunehmen. Dabei sind jedoch Klumpenbildung von Armierungselementen zu vermeiden, beispielsweise durch sukzessives Eingeben der Armierungselemente. Die Armierungselement-ärmeren Schichten 7', 8', 9' können dabei durch initiales Auslegen einer armierungselementfreien Grundsicht erzielt werden.

Eine weitere Möglichkeit der Armierung eines für höhere Belastbarkeit zu stabilisierenden und zu verfestigenden Bodenabschnittes ist in Fig. 3 gezeigt. Auf einer Bindemittel- und Armierungselement-armen Basisschicht 10 wird auf einem relativ weitmaschigen Distanzierungsgestell 11, der hier als Stabrost dargestellt ist, eine Siebmatte 12, z.B. ein Geotextil oder Stahldrahtnetz als Grundarmierung aufgelegt. Sowohl der Stabrost 11 als auch die genannte Grundarmierung sind weitmaschig genug, um zwar das hier nur im Zentralmischverfahren aufzubereitende Bodenmaterial-Bindemittel-Wasser-Gemisch 14 frei durchsickern zu lassen, nicht aber diesem Gemisch zusätzlich beizugebendes Armierungsmaterial 13 beispielsweise der anhand der Fig. 2a–c beschriebenen Art. Die Siebmatte 12 kann sowohl vor dem Einfüllen des allenfalls bereits zusatzarmierten zentral gemischten Stabilisierungsgemisches als auch nach dem Einfüllen von nicht zusatzarmiertem Stabilisierungsgemisch verlegt bzw. in dieses eingebettet werden. In beiden Fällen kann aber eine beliebige zusätzliche Elementarmierung der beschriebenen Art des Gemisches erfolgen.

Mehrere Siebmatten 12 können in vertikalen Abständen in das weiche bis viskose Gemisch eingebettet werden.

Nach dem Erstellen – im Ortsmischverfahren – oder dem Einbringen – im Zentralmischverfahren – des zu stabilisierenden Bodenmaterial-Bindemittel-Wasser-Gemisches und der beschriebenen Elementarmierung kann das Gemisch auf bekannte Weise zwecks Verdichtung und allenfalls Entfernung von zum Abbinden nicht notwendigem Überschusswasser vibriert werden. Wichtig ist dabei, dass das Vibrieren in einer Weise erfolgt, bei der kein Konzentrieren oder Klumpenbilden des Armierungsmaterials auftritt. Gleichzeitig erfolgt das Glätten bzw. Planieren der Oberfläche als Vorbereitungsoperation für das abschliessende Auftragen der Verschleisschicht. Auf ein Vibrieren bzw. Verdichten

kann dann verzichtet werden, wenn das Gemisch durch seine Konsistenz und Zusammensetzung Gewähr für kompaktes Aushärten bietet.

Selbstverständlich ist es möglich, durch Schnellabbindezusätze namentlich im Bahnunterbau-Unterhalt so kurze Abbindezeiten zu erzielen, dass die beschriebene Bodenstabilisierung auch in den normalerweise relativ kurzen Betriebspausen abschnittsweise erfolgen kann. Ausschlaggebend ist

jedoch das Vorhandensein der beschriebenen Armierungselemente, welche die üblicherweise auch bei Schnellabbindern notwendige Ruhezeit durch ihre innere Stabilisierung zu steigern imstande sind. Indessen bringt das erfindungsgemäße Verfahren nicht nur in solchen Fällen Vorteile, wo ein rascher Arbeitsfortschritt oder -abschluss wichtig ist. Das Verfahren bietet für Baugrund- und Hangstabilisierungen Vorteile, wo es praktisch anwendbar ist.

Fig. 1

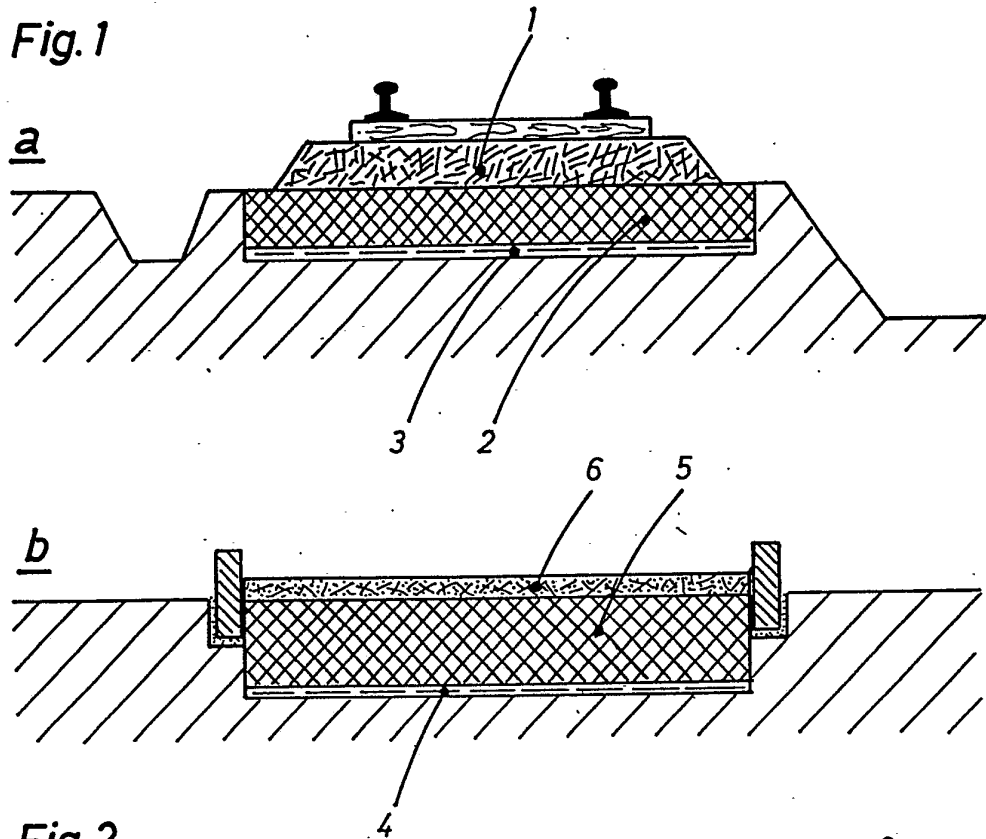


Fig. 2

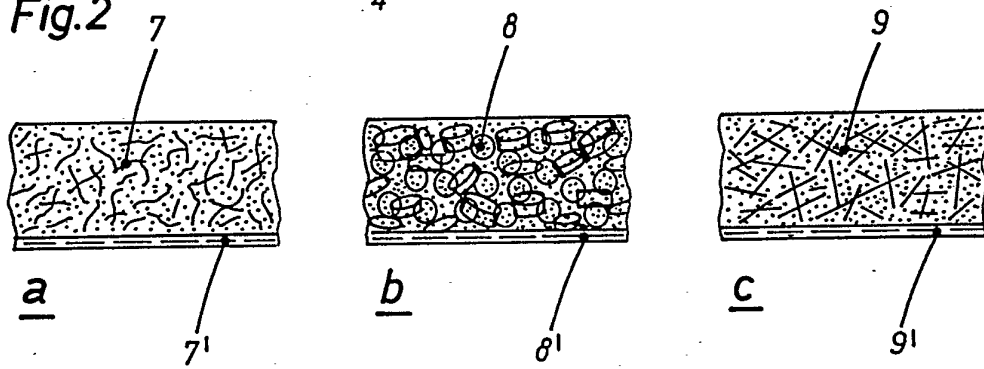


Fig. 3

