



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
25.01.2006 Patentblatt 2006/04

(51) Int Cl.:
E01B 1/00 (2006.01) E01B 27/18 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **05106393.1**

(22) Anmeldetag: **13.07.2005**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(72) Erfinder: **Frenzel, Tim
31061, Brunkensen (DE)**

(74) Vertreter: **Hilleringmann, Jochen
Patentanwälte
von Kreisler-Selting-Werner,
Bahnhofsvorplatz 1 (Deichmannhaus)
50667 Köln (DE)**

(30) Priorität: **23.07.2004 EP 04017427**

(71) Anmelder: **Frenzel-Bau GmbH
31084 Freden (DE)**

(54) **Teilverschäumter Gleisoberbau**

(57) Der Gleisoberbau für einen Schienenweg auf einem quer zu dessen Erstreckung geneigten Untergrund (12) ist versehen mit einem Schotterkörper (16) aus einzelnen Schottersteinen (18) und in dem Schotterkörper eingebetteten Schwellen (20), an denen Schienen (24) befestigbar sind, wobei der Schotterkörper (16) unterhalb der Schwellen (20) Lastabtragungsbereiche (26) aufweist, die beim Befahren der Schienen (24) über die Schwellen (20) vertikal auf den Schotterkörper (16) wirkende Lasten aufnehmen und den Untergrund (12) un-

terhalb des Schotterkörpers (16) übertragen. Diese Übertragung ist dadurch gekennzeichnet, dass im Wesentlichen lediglich die Hohlräume zwischen den Schottersteinen (18) innerhalb der Lastabtragungsbereiche (26) des Schotterkörpers (16) zur Lagefixierung der Schottersteine (18) in diesen Bereichen (26) mit einem Schaummaterial (28) insbesondere einem PU-Schaummaterial, ausgefüllt sind und dass zwischen dem Schotterkörper (16) und dem Untergrund (12) eine elastische Drainageschicht (14) angeordnet ist.

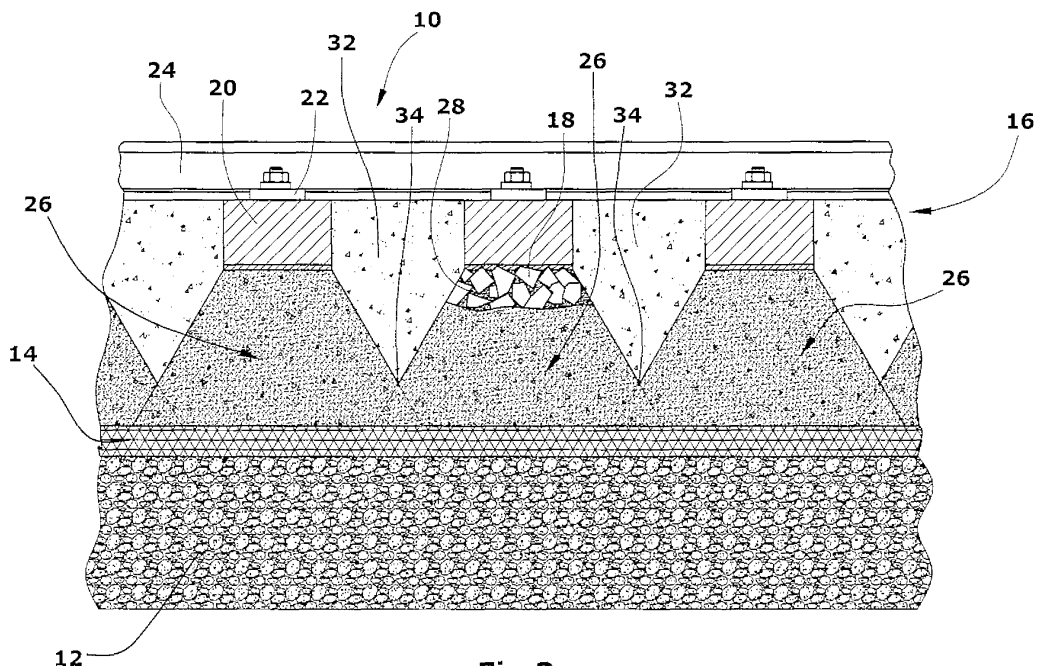


Fig.3

Beschreibung

[0001] Zu den traditionellen und am häufigsten angewandten Gleissystemen gehören heute die Schottergleise. Wahlweise ausgerüstet mit Holz, Beton- oder Stahlschwellen. Diese Gleiskonstruktion hat sich seit Beginn des Eisenbahnverkehrs stetig durch den praktischen Einsatz und die theoretische Nachrechnung optimiert.

[0002] Um eine wirtschaftliche Gleisanlage zu erhalten, muss die Lebensdauer ihrer Hauptelemente - Schienen, Schwellen, Schotter und Unterbau - richtig aufeinander abgestimmt sein. Niedrige "Life Cycle Costs" entstehen dann, wenn der Unterbau eine längere Nutzungsdauer als das Schotterbett aufweist und das Schotterbett erst erneuert werden muss, wenn die Schwellen das Ende ihrer Nutzungsdauer erreicht haben. Die starke Zunahme der Beanspruchung durch mehr Züge, höhere Achslasten und Geschwindigkeiten sowie schweres Rollmaterial führte in den letzten Jahrzehnten dazu, dass aus wirtschaftlichen Gründen zuerst der Gleisrost durch den Einsatz von steiferen Schienenprofilen und Betonschwellen verstärkt wurde. In einer zweiten Phase wurde im Rahmen von Oberbauerneuerungen, wo nötig, der Unterbau durch den Einbau von Planumsschutzschichten sowie Entwässerungen saniert. Dadurch wurde das Schotterbett faktisch zum schwächsten Hauptelement der Fahrbahn. Die Verbesserung der Schottereigenschaften ist eine wichtige Maßnahme für die Sicherstellung einer hinreichenden Nutzungsdauer des aus Brechschotter bestehenden Schotterbettes, das in sauberem Zustand ein hohes Porenvolumen aufweist.

[0003] Heute werden auf diesen Gleisen (z.B. TGV) Geschwindigkeiten bis über 300 km/h realisiert und große Lasten transportiert. Die Bautechnik hat sich diesen Konstruktionen angepasst und steht heute auf einem weltweit hohen Niveau.

[0004] Die Konstruktion des Schottergleises ist aus der theoretischen Betrachtung eine komplizierte, komplexe Realisierung. Kompliziert deshalb, weil sich die nicht in einem starren, festen Gefüge befindliche Schottermasse bei dynamischer Beeinflussung verändert.

[0005] Dieses bedeutet: Bei der Herstellung des Gleises wird nach der Montage des Gleisrostes auf einem mindestens 30 cm starken Schotterbett der Schotter mit so genannten Stopfmaschinen verdichtet. Nun ruht der Gleisrost auf dem Schotterbett und überträgt die Lasten aus dem Zuglauf über die Schienen auf die Schwellen und von dort auf den Schotterkörper. Die Lasten werden dann im Schotterkörper - idealisiert betrachtet - von Schotterstein zu Schotterstein bis auf das darunter liegende Planum nach unten verteilt und in den Baugrund abgeleitet.

[0006] Der rein statische Abtrag der eingeführten Lasten erfolgt dabei problemlos.

[0007] Veränderungen im Gefüge des Schotterbettes werden aber durch die dynamische Belastung, welche bei Zugfahrt eintritt, ausgelöst.

[0008] Bei der Zugüberfahrt kommt es bekannterweise

zu positiven und negativen Lasteintragungen. Dieses heißt, das Gleis wird mit senkrechten Lasten und zusätzlich mit einer entlastenden Vor- und Nachlaufwelle beaufschlagt. In Verbindung mit der dynamischen Frequenz aus dem Zuglauf kann sich somit das "Stein auf Stein Gebilde" verändern. Die Schottersteine verdrehen sich, werden in der Endphase rund und die Gleislage verändert sich. Würde dieser Vorgang völlig gleichmäßig erfolgen, würde hieraus kein Nachteil für die Gleislage entstehen. Durch die Linienführung des Gleises - Bogen, Gerade, Brücke, verschiedene Untergründe usw. - geschieht dieses aber nicht. Es muss in zeitlichen Abständen immer wieder mit Stopfmaschinen nachgestopft werden, um eine gute Gleislage auf Dauer vorzuhalten.

[0009] Die Bahnen fahren heute im Güterverkehr mit einer Achslast von 22,5 t. Die Schwellen übertragen diese Last auf ihrer Unterseite auf im Mittel auf ca. 330 Schottersteinspitzen und von dort von Stein zu Stein nach unten. Es werden somit nur ca. 12% der Schwellengrundfläche als Aufstandsfläche genutzt. Diese Werte gelten sowohl für horizontale als auch vertikale Lastabtragungen. Der Hohlraum im Schottergerüst beträgt ungefähr 40%, das heißt, es gibt genügend Raum, um bei dynamischer Belastung ein Verdrehen oder Verlagern der einzelnen Schottersteine zuzulassen.

[0010] In der Vergangenheit wurden unterschiedliche Techniken entwickelt, um diesem Problem entgegenzuwirken:

1. Es wurden und werden schotterlose Gleissysteme, sogenannte "Feste Fahrbahnen" entwickelt. Diese können einen Betonunterbau oder einen Asphaltunterbau aufweisen.

2. Der Schotterkörper wird nach der Herstellung des fertig gestopften Gleises mit einem zementösen Gemisch ausgegossen und damit starr.

3. Der Schotterkörper wird nach der Herstellung des fertig gestopften Gleises mit einem Flüssigkunststoff behandelt und dadurch an den Kontaktstellen Stein zu Stein punktweise verklebt.

[0011] Es sind eine Reihe früherer Vorschläge bekannt, in denen versucht wird, die Eigenschaften von technischen Strukturen zu verändern, um beispielsweise durch wirksames "Zusammenhalten" der Steine die Stabilität zu verbessern.

[0012] Aus DD 86 201 und DE 24 48 978 A1 ist z.B. eine Voll- oder Teilverklebung sämtlicher Schottersteine des Schotterkörpers bekannt. Hierdurch entstehen Entwässerungsprobleme, da Oberflächenwasser den Schotterkörper nicht mehr horizontal oder vertikal durchdringen kann, was insbesondere bei zwei- oder mehrgleisigen Strecken und insbesondere in Kurvenbereichen ungünstig ist.

[0013] Auch aus DE 20 63 727 ist die Vollverklebung sämtlicher Schottersteine des Schotterkörpers bekannt,

und zwar mit einem gegebenenfalls schäumbaren Klebmaterial. Eine Maschine, mit der diese Vollverklebung erreicht werden kann, ist in US-A-3,942,448 bzw. DE-U-7319950 beschrieben.

[0014] Aus DE-A-23 05 536 ist ein Verfahren zum Anheben von Gleisen bekannt, bei dem durch die Schienen hindurch in den Gleiskörper hinein zwecks dessen Anhebung quellendes Material eingebracht wird.

[0015] Mit der vorliegenden Erfindung soll ein alternativer Weg zur Stabilisierung des Schotterkörpers ohne Beeinflussung von dessen Morphologie und unter Berücksichtigung der Entwässerungsproblematik beschränkt werden.

[0016] Mit der Erfindung wird ein Gleisoberbaukörper für einen Schienenweg auf einem quer zu dessen Erstreckung geeigneten Untergrund, vorgeschlagen, der versehen ist mit

- einem Schotterkörper aus einzelnen Schottersteinen und
- in dem Schotterkörper eingebetteten Schwellen, an denen Schienen befestigbar sind, wobei der Schotterkörper unterhalb der Schwellen Lastabtragungsbereiche aufweist, die beim Befahren der Schienen über die Schwellen vertikal auf den Schotterkörper wirkende Lasten aufnehmen und den Untergrund unterhalb des Schotterkörpers übertragen.

[0017] Bei diesem Gleisoberbau ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass im Wesentlichen lediglich die Hohlräume zwischen den Schottersteinen innerhalb der Lastabtragungsbereiche des Schotterkörpers zur Lagefixierung der Schottersteine in diesen Bereichen mit einem Schaummaterial, insbesondere einem PU-Schaummaterial, ausgefüllt sind und dass zwischen dem Schotterkörper und dem Untergrund eine elastische Drainageschicht angeordnet ist.

[0018] Der erfindungsgemäße Gedanke ist darin zu sehen, dass der Schotterkörper nur in Teilen mit einem schäumbaren Material versehen, innerhalb dieser Bereiche allerdings sind die Hohlräume zwischen den Schottersteinen im Wesentlichen vollständig von diesem schäumbaren Material ausgefüllt, wobei jedoch sichergestellt ist, dass die Gleiskörpermorphologie durch die Ausschäumung gegenüber dem Zustand des Schotterkörpers vor der Einbringung des schäumbaren Materials unverändert bleibt. Bei diesen Bereichen des Schotterkörpers handelt es sich um die Lastabtragungsbereiche unterhalb der Schwellen, wobei sich diese Lastabtragungsbereiche ausgehend von den Schwellen schräg auswärts verlaufend und unterhalb der Schwellen erstrecken. Durch diese erfindungsgemäße Teilverschäumung des Schotterkörpers verbleiben die Hohlräume zwischen den Schottersteinen innerhalb der zwischen den Lastabtragungsbereichen befindlichen Zonen des Schotterkörpers frei, so dass Oberflächenwasser, das auf den Schotterkörper auftrifft, nach unten bzw. innerhalb dieser Zonen seitlich abfließen kann. Auch seitlich

an den Schotterkörper gelangendes Oberflächenwasser kann den Schotterkörper horizontal durchdringen.

[0019] Durch die erfindungsgemäße Teilausschäumung des Schotterkörpers bleiben gerade die bei Überfahrten über das Gleis am meisten "beanspruchten" Schottersteine lagestabil. Sie behalten also ihre nach dem Stopfvorgang und nach der (künstlich) erzeugten Erstsetzung des Gleisoberbaus eingenommene Lage dauerhaft bei, und zwar im Wesentlichen über die gesamte Betriebsdauer des Gleisoberbaus. Ein Nachstopfen, wie es heutzutage bei Gleisschotterkörpern der Fall ist, wird dadurch entbehrlich.

[0020] Als im Rahmen der Erfindung verwendbarer Schaum kommt ein Hartschaum bzw. ein Halbhartschaum in Frage, also ein Schaum, der einer Verformung einen nicht unbeträchtlichen Widerstand entgegen setzt. Der Schaum muss eine ausreichende Druckfestigkeit aufweisen. Der Schaum kann bezüglich Druckfestigkeit, Reaktionszeiten, Reaktionskomponenten, Topfzeit eingestellt werden. Als Schaummaterialien kommen unter anderem Polyurithan- (PU-), Polyester- (PES-), Polystyrol- (PS-) oder Polyvinylchlorid- (PVC-) Schäume in Frage. Der Schaum kann geschlossen oder offenzellig sein. Offenzellige Schäume haben den Vorteil, dass sie akustisch wirksam sind, was bei Anwendung im Gleisoberbau von Vorteil ist. Der Schaum sollte elastisch, langzeitstabil, verrottungssicher, feuerbeständig, widerstandsfähig gegen Ungeziefer und chemikalienbeständig sein.

[0021] Zur Schaffung einer Entwässerungsmöglichkeit unterhalb des Gleisoberbaus ist der Schotterkörper auf einer elastischen Drainageschicht angeordnet. Hier kann man sich der für Drainagezwecke bekannten Drainage-Matten bedienen, wie sie beispielsweise von der Rehau AG angeboten werden. Vorteilhaft sind poröse Gummimatten oder Matten aus einem anderen Elastomermaterial. Insbesondere eignen sich Elastomergranulate, deren Partikel unter Freihaltung von horizontal und vertikal durch die Matte sich erstreckenden Hohlräumen untereinander verbunden sind. Beispielsweise eignen sich Partikel aus Reifenreziklat zur Herstellung derartiger elastischer Drainagematten. Die elastische Elastomer-Drainagematte kann hohe Gewichte und Anpresskräfte aufnehmen, ist langzeitstabil und verrottungssicher und weist die anderen obigen Eigenschaften auf, die vorzugsweise für den Schaum gelten.

[0022] Drainage-Matten konnten bisher unter Schotterkörpern nicht eingesetzt werden, da sie den Belastungen, wie sie im Laufe der Zeit verursacht durch mehrere Stopfvorgänge auftreten, nicht standhalten. Nach der Erfindung ist jedoch lediglich noch ein einziger Stopfvorgang, nämlich bei der Erstellung des Gleisoberbaus, erforderlich. Insofern ist ein Verdienst der Erfindung auch darin zu sehen, dass es gelungen ist, als Folge der Verhinderung späterer Nachstopfvorgänge ein Drainagematerial unter dem Gleisoberbau vorsehen zu können. Durch die Drainage kommt es zu einer kontrollierten und gerichteten Abführung von Wasser, das ein Ausspülen

des Untergrundes (Unterplanum) wirkungsvoll verhindert. Ferner trägt das Material der Drainagematte, wie oben beschrieben, dazu bei, dass diese langzeitstabil ist und damit auch bei hohen Druckbelastungen ihre (horizontale) Porosität beibehält.

[0023] Zur weiteren Fixierung der Schottersteine innerhalb der Lastabtragungsbereiche ist es zweckmäßig, die Schwellen an ihren Unterseiten mit einem elastischen Material insbesondere aus Kunststoff zu versehen (sogenannte Schwellenbesohlung). Derartige Schwellen mit Besohlung sind beispielsweise in EP-A-1 298 252 zu finden. Die an der Schwelle anliegenden Schottersteine dringen in das elastische Material der Schwellenbesohlung ein, wodurch es zu einer Fixierung durch eine Art "Verhakung" kommt.

[0024] Mit der Erfindung wird ferner ein Verfahren zur Erstellung eines Gleisoberbaus für einen Schienenweg auf einem quer zu dessen Erstreckung geeigneten Untergrund vorgeschlagen, bei dem

- auf dem Untergrund eine elastische Drainagematte angeordnet wird,
- auf der Drainagematte ein Schotterkörper aus einzelnen, zwischen sich Hohlräume aufweisenden Schottersteinen gebildet wird,
- in den Schotterkörper Schwellen eingebettet werden,
- an den Schwellen Gleise befestigt werden, und
- zur Lagefixierung der im Wesentlichen lediglich innerhalb von Lastabtragungsbereichen des Schotterkörpers unterhalb der Schwellen befindlichen Schottersteine in die Hohlräume zwischen diesen ein schäumbares Material eingebracht wird.

[0025] Für die chemische Reaktion bei der Schaumbildung ist es vorteilhaft, wenn der Schotterkörper vor der Einbringung des schäumbaren Materials erwärmt worden ist bzw. eine erhöhte Temperatur aufweist, was je nach Umgebungsbedingungen auch ohne eine Erwärmung durch eine zusätzliche Wärmequelle gegeben sein kann.

[0026] Ferner werden, wie ebenfalls oben erwähnt, Schwellen mit einer Besohlung aus einem elastischen Material, insbesondere Kunststoffmaterial, in den Schotterkörper eingebettet.

[0027] Dem erfindungsgemäß vorgesehenen Schritt der Teilausschäumung des Schotterkörpers, in dem dieser ausschließlich in den Lastabtragungsbereichen mit Schaum versehen wird, werden zweckmäßigerweise die an sich bekannten Schritte des Stopfens und/oder der Erstsetzbildung durch Versetzen des Schotterkörpers in Vibrationen vorgeschaltet.

[0028] Das Hauptproblem des bekannten Schottergleises - das Verdrehen des Gesteins unter dynamischer Belastung - wird also erfindungsgemäß dadurch verhindert, dass nach Fertigstellung des neuen oder erneuten Gleises dieses mit einem Schaummaterial im Schotterkörper lediglich in den Lastabtragungszonen verschäumt

wird.

[0029] Dieses heißt, alle Hohlräume zwischen den Schottersteinen unter der Schwelle und in den angrenzenden Lastabtragungsbereichen werden durch den einzubringenden Schaum des Schotterkörpers geschlossen; die Hohlräume zwischen den Schwellen und außerhalb der Lastabtragungsbereiche bleiben frei und dienen somit der Abfuhr von Oberflächenwasser. Der Schaum wird so eingestellt, dass er flexibel ist. Die Einbringung des Schaums und dessen Bildung im Schotterkörper verändert die Morphologie des Schotterkörpers nicht.

[0030] Als Schaum wird vorzugsweise ein PU-Schaum eingesetzt. PU-Schäume sind seit Jahrzehnten in der Industrie und im Bauwesen bekannt. Die Anpassung an die jeweilige Anwendungsaufgabe ist problemlos. Der Einsatz bei feuchtem Wetter schadet nicht, sondern fördert.

[0031] Sämtliche Schottersteine des Gleises innerhalb der Lastabtransportbereiche werden durch den eingebrachten Schaum miteinander zu einem ganzheitlichen Schottergefüge verbunden. Die Haftigkeit des Schaums am Schotterstein und die Gefügedichte des Schaums kann der Größenordnung der maximalen Lasteintragung, zuzüglich eines Sicherheitsbeiwert, angepasst werden.

[0032] Nach der Aushärtung des Schaums können nun alle durch den Zuglauf eingeleiteten Kräfte über dieses homogene Gefüge übertragen werden, und zwar über die Schottersteine und nicht über den Schaum, der der Lagestabilisierung der Schottersteine dient.

[0033] Da der Schaum aus einer Vielzahl von Poren besteht, entsteht auch durch das Schließen der Hohlräume kein starrer Schotterkörper. Es entsteht vielmehr ein Gebilde mit unendlich vielen "Stoßdämpfern". Dadurch wird zusätzlich eine Geräuschkämmung erreicht.

[0034] Der eingebrachte PU-Schaum verbessert den Gleiskörper mehrfach:

- Der Untergrund unter dem Schotter wird durch die hohe Isolationsleistung der sich bildenden Mikro-Luftporen im PU-Schaum vor Frost geschützt.
- Der Untergrund unter dem Schotter wird vor Wasser geschützt.
- Die Gefahr einer Gleisverwerfung in horizontaler und vertikaler Richtung wird reduziert, da höhere Kräfte aufgenommen werden können.
- Der Querverschiebewiderstand eines Gleises wird erhöht.
- Die dynamische Belastung des Untergrundes und des Umfeldes wird reduziert.
- Die Berechnungsmethoden zur Lagesicherheit eines Gleises können optimiert werden.
- Der Schotterkörper wirkt schalldämpfend (Reduktion der Übertragung von Schwingungen aus dem Gleiskörper sowohl über den Boden als auch durch die Luft).

[0035] Die Vorgaben des erfindungsgemäßen Verfah-

rens bzw. Schotterkörpers sind insbesondere wie folgt:

1. gewaschener Schotter
2. Gleise gestopft und gleistechnisch abgenommen
3. Gleis-Schotterquerschnitt wärmetechnisch vorbehandelt - Temperaturvorgabe
4. Aushärtezeiten und Flexibilität des Schaums sind beeinflussbar
5. absolute Vollausschäumung der jeweiligen Lastabtragungszonen (ca. 60° Winkel) unter den Schwellen
6. Recyclingfähigkeit nach KrW-/AsfG
7. Erfüllung von Scherfestigkeiten, Abreißfestigkeiten und Federsteifigkeiten des Schaums je nach Anforderung.

[0036] Die Erstellung des erfindungsgemäßen Gleis-
aufbaus geschieht wie folgt:

1. Nach Fertigstellung des Unterbauplanums und vor Aufbringung des Gleisverlegeschotters wird auf den Flächen der PSS (Planumsschutzschicht) unter der Schotteraufstandsfläche eine elastische Drainagematte (z.B. Secudrän® von der Naue-Fasertechnik GmbH & Co. KG) verlegt. Hierdurch wird gewährleistet, dass bei zwei- oder mehrgleisigen Strecken die Mittenentwässerung dauerhaft gesichert ist. Bei eingleisigen Strecken kann hiervon abgesehen werden; es wird eine Entwässerung des in Folge der Neigung des Planums höher gelegenen Randbereichs erreicht (gilt auch bei mehrgleisigen Strecken).
2. Die einzubauenden Schwellen aus Beton oder Stahl erhalten auf der Unterseite vorzugsweise eine Besohlung aus einem Kunststoffmaterial nach dem Stand der Technik (z.B. EP-A-1 298 252). Hierdurch werden die Schottersteine beim Stopfen im Gefüge des Kunststoffes verkeilt und festgehalten.
3. Das gebaute und mit der Stopfmaschine gestopfte Gleis wird mit einem Gleisstabilisator bekannter Bauart zusätzlich behandelt. Dadurch werden Ersetzungen aus der zu erwartenden Zugbelastung vorweggenommen. Der Gleisaufbau befindet sich nun in einem Zustand, in dem er gleistechnisch abnehmbar ist.
4. Das Gleis wird unter den Schwellen und in den angrenzenden Bereichen des Druckabtrages im Schotterkörper verschäumt. Hierzu wird der Schotterkörper vorteilhafterweise zuvor wärmetechnisch behandelt und gereinigt (gewaschene Schottersteine).

[0037] Die vorliegende Erfindung geht nicht davon aus, dass über den Schaum die Lasten aus dem Zugbetrieb über- oder abgetragen werden. Der eingebaute

Schaum stabilisiert das Schottergerüst und verhindert das Ausweichen des Schotterkern aus dem durch die Stopfmaschine hergestellten, verdichteten Schottergebilde. Das nachweisbar standfeste Schottergleis wird in seiner Herstellungsform auf sehr lange Zeit in seiner Abnahmequalität erhalten. Dabei spielt die Haltbarkeit des (z.B. PU-) Schaums bzw. dessen Zusammensetzung eine große Rolle.

[0038] Das technische Verhalten von teilchengestützten Konstruktionen wird bei Anwendung von (z.B. PU-) Schaum grundsätzlich nicht verändert. Es werden lediglich die Eigenschaften der technischen Festigkeit sowie der Steifigkeit erheblich verbessert. Außerdem werden durch PU-Schaum auch die dynamischen Merkmale, die solche Eigenschaften wie den Dämpfungsgrad und die Geschwindigkeit der Beanspruchungsdruckwellen (z.B. Kompressionswelle, Scherungswelle und Oberflächenwelle) verbessert.

[0039] Bei Einsatz eines (z.B. PU-) Schaums ist es wünschenswert sicherzustellen, dass der verstärkte und stabilisierte Unterbau während seiner Lebensdauer auf einem annehmbaren Niveau funktioniert.

[0040] PU-Schaum wird vorzugsweise in der korrekten räumlichen Lage und bis in die richtige Tiefe eingesetzt, um zu gewährleisten, dass die Verbesserungen des technischen Verhaltens erzielt werden. Außerdem wird PU-Schaum vorzugsweise chemisch aufgebaut, um zu gewährleisten, dass seine gewünschten Eigenschaften für die jeweilige Anwendung unter Berücksichtigung von Steifigkeit, Festigkeit, Viskosität, Ermüdungsgrenzen, akustischer Dämpfung, Temperaturbereich, biochemischen und hydrokopischen Eigenschaften, Erhärtungszeit und Lebensdauer richtig sind. So gibt es am Markt frei verfügbare Schäume, die einen Temperaturbereich von -30° bis +80° C vertragen, dampf- und wasserfest sind, nicht schrumpfen oder nachdrücken und fäkalienbeständig sind (dies ist nicht zu vernachlässigen, da immer noch viele Personen-Bahnen offen Toilettensysteme haben und somit Fäkalien auf dem Schotter entleeren). Um das gewünschte Verhalten und eine Vorhersagbarkeit zu erzielen, können zusätzliche Stoffe für den PU-Schaum verwendet werden, um die chemischen Eigenschaften noch weiter auszubauen. Es gibt genügend fertig gemischte Schäume mit entsprechenden Eigenschaften, die entsprechend der gegebenen Situation zu wählen sind.

[0041] Die Erfindung liefert einen stabilisierten Schotteroberbau in einem nach diesem Verfahren hergestellten Bahngleis. Vorzugsweise kann PU-Schaum eingesetzt werden, um die vertikale und/oder Längsstabilität des Unterbaus (z.B. Steifigkeit und Festigkeit) zu erhöhen. Das System ist sorgfältig zu kontrollieren, um zu gewährleisten, dass die Beanspruchungen und Kräfte dynamisch, schwingend oder statisch innerhalb der Ermüdungs- oder Beanspruchungsgrenzen des durch PU-Schaum verstärkten Oberbaus mit einem vorgegebenen Sicherheitsfaktor unter Berücksichtigung der gewünschten Lebenszyklen bleiben. Das Hinzufügen eines

PU-Schaums verändert das statische und dynamische Verhalten des aus Teilchen bestehenden Oberbaus positiv und somit auch des gesamten und teilweisen Verhaltens des Unterbaus.

[0042] Schotteroberbauarten, die durch das zuvor beschriebene Behandlungsverfahren verstärkt und stabilisiert werden, können auch eingesetzt werden zur:

- kurzfristigen Stabilisierung von überbeanspruchten Unterbauten bis zur endgültigen Sanierung des Streckenabschnitts (z.B. Schlammförderung und "Feuchtpunkte" in einem Bahngleis),
- vertikalen, Seiten- und Längsstabilisierung (in einem Bahngleis z.B. von Übergangskurven, großen Überhöhungen, um z.B. den Wartungsaufwand zu verringern),
- Stabilisierung von Tunnelgleisen,
- Verstärkung von Brückengleisen, einschließlich der Übergänge vor und nach Brücken zur Verhinderung von Lastsprüngen,
- Verringerung von Bahnkörperbeanspruchung durch erhöhte PU-Schaum-Steifigkeits- und Festigkeitseigenschaften, - Verhinderung herbeigeführter plastischer Belastung und Zermürbung der Trennung von Teilchen (z.B. durch Splittern) durch nahezu totale Verhinderung der Bewegung der Teilchen,
- Verringerung des Auftretens von verschmutzten Teilchen,
- eine PU-Schaum-Membran (z.B. an Berührungstellen verschiedener Unterbaumaterialien) kann erfindungsgemäß eingesetzt werden, um das Eindringen von Schmutz in den Oberschotter/den Bahnschotter zu verhindern,
- in Kombination mit der vorzusehenden Drainagematte zur Unterstützung bei der Verhinderung von Spülerosion der Oberfläche und der Unterbauten,
- Ermöglichung eines Anstiegs angewandter Lasten und der Geschwindigkeit von schwingenden Lasten ohne erhebliche Zunahme bei der Wartung des Unterbaus und zur Verringerung der am Unterbau herbeigeführten Beschädigung auf Grund der angewandten Lasten,
- Verringerung der Erzeugung und Übertragung von Umgebungslärm,
- Hochleistungsreinigung (z.B. Sauger) von verstärktem Oberbau zur Aufrechterhaltung der Sauberkeit (Müll, Fäkalien, Laub, Astwerk, Zigarettenreste etc.) bei reduzierten Kosten ist - wenn gewünscht - möglich, indem die Schotterflächen zwischen den Schwellen mit einem anderen Material (UV beständig) in einem Arbeitsgang verklebt werden,
- Verbesserung der statischen und dynamischen Leistungsparameter des Ober- und Unterbaus.

[0043] Die Zusammensetzung des Schaums wird auf Grundlage der gemäß Verbund geforderten Steifigkeits- und Festigkeitseigenschaften ausgewählt. Insbesondere die Zugfestigkeits- und Scherfestigkeitseigenschaften

des Schaums werden als Teil des Konstruktionsprozesses bestimmt.

[0044] In Gebieten mit schlechten geologischen Formationen werden die Schaumeigenschaften (z.B. Steifigkeit) so ausgelegt, dass sicherzustellen ist, dass über den schwachen Bereich ein wirksames polsterartiges Fundament aus stabilisiertem Schotter errichtet wird. Ist die Steifigkeit groß genug, erfolgt eine gleichmäßigere Belastungsverteilung an der Berührungsstelle mit dem Bahnkörper.

[0045] Bei Weichen mit hohem Wartungsaufwand werden die Schaumeigenschaften so ausgewählt, dass die großen vertikalen Kräfte wirksamer unter der Weiche verteilt werden, jedoch weiterhin gute Dämpfungseigenschaften des Verbunds beibehalten werden. Ein Anheben der Schwelle durch die Einbringung des Schaums ist weitestgehend ausgeschlossen.

[0046] Bei Neubau von Gleisen können Bohrungen 20 in die Schwellen 11 an verschiedenen Stellen bei der Produktion vorgesehen sein, damit das aufschäumende Material in den darunter liegenden Schotter direkt injiziert werden und diesen vollständig stabilisieren kann.

[0047] Zur höhen-/seitenmäßigen Justierbarkeit sind beim Neubau von Strecken am Markt verfügbare - dem Stand der Technik entsprechende - Schienenbefestigungen (bekannt aus dem Einbau z.B. bei "Festen Fahrbahnen") vorzusehen bzw. einzubauen, um eventuelle Setzungen aus dem Untergrund nachträglich regulieren zu können.

[0048] Wie aus den Beschreibungen und aus den anliegenden Zeichnungen zu ersehen ist, besteht der Gleiskörper aus verschäumtem Schotter und aus unverschäumtem Schotter.

[0049] Der verschäumte Bereich befindet sich immer unter der Schwelle und in den lastabtragenden Bereichen. Hierdurch entsteht ein kegelartiges verschäumtes Gebilde im Umfeld der Schwelle.

[0050] Durch die z.B. zweigleisige Trassenführung auf geraden Strecken oder in Bögen mit den nötigen Gleisüberhöhungen entstehen durch die gewählte sparsame Verschäumung des Schotterkörpers Bereiche, in denen das anfallende Niederschlagswasser nicht in der gewohnten Weise wie bei einem komplett offenen Schotterkörper abgeführt werden kann.

[0051] Die gewählte Ausführungsform mit der auf dem Unterplanum verlegten Kunststoffdrainagematte trägt dieser Problematik Rechnung.

[0052] In allen Fällen findet das Niederschlagswasser in den Problemzonen Zugang zu den Kunststoffdrainagematten und wird hierüber geordnet und nach außen abgeführt.

[0053] Das Wasser hinterlässt durch die gewählte ganzflächige Verlegung unter dem Schotter keinerlei Erosionsspuren auf dem Unterplanum und trägt hierdurch zur Schonung des Unterbaues des Gleises bei.

[0054] Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert. Im Einzelnen zeigen:

- Fig. 1 einen Vertikal-Querschnitt durch einen erfindungsgemäßen Gleisoberbau für einen eingleisigen Streckenabschnitt,
- Fig. 2 eine Draufsicht auf den Gleisoberbau gemäß Fig. 1,
- Fig. 3 einen Vertikal-Längsschnitt durch einen erfindungsgemäßen Gleisoberbau für einen eingleisigen Streckenabschnitt, und
- Fig. 4 einen Vertikal-Querschnitt durch einen erfindungsgemäßen Gleisoberbau für einen Doppelgleis-Streckenabschnitt.

[0055] Der erfindungsgemäße Gleisoberbau ist in einer ersten Ausgestaltung in den Fign. 1 bis 3 gezeigt. Der Gleisoberbau befindet sich auf einem Untergrund bzw. Unterplanum 12, das wie üblich geneigt ist und eine Schutzschicht aus Asphalt oder Kies aufweisen kann. Auf dem Untergrund 12 (Planum) liegt eine Drainagematte 14, auf der ein Schotterkörper 16 aus einzelnen Schottersteinen 18 (in der Fig. 1 und 2 angedeutet und in Fig. 3 teilweise detailliert gezeigt). In dem oberen Bereich des Schotterkörpers 16 sind (Holz-, Beton- oder Stahl-)Schwellen 20 eingebettet, an denen über insbesondere höhenverstellbare Befestigungspunkte (bei 22 angedeutet) die Schienen 24 befestigt sind.

[0056] Ausgehend von den Schwellen 20 sind im Schotterkörper 16 die Lastabtragungsbereiche 26 definiert, innerhalb derer die bei Überfahrt der Schienen 24 auftretenden Lasten auf den Untergrund 12 übertragen werden.

[0057] Im Schnitt gemäß Fig. 3 stellen sich diese Lastabtragungsbereiche 26 trapezförmig dar. Innerhalb des dem Untergrund 12 zugewandten Endbereichs des Schotterkörpers 16 gehen die Lastabtragungsbereiche 26 ineinander über. In der Draufsicht stellt sich der Lastabtragungsbereich 26 wie in Fig. 2 gezeigt dar. Die Bereiche zwischen benachbarten Lastabtragungsbereichen 26 sind im Wesentlichen V-förmig.

[0058] Vor der Inbetriebnahme des Gleisoberbaus 10 wird der Schotterkörper 16 gestopft und zur Bewirkung einer Erstsetzung in Vibrationen versetzt.

[0059] Erfindungsgemäß sind nun die Hohlräume zwischen den Schottersteinen 18 innerhalb der Lastabtragungsbereiche 26 vollständig ausgeschäumt, und zwar vorzugsweise mit einem PU-Schaum 28, der entsprechend den Anforderungen und Belastungen eingestellt ist. PU-Schäume lassen sich bezüglich z.B. Druckfestigkeit, Haftung und Schäumungsverhalten den jeweils gestellten Anforderungen entsprechend einstellen, was grundsätzlich allgemein bekannt ist und zu einem für den jeweiligen Anwendungsfall optimalen Schaummaterial führt. Die Schottersteine 18 innerhalb der Lastabtragungsbereiche 26 sind somit lagefixiert; unterhalb der Schwellen 20 befinden sich unterseitige Besohlungen 30 aus einem (elastischen) Kunststoffmaterial. Der Schaum

28 kann auch seitlich der unteren Bereiche der Schwellen 20 angeordnet sein, so dass diese von mit dem Schaum 28 versehenen Schotterkörperbereichen eingebettet sind.

5 **[0060]** Wie insbesondere anhand von Fig. 3 zu erkennen ist, bleiben also bei dem erfindungsgemäßen Gleisoberbau 10 die Bereiche 32 des Schotterkörpers 16 zwischen den Lastabtragungsbereichen 26 frei von Schaum, so dass Niederschlagswasser quer durch den
10 Gleisoberbau 10 abfließen kann. Durch Einbringung einer Neigung längs der bei 34 in Fig. 3 angedeuteten Berührungslinie zweier benachbarter Lastabtragungsbereiche 26, die die Sohle einer Zone 32 bildet, wird dieser Abfließvorgang zusätzlich unterstützt. Niederschlagswasser, welches seitlich des Gleises außerhalb der Lastabtragungsbereiche 26 auf den Schotterkörper 16 auftrifft (in Fig. 1 bei 34 angedeutet) oder das seitlich am Schotterkörper 16 ansteht, fließt über die Drainagematte 14 unterhalb des Gleisoberbaus 10 ab.

20 **[0061]** Der Vorzug einer Drainagematte 14 unterhalb eines Gleisoberbaus wird insbesondere bei einer zwei- oder mehrgleisigen Strecke deutlich, wie sie in Fig. 4 gezeigt ist. Soweit die Einzelbestandteile des Gleisoberbaus 10' der Fig. 4 identisch bzw. gleich den Einzelbestandteilen des Gleisoberbaus 10 der Fign. 1 bis 3 sind, sind sie in Fig. 4 mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

25 **[0062]** Niederschlagswasser, das sich innerhalb der Zonen 34 des in Fig. 4 rechten Teils des Schotterkörpers 16 sammelt, fließt zur Mitte 38 des Schotterkörpers 16 ab, von wo aus es durch den Fig. 4 linken Teil der Drainagematte 14 unterhalb des in Fig. 4 links dargestellten Gleises abfließt.

30 **[0063]** Für die Einbringung des Schaums in das Schotterbett eignet sich z. B. folgende Vorrichtung:

35 **[0064]** In ein bestehendes oder neu hergestelltes Gleisbett wird der Schaum mit einer Vorrichtung eingebracht, die auf ein Schienenfahrzeug aufgebracht ist. Diese Vorrichtung besteht aus folgenden Abschnitten:

- 40
- Triebfahrzeug
 - Vorratslager für je einen Tank für die Komponenten des Schaums
 - Vorratslager für Brennstoff zur Aufheizung und
45 Trocknung des Gleiskörpers
 - Heiz- und Trocknungseinheit, Pressluftversorgung
 - Schaumapplikator

50 **[0065]** Als Triebfahrzeug kann ein Fahrzeug mit der Möglichkeit eines Schrittbetriebes zur Verfahrung von < 1m/sec eingesetzt werden, mit dem die Anlage mit cm-Genauigkeit versetzt werden kann.

[0066] Die Vorratslager werden mit KTC's bestückt, die werksseitig gefüllt und mit einem Kran aufgesetzt und
55 abgehoben werden können.

[0067] Die Heiz- und Trocknungseinheit weist vorzugsweise eine absenkbare Glocke von z. B. mindestens 6 x 2,5 m² auf, in die Heißluft aus z. B. einem Stützbrenner

in einer Luftleitung durch Gebläse gefördert wird. Diese Einheit kann mehrfach (z. B. dreifach) hintereinander gesetzt werden, um je nach Außentemperatur und Feuchtigkeit des Schotters die notwendigen Parameter für die Verschäumung einstellen zu können. Die Beheizung kann mit Mineralölprodukten, Gas oder aber mit natürlichen Pflanzenölen erfolgen. Die Abgaswärme und die Abwärme des Triebfahrzeuges können ebenfalls genutzt werden. Die warme, feuchtigkeitsgesättigte Luft tritt seitlich aus dem Gleiskörper aus.

[0068] In den erwärmten und getrockneten Schotter wird der Schaum appliziert. Hierzu wird z.B. eine Vorrichtung, die je bis zu acht Schaumlanzen für jede Schwellenseite aufweist und mehrere Schweben, z.B. zehn, gleichzeitig bedienen kann. Die Schaumlanzen können einzeln in den Schotterkörper durch eine Vortriebsvorrichtung abgesenkt werden. Die notwendige Absenkung wird durch die Bestimmung der Neigung des Gleiskörpers von einem Prozessrechner für jede Lanze errechnet. Die Lanzen können am unteren Ende geschlossen sein und mit seitlichen Auslassdüsen mit gleichen oder verschiedenen Öffnungsweiten versehen sein. Innerhalb der Vorrichtung sind die Lanzen durch seitliche Antriebe versetzbar und werden durch Messeinrichtungen direkt neben dem Schwellenkörper positioniert. Nach dem Absenken der Lanzen auf den errechneten Punkt wird der vom Prozessrechner gesteuerte Schäumungsvorgang ausgelöst. Hierbei werden durch Pumpen für jede Lanze in den Mischkopf am oberen Ende der Lanze die errechneten Mengen der Komponenten gepumpt und dort vermischt und in den Schotterkörper gepresst. Gleichzeitig werden die Lanzen mit einem Antrieb aus dem Schotterbett herausgezogen in einer vorher vom Prozessrechner errechneten und gesteuerten Geschwindigkeit. Der Rechner erkennt den Endpunkt des Schäumungsprozesses und stellt die Pumpen ab bzw. schließt die Ventile am Mischkopf. Sofort wird die Lanze mit Pressluft freigeblasen und mit heißem Wasser nachgespült und wieder mit Pressluft trocken geblasen.

[0069] Die Vorrichtung wird nach diesem Takt hochgefahren gleichzeitig mit den Heizglocken. Während der Phase des Versetzens der Vorrichtung werden die Luft erwärmung und die Gebläse ausgeschaltet. Der Zug kann danach verfahren werden, um den Vorgang am anschließenden Segment zu wiederholen.

[0070] Die Lanzen sind auswechselbar an einem Teil montiert, das als Träger für die vertikale Einbringung in den Schotterkörper den Antrieb aufnimmt. Hierauf ist der Mischkopf angebracht. Der untere Teil der Lanze wird aus einem verschleißhemmenden Material, z.B. Wolframcarbid oder entsprechendem Stahl, hergestellt.

Patentansprüche

1. Gleisoberbau für einen Schienenweg auf einem quer zu dessen Erstreckung geneigten Untergrund (12) mit

- einem Schotterkörper (16) aus einzelnen Schottersteinen (18) und
- in dem Schotterkörper eingebetteten Schwellen (20), an denen Schienen (24) befestigbar sind, wobei der Schotterkörper (16) unterhalb der Schwellen (20) Lastabtragungsbereiche (26) aufweist, die beim Befahren der Schienen (24) über die Schwellen (20) vertikal auf den Schotterkörper (16) wirkende Lasten aufnehmen und den Untergrund (12) unterhalb des Schotterkörpers (16) übertragen,

dadurch gekennzeichnet,

- **dass** im Wesentlichen lediglich die Hohlräume zwischen den Schottersteinen (18) innerhalb der Lastabtragungsbereiche (26) des Schotterkörpers (16) zur Lagefixierung der Schottersteine (18) in diesen Bereichen (26) mit einem Schaummaterial (28), insbesondere einem PU-Schaummaterial, ausgefüllt sind und
 - **dass** zwischen dem Schotterkörper (16) und dem Untergrund (12) eine elastische Drainageschicht (14) angeordnet ist.
2. Gleisoberbau nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Drainageschicht (14) eine poröse Schicht aus untereinander verbundenen Elastomermaterial-Partikeln, insbesondere Gummipartikel aus vorzugsweise Reifenreziklat, aufweist.
 3. Gleisoberbau nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** ober- und/oder unterhalb der Drainageschicht (14) ein Vlies angeordnet ist.
 4. Gleisoberbau nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schwellen (20) an ihren Unterseiten eine Besohlung (30) aus einem elastischen Material, insbesondere Kunststoffmaterial aufweisen.
 5. Gleisoberbau nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schienen (24) höhenverstellbar an den Schwellen (20) befestigbar sind.
 6. Verfahren zur Erstellung eines Gleisoberbaus für einen Schienenweg auf einem quer zu dessen Erstreckung geneigten Untergrund, bei dem
 - auf dem Untergrund eine elastische Drainagematte (14) angeordnet wird,
 - auf der Drainagematte (14) ein Schotterkörper (16) aus einzelnen, zwischen sich Hohlräume aufweisenden Schottersteinen (18) gebildet wird,
 - in den Schotterkörper (16) Schwellen (20) eingebettet werden,

- an den Schwellen (20) Gleise (24) befestigt werden, und
 - zur Lagefixierung der im Wesentlichen lediglich innerhalb von Lastabtragungsbereichen (26) des Schotterkörpers (16) unterhalb der Schwellen (20) befindlichen Schottersteine (18) in die Hohlräume zwischen diesen ein schäumbares Material (28) eingebracht wird. 5
7. Verfahren zur Erstellung eines Gleisoberbaus nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schottersteine (18) vor der Erstellung des Schotterkörpers (16) und/oder vor der Einbringung des schäumbaren Materials (28) in den Schotterkörper (16) gewaschen werden. 10
15
8. Verfahren zur Erstellung eines Gleisoberbaus nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schotterkörper (16) vor dem Einbringen des schäumbaren Materials (16) erwärmt wird. 20
9. Verfahren zur Erstellung eines Gleisoberbaus nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** in den Schotterkörper (16) Schwellen (20) mit einer Besohlung (30) aus einem elastischen Material, insbesondere Kunststoffmaterial, eingebettet werden. 25
10. Verfahren zur Erstellung eines Gleisoberbaus nach einem der Ansprüche 6 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schotterkörper (16) vor dem Einbringen des schäumbaren Materials (28) gestopft und/oder zur Erstsetzbildung in Vibrationen versetzt wird. 30
35

40

45

50

55

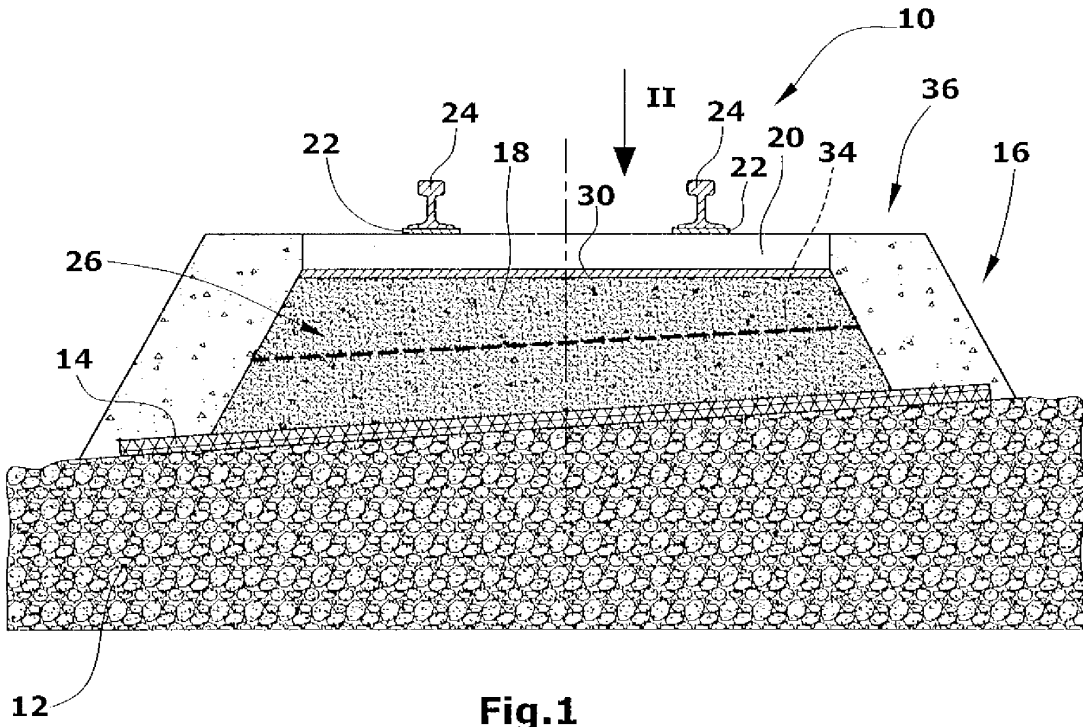


Fig.1

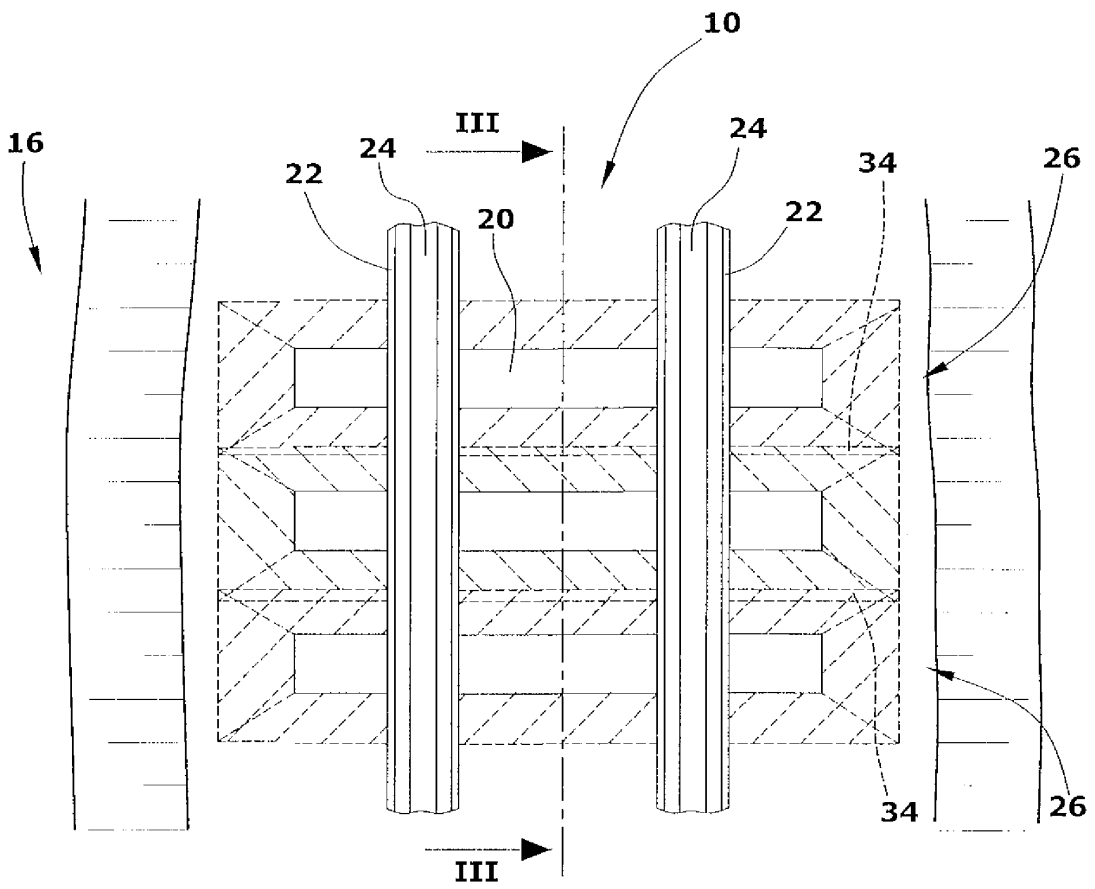


Fig.2

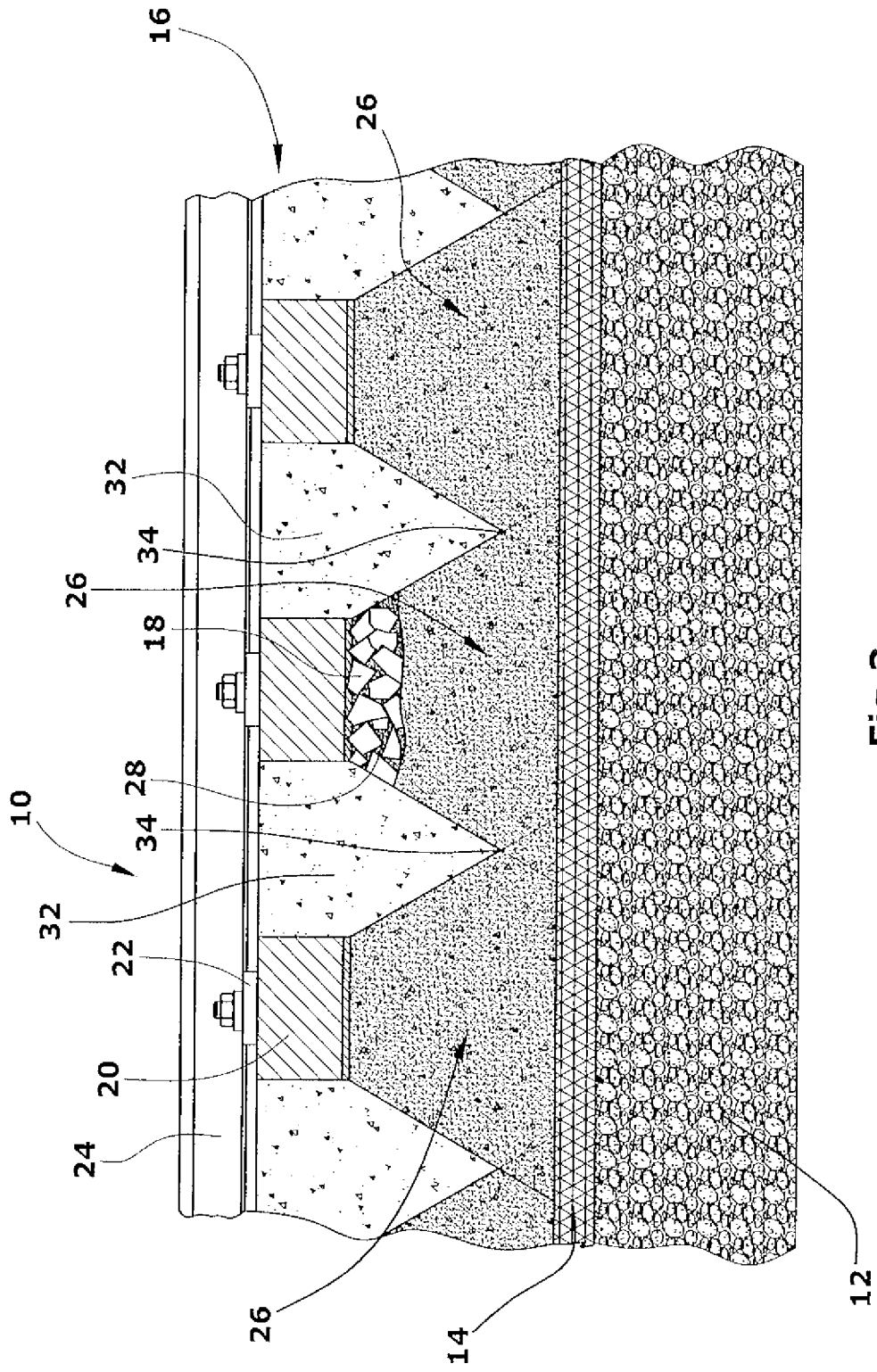


Fig.3

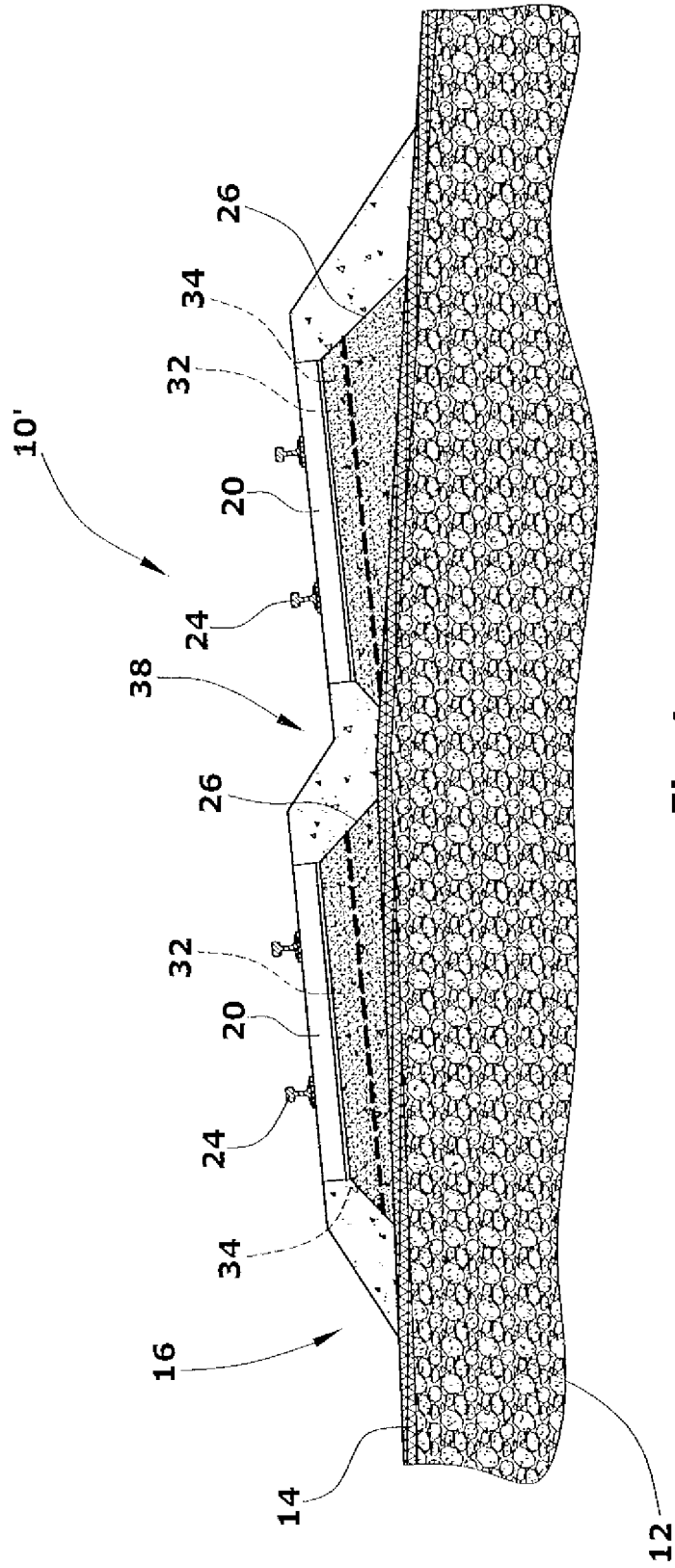


Fig.4