

(11) **CH 698 428 B1**

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

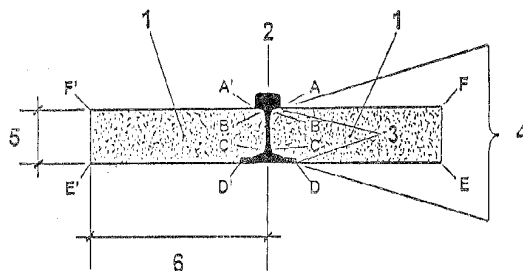
(12) **PATENT**SCHRIFT

(73) Inhaber:
Heinz Waldburger, L' Ancienne Forge
1613 Maraçon (CH)

(72) Erfinder:
Heinz Waldburger, 1613 Maracon (CH)

(45) Patentschrift veröffentlicht: 14.08.2009

(57) Das Verfahren reduziert den störenden Lärm von rollenden Eisenbahnzügen mittels einer kombinierten Absorption der verursachenden Körperschall- und Luftschall-Emissionen. Dazu werden Körper- und Luftschall absorbierende Materialien miteinander kombiniert und als vorgefertigte Standardelemente (1) oder in flockiger Form verwendet. Die Standardelemente werden vor Ort beidseitig mit den Schienen (2) haftend und kraftschlüssig verbunden. Die flockige Ausführung der Materialien wird verwendet, um bei unregelmässigen geometrischen Schienenformen, wie beispielsweise bei Kreuzungen, usw., zwischen die nahe beieinanderliegenden Schienenteile formschlüssig gestopft zu werden. Durch diese beiden konstruktiven Ergänzungen werden gleichzeitig die Emissionen des Körperschalls der Schienen und der von den Zügen verursachte Luftschall gedämpft.



Beschreibung

[0001] Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zur Reduktion von Eisenbahnlärm, indem lärmabsorbierende Materialien mit Eisenbahnschienenform- und kraftschlüssig verbunden werden. Eisenbahnlärm wird von zwei kombinierten Verursachern emittiert, die auch kombiniert bekämpft werden können. Das neue Verfahren reduziert deshalb – kombiniert und gleichzeitig – einerseits den von der Schiene direkt abgestrahlten Lärm, und es absorbiert andererseits auch einen Teil des von den rollenden Zügen emittierten Lärms; direkt an oder nahe an deren Quellen.

[0002] Verkehr – speziell auch der schienengebundene Eisenbahnverkehr – macht Lärm; oft sogar an der Grenze des Erträglichen. Lärmreduktion ist daher ein gesundheits- oder mindestens ein lebensqualitätspolitisches Postulat geworden.

[0003] Eisenbahnverkehr kennt zwei wesentliche – miteinander kombiniert auftretende – Lärm-Verursacher: einerseits die rollenden Züge selbst und andererseits die damit befahrenen Schienen.

[0004] Beim Bau von Wagen und Lokomotiven wurden und werden zwar grosse konstruktive und materialtechnische Fortschritte gemacht. Diese bewirken, dass beim neuen Rollmaterial der Rad-, Radaufhängungs-, Fahrtwind-, Brems-, Stromabnahme-, Motoren- und Wagen-Lärm möglichst schon bei seiner Entstehung auf ein erträgliches Mass beschränkt wird. Es bleiben aber trotzdem viele Personen- und Güterzüge – mit hohem Durchschnittsalter – im Verkehr, und auch diese emittieren vielerorts weiterhin mehr Lärm, als den in unmittelbarer Nähe lebenden Menschen zugemutet werden kann.

[0005] Beim Befahren der Eisenbahnschienen – mit meistens noch höherem Durchschnittsalter – verursachen speziell die grossen Radlasten starke Vibrationen und Verformungen. Diese induzieren zunächst in den Schienen einen starken Körperschall, der sich einerseits in den Schienen selbst ausbreitet, der aber andererseits auch Luftschall generiert und direkt emittiert.

[0006] Den besten Lärmdämpfer liefert die Natur: Schnee. Es ist bekannt, dass Schneeschichten und Schneefall den Eisenbahnlärm erheblich reduzieren. Aber auch hier gibt es Nachteile: die notwendigen Sichtkontrollen der Verbindungsmittel Schiene/Schwelle sowie anderer technischer Komponenten werden dem Streckenläufer erschwert oder verunmöglicht. Und in den grossen, meistens gedeckten und lärmigen Bahnhöfen liegt ohnehin kein Schnee.

[0007] Lärmschutzwände verschiedenster Konstruktionsarten werden vielfach als traditioneller Lärmdämpfer eingesetzt. Diese sind immer dort erfolgreich, wo ihre (meistens leichte) Lärmabsorption und besonders ihre Schallablenkung direkt wirken können; es sei denn, der abgelenkte Lärm störe andernorts die Nachbarn. Diese Wände werden oft auch als unschön und sichtbehindernd empfunden; teuer – und lärmpsychologisch wirksam – sind sie aber immer.

[0008] In Tunnels zur Lärmabsorption und in grossen Räumen zur akustischen Optimierung werden auch lärmabsorbierende Schichten aufgespritzt und/oder Platten angebracht.

[0009] So ist auch das Anbringen von Schichten – aus lärmabsorbierenden Materialien wie beispielsweise Steinwolle – welche Schnee simulieren, vorgeschlagen worden; Patent EP 1 122 362 A1. Auch wenn es dabei möglich ist, durch entsprechende Aussparungen in den Schichten die nötigen Sichtkontrollen vorzunehmen, so bleibt doch bei Eisenbahnanwendungen das ganze Schotterbett überdeckt und damit praktisch unbegehrbar. Diese volle Abdeckung, Fragen zu deren Kosten-Leistungs-Verhältnis sowie weitere zu Kontroll-, Montage-, Reparatur- und Aufräumarbeiten, sind aber für die Verantwortlichen der Infrastrukturen unerwünschte Eigenschaften.

[0010] Andere Verfahren zur Eisenbahnlärmdämpfung betreffen das Anbringen von lärmabsorbierendem Material in Packungen, am Steg der Schienen, an deren Befestigungen, an oder in der Bettung. So betrifft EP 0 742 318 A1 die Absorption von Luftschall durch von korrosionsgeschütztem Gewebe umfassten und geformten Packungen, gefüllt mit lärmabsorbierendem Schüttgut, welche zwischen und seitlich der Schienen angebracht werden; als Anwendung vorgesehen speziell bei Neubauten für Hochgeschwindigkeitszüge auf Betonfundamenten.

[0011] Es sind auch Anwendungen bekannt, in denen am Steg der Schiene Streifen aus speziell konzipierten Materialien zur Reduktion von Körperschall-Emissionen angebracht werden.

[0012] Weiterführend zu den bekannten Massnahmen zur Lärmabsorption wird hier, wie erfindungsgemäss durch die Ansprüche 1 und 2 dargelegt, Körperschall und Luftschall kombiniert absorbiert. Dies erfolgt durch an den Schienen beidseitig von unterkant Schienenkopf, am Steg und bis und mit Schienenfussform – und kraftschlüssig verbundene – vorgefertigte Standardelemente oder vor Ort gestopfte Einlagen, bestehend aus Materialien, die gleichzeitig Körper- und Luftschall absorbierende Eigenschaften aufweisen. Einerseits bewirkt die satte Verbindung der Materialien mit den Schienen, dass deren Körperschallenergie gar nicht erst Luftschall generieren kann, sondern direkt absorbiert wird. Andererseits absorbieren die freien Oberflächen der Einbauten den doch beachtlichen Anteil an Luftschall. Im Inneren des Materials wird die Lärmenergie aus beiden Quellen durch Reibung in Wärme umgewandelt und so vernichtet. Ein besonderer Vorteil der Erfindung ist der einfache Einbau kostengünstigen Materials, das ohne bauliche Veränderungen an den bestehenden Schienen, gleichzeitig die Emissionen des Körperschalls der Schienen direkt an seiner Quelle, und den von den Zügen emittierten Luftschall indirekt, aber doch auch so nahe wie möglich an der Quelle, reduziert.

[0013] Die Schienen auf einem klassischen Schotterbett sind – baustatisch und baulastdynamisch gesehen – durchlaufende Träger, abgestützt durch in gleichem Abstand verlegte Schwellen. Bauart der Lokomotiven, Wagenabstände, Wagenlängen und Fahrgestelle bestimmen die Achsabstände und damit den ungleichen Takt der Durchfahrt der Achsen über belie-

big vorgegebene Stellen. Die Räder übertragen dabei immer hohe Achslasten. Eisenbahnschienen werden – im Gegensatz etwa zu Strassenbrücken mit vielen leichten Fahrzeugen in gemischtem Verkehr – meistens im oberen Bereich ihres Belastungsvermögens befahren. Dadurch entstehen in ungleicher Taktfolge beachtliche elastische Verformungen gleichzeitig an verschiedenen Stellen an dem jeweils unter dem Zug liegenden Schienenabschnitt. Die daraus resultierenden Vibrationen induzieren im Schienenkörper starken Körperschall – ein besseres Wort dafür wäre Körperlärm – der sich im Medium Stahl ausbreitet. Dieser eilt dem Zug im Inneren des Geleises wegen der hohen Dichte des Stahls weit voraus; und er manifestiert sich auch noch weit rückwärts. Dieser Körperlärm strahlt einen Teil seiner Energie an die umgebende Luft als Luftlärm ab; Luftschall ist auch hier eine zu schwache Bezeichnung. Dabei wirkt der Steg der Schiene, der Schienenkopf und -Fuss verbindende Teil mit der geringsten Dimension des Schienenprofils als grösster «Lärmproduzent». Der Steg ist der eigentliche «Resonanz-Boden» der Schiene. Schienenkopf und -fuss emittieren aber ebenfalls Lärm. Die Vibrationen der Schiene, d.h. deren Energie, werden auch in die Fundamente übertragen; diese wiederum generieren ihrerseits Luftschall; sprich Lärm.

[0014] Für Schienen, die beispielsweise auf Betonplatten kontinuierlich montiert sind, gelten die gleichen Überlegungen. Die Beanspruchung ist aber weniger «federnd» als bei einer Schwellenlagerung, weil die ganze Bettung mitvibriert. Die Reduktion des Lärms aus den beiden Quellen d.h. die Lärmabstrahlung von der Schiene sowie des vom Zug selbst verursachten Lärms, ist das Ziel des Verfahrens. Dieses erlaubt die kombinierte Reduktion von Körperschall und Luftschall mittels an den Schienen form- und kraftschlüssig verbundenen lärmabsorbierenden Materialien.

[0015] Die kombinierte Absorption von Körperlärm und Luftlärm erfolgt erfindungsgemäss durch beidseitig mit den Schienen form- und kraftschlüssig – verbundenem Material mit Körper- und Luftschall absorbierenden Eigenschaften. Dieses wird hauptsächlich industriell als Standardelement vorgefertigt oder für Spezialfälle vor Ort von Hand eingebaut.

[0016] Die Länge der Standardelemente in Laufrichtung der Schiene kann bestimmt sein durch eine oder mehrere Feldlängen zwischen zwei Schwellenmitten. Die minimale Dicke (Höhe) der Elemente ist bestimmt durch das Profil der Schiene, solcherart, dass das Profil von unterkant Schienenkopf über den Steg bis und mit Schienenfuss mindestens voll abgedeckt wird. Oben beschränken Radkranz und Lichtraumprofil die Dimension; unten kann die Dicke beispielsweise bis zur Auflage auf den Schwellen beziehungsweise gemäss anderen örtlichen und konstruktiven Bedingungen angepasst werden. Die Breite wird so gewählt, dass für den Streckenläufer in der Gleismitte, und auch links und rechts des Gleises, genügend Bewegungsraum verbleibt, damit er seine Kontrollfunktionen korrekt wahrnehmen kann. Dazu werden in den Elementen entsprechende Aussparungen angelegt, welche die Befestigungsmittel und andere zu kontrollierende Elemente sichtbar machen. Auch diese Aussparungen können vorgefertigt werden; sie können aber auch beim Einbau erstellt oder zumindest korrigiert werden, um den immer auftretenden Variationen in der Gleisanlage zu entsprechen. Auch für allfällige Änderungen und Reparaturarbeiten bringt die Elementbauweise die nötige Flexibilität. Ein typisches Standardelement für ein Profil SBB VI ist 17 cm dick, 40 cm breit und 60 cm lang.

[0017] Am schienenseitigen Haftungsteil werden die Elemente genau dem Profil der Schiene, unterkant Schienenkopf, Steg und Schienenfuss, angepasst; beispielsweise durch Fräsen oder andere formgebende Verfahren. Die Befestigung an der Schiene erfolgt form- und kraftschlüssig durch angebrachte Klebstoffe oder durch mechanische Bügelkonstruktionen. Diese Befestigung wird meistens vor Ort an den bestehenden Schienensträngen – oder ausnahmsweise schon an industriell vorgefertigten Schienen-plus-Schwellen-Aggregaten zur Rationalisierung beim Bau neuer Schienenstränge – vorgenommen. Der satte Kontakt zwischen Schiene und Absorptionsmaterial ermöglicht die direkte Absorption des Körperschalls und verhindert so direkt, dass die von der Schiene abgestrahlte Lärmenergie überhaupt schon Luftschall erzeugen kann.

[0018] Die Elemente sind baustatisch gesehen Kragarme, die für Mensch und Tier begehbar sein müssen; die Befestigung an der Schiene wird daher entsprechend dimensioniert. Es ist auch möglich, die Elemente durch eine entsprechende Formgebung auf den Schwellen, dem Schotterbett oder auf andern Komponenten des Gleisunterbaus abzustützen. Das Absorptionsmaterial muss fahrtwindresistent, formstabil, dauerhaft, ungiftig und unbrennbar sein; dessen Formgebung muss ausserdem eine gute Entwässerung gewährleisten.

[0019] Züge verursachen auch auf Weichen und Kreuzungen Lärm. Daher werden in diesen Bereichen – den modifizierten geometrischen Formen entsprechend – die standardisierten Elemente, solange dies möglich ist, in ihrer Grundform eingebaut, aber wo nötig in ihren Dimensionen beschnitten. Diese Anpassung erfolgt typischerweise vor Ort. An anderen speziell interessanten Stellen: Zungenvorrichtungen, Herzstücken, Flügelschienen, Radlenkern, Weichenheizungen etc. kommen verschiedene Profile zum Einsatz und es werden auch Abstände z.B. zweier Schienenteile so klein, dass sie nicht mit geänderten Standardelementen lärmberuhigt werden können.

[0020] Die erfinderischen Funktionen der Elemente werden dann folgendermassen realisiert. Das lärmabsorbierende Material wird als wolliges Granulat vor Ort eingebracht und verdichtet. Beim Einbau auf einem Schotterbett wird zuerst ein wasserdurchlässiges Vlies über dem Schotter eingepasst. Dann wird das Absorptionsmaterial von Hand oder mechanisch, eventuell unter Beigabe von geeigneten Bindemitteln, zwischen die Schienenteile gestopft und formschlüssig verdichtet. Als dritter Schritt wird das Ganze oben durch eine ebenfalls lärmabsorbierende Deckplatte, unter den Schienenköpfen gehalten, gesichert. Aussparungen für die Kontrollen der Befestigungen und für andere technische Komponenten werden beim Einbau direkt berücksichtigt oder nachträglich eingeschnitten. Diese Ausführungsform wird als «gestopfte» Lärmabsorption bezeichnet.

[0021] Die kombinierte Absorption von Körper- und Luftschall mit jedem geeigneten Material, beispielsweise, aber nicht ausschliesslich, Steinwolle oder Produkte mit ähnlichen Eigenschaften, entweder für Standardelemente oder für die gestopfte Ausführung verwendet, ermöglicht eine speziell kostengünstige Lärmreduktion. Es ist aber auch möglich, die Körperschall- und Luftschall-absorbierenden Elemente, insbesondere deren Oberflächen und äusseren Schichten, den zu absorbierenden Frequenzspektren gemäss zu optimieren. Die Wirksamkeit des Verfahrens wird dadurch erhöht; die Herstellungskosten allerdings auch.

[0022] Das Verfahren gemäss der vorliegenden Erfindung wurde auch in Pilotinstallationen erprobt. Die mitarbeitenden Bahnarbeiter haben dabei, ihrer kraftvollen Sprache gemäss, die Standardelemente als «Bärte» bezeichnet. Die gemessenen Lärmreduktionen bestätigten auch die Erwartungen, die an Massnahmen zur kostengünstigen Lärmreduktion im Eisenbahnverkehr gestellt werden.

[0023] Für die grossen, doch meistens nur nach mehreren Jahren fälligen, Unterhaltsarbeiten oder Gleiserneuerungen ist es auf den lärmberuhigten Strecken wirtschaftlich sinnvoll, die Bärte zu entfernen und durch neue zu ersetzen.

[0024] Das Verfahren zur Lärmreduktion kann überall dort angewendet werden, wo die als gesundheitsschädigend erkannten Lärmspitzen absorbiert und die maximalen Lärmpegel unter die anerkannten amtlichen Grenzwerte gedrückt werden müssen.

[0025] Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele anhand von Zeichnungen dargestellt:

[0026] Fig. 1a zeigt mit einem Schnitt senkrecht zur Schienenachse das Profil von zwei lärmabsorbierenden Elementen in ihrer Standardausführung (1) und das Profil der Schiene (2). Die Konturen ABCD bzw. A'B'C'D' (3) bezeichnen die form- und kraftschlüssige Verbindung von Schiene und Material zur Absorption des Körperschalls der Schiene; der Luftschall wird entlang der freien Oberfläche der Elemente AFED bzw. A'F'E'D' (4) absorbiert. Bei Gleisen, die beispielsweise direkt auf betonierten Fundamenten liegen, werden die lärmabsorbierenden Elemente auch auf dem Tragkörper haftend montiert; in den Bereichen DE bzw. D'E' wird dann auch der Körperschall der Fundamente direkt absorbiert. Im Schnitt sind auch Dicke (5) und Breite (6) von zwei Standardelementen ersichtlich.

[0027] Fig. 1b zeigt im Grundriss die typische Anwendung von Standardelementen (1) an den zwei Schienen von einem Normalgleis (2). Die Länge (7) der Elemente kann frei gewählt werden oder, wie bei der hier gezeichneten Schwellenbauweise, dem Abstand von Schwellenmitte zu Schwellenmitte entsprechend. Die konstruktive Einheit von Schienen (2), Schwellen (8) und Bettung (9) der Gleise wird unverändert belassen, aber ergänzt durch lärmabsorbierende Standardelemente. Diese werden form- und kraftschlüssig, durch Klebstoffe oder mechanische Mittel, beidseitig an den beiden Schienen befestigt; der Gleisachse entlang laufen also im gezeichneten Fall vier Reihen von lärmabsorbierenden Standardelementen. Für die Sichtkontrolle der verschiedenen Befestigungsmittel (10) der Schienen werden standardmässige Aussparungen (11) vorgefertigt, oder beim Einbauen vor Ort ausgeschnitten bzw. korrigiert.

[0028] Fig. 2 zeigt in einem Schnitt senkrecht zu zwei eng aneinanderliegenden Schienen (2) eine gestopfte Ausführung der kombinierten Lärmabsorption. Zur Bodenabdeckung wird ein wasserdurchlässiges Vlies (20) verwendet, welches auch das Eindringen von wolligem Absorptionsmaterial in die Schotterbettungen verhindert. Das Absorptionsmaterial (21), typischerweise locker und komprimierbar, wird zwischen die Schienen gestopft und dann durch eine Deckplatte (22) oder verstärkende Zusätze geschützt. In diesem Beispiel werden die Schienen links- und rechtsseitig auch durch Standardelemente (1) entlärmert. Die Länge der gestopften Ausführungsform entspricht den Erfordernissen der jeweiligen Anlage.

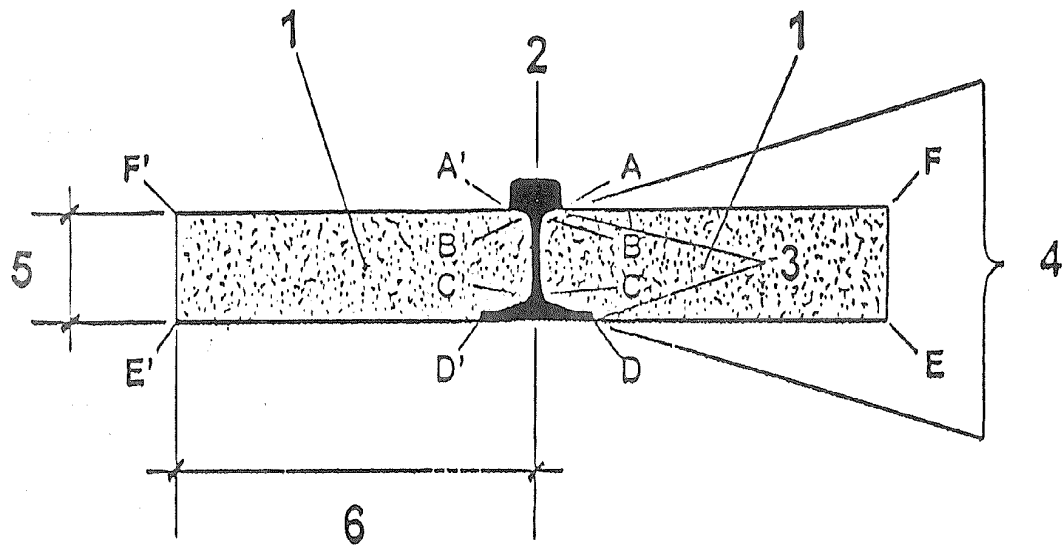
[0029] Fig. 3 zeigt im Grundriss schematisch die gemischte Anwendung von Standardelementen (1) und der gestopften Ausführung (21) für die Lärmreduktion am Herzstück (30) einer Kreuzung. Zwischen den beiden, keilförmig in spitzem Winkel zusammenlaufenden Schienen (2), zwischen den Flügelschienen (31) und dem Herzstück, sowie zwischen den Radlenkern (32) und den anliegenden Schienen (33), wird wegen dem beschränkten Platz das Verfahren der gestopften Ausführung angewendet. An den andern Schienen werden Standardelemente (1) oder teilweise modifizierte Standardelemente (1+) eingebaut. Die form- und kraftschlüssigen Verbindungen mit den Flügelschienen und den Radlenkern bedingt, gemäss deren speziellen Profilen, eine entsprechende Anpassung der Kontaktfläche der modifizierten Elemente (1++). Die zur Sichtkontrolle der verschiedenen Verbindungsmittel notwendigen Aussparungen werden vorgefertigt oder vor Ort eingeschnitten. Die Länge der Standardelemente entspricht hier den gezeichneten Schwellenabständen (7).

Patentansprüche

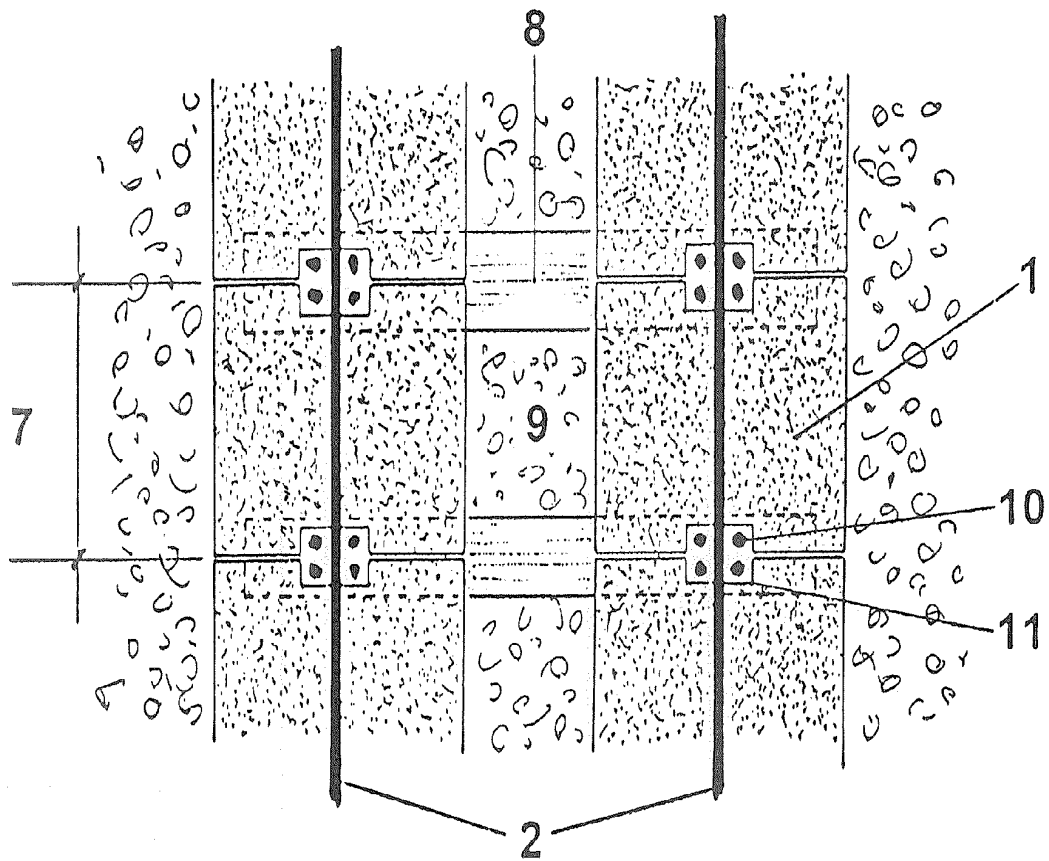
1. Verfahren zur Reduktion von Eisenbahnlärm, dadurch gekennzeichnet, dass lärmabsorbierende Materialien mit Eisenbahnschienen form- und kraftschlüssig verbunden werden, um gleichzeitig die Emissionen des Körperschalls der Schienen und den von den Zügen verursachten Luftschall zu dämpfen.
2. Verfahren gemäss Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die lärmabsorbierenden Materialien in Form von vorgefertigten Standardelementen beidseitig mit den Schienen form- und kraftschlüssig verbunden werden.
3. Verfahren gemäss Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die lärmabsorbierenden Materialien in flockiger Form vor Ort zwischen nahe beieinanderliegenden Schienenteilen, unten durch ein Vlies begrenzt und oben durch eine Deckplatte geschützt, formschlüssig gestopft werden.

4. Verfahren gemäss Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Standardelemente mit den Schienen durch Klebstoffe, als Streifen oder flächig aufgetragen, form- und kraftschlüssig verbunden werden.
5. Verfahren gemäss Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Standardelemente mit den Schienen durch mechanische Vorrichtungen form- und kraftschlüssig verbunden werden.
6. Verfahren gemäss den Ansprüchen 2, 4 und 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Standardelemente mit betonierten Fundamenten haftend verbunden werden, um auch den Körperschall der Bettung direkt zu absorbieren.
7. Verfahren gemäss Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass gestopft Absorptionsmaterial auch zusätzlich auf den freiliegenden Teil der Schienenbettung eingebracht wird.
8. Verfahren gemäss den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass bearbeitbare, form- und witterungsbeständige, ungiftige und nicht brennbare Lärm-Absorptions-Materialien eingesetzt werden.
9. Verfahren gemäss den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass verschiedenste Absorptions-Materialien in variablen Dichten zur Optimierung der Absorptionsleistung eingesetzt werden.

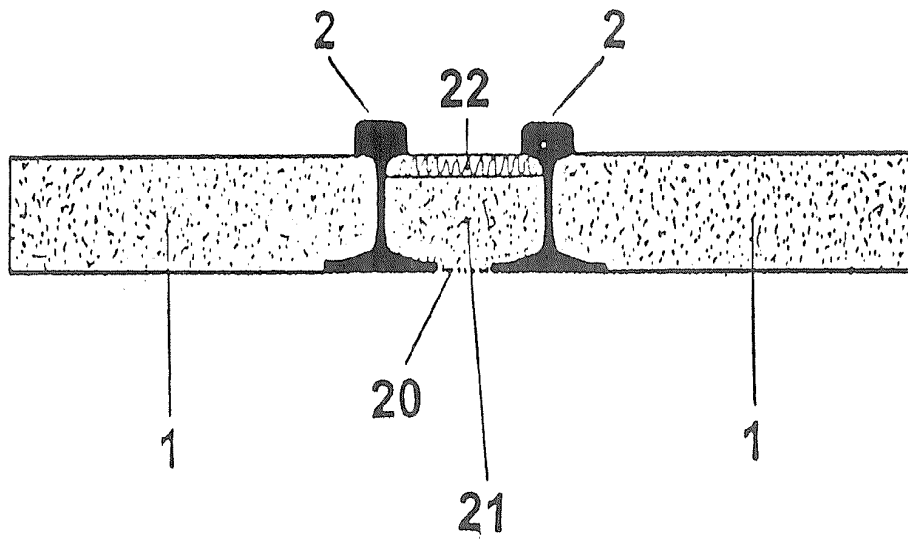
Figur 1a



Figur 1b



Figur 2



Figur 3

