

(12)

Österreichische Patentanmeldung

(21)

Anmeldenummer:

A 50188/2024

(22)

Anmeldetag:

05.03.2024

(43)

Veröffentlicht am:

15.11.2024

(51)

Int. Cl.:

E01B 31/17 (2006.01)

(56)

Entgegenhaltungen:

CN 115162076 A
CN 114575205 A

(71)

Patentanmelder:

Plasser & Theurer, Export von
Bahnbaumaschinen, Gesellschaft m.b.H.
1010 Wien (AT)

(54)

System und Verfahren zum Bearbeiten einer Schiene mittels eines Flüssigkeitsstrahls

(57) Die Erfindung betrifft ein System (2) zum Bearbeiten einer Schiene (3) eines Eisenbahngleises (4) mittels eines Flüssigkeitsstrahls (13), umfassend einen Flüssigkeitsbehälter (7) zur Speicherung einer Arbeitsflüssigkeit (8), eine Druckerzeugungseinrichtung (11) zur Beaufschlagung der Arbeitsflüssigkeit (8) mit Ultrahochdruck und mit einer Düsenanordnung (12) zur Erzeugung des Flüssigkeitsstrahls (13). Dabei erfolgt eine Ansteuerung der Düsenanordnung (12) mittels einer Steuerungseinrichtung (17), die zur Veränderung zumindest eines Arbeitsparameters ($\alpha_1 \dots \alpha_n$) zur Anpassung des Flüssigkeitsstrahls (13) an einen vorgegebenen Materialabtrag (18) an einer Oberfläche (19) der Schiene (3) eingerichtet ist. Es erfolgt somit kein bloßer Schneidvorgang, sondern ein definierter Materialabtrag (18) an der Schienenoberfläche (19) als Resultat des entsprechend angepassten Flüssigkeitsstrahls (13).

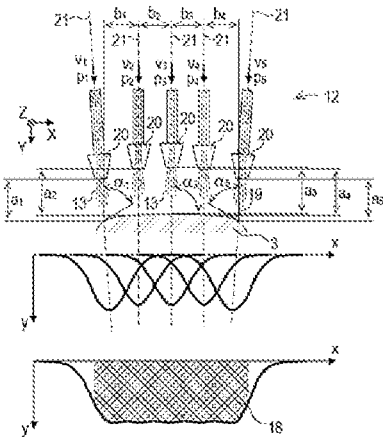


Fig. 2

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein System (2) zum Bearbeiten einer Schiene (3) eines Eisenbahngleises (4) mittels eines Flüssigkeitsstrahls (13), umfassend einen Flüssigkeitsbehälter (7) zur Speicherung einer Arbeitsflüssigkeit (8), eine Druckerzeugungseinrichtung (11) zur Beaufschlagung der Arbeitsflüssigkeit (8) mit Ultrahochdruck und mit einer Düsenanordnung (12) zur Erzeugung des Flüssigkeitsstrahls (13). Dabei erfolgt eine Ansteuerung der Düsenanordnung (12) mittels einer Steuerungseinrichtung (17), die zur Veränderung zumindest eines Arbeitsparameters ($\alpha_1 \dots \alpha_n$) zur Anpassung des Flüssigkeitsstrahls (13) an einen vorgegebenen Materialabtrag (18) an einer Oberfläche (19) der Schiene (3) eingerichtet ist. Es erfolgt somit kein bloßer Schneidvorgang, sondern ein definierter Materialabtrag (18) an der Schienenoberfläche (19) als Resultat des entsprechend angepassten Flüssigkeitsstrahls (13).

- Fig. 2 -

System und Verfahren zum Bearbeiten einer Schiene mittels eines Flüssigkeitsstrahls

Die Erfindung betrifft ein System zum Bearbeiten einer
5 Schiene eines Eisenbahngleises mittels eines
Flüssigkeitsstrahls, umfassend einen Flüssigkeitsbehälter
zur Speicherung einer Arbeitsflüssigkeit, eine
Druckerzeugungseinrichtung zur Beaufschlagung der
Arbeitsflüssigkeit mit Ultrahochdruck und mit einer
10 Düsenanordnung zur Erzeugung des Flüssigkeitsstrahls. Zudem
betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Bearbeiten einer
Schiene mittels des Systems.

Der Oberbau eines Bahnkörpers ist durch Nutzung und
15 Witterungseinflüsse einem laufenden Verschleiß unterworfen,
wodurch regelmäßige Instandhaltungsarbeiten notwendig sind.
Insbesondere die Lage eines Eisenbahngleises und die
Oberfläche der Schienen werden in vorgegebenen Intervallen
überprüft. Lagefehler werden mittels einer Stopfmaschine
20 behoben. Zur Eliminierung von Schienenfehlern, insbesondere
von bestehenden Rollkontaktermüdungsschäden, sind
verschiedene Methoden bekannt.

Bei der Schienenbearbeitung wird gezielt Material von der
25 Oberfläche des jeweiligen Schienenkopfes entfernt. Die Menge
des Materialabtrags und die resultierende Geometrie sind von
der Art der Bearbeitung abhängig. Ziel des jeweiligen
Bearbeitungsverfahrens ist ein kontrollierter
Materialabtrag, um die angestrebte Schienengeometrie zu
30 erreichen. Auch die erzielte Oberflächengüte spielt für die
Lebensdauer, den Fahrkomfort und die Lärmentwicklung eine
wesentliche Rolle. Druckeigenspannungen in der
Schienenoberfläche sind wünschenswert, weil dadurch die
Rissbildung erschwert wird. Bei verschiedenen

Schienenbearbeitungsmethoden wie Schleifen oder Fräsen können jedoch Zugeigenspannungen in der Schienenoberfläche auftreten.

5 Aus der WO 2020/060962 A1 ist ein System zur
Schienenbearbeitung bekannt, bei dem der Materialabtrag
mittels eines Ultrahochdruck-Flüssigkeitsstrahls unter
Beigabe eines Abrasivstoffs erfolgt. Der Ultrahochdruck-
Flüssigkeitsstrahl wird dabei als Schneidwerkzeug
10 eingesetzt, mittels dem entlang eines Schienenkopfes
Oberflächensegmente abgetrennt werden. Ein Auffächern des
Flüssigkeitsstrahls ist unerwünscht, weil dadurch ein
präziser Schnitt erschwert wird. Mit zunehmender
Schnitttiefe entsteht ein inhomogenes Schnittbild mit
15 deutlichen Rillen entlang der Schnittflächen. Einzelne Zonen
dieser Schnittflächen weisen eine unterschiedliche
Oberflächengüte auf. Die jeweilige Oberflächengüte ist dabei
von der Schnittgeschwindigkeit, der Menge des beigefügten
Abrasivstoffs und der Schnitttiefe abhängig.

20 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein System
eingangs genannter Art dahingehend zu verbessern, dass ein
gezielter Materialabtrag und eine gleichmäßige
Oberflächengüte erzielbar sind. Weiter ist es eine Aufgabe
25 der Erfindung, ein entsprechendes Verfahren anzugeben.

Erfindungsgemäß werden diese Aufgaben gelöst durch die
Merkmale der unabhängigen Ansprüche 1 und 10. Abhängige
Ansprüche geben vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung
30 an.

Gekennzeichnet ist das System durch eine Ansteuerung der
Düsenanordnung mittels einer Steuerungseinrichtung, die zur
Veränderung zumindest eines Arbeitsparameters zur Anpassung

des Flüssigkeitsstrahls an einen vorgegebenen Materialabtrag an einer Oberfläche der Schiene eingerichtet ist. Es erfolgt somit kein bloßer Schneidvorgang wie aus dem Stand der Technik bekannt, sondern ein definierter Materialabtrag an
5 der Schienenoberfläche als Resultat des entsprechend angepassten Flüssigkeitsstrahls. Die Schiene wird also nicht geschnitten, sondern gestrahlt, indem der auf die Schienenoberfläche gerichtete Flüssigkeitsstrahl innerhalb einer bestimmten Wirkdauer in einem ausgedehnten Wirkungsbereich
10 eine Vielzahl an Materialpartikeln aus der Schienenoberfläche löst.

Dabei bestimmt der zumindest eine veränderbare Arbeitsparameter die materialabragende Wirkung des
15 Flüssigkeitsstrahls, insbesondere eine flächige Ausdehnung und eine resultierende Tiefe des Materialabtrags. Eine Veränderung des Arbeitsparameters ändert die Menge an abgetragenen Material. Auf diese Weise erfolgt die gewünschte Formgebung der Schienenoberfläche durch einen
20 kontrollierten und prozesssicheren Materialabtrag. Beispielsweise bewirkt eine Düsenform mit runder Auslassöffnung auf der Schienenoberfläche entlang eines Wirkungsbereichsquerschnitts eine Abtragungstiefe, deren Verlaufsform einer Normalverteilung angenähert ist. Bei
25 unbewegter Düse entsteht ein kreisrundes Tiefenrelief, das in der Mitte am tiefsten ist und stetig in den unbearbeiteten Bereich der Schienenoberfläche übergeht.

Der zu erzielende Materialabtrag ist in der
30 Steuerungseinrichtung vorgegeben. Konkret ist in der Steuerungseinrichtung dem jeweils vorgegebenen Materialabtrag eine entsprechende Einstellung des zumindest einen Arbeitsparameters zugeordnet. Auf diese Weise stellt die Steuerungseinrichtung den veränderbaren Arbeitsparameter

ein, damit mittels des resultierenden Flüssigkeitsstrahls der vorgegebene Materialabtrag, das heißt, die gewünschte materialabtragende Wirkung auf die gestrahlte Oberfläche der Schiene erzielt wird. Im einfachsten Fall erfolgt die

5 Vorgabe des Materialabtrags durch eine Bedienperson. Dazu ist die Steuerungseinrichtung mit einer Eingabevorrichtung und einer Anzeigevorrichtung verbunden. Insbesondere umfasst die Steuerungseinrichtung eine digitale Speichereinheit, in der eine Vorgabe des Materialabtrags in Abhängigkeit eines

10 von der Bedienperson gewählten Schienenprofils und/oder einer sonstigen Auswahl oder Eingabe hinterlegt ist.

Mit dieser Art der Bearbeitung wird einerseits ein präziser Materialabtrag zur Erzielung einer gewünschten

15 Oberflächenform der Schiene ermöglicht. Andererseits erzeugt der Strahlvorgang Druckeigenspannungen in den bearbeiteten Zonen der Schienenoberfläche. Diese Druckeigenspannungen vermindern das Entstehungsrisiko für Risse und sonstiger Schäden bei einer nachfolgenden Beanspruchung der Schiene durch

20 den Regelverkehr. Die mit dem erfindungsgemäßen System erzielte Oberflächengüte erhöht die Lebensdauer der Schiene. Zudem werden beim Befahren der Schienen der Fahrkomfort erhöht und die Lärmentwicklung reduziert.

25 Zur Erzielung der gewünschten Oberflächenform der Schiene sind unterschiedliche Funktionsweisen der Düsenanordnung nutzbar. Beispielsweise werden mehrere Düsen mit unterschiedlichen materialabtragenden Wirkungen gleichzeitig eingesetzt. In einer anderen Variante wird eine Düse entlang

30 der Schiene bewegt, wobei insbesondere zur Erzielung eines gewünschten Schienenprofils die materialabtragende Wirkung variiert. Eine Kombination dieser Funktionsweisen erhöht die Arbeitsgeschwindigkeit und die Anwendungsmöglichkeiten.

Einsetzbar ist das erfindungsgemäße System sowohl für eine präventive Schienenbearbeitung mit gleichmäßigem Materialabtrag als auch für eine Reprofilierung zur Wiederherstellung eines gewünschten Schienenquerprofils.

- 5 Eine initiale Schienenbearbeitung zum Abtrag einer Walzhaut oder zur Entfernung von Zunder stellt eine weitere Anwendung dar.

- 10 Insbesondere ist das System in ein Schienenfahrzeug oder ein 2-Wege-Fahrzeug integriert. Das Fahrzeug umfasst einen Fahrzeugrahmen, der auf Schienenfahrwerken auf dem zu bearbeitenden Gleis verfahrbar ist. Die Komponenten des Systems sind am Fahrzeugrahmen und/oder in einem Aufbau oder Wagenkasten des Fahrzeugs angeordnet.

15

- In einer vorteilhaften Weiterbildung des Systems ist der Arbeitsflüssigkeit bei der Erzeugung des Flüssigkeitsstrahls ein Abrasivstoff beigemengt, wobei insbesondere ein der Flüssigkeit beigemengter Anteil und/oder eine Eigenschaft
20 des Abrasivstoffs als veränderbarer Arbeitsparameter vorgegeben ist. Durch die Beimengung des Abrasivstoffs wird die Materialabtragungsrate erhöht. Auf diese Weise ist bei ansonsten gleichbleibender Düsenanordnung durch die Art und/oder die Menge des beigefügten Abrasivstoffs die
25 materialabtragende Wirkung veränderbar. Der gemeinsam mit dem Flüssigkeitsstrahl auf die Schienenoberfläche einwirkende Abrasivstoff erhöht zudem die induzierten Druckeigenspannungen.

- 30 Bevorzugt ist der Abrasivstoff in einem eigenen Speicherbehälter gelagert. Zusätzlich verbessert wird das System durch eine Auffangvorrichtung für die Arbeitsflüssigkeit unterhalb der bearbeiteten Schiene. Die aufgefangene Arbeitsflüssigkeit wird entweder unmittelbar

mittels Filter gereinigt und wieder dem Flüssigkeitsbehälter
zugeführt, oder es erfolgt eine Zwischenspeicherung in einem
Schmutzbehälter mit nachfolgender Aufbereitung zur
Wiederverwendung. Gegebenenfalls wird Abrasivstoff
5 herausgefiltert und ebenfalls wiederverwendet. Durch die
Aufbereitung und Wiederverwendung reduziert sich die Menge
der mitzuführenden Arbeitsflüssigkeit und des Abrasivstoffs.
Außerdem gelangt durch das Auffangen der genutzten
Arbeitsflüssigkeit wendiger Feinmaterial in den Oberbau des
10 Eisenbahngleises.

Eine weitere Verbesserung betrifft vorteilhafte
Einstellmöglichkeiten des Systems, wobei ein Düsenabstand
und/oder eine Düsenneigung und/oder eine
15 Bewegungsgeschwindigkeit bezüglich der Oberfläche der
Schiene und/oder ein Flüssigkeitsdruck und/oder ein
Flüssigkeitsdurchfluss und/oder ein Düsendurchmesser
und/oder eine Düsenform als veränderbarer Arbeitsparameter
vorgegeben ist. Zur Veränderung des Düsenabstands, der
20 Düsenneigung und der Bewegungsgeschwindigkeit kommt eine
Positioniereinrichtung der jeweiligen Düse zum Einsatz.
Diese Positioniereinrichtung umfasst Stellelemente und
Antriebe zur Ausführung einer Relativbewegung der jeweiligen
Düse gegenüber der zu bearbeitenden Schiene. Zusätzlich
25 dient die Positioniereinrichtung zum Ausgleich eines
seitlichen Versatzes, der beispielsweise in einem Gleisbogen
auftritt, wenn die Düsenanordnung an einem Fahrzeugrahmen
zwischen zwei Schienenfahrwerken angeordnet ist.

30 Zur Veränderung des Flüssigkeitsdrucks und des
Flüssigkeitsdurchflusses umfasst die
Druckerzeugungseinrichtung eine Pumpe zur Erzeugung eines
Systemdrucks und hydraulische Elemente wie Druckspeicher,
Ventile, Drosseln etc. zur Druck- und Durchflussanpassung.

Eine Veränderung des Düsendurchmessers und der Düsenform erfolgt entweder durch eine entsprechend verstellbare Düse oder durch eine Vorrichtung zum automatisierten Austausch von Düseneinsetzen innerhalb der Düsenanordnung.

5

Bevorzugt liegt der Abstand der Düsen zur Schienenoberfläche in einem Bereich zwischen 1 cm und 30 cm. Die Bewegungsgeschwindigkeit der Düsenanordnung gegenüber der Schiene liegt bevorzugt in einem Bereich zwischen 30 m/h und 10 5000 m/h, insbesondere bei 500 m/h. Die Düsenneigung bezüglich der Schienenoberfläche liegt bevorzugt in einem Bereich zwischen 30° und 90°, insbesondere zwischen 45° und 90°. Der Düsendurchmesser wird bevorzugt zwischen 0,07 mm und 1 mm gewählt. Die Düsenform bestimmt sich im 15 Wesentlichen durch die Form der Düsenausgangsöffnung. Diese ist bevorzugt rund oder oval. Der Flüssigkeitsdruck liegt bevorzugt zwischen 130 MPa und 700 MPa, insbesondere bei 400 MPa. Die Durchflussmenge der Arbeitsflüssigkeit liegt bevorzugt zwischen 0,5 l/min und 5 l/min. Als Beigabe des 20 Abrasivstoffs werden bevorzugt zwischen 30g/min und 1000 g/min pro Düse gewählt.

Eine vorteilhafte Effizienzsteigerung erfährt das System mit mehreren nebeneinander angeordneten Düsen, wobei jeder Düse 25 zumindest ein eigener veränderbarer Arbeitsparameter zugeordnet ist. Die mittels der Düsen erzeugten Flüssigkeitsstrahlen wirken gleichzeitig auf die Schienenoberfläche ein und bewirken einen summierten Materialabtrag.

30

Vorteilhafterweise sind die Düsen zur Erzeugung aufgefächerter Flüssigkeitsstrahlen ausgebildet, wobei sich die aufgefächerten Flüssigkeitsstrahlen in einer Arbeitsrichtung gesehen überlappen. In der Regel entspricht

die Arbeitsrichtung der Schienenlängsrichtung. Dann sind die Düsen in Schienenquerrichtung voneinander beabstandet. Insbesondere sind die Düsen auch in Schienenlängsrichtung zueinander versetzt, sodass die Flüssigkeitsstrahlen nicht aufeinandertreffen und sich nicht gegenseitig beeinflussen. In der Wirkung findet jedoch eine Überlappung statt, weil eine voreilende Düse auf der Schienenoberfläche einen Wirkungsbereich aufweist, der durch den Wirkungsbereich einer benachbarten nacheilenden Düse teilweise überlagert wird. Durch Superposition der Materialabtragungswirkung in den Überlappungsbereichen ist ein stetiger Verlauf der Materialabtragung über alle Düsen hinweg erzielbar. Die Ansteuerung der Düsen ist in der Weise aufeinander abgestimmt, dass entweder ein gewünschtes Abtragungsprofil oder ein gleichmäßiger Abtrag mit konstanter Abtragungstiefe resultiert.

Zur weiteren Verbesserung der Oberflächengüte ist der Düsenanordnung optional eine Schleifvorrichtung insbesondere zum oszillierenden Schienenschleifen nachgeordnet. Mit dieser zusätzlichen Vorrichtung werden gegebenenfalls nach der Strahlbearbeitung verbliebene Unregelmäßigkeiten ausgeglichen. Die Schleifvorrichtung arbeitet dabei mit sehr geringem Abtrag und vernachlässigbarem Wärmeintrag. Die vorteilhaften Druckeigenspannungen bleiben erhalten.

Bei einer weiteren Verbesserung ist der Düsenanordnung eine Nachmessvorrichtung zur Erfassung eines erzielten Schienenprofils nachgeordnet. Damit erfolgt eine Registrierung der durchgeführten Reprofilierung für Dokumentationszwecke und/oder für eine etwaige Nachbearbeitung.

Insbesondere für eine optimale Reprofilierung der Schiene ist der Düsenanordnung eine Messvorrichtung zur Erfassung eines Schienenprofils vorgeordnet. Mit dieser

Messvorrichtung wird ein Ist-Profil der Schiene in
5 Querrichtung unmittelbar vor der Bearbeitung erfasst. Dabei kommen bevorzugt optische Messvorrichtungen wie Linienschnittsensoren zum Einsatz.

Besonders vorteilhaft ist ein geregelter Arbeitsprozess,
10 wobei in einer Speichereinrichtung ein Soll-Profil der Schiene hinterlegt ist, wobei eine Auswerteeinrichtung zum Vergleich des erfassten Schienenprofils mit dem Soll-Profil angeordnet ist und wobei die Steuerungseinrichtung mit der Auswerteeinrichtung zur Vorgabe zumindest eines
15 Arbeitsparameters in Abhängigkeit des durchgeführten Vergleichs gekoppelt ist. Das ermöglicht eine präzise Einstellung des Abtrags zur Erzielung des gewünschten Schienenprofils, sowohl in Querrichtung als auch in Längsrichtung der Schiene. Die aus der Messung und dem
20 anschließenden Vergleich resultierenden Daten bilden die Basis für eine Positionsregelung und Arbeitsparameterwahl der einzelnen Düsen. Damit erfolgt an jeder Bearbeitungsstelle ein gezielter Materialabtrag.

25 Beim erfindungsgemäßen Verfahren zum Bearbeiten einer Schiene eines Eisenbahngleises mittels des beschriebenen Systems wird die Düsenanordnung in eine vorgegebene Stellung zur Schiene gebracht, wobei mittels der Steuerungseinrichtung zumindest ein Arbeitsparameter zur
30 Anpassung des Flüssigkeitsstrahls an einen vorgegebenen Materialabtrag an einer Oberfläche der Schiene verändert wird. Auf diese Weise erfolgt ein gezielter Materialabtrag an der Schienenoberfläche zur Reprofilierung der Schiene oder zur präventiven Schienenbearbeitung.

In einer vorteilhaften Weiterbildung des Verfahrens werden mehrere nebeneinander angeordnete Düsen mit unterschiedlich eingestellten Arbeitsparametern entlang der Schiene bewegt.

5 Das steigert die Effizienz der Bearbeitung, weil mit mehreren Düsen gleichzeitig ein gezielter Materialabtrag erfolgt. Dabei sind die Düsen quer zur Arbeitsrichtung beabstandet und insbesondere in Arbeitsrichtung zueinander versetzt angeordnet. Durch die versetzte Anordnung treffen

10 die Flüssigkeitsstrahlen nicht aufeinander und erzielen trotzdem überlappende Wirkbereiche auf der Schienenoberfläche.

Zur vorteilhaften Steigerung der Bearbeitungsqualität bei einer Reprofilierung einer Schiene wird das Schienenprofil

15 vor einer Schienenbearbeitung mit einer Messvorrichtung erfasst, wobei das erfasste Schienenprofil mittels einer Auswerteeinrichtung mit einem hinterlegten Soll-Profil verglichen wird und wobei zumindest ein Arbeitsparameter in

20 Abhängigkeit des durchgeführten Vergleichs vorgegeben wird. Mit einem solchen Verfahren erfolgt der geringstmögliche Materialabtrag zur Erzielung des gewünschten Schienenquerprofils.

25 Bei einer weiteren Verbesserung des Verfahrens wird nach einer Schienenbearbeitung das erzielte Schienenprofil mittels einer Nachmessvorrichtung erfasst. Dieser Vorgang dient einerseits der Dokumentation der durchgeführten Bearbeitung und andererseits als Datenbasis für eine etwaige

30 Nachbearbeitung.

Im Zuge einer vorteilhaften Nachbearbeitung wird nach einem mittels des Flüssigkeitsstrahls bewirkten Materialabtrag die Oberfläche der Schiene mittels einer Schleifvorrichtung

insbesondere durch oszillierendes Schleifen bearbeitet. Die resultierende Oberflächengüte weist eine besonders hohe Qualität auf, wobei ein geringer Materialabtrag ausreicht, um nach der Strahlbearbeitung etwaige verbliebene
5 Unregelmäßigkeiten auszugleichen.

Eine weitere Reduktion von Oberflächeneffekten stellt die gezielte nachträgliche Belastung mittels eines walzenden Rades dar. Dabei wird ein auf der Schiene abrollendes Rad
10 mit einer definierten Auflast belastet. Resultat dieses Vorgangs sind eine reduzierte Oberflächenrauheit und gegebenenfalls ausgeglichene Unebenheiten.

Für eine gleichbleibende Bearbeitungsqualität wird
15 vorteilhafterweise für die jeweilige Düse ein Verschleißparameter erfasst und ausgewertet, indem insbesondere ein Volumenstrom und/oder ein Druck der durch die jeweilige Düse fließenden Arbeitsflüssigkeit gemessen wird. Dazu ist jeder Düse eine entsprechende Sensoranordnung
20 zugeordnet, wobei die jeweilige Sensoranordnung insbesondere mit einer Recheneinrichtung zur Bildung eines Verschleißparameters verbunden ist. Die Erkennung von Verschleiß an der jeweiligen Düse ist wichtig, weil beispielsweise ein vergrößerter Düsendurchmesser den
25 erreichbaren Materialabtrag verändert. Durch die Verschleißüberwachung, insbesondere durch die Überwachung des Volumenstroms und des Flüssigkeitsdrucks der jeweiligen Düse erfolgt eine frühzeitige Erkennung.

30 Bevorzugt zeigt das System eine zu tauschende Düse an, bevor Veränderungen des Materialabtrags die Bearbeitungsqualität mindern. Beispielsweise wird der erfasste Verschleißparameter in der Recheneinrichtung laufend mit einem Grenzwert verglichen. In Kombination mit einem

digitalen Verschleißmodell kann mittels der Recheneinrichtung eine Restlebensdauer der jeweiligen Düse abgeschätzt und in einer Ausgabeeinrichtung angezeigt werden.

5

Die Erfindung wird nachfolgend in beispielhafter Weise unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren erläutert. Es zeigen in schematischer Darstellung:

- 10 Fig. 1 Schienenfahrzeug mit einem System zur Bearbeitung einer Schiene,
Fig. 2 Düsenanordnung mit mehreren Düsen zur präventiven Schienenbearbeitung,
Fig. 3 Düsenanordnung mit mehreren Düsen zur
15 Reprofilierung einer Schiene,
Fig. 4 Schaltbild eines Arbeitsablaufs.

In Fig. 1 ist ein Schienenfahrzeug 1 mit einem System 2 zur Bearbeitung einer Schiene 3 eines Eisenbahngleises 4
20 dargestellt. Das Schienenfahrzeug 1 umfasst einen Fahrzeugrahmen 5, der auf Schienenfahrwerken 6 abgestützt auf dem Gleis 4 verfahrbar ist. Mittels eines kartesischen Koordinatensystems XYZ sind die Positionen des Schienenfahrzeugs 1, des Gleises 4 und der Elemente des
25 Systems 2 im Raum bestimmbar. Eine Gleisachse des dargestellten Gleisabschnitts verläuft parallel zur Z-Achse. Quer dazu ist die X-Achse parallel zu einer Gleisebene ausgerichtet. Die Y-Achse ist nach unten gerichtet.

30 Im Schienenfahrzeug 1 sind ein Flüssigkeitsbehälter 7 zur Speicherung einer Arbeitsflüssigkeit 8, insbesondere von Wasser, und ein optionaler Speicherbehälter 9 zur Speicherung eines Abrasivstoffs 10 angeordnet. Die beiden Behälter 7, 9 sind über Leitungen mit einer ersten und einer

optionalen zweiten Druckerzeugungseinrichtung 11 verbunden. Alternativ dazu ist nur der Flüssigkeitsbehälter 7 über eine Leitung mit der jeweiligen Druckerzeugungseinrichtung 11 verbunden und der Abrasivstoff 10 wird mittels einer
5 Venturi-Düse eingebracht. Jeder Druckerzeugungseinrichtung 11 ist eine Düsenanordnung 12 zur Erzeugung wenigstens eines Flüssigkeitsstrahls 13 zugeordnet.

In einer einfachen Ausführung sind nur die erste
10 Druckerzeugungseinrichtung 11 und die zugeordnete Düsenanordnung 12 vorgesehen. Die aus dem Flüssigkeitsbehälter 7 geförderte Arbeitsflüssigkeit 8 wird mittels der Druckerzeugungseinrichtung 11 mit einem Systemdruck beaufschlagt, insbesondere mit Ultrahochdruck im
15 Bereich von 100 MPa bis 700 MPa, bevorzugt zwischen 130 MPa und 600 MPa. In der Düsenanordnung 12 erfolgt die Bildung des Flüssigkeitsstrahls 13.

Alternativ dazu können mehrere Düsenanordnungen 12 an eine
20 gemeinsame Druckerzeugungseinrichtung 11 angeschlossen sein. Zwischen der Druckerzeugungseinrichtung 11 und der jeweiligen Düsenanordnung 12 sind dann gegebenenfalls Hydraulikelemente zur Minderung des gemeinsamen Systemdrucks auf einen jeweiligen Arbeitsdruck angeordnet.

25 In der weitergebildeten Variante gemäß Fig. 1 ist der aus dem Speicherbehälter 9 geförderte Abrasivstoff 10 dem Flüssigkeitsstrahl 13 beigemengt. Die Beimengung erfolgt bevorzugt in der jeweiligen Düsenanordnung 12.

30 Die jeweilige Druckerzeugungseinrichtung 11 und die zugeordnete Düsenanordnung 12 sind an der Unterseite des Fahrzeugrahmens 5 befestigt. Dabei ist die jeweilige Düsenanordnung 12 mittels einer zugeordneten

Positioniereinrichtung 14 gegenüber dem Fahrzeugrahmen 5 verstellbar. Die Positioniereinrichtung 14 umfasst Stellelemente und Antriebe, die auf relativ zueinander bewegbare Positionierelemente wie zum Beispiel Schlitten wirken. Die Verstellbarkeit ist zumindest quer zu einer Arbeitsrichtung 15 gegeben. Weitere Verstellmöglichkeiten in Arbeitsrichtung 15, in Richtung des Gleises 4 sowie relativ zum Fahrzeugrahmen 5 ausführbare Schwenk- und Kippbewegungen sind bevorzugt möglich.

10

Zur Ermöglichung der Relativbewegungen ist die jeweilige Düsenanordnung 12 über eine bewegliche Hochdruckleitung 16, insbesondere über einen Hochdruckschlauch, mit der Druckerzeugungseinrichtung 11 verbunden. Vorteilhafterweise ist eine finale Druckerzeugungsstufe der Druckerzeugungseinrichtung 11 einerseits mit der Düsenanordnung 12 fest verbunden und andererseits über die bewegliche Hochdruckleitung 16 an vorgeordnete Druckerzeugungsstufen der Druckerzeugungseinrichtung 11 angeschlossen.

20

Zur Ansteuerung der jeweiligen Düsenanordnung 12 ist eine Steuerungseinrichtung 17 angeordnet. Alternativ dazu sind mehrere Düsenanordnungen 12 mit einer gemeinsamen

25

Steuerungseinrichtung 17 angesteuert. Erfindungsgemäß ist die jeweilige Steuerungseinrichtung 17 zur Veränderung zumindest eines Arbeitsparameters $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_n, b_1, b_2, b_3, b_4, b_n, d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_n, v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_n, p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_n, \alpha_1, \alpha_3, \alpha_5, \alpha_n$ zur Anpassung des Flüssigkeitsstrahls 13 an einen vorgegebenen Materialabtrag 18 an einer Oberfläche 19 der Schiene 3 eingerichtet.

30

Wesentlich gegenüber dem bekannten Stand der Technik ist dabei die oberflächliche Abtragung des Schienenmaterials,

wobei der zumindest eine Arbeitsparameter $a_1 \dots \alpha_n$ das Ausmaß des Materialabtrags bestimmt. Dabei trifft der Flüssigkeitsstrahl 13 auf die Schiene 3 und löst in einem flächigen Wirkungsbereich Materialpartikel aus der Schienenoberfläche 19. Die Menge der herausgelösten Materialpartikel hängt im Wesentlichen von einer Auftreffgeschwindigkeit des Flüssigkeitsstrahls 13, einem Auftreffwinkel, von einer Einwirkdauer an der jeweiligen Stelle und vom beigemengten Abrasivstoff 10 ab. Die Beeinflussung dieser materialabtragenden Wirkung erfolgt durch Anpassung des zumindest einen Arbeitsparameters $a_1 \dots \alpha_n$. Bevorzugt werden mehrere Arbeitsparameter $a_1 \dots \alpha_n$ angepasst, um den jeweiligen Materialabtrag 18 feiner skalieren zu können.

15

Fig. 2 zeigt eine beispielhafte Düsenanordnung 12 zur präventiven Schienenbearbeitung mit fünf Düsen 20, die nebeneinander angeordnet sind. Dargestellt ist ein oberer Querschnittsbereich eines Schienenkopfes, auf dessen Oberfläche 19 die Düsen 20 mit annähernd gleichen vertikalen Abständen $a_1 \dots a_5$ gerichtet sind. Alle Düsen 20 weisen hier dieselbe Form auf. Die beiden äußeren Düsen 20 sind nach innen geneigt. Die mittels der Düsen 20 erzeugten Flüssigkeitsstrahlen 13 weisen jeweils eine Symmetrielinie 21 auf. Horizontale Abstände sind zwischen den Schnittpunkten dieser Symmetrielinien 21 mit der Schienenoberfläche 19 angegeben. In X-Richtung sind die Horizontalabstände $b_1 \dots b_4$ beispielsweise annähernd gleich. Auch in Z-Richtung sind Abstände sinnvoll, damit die Flüssigkeitsstrahlen 13 nicht aufeinandertreffen und sich nicht gegenseitig beeinflussen. Die Neigung der jeweiligen Düse 20 wird mit einem Winkel $\alpha_1 \dots \alpha_5$ zwischen einer Tangente der Schienenoberfläche 19 und der zugeordneten Symmetrielinie 21 eingestellt.

Jede einzelne geometrische Größe $a_1 \dots a_5$, $b_1 \dots b_4$, $\alpha_1 \dots \alpha_5$ dieser Düsenanordnung 12 ist ein Arbeitsparameter, dessen Veränderung eine Anpassung des zugeordneten
5 Flüssigkeitsstrahls 13 bewirkt. Weitere Arbeitsparameter sind ein jeweiliger Flüssigkeitsdruck $p_1 \dots p_5$ und ein jeweiliger Flüssigkeitsdurchfluss $v_1 \dots v_5$. Alle Arbeitsparameter $a_1 \dots \alpha_n$ sind einzeln oder in Gruppierungen mittels der Steuerungseinrichtung 17 einstellbar, damit der
10 mit den Flüssigkeitsstrahlen 13 bewirkten Materialabtrag 18 wie vorgegeben erfolgt. Zu diesem Zweck sind in einem Speicher der Steuerungseinrichtungen 17 tabellarische Werte und/oder Algorithmen hinterlegt, die eine Beziehung des jeweiligen Arbeitsparameters $a_1 \dots \alpha_5$ zum bewirkten
15 Materialabtrag 18 angeben.

Im Diagramm direkt unter der gezeichneten Anordnung ist für jede Düse 20 die jeweilige materialabtragende Wirkung eingezeichnet. Die x-Achse verläuft in Schienenquerrichtung
20 und gibt die Stellen der jeweiligen materialabtragenden Wirkung an. In Richtung der y-Achse ist das Ausmaß der jeweiligen materialabtragenden Wirkung ersichtlich.

Weil sich die Flüssigkeitsstrahlen 13 in Arbeitsrichtung 15, hier in Z-Richtung gesehen überlappen, ergibt sich eine
25 Superposition der jeweiligen materialabtragenden Wirkung, wie im darunter dargestellten Diagramm ersichtlich. Der sich ergebende Verlauf zeigt den tatsächlichen Materialabtrag 18 über die Breite des Schienenkopfes hinweg. Durch die
30 eingestellten Arbeitsparameter $a_1 \dots \alpha_5$ wird ein annähernd gleichmäßiger flächiger Materialabtrag 18 erzielt.

Die Düsenanordnung 12 in Fig. 3 ist mittels der Steuerungseinrichtung 17 für eine Reprofilierung der Schiene

3 eingestellt. Hier sind alle Düsen 20 in X-Richtung mit annähernd gleichen Horizontalabständen $b_1 \dots b_4$ zueinander angeordnet, wobei auch unterschiedliche Horizontalabstände $b_1 \dots b_4$ sinnvoll sein können. Bevorzugt sind die Düsen 20 in
5 Z-Richtung versetzt angeordnet, sodass sich die Flüssigkeitsstrahlen 13 nicht gegenseitig beeinflussen und trotzdem überlagerte Wirkbereiche aufweisen. Die Vertikalabstände $a_1 \dots a_5$ zwischen den Düsen 20 und der Schienenoberfläche 19 weichen voneinander ab. Dadurch und
10 durch unterschiedliche Düsenformen sowie durch unterschiedliche Düsendurchmesser $d_1 \dots d_5$ ergeben sich unterschiedliche Flüssigkeitsstrahlen 13 mit jeweils eigener Wirkung. Zudem sind für jede Düse 20 ein eigener Flüssigkeitsdruck $p_1 \dots p_5$ und ein eigener
15 Flüssigkeitsdurchfluss $v_1 \dots v_5$ eingestellt.

Unter der dargestellten Anordnung sind die Diagramme wie in Fig. 2 angegeben. Die jeweiligen materialabtragenden Wirkungen der Düsen 20 im oberen Diagramm weisen starke
20 Unterschiede auf. Durch Superposition ergibt sich der im unteren Diagramm dargestellt Verlauf des Materialabtrags 18 in Schienenquerrichtung. Im gezeigten Fall ist der Materialabtrag 18 in den Randzonen größer, damit sich das gewünschte Schienenprofil ergibt.

25

Der in Fig. 4 dargestellte Arbeitsablauf betrifft insbesondere eine Reprofilierung der Schiene 3, wobei die in Fig. 1 dargestellten Komponenten des Systems 2 zur Anwendung kommen. In Arbeitsrichtung 15 ist vor den Düsenanordnungen
30 12 eine erste Messvorrichtungen 22 zur Erfassung des Schienenprofils angeordnet. Zwischen den Düsenanordnungen 12 ist eine zweite Messvorrichtung 22 für eine Zwischenmessung angeordnet und am hinteren Ende des Schienenfahrzeugs 1 befindet sich eine Nachmessvorrichtung 23. Des Weiteren ist

eine Schleifvorrichtung 24 zur Optimierung des mittels der Düsenanordnungen 12 erzielten Ergebnisses angeordnet. Bevorzugt kommt ein oszillierendes Schleifaggregat zum Einsatz, das mit sehr geringem Abtrag etwaige
5 Oberflächenrillen entfernt.

Die jeweilige Vermessung des Schienenquerprofils erfolgt vorteilhafterweise mit Hilfe von Lichtschnittsensoren. Dabei wird mit Hilfe zumindest eines Lasers eine Lichtlinie
10 entlang des Schienenquerprofils projiziert. Diese Lichtlinie wird mittels zumindest einer Hochleistungskamera aufgenommen und in einer Recheneinheit in 2D-Koordinaten umgerechnet. Die Verarbeitung und Visualisierung der Messdaten erfolgen in Echtzeit.

15

Eine mittels der ersten Messvorrichtung 22 durchgeführte Vormessung 25 liefert Messdaten eines Ist-Profils 26 der Schiene 3. Diese Messdaten werden in Echtzeit einer Auswerteeinrichtung 27 zugeführt.

20

Im nächsten Verfahrensschritt erfolgt ein rechnerischer Vergleich 28 des Ist-Profils 26 mit dem Soll-Profil 29 mittels einer Recheneinheit der Auswerteeinrichtung 27 oder mit einer gekoppelten Recheneinrichtung. Dazu ist das Soll-
25 Profil 29 in einer Speichereinrichtung 30 der Auswerteeinrichtung 27 hinterlegten. Auf Basis der errechneten Vergleichsdaten wird eine Materialabtragungsberechnung 31 zur Festlegung des erforderlichen Materialabtrags 18 durchgeführt. Mit diesen
30 Auswertungsdaten erfolgt in der Auswerteeinrichtung 27 oder bevorzugt in der mit dieser gekoppelten Steuerungseinrichtung 17 die Parameterfestlegung 32 zur Anpassung des jeweiligen Flüssigkeitsstrahls 13 an den vorgegebenen Materialabtrag 18.

In einer Weiterbildung wird als Basis für die Schienenbearbeitung auch eine Längsprofilmessung der Schiene 3 durchgeführt. Diese Längsprofilmessung zielt einerseits
5 auf die Erfassung von periodischen Profilabweichungen wie zum Beispiel Riffeln oder Schlupfwellen ab und dient andererseits der Erfassung von singulären Längsprofilabweichungen wie zum Beispiel Schweißstößen mit einer Überhöhung oder einer Eindellung.

10

Beginnend bei der Vormessung 25 bis zur Parameterfestlegung 32 und Ansteuerung erfolgt ein sich laufend wiederholender Durchlauf der Verfahrensschritte, während das Schienenfahrzeug 1 in Arbeitsrichtung 15 vorwärtsfährt. Bei
15 vorhandener zweiter Messvorrichtung 22 sowie zweiter Düsenanordnung 12 erfolgt bei jedem Durchlauf zudem eine Zwischenmessung mit darauffolgender Parameterfestlegung 32 für die zweite Düsenanordnung 12. Abschließend erfolgt eine Nachmessung 33 mittels der Nachmessvorrichtung 23.

20

Patentansprüche

1. System (2) zum Bearbeiten einer Schiene (3) eines
Eiseinbahngleises (4) mittels eines Flüssigkeitsstrahls
5 (13), umfassend einen Flüssigkeitsbehälter (7) zur
Speicherung einer Arbeitsflüssigkeit (8), eine
Druckerzeugungseinrichtung (11) zur Beaufschlagung der
Arbeitsflüssigkeit (8) mit Ultrahochdruck und mit einer
Düsenanordnung (12) zur Erzeugung des Flüssigkeitsstrahls
10 (13), **gekennzeichnet durch** eine Ansteuerung der
Düsenanordnung (12) mittels einer Steuerungseinrichtung
(17), die zur Veränderung zumindest eines Arbeitsparameters
($\alpha_1 \dots \alpha_n$) zur Anpassung des Flüssigkeitsstrahls (13) an
einen vorgegebenen Materialabtrag (18) an einer Oberfläche
15 (19) der Schiene (3) eingerichtet ist.

2. System (2) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**,
dass der Arbeitsflüssigkeit (8) bei der Erzeugung des
Flüssigkeitsstrahls (13) ein Abrasivstoff (10) beigemengt
20 ist und dass insbesondere ein der Flüssigkeit (8)
beigemengter Anteil und/oder eine Eigenschaft des
Abrasivstoffs (10) als veränderbarer Arbeitsparameter
vorgegeben ist.

25 3. System (2) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch**
gekennzeichnet, dass ein Düsenabstand ($a_1 \dots a_n$, $b_1 \dots b_n$)
und/oder eine Düsenneigung ($\alpha_1 \dots \alpha_n$) und/oder eine
Bewegungsgeschwindigkeit bezüglich der Oberfläche (19) der
Schiene (3) und/oder ein Flüssigkeitsdruck ($p_1 \dots p_n$)
30 und/oder ein Flüssigkeitsdurchfluss ($v_1 \dots v_n$) und/oder ein
Düsendurchmesser ($d_1 \dots d_n$) und/oder eine Düsenform als
veränderbarer Arbeitsparameter vorgegeben ist.

4. System (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere Düsen (20) nebeneinander angeordnet sind und dass jeder Düse (20) zumindest ein eigener veränderbarer Arbeitsparameter ($a_1 \dots \alpha_n$) zugeordnet ist.

5. System (2) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Düsen (20) zur Erzeugung aufgefächerter Flüssigkeitsstrahlen (13) ausgebildet sind und dass sich die aufgefächerten Flüssigkeitsstrahlen in einer Arbeitsrichtung gesehen überlappen.

6. System (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Düsenanordnung (12) eine Schleifvorrichtung (24) insbesondere zum oszillierenden Schienenschleifen nachgeordnet ist.

7. System (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Düsenanordnung (12) eine Nachmessvorrichtung (23) zur Erfassung eines erzielten Schienenprofils nachgeordnet ist.

8. System (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Düsenanordnung (12) eine Messvorrichtung (22) zur Erfassung eines Schienenprofils (26) vorgeordnet ist.

9. System (2) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einer Speichereinrichtung (30) ein Soll-Profil (29) der Schiene (3) hinterlegt ist, dass eine Auswerteeinrichtung (27) zum Vergleich des erfassten Schienenprofils (26) mit dem Soll-Profil (29) angeordnet ist und dass die Steuerungseinrichtung (17) mit der Auswerteeinrichtung (27) zur Vorgabe zumindest eines

Arbeitsparameters ($a_1 \dots \alpha_n$) in Abhängigkeit des durchgeführten Vergleichs (28) gekoppelt ist.

10. Verfahren zum Bearbeiten einer Schiene (3) eines
5 Eiseinbahngleises (4) mittels eines Systems (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Düsenanordnung (12) in eine vorgegebene Stellung zur Schiene (3) gebracht wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass mittels der Steuerungseinrichtung (17) zumindest ein Arbeitsparameter ($a_1 \dots \alpha_n$) zur Anpassung
10 des Flüssigkeitsstrahls (13) an einen vorgegebenen Materialabtrag (18) an einer Oberfläche (19) der Schiene (3) verändert wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**,
15 dass mehrere nebeneinander angeordnete Düsen (20) mit unterschiedlich eingestellten Arbeitsparametern ($a_1 \dots \alpha_n$) entlang der Schiene (3) bewegt werden.

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch**
20 **gekennzeichnet**, dass das Schienenprofil (26) vor einer Schienenbearbeitung mit einer Messvorrichtung (22) erfasst wird, dass das erfasste Schienenprofil (26) mittels einer Auswerteeinrichtung (27) mit einem hinterlegten Soll-Profil (29) verglichen wird und dass zumindest ein Arbeitsparameter
25 ($a_1 \dots \alpha_n$) in Abhängigkeit des durchgeführten Vergleichs (28) vorgegeben wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass nach einer Schienenbearbeitung das
30 erzielte Schienenprofil mittels einer Nachmessvorrichtung (33) erfasst wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass nach einem mittels des

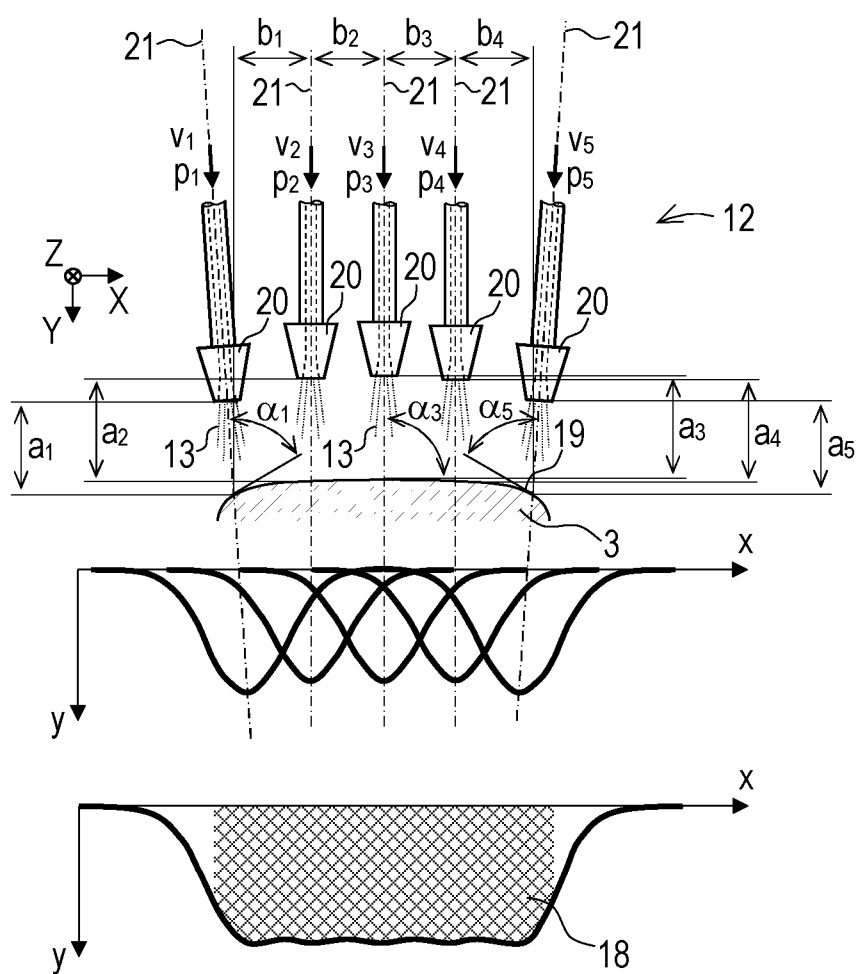
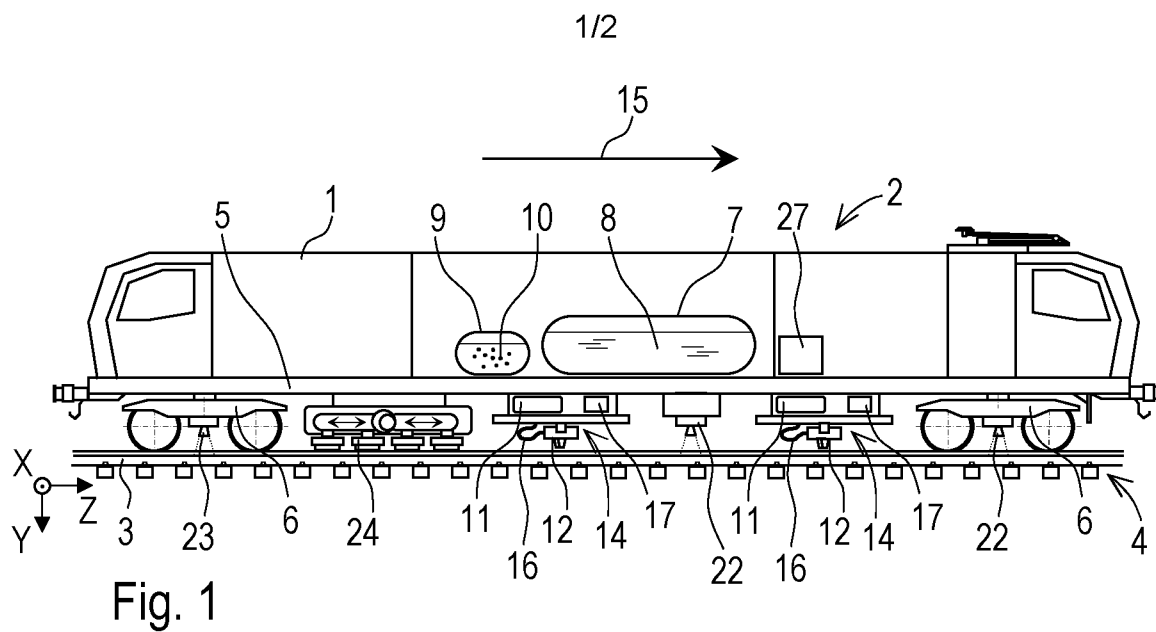
Flüssigkeitsstrahls (13) bewirkten Materialabtrag (18) die Oberfläche (19) der Schiene (3) mittels einer Schleifvorrichtung (24) insbesondere durch oszillierendes Schleifen bearbeitet wird.

5

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass für die jeweilige Düse (20) ein Verschleißparameter erfasst und ausgewertet wird, indem insbesondere ein Volumenstrom und/oder ein Druck der durch

10

die jeweilige Düse (20) fließenden Arbeitsflüssigkeit (8) gemessen wird.



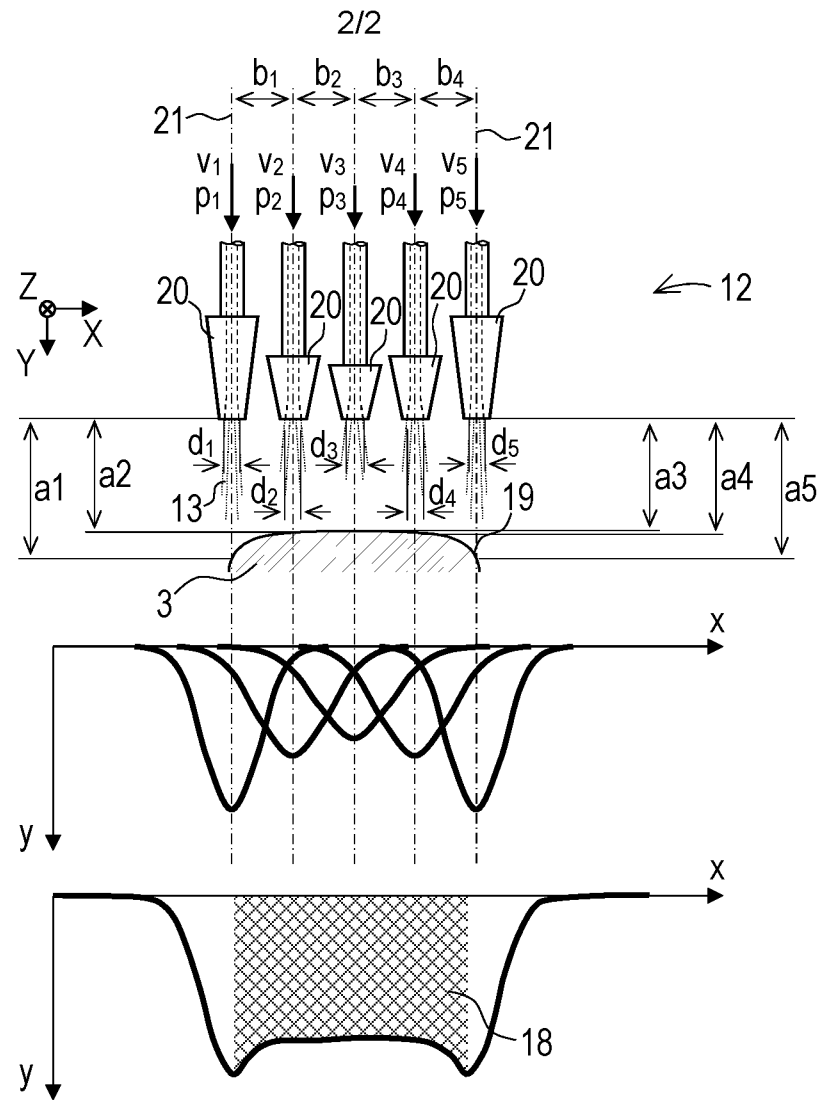


Fig. 3

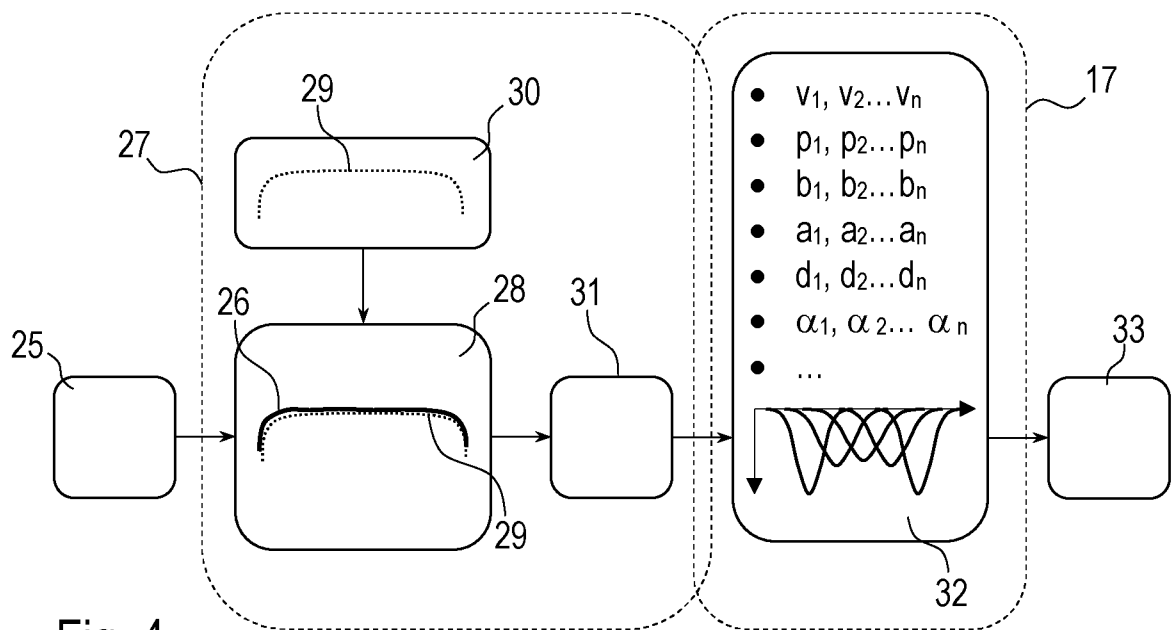


Fig. 4

Patentansprüche

1. System (2) zum Bearbeiten einer Schiene (3) eines
Eiseinbahngleises (4) mittels eines Flüssigkeitsstrahls
5 (13), umfassend einen Flüssigkeitsbehälter (7) zur
Speicherung einer Arbeitsflüssigkeit (8), eine
Druckerzeugungseinrichtung (11) zur Beaufschlagung der
Arbeitsflüssigkeit (8) mit Ultrahochdruck und mit einer
Düsenanordnung (12) zur Erzeugung des Flüssigkeitsstrahls
10 (13), wobei eine Ansteuerung der Düsenanordnung (12) mittels
einer Steuerungseinrichtung (17) erfolgt, die zur
Veränderung zumindest eines Arbeitsparameters ($a_1 \dots \alpha_n$) zur
Anpassung des Flüssigkeitsstrahls (13) eingerichtet ist,
dadurch gekennzeichnet, dass in der Steuerungseinrichtung
15 (17) einem jeweils vorgegebenen Materialabtrag (18) an einer
Oberfläche (19) der Schiene (3) eine entsprechende
Einstellung des zumindest einen Arbeitsparameters ($a_1 \dots \alpha_n$)
zur Anpassung der materialabtragenden Wirkung des
Flüssigkeitsstrahls (13) an den jeweils vorgegebenen
20 Materialabtrag (18) zugeordnet ist.

2. System (2) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**,
dass der Arbeitsflüssigkeit (8) bei der Erzeugung des
Flüssigkeitsstrahls (13) ein Abrasivstoff (10) beigemengt
25 ist und dass insbesondere ein der Flüssigkeit (8)
beigemengter Anteil und/oder eine Eigenschaft des
Abrasivstoffs (10) als veränderbarer Arbeitsparameter
vorgegeben ist.

30 3. System (2) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch
gekennzeichnet**, dass ein Düsenabstand ($a_1 \dots a_n, b_1 \dots b_n$)
und/oder eine Düsenneigung ($\alpha_1 \dots \alpha_n$) und/oder eine
Bewegungsgeschwindigkeit bezüglich der Oberfläche (19) der
Schiene (3) und/oder ein Flüssigkeitsdruck ($p_1 \dots p_n$)

und/oder ein Flüssigkeitsdurchfluss ($v_1 \dots v_n$) und/oder ein Düsendurchmesser ($d_1 \dots d_n$) und/oder eine Düsenform als veränderbarer Arbeitsparameter vorgegeben ist.

- 5 4. System (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere Düsen (20) nebeneinander angeordnet sind und dass jeder Düse (20) zumindest ein eigener veränderbarer Arbeitsparameter ($a_1 \dots a_n$) zugeordnet ist.
- 10 5. System (2) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Düsen (20) zur Erzeugung aufgefächerter Flüssigkeitsstrahlen (13) ausgebildet sind und dass sich die aufgefächerten Flüssigkeitsstrahlen in einer Arbeitsrichtung
15 gesehen überlappen.
6. System (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Düsenanordnung (12) eine Schleifvorrichtung (24) insbesondere zum oszillierenden
20 Schienenschleifen nachgeordnet ist.
7. System (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Düsenanordnung (12) eine Nachmessvorrichtung (23) zur Erfassung eines erzielten
25 Schienenprofils nachgeordnet ist.
8. System (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Düsenanordnung (12) eine Messvorrichtung (22) zur Erfassung eines Schienenprofils
30 (26) vorgeordnet ist.
9. System (2) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einer Speichereinrichtung (30) ein Soll-Profil (29) der Schiene (3) hinterlegt ist, dass eine

Auswerteeinrichtung (27) zum Vergleich des erfassten Schienenprofils (26) mit dem Soll-Profil (29) angeordnet ist und dass die Steuerungseinrichtung (17) mit der Auswerteeinrichtung (27) zur Vorgabe zumindest eines

5 Arbeitsparameters ($a_1 \dots \alpha_n$) in Abhängigkeit des durchgeführten Vergleichs (28) gekoppelt ist.

10. Verfahren zum Bearbeiten einer Schiene (3) eines Eiseinbahngleises (4) mittels eines Systems (2) nach einem

10 der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Düsenanordnung (12) in eine vorgegebene Stellung zur Schiene (3) gebracht wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass mittels der Steuerungseinrichtung (17) zumindest ein Arbeitsparameter ($a_1 \dots \alpha_n$) zur Anpassung der materialabtragenden Wirkung des Flüssigkeitsstrahls (13)

15 an einen jeweils vorgegebenen Materialabtrag (18) an einer Oberfläche (19) der Schiene (3) gemäß einer in der Steuerungseinrichtung (17) dem jeweils vorgegebenen Materialabtrag (18) zugeordneten Einstellung verändert wird.

20 11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere nebeneinander angeordnete Düsen (20) mit unterschiedlich eingestellten Arbeitsparametern ($a_1 \dots \alpha_n$) entlang der Schiene (3) bewegt werden.

25 12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Schienenprofil (26) vor einer Schienenbearbeitung mit einer Messvorrichtung (22) erfasst wird, dass das erfasste Schienenprofil (26) mittels einer Auswerteeinrichtung (27) mit einem hinterlegten Soll-Profil

30 (29) verglichen wird und dass zumindest ein Arbeitsparameter ($a_1 \dots \alpha_n$) in Abhängigkeit des durchgeführten Vergleichs (28) vorgegeben wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass nach einer Schienenbearbeitung das erzielte Schienenprofil mittels einer Nachmessvorrichtung (33) erfasst wird.

5

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass nach einem mittels des Flüssigkeitsstrahls (13) bewirkten Materialabtrag (18) die Oberfläche (19) der Schiene (3) mittels einer

10 Schleifvorrichtung (24) insbesondere durch oszillierendes Schleifen bearbeitet wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass für die jeweilige Düse (20) ein

15 Verschleißparameter erfasst und ausgewertet wird, indem insbesondere ein Volumenstrom und/oder ein Druck der durch die jeweilige Düse (20) fließenden Arbeitsflüssigkeit (8) gemessen wird.