

## (12) Österreichische Patentanmeldung

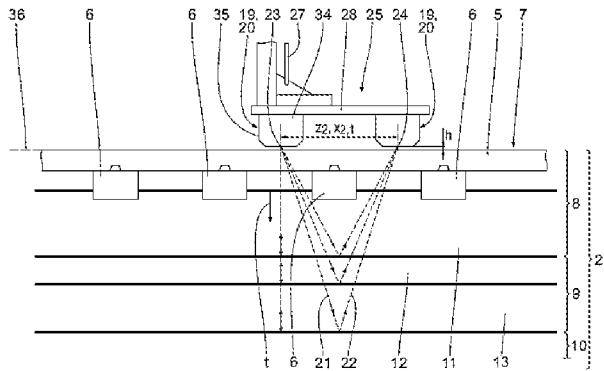
(21) Anmeldenummer: A 50148/2022 (51) Int. Cl.: **B61K 9/08** (2006.01)  
(22) Anmeldetag: 09.03.2022 **E01B 35/06** (2006.01)  
(43) Veröffentlicht am: 15.09.2023

(56) Entgegenhaltungen:  
WO 2006004846 A2  
US 2008304083 A1  
US 2009073428 A1

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

### (54) Messverfahren und Messsystem zum Bestimmen der Beschaffenheit eines Gleisbodens

(57) Ein Messverfahren zum Bestimmen der Beschaffenheit eines Gleisbodens (2) umfasst die Schritte: Ausstrahlen einer elektromagnetischen Primärstrahlung (21) in den Gleisboden (2) an mindestens einer Sendeposition (23), und Erfassen einer von der Primärstrahlung (21) bewirkten und aus dem Gleisboden (2) zurückgestrahlten Sekundärstrahlung (22) an mindestens einer Erfassungsposition (24), welche von der Sendeposition (23) beabstandet ist. Ein Messsystem zum Bestimmen der Beschaffenheit eines Gleisbodens.



## **Zusammenfassung**

Ein Messverfahren zum Bestimmen der Beschaffenheit eines Gleisbodens (2) umfasst die Schritte: Ausstrahlen einer elektromagnetischen Primärstrahlung (21) in den Gleisboden (2) an mindestens einer Sendeposition (23), und Erfassen einer von der Primärstrahlung (21) bewirkten und aus dem Gleisboden (2) zurückgestrahlten Sekundärstrahlung (22) an mindestens einer Erfassungsposition (24), welche von der Sendeposition (23) abstandet. Ein Messsystem zum Bestimmen der Beschaffenheit eines Gleisbodens.

- Fig. 2 -

## **Messverfahren und Messsystem zum Bestimmen der Beschaffenheit eines Gleisbodens**

Die Erfindung betrifft ein Messverfahren zum Bestimmen der Beschaffen-

- 5 heit eines Gleisbodens. Ferner betrifft die Erfindung ein Messsystem zum Bestimmen der Beschaffenheit eines Gleisbodens.

Durch offenkundige Vorbenutzung bekannt ist ein Messverfahren zum Be-  
stimmen der Beschaffenheit eines Gleisbodens, bei welchem eine elektro-

- 10 magnetische Primärstrahlung an einer Messposition in den Gleisboden aus-  
gestrahlt wird. Eine aus dem Gleisboden zurückgestrahlte Sekundärstrah-  
lung wird an der Messposition erfasst. Nachteilig ist, dass das Messverfah-  
ren zeit- und kostenintensiv ist, insbesondere wenn eine hohe Messauflö-  
sung erforderlich ist. Ferner ist nachteilig, dass das Gleis ein Vordringen  
15 der elektromagnetischen Strahlung in den Gleisboden erschwert und die  
Messergebnisse beeinträchtigt.

Es ist eine Aufgabe der Erfindung, ein verbessertes Messverfahren zum  
Bestimmen der Beschaffenheit eines Gleisbodens zu schaffen, welches ins-

- 20 besondere besonders robust, zeit- sowie kosteneffizient ausführbar ist und  
besonders präzise Messergebnisse bereitstellt.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des An-  
spruchs 1 gelöst. Es wurde erkannt, dass das Bestimmen der Beschaffen-

- 25 heit eines Gleisbodens besonders robust, zeit- und kosteneffizient im Be-  
trieb ist, sowie besonders präzise Messergebnisse bereitstellt, wenn das Er-  
fassen einer von der Primärstrahlung bewirkten und aus dem Gleisboden  
zurückgestrahlten Sekundärstrahlung an mindestens einer Erfassungsposi-

- tion erfolgt, welche von der Sendeposition beabstandet ist. Die beabstandete Anordnung liegt insbesondere vor zwischen der Erfassungsposition und derjenigen Sendeposition, an welcher die Primärstrahlung ausgestrahlt wird, welche die an der Erfassungsposition erfasste Sekundärstrahlung be-
- 5      wirkt. Die Erfassungsposition und die Sendeposition sind insbesondere nicht identisch. Das Ausstrahlen der Primärstrahlung und das Erfassen der Sekundärstrahlung erfolgt insbesondere über unterschiedliche, insbesondere voneinander beabstandete, Antenne.
- 10     Zwischen der Sendeposition und der mindestens einen Erfassungsposition wird von der Primärstrahlung und der Sekundärstrahlung ein Strahlengang zurückgelegt. Die Primärstrahlung bildet einen ersten Teil dieses Strahlengangs zwischen der Sendeposition und einer Reflexionsposition. Die Sekundärstrahlung bildet den zweiten Teil des Strahlengangs zwischen der
- 15     Reflexionsposition und der mindestens einen Erfassungsposition. Durch die beabstandete Anordnung der mindestens einen Erfassungsposition von der Sendeposition liegen der erste und zweite Teil des Strahlengangs unterschiedliche Wege zurück. Insbesondere sind der erste und der zweite Teil des Strahlengangs zumindest abschnittsweise schräg zueinander orientiert.
- 20     Hierdurch wird ermöglicht, dass ein Messhindernis umstrahlt werden kann. Insbesondere kann die Beschaffenheit des Gleisbodens in einer Reflexionsposition bestimmt werden, welche vertikal unterhalb eines Messhindernisses angeordnet ist. Ein derartiges Messhindernis für die elektromagnetische Primärstrahlung und/oder Sekundärstrahlung stellt beispielsweise das
- 25     Gleis, insbesondere dessen Gleisbestandteile, dar. Das Messverfahren ermöglicht das Bestimmen der Beschaffenheit des Gleisbodens in einem Bereich, der insbesondere in vertikaler Richtung, hinter einem Messhindernis liegt.

Der Gleisboden umfasst vorzugsweise das Gleisbett, insbesondere ein Schotterbett und/oder den Unterbau, insbesondere eine Planumschutzschicht und/oder ein Planum, und/oder einen Untergrund, insbesondere besteht der Gleisboden daraus. Unter dem Gleisboden kann insbesondere das

- 5 Fundament des Gleises verstanden werden.

Das Gleis kann Gleisschienen und/oder Gleisschwellen aufweisen. Das Gleis liegt vorzugsweise auf dem Gleisboden auf.

- 10 Ein Bahnkörper umfasst vorzugsweise den Unterbau und einen Oberbau. Der Oberbau kann das Gleis und das Gleisbett umfassen.

- Der Gleisboden weist vorzugsweise mehrere Schichten auf, die sich hinsichtlich ihrer physikalischen Eigenschaften unterscheiden, insbesondere 15 bezüglich ihrer Interaktion mit der elektromagnetischen Strahlung und/oder bezüglich ihrer stofflichen Zusammensetzung und/oder bezüglich ihrer elektrischen Leitfähigkeit und/oder bezüglich ihrer Dielektrizitätskonstante. Derartige Schichten sind beispielsweise ausgebildet durch das Gleisbett, die Planumschutzschicht, das Planum und den Untergrund, insbesondere 20 in dieser vertikalen Reihenfolge, von oben nach unten. Zwischen den Schichten bestehen vorzugsweise Schichtgrenzen, über die hinweg vorzugsweise eine sprunghafte Änderung der physikalischen Eigenschaften, insbesondere der elektrischen Leitfähigkeit und/oder der Dielektrizitätskonstante, vorliegen kann. An derartigen Schichtgrenzen wird die Primärstrahlung zum mindesten anteilig reflektiert.

Die elektromagnetische Primärstrahlung wird vorzugsweise in einer Sendeeinheit erzeugt. An einer Sendeposition der Sendeeinheit wird die Primär-

- strahlung in den Gleisboden ausgestrahlt. Die Primärstrahlung ist vorzugsweise derart beschaffen, dass diese an den zu detektierenden Schichtgrenzen reflektiert wird und/oder ein zwischen der Sendeposition und der jeweiligen Schichtgrenze vorliegendes Medium möglichst energieeffizient,
- 5 insbesondere verlustarm, durchdringt. Hierzu kann die elektromagnetische Primärstrahlung mindestens eine, insbesondere mehrere, Sendefrequenzen aufweisen. Die Sendefrequenz liegt vorzugsweise in einem Bereich von 1 MHz bis 5000 MHz, insbesondere von 100 MHz bis 2000 MHz, insbesondere von 200 MHz bis 1000 MHz, insbesondere von 400 MHz bis 600
- 10 MHz. Eine derartige Sendefrequenz gewährleistet eine hohe Messauflösung und/oder das Eindringen der Primärstrahlung in eine groß Tiefen des Gleisbodens, insbesondere bis in den Untergrund.

Die Primärstrahlung ist vorzugsweise kegelförmig, insbesondere mit elliptischer Grundfläche, insbesondere mit kreisförmiger Grundfläche oder nicht-kreisförmiger Grundfläche, oder mit polygoner Grundfläche, insbesondere mit viereckiger Grundfläche, insbesondere mit rechteckförmiger Grundfläche, insbesondere mit quadratischer Grundfläche oder mit nicht-quadratischer Grundfläche. Unter der Grundfläche kann auch eine Querschnittsfläche der Primärstrahlung verstanden werden. Ein Seitenverhältnis der Grundfläche des Strahlkegels der Primärstrahlung beträgt vorzugsweise mindestens 1,2, insbesondere mindestens 1,5, insbesondere mindestens 2, insbesondere mindestens 2,5, insbesondere mindestens 3, und/oder maximal 5, insbesondere maximal 3. Hierdurch kann das Bestimmen der Beschaffenheit des Gleisbodens besonders energieeffizient erfolgen. Insbesondere kann die mittels der Primärstrahlung bewirkte Sekundärstrahlung besonders präzise in Richtung der mindestens einen Erfassungsposition ausgerichtet werden.

- Ein Zentralstrahl der Primärstrahlung verläuft auf der Mittellängsachse des Primärstrahls, insbesondere des kegelförmigen Primärstrahls. Der Zentralstrahl kann vertikal orientiert sein. Vorzugsweise ist der Zentralstrahl schräg zur Vertikalrichtung orientiert, insbesondere aus der Vertikalrichtung um eine Schienenlängsrichtung und/oder um eine Schienenquerrichtung geneigt. Unter der Schienenquerrichtung wird im Allgemeinen vorzugsweise die horizontale Schienenquerrichtung verstanden. Vorzugsweise ist der Zentralstrahl in Richtung der mindestens einen Erfassungsposition geneigt zu der Vertikalachse orientiert. Ein Abstrahlwinkel zur Vertikalrichtung, insbesondere um die Schienenlängsrichtung und/oder die Schienenquerrichtung, liegt vorzugsweise in einem Bereich von  $1^\circ$  bis  $45^\circ$ , insbesondere von  $2^\circ$  bis  $20^\circ$ , insbesondere von  $3^\circ$  bis  $10^\circ$ . Das Messverfahren ist hierdurch besonders energieeffizient im Betrieb.
- 5 Eine maximale Messtiefe, bis zu der eine Schichtgrenze, insbesondere zwischen dem Planum und dem Untergrund, detektierbar ist, liegt vorzugsweise in einem Bereich von 1 m bis 50 m, insbesondere von 2 m bis 20 m, insbesondere von 5 m bis 10 m. Hierdurch ist das Messverfahren besonders flexibel einsetzbar.
- 10 Das Bestimmen der Beschaffenheit des Gleisbodens kann das Bestimmen der Integrität einer Schicht und/oder einer Schichtgrenze umfassen. Beispielsweise kann bestimmt werden, ob eine Schicht, insbesondere die Planumschutzschicht, und/oder eine Schichtgrenze im Wesentlichen bestimmtungsgemäß, insbesondere im Wesentlichen eben, vorliegt oder, ob sie unsachgemäß vorliegt, insbesondere aufgrund von Setzvorgängen und/oder Auswaschung und/oder aufgrund von Baumängeln. Eine Gefährdung der Betriebssicherheit der Bahnanlage kann somit zuverlässig vermieden werden.
- 15
- 20
- 25

Das Bestimmen der Beschaffenheit des Gleisbodens kann insbesondere umfassen das Bestimmen von Schichtdicken und/oder eines Feuchtegehalts und/oder einer Verschmutzung und/oder von Geometrieabweichungen, des

5 Gleisbodens, insbesondere von Einzelschichten, insbesondere gegenüber einem Sollwert. Insbesondere kann die Beschaffenheit des Gleisbetts, insbesondere des Schotterbetts, bestimmt werden, insbesondere welcher Verdichtungszustand vorliegt, insbesondere ob das Schotterbett die erforderliche Dichte aufweist und/oder ob es Hohlräume, insbesondere unter den

10 Gleisschwellen, aufweist. Derartige Hohlräume sind durch die beabstandete Anordnung der mindestens einen Erfassungsposition von der Sende- position besonders zuverlässig detektierbar.

Die mindestens eine Erfassungsposition ist von der Sendeposition vorzugsweise in einer Horizontalrichtung beabstandet. Die mindestens eine Erfassungseinrichtung kann in einer Vertikalrichtung beabstandet von der Sendeposition angeordnet sein. Die horizontale Beabstandung der mindestens einen Erfassungsposition von der Sendeposition gewährleistet, dass die Beschaffenheit des Gleisbodens in einem Bereich unterhalb eines Messhinter-20nisses, insbesondere des Gleises, bestimmbar ist. Abweichungen von einer bestimmungsgemäßen Beschaffenheit, insbesondere von einem Sollwert der Beschaffenheit, insbesondere Inhomogenitäten, Dichteunter- schiede, insbesondere Hohlräume, können hierdurch in einem Bereich vertikal unterhalb des Gleises, insbesondere eines Gleisbestandteils, zuverlässig erfassst werden.

Unter der Sekundärstrahlung wird die aus dem Gleisboden zurückge- strahlte und von der Primärstrahlung bewirkte elektromagnetische Strah-

- lung verstanden. Die Sekundärstrahlung wird an der mindestens einen Erfassungsposition, insbesondere mittels mindestens einer Empfangseinheit erfasst. Erfasst werden kann die Amplitude und/oder die Frequenz und/oder der zeitliche Verlauf der Sekundärstrahlung und/oder die Laufzeit zwischen dem Ausstrahlen der Primärstrahlung und dem Erfassen der Sekundärstrahlung. Gemäß einem Aspekt der Erfindung kann die mindestens eine Erfassungsposition derart von der Sendeposition beabstandet sein, dass der von der Primärstrahlung und der Sekundärstrahlung zwischen der Sendeposition und der Erfassungsposition zurückgelegte Strahlengang einen Gleisbestandteil, insbesondere mindestens eine Gleisschiene und/oder mindestens eine Gleisschwelle, insbesondere zusammen mit einer Geraden zwischen der Sendeposition und der Erfassungsposition, zumindest abschnittsweise, insbesondere vollständig, umschließt.
- 10
- 15 Vorzugsweise wird, insbesondere mittels mindestens einer Empfangseinheit, ein mit der Primärstrahlung korrelierendes Messsignal erzeugt. Anhand des Messsignals kann, insbesondere mittels einer Steuereinheit die Beschaffenheit des Gleisbodens bestimmt werden.
- 20 Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird, insbesondere mittels einer Fahrsteuerung und/oder einer Positionserfassungseinheit, insbesondere einem Satellitennavigationsmodul, insbesondere einem GPS-Modul, die Messposition bestimmt, an welcher das Messverfahren ausgeführt wird, insbesondere an der die Beschaffenheit des Gleisbodens bestimmt wird.
- 25 Vorzugsweise wird ein mit der Messposition korrelierendes Positionssignal bestimmt. Das Positionssignal kann zusammen mit dem Messsignal, insbesondere mittels der Steuereinheit, insbesondere auf einer Speichereinheit, abgespeichert werden.

- Vorzugsweise werden die mindestens eine Sendeposition und die mindestens eine Erfassungsposition relativ zu dem Gleis, insbesondere entlang der Schienenlängsrichtung verlagert. Das Verlagern erfolgt vorzugsweise kontinuierlich während des Ausstrahlens der Primärstrahlung und/oder während des Erfassens der Sekundärstrahlung. Alternativ kann das Verlagern schrittweise erfolgen, wobei während des Ausstrahlens der Primärstrahlung und/oder während des Erfassens der Sekundärstrahlung das Verlagern gestoppt ist.
- 5 10 Die Sendeposition kann durch eine Sendeeinheit bestimmt sein und/oder die Erfassungsposition kann durch eine Empfangseinheit bestimmt sein. Die mindestens eine Sendeeinheit und die mindestens eine Empfangseinheit können Bestandteile einer Messvorrichtung sein. Das Verlagern der mindestens einen Sendeposition und/oder der mindestens einen Erfassungsposition, insbesondere der Messvorrichtung, entlang der Schienenlängsrichtung kann mittels eines Fahrwagens erfolgen, an dem die Messvorrichtung vorzugsweise angebracht ist.
- 15 20 Ein Messverfahren nach Anspruch 2 ermöglicht das Bestimmen der Beschaffenheit eines Gleisbodens in besonders umfassender Weise und ist besonders flexibel einsetzbar. Die von dem Strahlengang zwischen der Sendeposition und der Erfassungsposition aufgespannte Fläche ist vorzugsweise die kleinste konvexe Einhüllende dieses Strahlengangs. Die Fläche ist vorzugsweise eben ausgebildet und/oder im Wesentlichen vertikal orientiert. Unter der im Wesentlichen vertikalen Orientierung wird vorzugsweise verstanden, dass ein Winkel zur Vertikalrichtung maximal  $10^\circ$ , insbesondere maximal  $5^\circ$ , insbesondere maximal  $2^\circ$ , beträgt. Der Gleisbe-
- 25 standteil wird von der Fläche vorzugsweise vollständig geschnitten. Insbe-

sondere kann der Gleisbestandteil die Fläche durchdringen. Der Gleisbestandteil kann von der Fläche vollständig umschlossen sein. Vorteilhaft wird hierdurch erreicht, dass der das Messhindernis bildende Gleisbestandteil umstrahlt werden kann. Insbesondere kann die Beschaffenheit des

- 5 Gleisbodens in einem Bereich bestimmt werden, welcher bezüglich der Sendeposition und der Erfassungsposition hinter dem ein Messhindernis bildenden Gleisbestandteil angeordnet ist.

Ein Messverfahren nach Anspruch 3 gewährleistet das Bestimmen der Beschaffenheit des Gleisbodens in besonders präziser Weise. Ein als Gleischwelle und/oder als Gleisschiene ausgebildeter Gleisbestandteil bildet üblicherweise ein besonders starkes Messhindernis. Die Beschaffenheit des Bereichs hinter diesen Gleisbestandteilen, insbesondere vertikal unterhalb dieser Gleisbestandteile, insbesondere der Gleisschwellen, hat für die Be-15 triebssicherheit des Bahnkörpers eine besondere Bedeutung. Die Anordnung der mindestens einen Erfassungsposition derart beabstandet von der Sendeposition, dass die von dem Strahlengang aufgespannte Fläche den Gleisbestandteil schneidet, insbesondere vollständig schneidet, ermöglicht das Bestimmen der Beschaffenheit insbesondere dieses Bereichs des Gleis-20 bodens. Das Bestimmen der Beschaffenheit des Bereichs vertikal unterhalb des mindestens einen Gleisbestandteils erweitert den Einsatzbereich des Messverfahrens und gewährleistet das Prüfen der Beschaffenheit des Gleisbodens in besonders umfangreicher und zuverlässiger Weise.

- 25 Ein Messverfahren nach Anspruch 4 ist besonders flexibel einsetzbar und gewährleistet das Bestimmen der Beschaffenheit des Gleisbodens in besonders umfassender Weise. Vorzugsweise sind die mindestens eine Erfassungsposition und die Sendeposition in der Orthogonalprojektion auf die

- 10 -

Horizontalebene einander gegenüberliegend zu dem Gleisbestandteil angeordnet. Die Sendeposition und die Erfassungsposition überlappen den Gleisbestandteil in der Orthogonalprojektion auf die Horizontalebene vorzugsweise nicht, insbesondere sind diese beabstandet zu dem Gleisbestandteil angeordnet. In der Orthogonalprojektion auf die Horizontalebene liegt ein Verhältnis des Abstands zwischen der Erfassungsposition und der Sendeposition und der Erstreckung des Gleisbestandteils entlang der Verbindungsline zwischen der Erfassungsposition und der Sendeposition vorzugsweise in einem Bereich von 1 bis 10, insbesondere von 1,2 bis 5, insbesondere von 1,5 bis 2. Hierdurch kann die Beschaffenheit des Gleisbodens in einem Bereich vertikal unterhalb des Gleisbestandteils besonders zuverlässig bestimmt werden.

Ein Messverfahren nach Anspruch 5 gewährleistet das Bestimmen der Beschaffenheit des Gleisbodens in besonders zeit-, kosteneffizienter und umfassender Weise. Vorzugsweise wird die von der, insbesondere an einer einzigen Sendeposition ausgestrahlten, Primärstrahlung bewirkte Sekundärstrahlung, insbesondere zeitgleich, an mindestens zwei, insbesondere mindestens drei, insbesondere mindestens vier, insbesondere mindestens fünf, insbesondere mindestens zehn, insbesondere mindestens 12, insbesondere mindestens 15, insbesondere mindestens 20, und/oder maximal 50, insbesondere maximal 30, insbesondere maximal 20, Erfassungspositionen erfasst. Insbesondere wird an den mindestens zwei Erfassungspositionen eine von derselben Primärstrahlung bewirkte Sekundärstrahlung erfasst. Zum Ausbilden der mehreren Erfassungspositionen kann jeweils eine Empfangseinheit vorgesehen sein. Vorzugsweise sind sämtliche Empfangseinheiten separat voneinander ausgebildet. Jede Empfangseinheit kann ein eigenes Gehäuse und/oder eine eigene Antenne zum Erfassen der Sekundär-

strahlung aufweisen. Die mindestens zwei Erfassungspositionen, insbesondere die Empfangseinheiten, können in derselben Horizontalebene angeordnet sein oder vertikal voneinander beabstandet angeordnet sein. Vorzugsweise ist eine Steuereinheit zum zeitgleichen Auslesen eines von den

- 5 mindestens zwei Empfangseinheiten bereitgestellten Messsignals ausgebildet.

Ein Messverfahren nach Anspruch 6 gewährleistet das Bestimmen der Beschaffenheit des Gleisbodens in besonders zeit- und kosteneffizienter und  
10 präziser Weise. Die Rasterform erstreckt sich vorzugsweise entlang einer ersten Raumrichtung und entlang einer zweiten Raumrichtung, die zu der ersten Raumrichtung orthogonal orientiert ist. Die erste Raumrichtung kann parallel zu der Schienenlängsrichtung orientiert sein. Die zweite Raumrichtung kann parallel zu der Schienenquerrichtung orientiert sein. Entlang der  
15 ersten Raumrichtung und/oder in entlang der zweiten Raumrichtung erfolgt das Erfassen der Sekundärstrahlung vorzugsweise an mindestens zwei, insbesondere mindestens drei, insbesondere mindestens vier, insbesondere mindestens fünf, insbesondere mindestens zehn, und/oder maximal 30, insbesondere maximal 20, insbesondere maximal 15, Erfassungspositionen.  
20 Vorzugsweise ist für jede Erfassungsposition eine Sendeposition vorgesehen. An jeder Erfassungsposition kann eine Sendeposition vorgesehen sein. Vorteilhaft wird durch die rasterförmige Anordnung der Erfassungspositionen gewährleistet, dass eine Messauflösung zum Bestimmen der Beschaffenheit des Gleisbodens besonders groß ist.

25

Ein Messverfahren nach Anspruch 7 gewährleistet das Bestimmen der Beschaffenheit des Gleisbodens in besonders zuverlässiger Weise. Durch die Anordnung der mindestens zwei Erfassungspositionen, insbesondere be-

- nachbarter Erfassungspositionen, in einem Messabstand entlang der Schienlenägungsrichtung, welcher von einem Gleisschwellenabstand benachbarter Gleisschwellen unterschiedlich ist, kann die Beschaffenheit des Gleisbodens besonders umfassend ermittelt werden. Insbesondere kann hierdurch
- 5 vermieden werden, dass der Strahlengang zwischen der mindestens einen Erfassungsposition und der Sendeposition beim Verlagern der Messvorrichtung entlang der Schienlenägungsrichtung aufgrund der durch die Gleisschwellen gebildeten Messhindernisse regelmäßig unterbrochen wird.
- Messlücken sind somit vermeidbar. Vorzugsweise ist der Messabstand zwi-
- 10 schen benachbarten Erfassungspositionen, insbesondere entlang der Schienlenägungsrichtung und/oder entlang der Schienenquerrichtung, einstellbar, insbesondere manuell und/oder automatisiert, insbesondere motorisch angetrieben, einstellbar. Vorzugsweise ist der Messabstand entlang der Schienlenägungsrichtung und/oder entlang der Schienenquerrichtung derart ein-
- 15 stellbar, dass die Beschaffenheit des Gleisbodens entlang der Schienlenägungsrichtung, insbesondere in einer Draufsicht im Bereich der Gleisschwellen, zu mindestens 70 %, insbesondere mindestens 80 %, insbesondere mindestens 90 %, insbesondere mindestens 95 %, bestimmbar ist.
- 20 Gemäß einem Aspekt der Erfindung kann zwischen benachbarten Sendepositionen und/oder Erfassungspositionen jeweils der gleiche Messabstand vorliegen. Zumindest zwei Messabstände zwischen benachbarten Sendepositionen und/oder Erfassungspositionen können unterschiedliche sein.
- 25 Ein Messverfahren nach Anspruch 8 gewährleistet das Bestimmen der Beschaffenheit des Gleisbodens in besonders umfassender Weise. Ein Verhältnis zwischen dem horizontalen Messabstand und der Horizontalerstreckung des Gleisbestandteils in der Vertikalebene durch die Sendeposition

und die Erfassungsposition liegt vorzugsweise in einem Bereich von 1 bis 10, insbesondere in einem Bereich von 2 bis 5.

Ein Messverfahren nach Anspruch 9 gewährleistet das Bestimmen der Beschaffenheit des Gleisbodens in besonders zuverlässiger und umfassender Weise. Der horizontale Messabstand zwischen der mindestens einen Erfassungsposition und der mindestens einen Sendedeposition liegt vorzugsweise in einem Bereich von 0,1 m bis 5 m, insbesondere in einem Bereich 0,2 m bis 4 m, insbesondere in einem Bereich von 0,3 m bis 3 m, insbesondere in einem Bereich von 0,4 m bis 2 m, insbesondere in einem Bereich von 0,5 m bis 1 m. Der Messabstand beträgt vorzugsweise mindestens 100 %, insbesondere mindestens 150 %, insbesondere mindestens 200 %, insbesondere mindestens 300 %, einer Gleisschienenbreite und/oder einer Gleisschwellenbreite und/oder einer Gleisschwellenlänge und/oder einer Spurbreite des Gleises.

Ein Messverfahren nach Anspruch 10 gewährleistet eine besonders hohe Messauflösung. Die mindestens zwei Sendedepositionen sind vorzugsweise, insbesondere in horizontaler Richtung und/oder in vertikaler Richtung, insbesondere ausschließlich in horizontaler Richtung, beabstandet zueinander angeordnet. Das Ausstrahlen der Primärstrahlung erfolgt vorzugsweise an mindestens zwei, insbesondere mindestens drei, insbesondere mindestens vier, insbesondere mindestens fünf, insbesondere mindestens zehn, und/oder maximal 30, insbesondere maximal 20, insbesondere maximal 15, Sendedepositionen. Das Ausstrahlen der Primärstrahlung an den mindestens zwei Sendedepositionen kann gleichzeitig erfolgen. Vorzugsweise sind die mindestens zwei Sendedepositionen, insbesondere mindestens vier der Sendedepo-

sitionen, rasterförmig angeordnet. Die rasterförmige Anordnung kann entsprechend der vorstehend beschriebenen rasterförmigen Anordnung der Erfassungspositionen ausgebildet sein.

- 5 Gemäß einem Aspekt der Erfindung sind jeweils eine Sendedeposition und eine Erfassungsposition, insbesondere jeweils eine Sendeeinheit und eine Empfangseinheit, in einem Messmodul kombiniert. Das Messmodul kann ein eigenes Gehäuse aufweisen. Einzelne Messmodule sind vorzugsweise unabhängig voneinander ausgebildet, insbesondere unabhängig voneinander an einer Trageeinrichtung montierbar, und/oder beabstandet voneinander angeordnet.
- 10

- 15 Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung sind die mindestens eine Sendedeposition und/oder die mindestens eine Erfassungsposition starr zueinander angeordnet oder relativ zueinander, insbesondere händisch oder motorisch angetrieben, verlagerbar. Auch die mehreren Sendedepositionen untereinander und/oder die mehreren Erfassungspositionen untereinander können entsprechend starr zueinander oder zueinander verlagert angeordnet sein. Hierdurch wird vorteilhaft erreicht, dass die Anordnung der mindestens einen Sendedeposition und/oder der mindestens einen Erfassungsposition flexibel an die jeweilige Beschaffenheit des Gleises und/oder des Gleisbodens angepasst werden kann.
- 20

- 25 Ein Messverfahren nach Anspruch 11 gewährleistet das Bestimmen der Beschaffenheit des Gleisbodens mit einer besonders hohen Messauflösung. Beim sequentiellen Ausstrahlen der Primärstrahlung erfolgt das Ausstrahlen der Primärstrahlung an den mindestens zwei Sendedepositionen nacheinander, insbesondere zeitlich überlappungsfrei. Hierdurch ist die Sendepo-

sition der einer erfassten Sekundärstrahlung zugrundeliegenden Primärstrahlung stets genau bekannt. Die Beschaffenheit des Gleisbodens kann besonders präzise bestimmt werden. Vorzugsweise wird über sämtliche der Sendepositionen in jeweils einzelnen Messschritten nacheinander die Primärstrahlung ausgestrahlt. Innerhalb eines Messzyklus wird vorzugsweise an jeder Sendeposition in jeweils einem Messschritt die Primärstrahlung ausgestrahlt. Die von der Primärstrahlung bewirkte Sekundärstrahlung wird vorzugsweise, insbesondere in jedem Messschritt, an der mindestens einen, insbesondere an mindestens zwei, insbesondere an mindestens fünf, insbesondere an sämtlichen, der Erfassungspositionen erfasst.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein verbessertes Messsystem zum Bestimmen der Beschaffenheit des Gleisbodens zu schaffen, welches insbesondere besonders robust, zeit- und kosteneffizient im Betrieb ist sowie besonders präzise Messergebnisse bereitstellt.

Diese Aufgabe wird durch ein Messsystem mit den Merkmalen des Anspruchs 12 gelöst. Die Vorteile des Messsystems entsprechen den Vorteilen des vorstehend beschriebenen Messverfahrens. Vorzugsweise ist das Messsystem mit mindestens einem der Merkmale weitergebildet, die vorstehend in Zusammenhang mit dem Messverfahren beschrieben sind. Durch die Anordnung der Messvorrichtung an dem Fahrwagen ist die Position der mindestens einen Sendeeinheit und der mindestens einen Empfangseinheit an dem Gleisboden besonders präzise festlegbar und/oder bestimmbar und/oder veränderbar. Die Messvorrichtung ist insbesondere besonders zeit- und kosteneffizient entlang des Gleises verlagerbar. Das Messsystem gewährleistet das Bestimmen der Beschaffenheit des Gleisbodens in effizienter und zuverlässiger Weise. Hierdurch wird insbesondere die Betriebssicherheit eines damit geprüften Streckenabschnitts erhöht.

Die mindestens eine Sendeeinheit und die mindestens eine Empfangseinheit sind vorzugsweise als separate Einheiten, insbesondere mit jeweils einem eigenen Gehäuse, ausgebildet. Je eine Sendeeinheit und eine Empfangseinheit zu einem Messmodul integriert sein, insbesondere in demselben Gehäuse angeordnet sein.

- 5 Die mindestens eine Sendeeinheit und die mindestens eine Empfangseinheit können mittels einer Trageeinrichtung an dem Fahrwagen angebracht sein. Die Trageeinrichtung kann zum vertikalen und/oder horizontalen verlängern der Messvorrichtung relativ zu dem Fahrwagen, insbesondere in Schienenlängsrichtung und/oder in Schienenquerrichtung, ausgebildet sein.

- 10 Die mindestens eine Sendeeinheit und/oder die mindestens eine Empfangseinheit können mittels der Trageeinrichtung relativ zueinander starr und/oder relativ zueinander verlagerbar verbunden sein. Die Trageeinrichtung kann zum händischen und/oder motorisch angetriebenen Verlagern der Messvorrichtung relativ zu dem Fahrwagen und/oder der mindestens einen Sendeeinheit und/oder der mindestens einen Empfangseinheit relativ zueinander ausgebildet sein.

- 15 20 25 Gemäß einem Aspekt der Erfindung ist jeweils eine Sendeeinheit mit einer Empfangseinheit derart kombiniert, dass das Ausstrahlen der Primärstrahlung und das Erfassen der Sekundärstrahlung über dieselbe Antenne erfolgt. Jede der Sendeeinheiten und/oder jede der Empfangseinheiten können eine eigene Antenne aufweisen.

Der Fahrwagen kann einen Fahrmotor zum Verlagern des Messsystems entlang des Gleises aufweisen. Alternativ kann der Fahrwagen motorlos, insbesondere als Anhänger, ausgebildet sein. Der Fahrwagen kann als

Mehrwegefahrzeug, insbesondere zum Befahren von Schienen und Straßen, ausgebildet sein.

- Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung ist an dem Fahrwagen eine
- 5 Gleisbearbeitungsvorrichtung, insbesondere eine Gleisreinigungsvorrichtung und/oder ein Hebeaggregat und/oder ein Richtaggregat und/oder ein Stopfaggregat und/oder ein Schweißaggregat und/oder ein Schraubaggregat, angebracht. Das Bestimmen der Beschaffenheit des Gleisbodens kann somit in Kombination mit der Gleisbearbeitung erfolgen. Hierdurch ist das
- 10 Messsystem besonders zeit- und kosteneffizient betreibbar.

Die Messvorrichtung kann eine einzige Sendeeinheit und/oder eine einzige Messeinheit aufweisen. Das Messsystem ist hierdurch besonders kostengünstig in der Herstellung und im Betrieb.

- 15 Die Messvorrichtung weist vorzugsweise eine Steuereinheit zum Ausführen des vorstehend beschriebenen Messverfahrens auf. Die Steuereinheit kann zum Aufzeichnen eines Messsignals von der mindestens einen Sendeeinheit ausgebildet sein. Die Steuereinheit kann zum Aktivieren und/oder
- 20 Deaktivieren des Ausstrahlens der Primärstrahlung mittels der mindestens einen Sendeeinheit ausgebildet sein. Vorzugsweise ist die Steuereinheit zum Aufzeichnen eines Positionssignals ausgebildet.

- 25 Die Messvorrichtung kann eine Positionserfassungseinheit, insbesondere ein Satellitennavigationsmodul, insbesondere ein GPS-Modul, aufweisen. Die Positionserfassungseinheit ist vorzugsweise zum Bereitstellen des Positionssignals an der Steuereinheit ausgebildet.

Vorzugsweise sind die mindestens eine Sendeeinheit und die mindestens eine Empfangseinheit, insbesondere sämtliche Sendeeinheiten und/oder sämtliche Empfangseinheiten, in derselben Horizontalebene angeordnet.

Die Beabstandung der mindestens einen Sendeeinheit von der mindestens

- 5 einen Empfangseinheit liegt vorzugsweise in vertikaler und/oder horizontaler Richtung, insbesondere ausschließlich in horizontaler Richtung, vor.

Gemäß einem Aspekt der Erfindung ist die mindestens eine Sendeeinheit in einer Orthogonalprojektion auf eine Horizontalebene zwischen mindestens

- 10 zwei Empfangseinheiten angeordnet.

Ein Messsystem nach Anspruch 13 gewährleistet das Bestimmen der Beschaffenheit des Gleisbodens in besonders zuverlässiger und umfassender Weise. Der Messabstand zwischen der mindestens einen Sendeposition und

- 15 der mindestens einen Empfangsposition liegt vorzugsweise entlang der Schienenlängsrichtung und/oder entlang der Schienenquerrichtung vor. Der Messabstand kann fest vorgegeben, insbesondere nicht zerstörungsfrei veränderbar, oder einstellbar sein.

- 20 Ein Messsystem nach Anspruch 14 gewährleistet eine besonders hohe Messauflösung. Hinsichtlich der mindestens zwei Sendeeinheiten und/oder der mindestens zwei Empfangseinheit gilt vorzugsweise dasselbe, wie vorstehend in Zusammenhang mit den mindestens zwei Sendepositionen und/oder der mindestens zwei Empfangspositionen, insbesondere bezüglich
- 25 des Messverfahrens, beschrieben.

Ein Messsystem nach Anspruch 15 gewährleistet eine nochmals höhere Messauflösung. Hinsichtlich der rasterförmigen Anordnung der mindestens einen Sendeeinheit und/oder der mindestens einen Empfangseinheit gilt das

gleiche wie vorstehend in Zusammenhang mit der mindestens einen Sendeposition und/oder der mindestens einen Empfangsposition, insbesondere bezüglich des Messverfahrens, beschrieben.

- 5 Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung mehrerer Ausführungsbeispiele anhand der Figuren. Es zeigen:

- Fig. 1 Eine schematische Darstellung eines Messsystems zum  
10 Bestimmen der Beschaffenheit eines Gleisbodens mit  
einem Fahrwagen zum Befahren von Gleisschienen und  
einer daran angebrachten Messvorrichtung,
- Fig. 2 eine schematische Darstellung der Messvorrichtung in  
15 Fig. 1, weiter in Detail, mit einer Sendeeinheit zum  
Ausstrahlen einer elektromagnetischen Primärstrahlung in den Gleisboden und einer Empfangseinheit zum Erfassen einer von der Primärstrahlung bewirkten und aus dem Gleisboden zurückgestrahlten Sekundärstrahlung,
- 20 Fig. 3 eine schematische Darstellung der Messvorrichtung in  
Fig. 1, wobei die Messvorrichtung entlang einer horizontalen Orthogonalrichtung zu der Schienenlängsrichtung mehrere Sendeeinheiten und mehrere Empfangseinheiten aufweist,
- 25 Fig. 4 eine schematische Darstellung der Messvorrichtung in  
Fig. 1 mit den zwischen einer aktiven Sendeeinheit und

- 20 -

mehreren Empfangseinheiten zurückgelegten Strahlengängen gemäß einem ersten Messschritt,

- Fig. 5 eine schematische Darstellung der Messvorrichtung in  
5 Fig. 1 mit den zwischen einer aktiven Sendeeinheit und mehreren Empfangseinheiten zurückgelegten Strahlengängen gemäß einem zweiten Messschritt,
- Fig. 6 eine schematische Darstellung der Messvorrichtung in  
10 Fig. 1 mit den zwischen einer aktiven Sendeeinheit und mehreren Empfangseinheiten zurückgelegten Strahlengängen gemäß einem dritten Messschritt,
- Fig. 7 eine schematische Darstellung einer Messvorrichtung  
15 gemäß einer weiteren Ausführungsform mit mehreren, entlang der Schienenlängsrichtung beabstandeten Empfangseinheiten, und
- Fig. 8 eine schematische Darstellung einer Messvorrichtung  
20 gemäß einer weiteren Ausführungsform mit mehreren, entlang einer horizontalen Schienenquerrichtung beabstandeten Sende- und Empfangseinheiten.

Anhand der Fig. 1 bis Fig. 6 ist ein Ausführungsbeispiel eines Messverfahrens und eines Messsystems 1 zum Bestimmen der Beschaffenheit eines Gleisbodens 2 beschrieben. Das Messsystem 1 weist einen Fahrwagen 3 zum Befahren eines Gleises 4 auf. Das Gleis 4 umfasst Gleisschienen 5 und Gleisschwellen 6, insbesondere besteht es daraus. Ein Bahnkörper 7 umfasst, insbesondere in vertikaler Richtung nacheinander folgend von oben

- 21 -

nach unten, einen Oberbau 8 und einen Unterbau 9, insbesondere besteht der Bahnkörper 7 daraus. Unterhalb des Bahnkörpers 7 erstreckt sich der Untergrund 10. Der Oberbau 8 weist das Gleis 4 und ein Gleisbett 11 auf. Das Gleisbett 11 kann als Schotterbett ausgebildet sein. Der Unterbau 9

5 umfasst eine Planumsschutzschicht 12 und ein Planum 13.

Der Fahrwagen 3 weist einen Fahrmotor 14 zum Verlagern des Messsystems 1 entlang der Gleisschienen 5 auf. Ein Stromabnehmer 15 dient der Versorgung des Messsystems 1, insbesondere des Fahrmotors 14, mit

10 elektrischer Energie von einer Oberleitung 16. Eine Fahrsteuerung 17 steuert die Bewegung des Fahrwagens 3 relativ zu dem Gleis 4, insbesondere die Zufuhr der elektrischen Energie zu dem Fahrmotor 14.

Das Messsystem 1 weist eine Messvorrichtung 18 auf. Die Messvorrichtung 18 ist an dem Fahrwagen 3 angebracht.

Die Messvorrichtung 18 umfasst mindestens eine Sendeeinheit 19, insbesondere vierzehn Sendeeinheiten 19, und mindestens eine Empfangseinheit 20, insbesondere vierzehn Empfangseinheiten 20. Die mindestens eine

20 Sendeeinheit 19 ist zum Ausstrahlen einer elektromagnetischen Primärstrahlung 21 in den Gleisboden 2 ausgebildet. Die Empfangseinheit 20 ist zum Erfassen einer von der Primärstrahlung 21 bewirkten und aus dem Gleisboden 2 zurückgestrahlten Sekundärstrahlung 22 ausgebildet. Das Ausstrahlen der Primärstrahlung 21 mittels der mindestens einen Sendeeinheit 19 erfolgt an einer Sendeposition 23. Die Sekundärstrahlung 22 wird

25 mittels der Empfangseinheit 20 an einer Erfassungsposition 24 erfasst.

Die mindestens eine Sendeeinheit 19 und die mindestens eine Empfangseinheit 20 sind an einer Trageeinrichtung 25 angebracht. Die Trageeinrichtung 25 weist eine Führungseinheit 26 zum Verlagern der mindestens einen Sendeeinheit 19 und der mindestens einen Empfangseinheit 20 relativ zu

- 5 dem Fahrwagen 3, insbesondere entlang der Vertikalrichtung 31, auf.

Ein Antrieb 27 der Trageeinrichtung 25 ist zum Verlagern der mindestens einen Sendeeinheit 19 und der mindestens einen Empfangseinheit 20, insbesondere entlang der Vertikalrichtung 31, ausgebildet. Der Antrieb 27

- 10 umfasst hierzu einen Hydraulikzylinder. Vorzugsweise sind sämtliche der Sendeeinheiten 19 und/oder der Empfangseinheiten 20 starr, insbesondere mittels eines Verbindungsteils 28, miteinander verbunden.

Zum Steuern der mindestens einen Sendeeinheit 19 und der mindestens ei-

- 15 nen Empfangseinheit 20, insbesondere ferner des Antriebs 27, weist die Messvorrichtung 18 eine Steuereinheit 29 auf. Die Steuereinheit 29 steht mit der mindestens einen Sendeeinheit 19 und der mindestens einen Empfangseinheit 20, insbesondere ferner mit dem Antrieb 27, in Signalverbindung.

20

Die Primärstrahlung 21 weist einen Zentralstrahl 30 auf. Der Zentralstrahl

30 fällt vorzugsweise mit einer Mittellängsachse der Primärstrahlung 21

zusammen. Der Zentralstrahl 30 kann zu einer Vertikalrichtung 31 einen

Abstrahlwinkel  $\delta_1, \delta_2$  aufweisen. Insbesondere ist der Zentralstrahl 30 be-

- 25 züglich einer Schienenquerrichtung 32 um den Abstrahlwinkel  $\delta_1$  geneigt zu der Vertikalrichtung 31 orientiert. Bezuglich einer Schienenlängsrichtung 33 ist der Zentralstrahl 30 vorzugsweise um einen Abstrahlwinkel  $\delta_2$  geneigt zu der Vertikalrichtung 31 orientiert. Vorzugsweise ist die Primärstrahlung 21 kegelförmig, insbesondere mit einer elliptischen, insbesondere

kreisförmigen, oder polygonen, insbesondere viereckförmigen, insbesondere rechteckförmigen, Grundfläche und/oder Querschnittsfläche.

Ein Gleisschwellenabstand b zwischen zwei benachbarten Gleisschwellen

- 5 6, insbesondere in Schienenlängsrichtung 33, liegt vorzugsweise in einem Bereich von 0,4 m bis 1,5 m, insbesondere in einem Bereich von 0,5 m bis 1 m, insbesondere in einem Bereich von 0,6 m bis 0,9 m.

Ein Schienenabstand c, insbesondere die Spurweite, liegt vorzugsweise in

- 10 10 einem Bereich von 0,5 m bis 2 m, insbesondere in einem Bereich von 1 m bis 1,75 m, insbesondere in einem Bereich von 1,25 m bis 1,5 m.

Eine Messtiefe t, bis zu welcher die Sekundärstrahlung 22 empfangbar ist,

beträgt vorzugsweise mindestens 1 m, insbesondere mindestens 5 m, insbe-

- 15 sondere mindestens 10 m, und/oder maximal 50 m, insbesondere maximal 20 m, insbesondere maximal 15 m.

Die mindestens eine Sendeeinheit 19 ist vorzugsweise zum Erzeugen von

Primärstrahlung 21 mit einer Sendefrequenz f in einem Bereich von 1 MHz

- 20 bis 5000 MHz, insbesondere von 100 MHz bis 2000 MHz, insbesondere von 200 MHz bis 1000 MHz, insbesondere von 300 MHz bis 600 MHz, ausgebildet.

Jeweils eine Sendeeinheit 19 und eine Empfangseinheit 20 sind zu einem

- 25 Messmodul 34 kombiniert. Die Sendeeinheit 19 und die Empfangseinheit 20 eines Messmoduls 34 sind in einen Modulgehäuse 35 angeordnet. Die einzelnen Messmodule 34 sind separat voneinander ausgebildet, insbesondere weisen diese separate Modulgehäuse 35 auf.

Die Messmodule 34 sind als monostatische Messmodule 34 ausgebildet.

Das Ausstrahlen der Primärstrahlung 21 und das Erfassen der Sekundärstrahlung 22 erfolgt bei dem monostatischen Messmodul 34 über dieselbe Antenne. Alternativ kann das jeweilige Messmodul 34 als bistatisches

- 5 Messmodul 34 ausgebildet sein. Bei einem bistatischen Messmodul 34 weisen die Sendeeinheit 19 und die Empfangseinheit 20 jeweils eigene Antennen auf.

Zwischen der Sendeposition 23 und der Empfangsposition 24 benachbarter

- 10 Messmodule 34 liegt ein, insbesondere horizontaler, Messabstand  $x_1, x_2$  vor. Der horizontale Messabstand  $x_1$  in Schienenquerrichtung 32 liegt vorzugsweise in einem Bereich von 0,1 m bis 3 m, insbesondere von 0,2 m bis 2 m, insbesondere von 0,3 m bis 1 m, insbesondere von 0,4 m bis 0,8 m. Der horizontale Messabstand  $x_2$  in Schienenlängsrichtung 33 liegt vorzugsweise in einem Bereich von 0,1 m bis 2 m, insbesondere von 0,2 m bis 1 m, insbesondere von 0,5 m bis 0,8 m.

Die mindestens eine Sendeeinheit 19 und die mindestens eine Empfangseinheit 20 sind im Wesentlichen in derselben Vertikalposition angeordnet.

- 20 Alternativ kann die mindestens eine Sendeeinheit 19 und die mindestens eine Empfangseinheit 20 und/oder die mehreren Messmodule 34 vertikal beabstandet voneinander, insbesondere an dem Fahrwagen 3, angeordnet sein.

- 25 Mittels der Trageeinrichtung 25 ist die Messvorrichtung 18 zwischen einer Messanordnung und einer Transportanordnung verlagerbar. In der Messanordnung sind die Sendeposition 23 und/oder die Erfassungsposition 24 vorzugsweise in einer vertikalen Messhöhe  $h$  zu einer Fahrbene 36 angeordnet. Die Fahrbene 36 ist bestimmt durch die Rollflächen der Gleisschienen

- 25 -

5. Eine positive Messhöhe  $h$  erstreckt sich ausgehend von der Fahrebene 36 in vertikaler Richtung nach oben. Die Messhöhe  $h$  liegt vorzugsweise in einem Bereich von -0,1 m bis 0,5 m, insbesondere von 0 m bis 0,2 m. In der Transportanordnung sind die mindestens eine Sendeposition 23 und/oder
- 5 die mindestens eine Erfassungsposition 24 vorzugsweise um 0,1 m bis 1,5 m, insbesondere um 0,2 m bis 1 m, insbesondere um 0,3 m bis 0,5 m, höher angeordnet als in der Messanordnung.

- 10 Die Funktionsweise des Messsystems 1 zum Bestimmen der Beschaffenheit des Gleisbodens 2 ist wie folgt:

Der Fahrwagen 3 ist auf dem Gleis 4 angeordnet. Die Messvorrichtung 18 befindet sich in der Transportanordnung. Die Sendeeinheiten 19 und die Empfangseinheiten 20 sind deaktiviert.

- 15 Der Fahrwagen 3 wird mittels des von der Fahrsteuerung 17 angesteuerten Fahrmotors 14 in einen zu vermessenden Streckenabschnitt des Gleises 4 verlagert.
- 20 Die Messvorrichtung 18 wird in die Messanordnung verlagert. Mittels des Antriebs 27 werden die Sendeeinheiten 19 und die Empfangseinheiten 20 hierzu vertikal nach unten, in Richtung des Gleisbodens 2, verlagert. Die Vertikalbewegung erfolgt über eine Höhe in einem Bereich von 0,1 m bis 1 m, insbesondere von 0,2 m bis 0,5 m. In der Messanordnung beträgt die
- 25 Messhöhe  $h$  0,05 m. In der Messanordnung weisen die Sendeeinheiten 19 und die Empfangseinheiten 20, insbesondere die Messmodule 34, jeweils dieselbe Messhöhe  $h$  zu der Fahrebene 36 auf.

Die Messmodule 34 sind rasterförmig angeordnet. Die Messvorrichtung 18 weist  $2 \times 7 = 14$  der Messmodule 34 auf. Die Messmodule, insbesondere deren Sendepositionen 23 und deren Empfangspositionen 24, sind in der selben Horizontalebene angeordnet. Die geraden Rasterlinien, entlang derer

5 die Messmodule 34, insbesondere die Sendepositionen 23 und die Erfassungspositionen 24, angeordnet sind, verlaufen gerade und parallel zu der Schienenquerrichtung 32 oder zu der Schienenlängsrichtung 33. Die Rasterform ist rechteckförmig. Entlang der parallel zur Schienenquerrichtung 32 verlaufenden Rasterlinie sind jeweils sieben Messmodule 34 in einer

10 Reihe angeordnet. Entlang der parallel zur Schienenlängsrichtung 33 verlaufenden Rasterlinie sind jeweils zwei der Messmodule 34 in einer Reihe angeordnet.

Ein Rasterabstand  $z_1$  zwischen einer Sendeeinheit 19 und einer in Schienennquerrichtung 32 dazu beabstandeten, benachbarten Empfangseinheit 20, insbesondere zwischen der Sendeposition 23 und der Erfassungsposition 24, beträgt 0,5 m. Ein Rasterabstand  $z_2$  zwischen einer Sendeposition 23 und einer in Schienenlängsrichtung 33 dazu beabstandeten, benachbarten Empfangseinheit 20, insbesondere zwischen der Sendeposition 23 und der

20 Erfassungsposition 24, beträgt 0,6 m. Insbesondere sind die Rasterabstände  $z_1$  entlang der Schienennquerrichtung 32 zwischen allen Sendeeinheiten 19 und Empfangseinheiten 20 gleich. Alternativ kann der Rasterabstand  $z_1$  entlang der Schienennquerrichtung 32 zwischen unterschiedlichen Sendeeinheiten 19 und Empfangseinheiten 20 unterschiedlich sein.

25 Vorzugsweise ist der Rasterstand  $z_2$  entlang der Schienenlängsrichtung 33 einstellbar, insbesondere abhängig von dem Gleisschwellenabstand  $b$  einstellbar. Das Einstellen des Rasterabstands  $z_2$  in Schienenlängsrichtung 33 kann manuell oder automatisiert erfolgen. Hierzu kann die Trageeinrichtung

25 eine händisch und/oder motorisch antreibbare Längs-Führungseinheit aufweisen.

Mittels der Steuereinheit 29 wird die Sendeeinheit 19 des ersten Messmoduls 34 in einem ersten Messschritt zum Ausstrahlen der elektromagnetischen Primärstrahlung 21 aktiviert. Das erste Messmodul 34 ist in dem aktivierten Zustand in den Fig. 1 bis 4 dargestellt.

Die Primärstrahlung 21 wird kegelförmig in den Gleisboden 2 ausgestrahlt. 10 Ein Öffnungswinkel  $\gamma_1$  eines Strahlkegels der Primärstrahlung 21 um die Schienenquerrichtung 32 beträgt  $30^\circ$ . Ein Öffnungswinkel  $\gamma_2$  des Strahlkegels der Primärstrahlung 21 um die Schienenlängsrichtung 33 beträgt  $50^\circ$ .

Die Sendefrequenz f der Primärstrahlung 21 beträgt 500 MHz. Hierdurch 15 dringt die Primärstrahlung 21 besonders weit in den Gleisboden 2 ein. Insbesondere durchdringt die Primärstrahlung 21 das Gleisbett 11, den Unterbau 9 und dringt bis in den Untergrund 10 ein.

Zwischen dem Gleisbett 11 und der Planumsschutzschicht 12 liegt eine 20 Schichtgrenze 11a vor. Zwischen der Planumsschutzschicht 12 und dem Planum 13 liegt eine Schichtgrenze 12a vor. Zwischen dem Planum 13 und dem Untergrund 10 liegt eine Schichtgrenze 13a vor. An derartigen Schichtgrenzen 11a, 12a, 13a wird zumindest ein Teil der Primärstrahlung reflektiert. Die Reflexion an derartigen Schichtgrenzen 11a, 12a, 13a ist 25 insbesondere bedingt durch die sprunghafte Änderung der elektrischen Leitfähigkeit und/oder der Dielektrizitätskonstante über die jeweilige Schichtgrenze 11a, 12a, 13a hinweg.

Die von der Primärstrahlung 21 bewirkte, reflektierte Strahlung wird als Sekundärstrahlung 22 bezeichnet. Die Sekundärstrahlung 22 wird zumindest teilweise nach oben aus dem Gleisboden 2 ausgestrahlt.

- 5 Die Sekundärstrahlung 22 wird an der mindestens einen Erfassungsposition 24, insbesondere mittels der mindestens einen Empfangseinheit 20, insbesondere an sämtlichen Erfassungspositionen 24 der Empfangseinheiten 20 aller Messmodule 34, empfangen. Mittels der Steuereinheit 29 wird ein Messsignal aufgezeichnet, das mit der von den Empfangseinheiten 20 empfangenen Sekundärstrahlung 22 korreliert.
- 10

Die Steuereinheit 29 zeichnet ein Positionssignal auf, welches mit der Position des Messsystems 1, insbesondere der Messvorrichtung 18, insbesondere entlang des Gleises 4, korreliert. Das Positionssignal erhält die Steuereinheit 29 von der Fahrsteuerung 17 und/oder von einer Positionserfassungseinheit 37. Die Positionserfassungseinheit 37 kann ein Satellitennavigationsmodul, insbesondere ein GPS-Modul, aufweisen.

- 15
  - 20
  - 25
- Die Messabstände  $x_1, x_2$  sind derart bestimmt, dass ein von der Primärstrahlung 21 und der Sekundärstrahlung 22 zwischen der Sendeposition 23 und der jeweiligen Erfassungsposition 24 zurückgelegte Strahlengang einen Gleisbestandteil, insbesondere eine Gleisschiene 5 und/oder eine Gleisschwelle 6, zusammen mit einer Geraden zwischen der Sendeposition 23 und der Erfassungsposition 24 umschließt. Hierdurch wird vorteilhaft erreicht, dass die Beschaffenheit eines Bereichs des Gleisbodens 2 vertikal unterhalb des jeweiligen Gleisbestandteils 5, 6 bestimmbar ist.

Ein von der Primärstrahlung 21 und der Sekundärstrahlung 22 zwischen der Sendeposition 23 und der Erfassungsposition 24 zurückgelegter Strahlengang spannt eine Fläche A auf. Diese Fläche A ist bestimmt durch die kleinste konvexe Einhüllende des Strahlengangs. Alternativ kann die Fläche A

- 5 die A bestimmt sein als die kleinste konvexe Einhüllende einer, insbesondere beliebig, linearen extrapolierten Verlängerung des Strahlengangs über die Sendeposition 23 und die Erfassungsposition 24 hinweg. Die Fläche A schneidet vorzugsweise mindestens einen der Gleisbestandteile 5, 6.
- 10 Das Erfassen der Sekundärstrahlung 22 erfolgt an den Erfassungspositionen 24 jedes Messmoduls 34, insbesondere jeder Empfangseinheit 20. Mit anderen Worten wird in einem einzelnen Messschritt an einer einzigen Sendeposition 23 die Primärstrahlung 21 ausgestrahlt und an allen, insbesondere den vierzehn, Erfassungspositionen 24 wird die Sekundärstrahlung 15 22 erfasst. Hierdurch kann eine Mehrzahl von Messsignalen, die mit der Beschaffenheit des Gleisbodens 2 korrelieren, in einem einzelnen Messschritt erfasst werden.

- Das Ausstrahlen der Primärstrahlung 21 erfolgt an den mehreren Sendepositionen 23 sequentiell. In einem nachfolgenden Messschritt erfolgt das Ausstrahlen der Primärstrahlung 21 hierzu an einer anderen, insbesondere der in Schienenquerrichtung 32 benachbarten, Sendeposition 23. Wiederum wird die Sekundärstrahlung 22 an sämtlichen Erfassungspositionen 24 erfasst. Die Steuereinheit 29 zeichnet die entsprechenden Messsignale und 25 das zugehörige Positionssignal auf.

In den weiteren Messschritten wird über sämtliche der Sendepositionen 23 nacheinander die Primärstrahlung 21 ausgestrahlt, wobei jeweils an sämtlichen Erfassungspositionen 24 die Sekundärstrahlung 22 erfasst wird. Ein

- 30 -

Messzyklus ist abgeschlossen, nachdem die Primärstrahlung 21 nacheinander an sämtlichen Sendepositionen 23 ausgestrahlt wurde. Ein Messzyklus umfasst vorliegend also 14 Messschritte.

- 5 In den Fig. 4 bis Fig. 6 sind die Strahlengänge zwischen einer Sendeposition 23 und den Erfassungspositionen 24 für drei der 14 Messschritte eines Messzyklus dargestellt. Mindestens ein Gleisbestandteil 5, 6 liegt vielfach vollständig innerhalb der von dem jeweiligen Strahlengang aufgespannten Fläche A. Die Beschaffenheit des Gleisbodens 2 in einem Bereich vertikal 10 unterhalb des entsprechenden Gleisbestandteils 5, 6 ist durch die beabstandete Anordnung der jeweiligen Empfangseinheit 20 zu der Sendeeinheit 19 bestimmbar. Das Erfassen der Sekundärstrahlung 22 an mehreren Erfassungspositionen 24, insbesondere innerhalb eines einzigen Messschritts, insbesondere beim Ausstrahlen der Primärstrahlung 21 an einer einzelnen 15 Sendeposition 23, ermöglicht eine besonders präzise, insbesondere hoch aufgelöste, Bestimmung der Beschaffenheit des Gleisbodens 2.

Anhand der Fig. 7 ist eine weitere Ausführungsform des Messsystems 1, insbesondere der Messvorrichtung 18, beschrieben. Im Unterschied zu der 20 vorstehend beschriebenen Ausführungsform weist die Messvorrichtung 18 entlang der Schienenlängsrichtung 33 drei voneinander beabstandete Messmodul-Reihen von Messmodulen 34 auf. Die Messmodule 34 sind entsprechend der vorstehend beschriebenen Ausführungsform rasterförmig, insbesondere rechteck-rasterförmig, angeordnet. Entlang der Schienenquerrichtung 32 weist jede Messmodul-Reihe sieben der Messmodule 34 auf.

Die Messmodule 34 der entlang der Schienenlängsrichtung 33 mittleren Messmodul-Reihe umfasst ausschließlich Sendeeinheiten 19. Die Messmodule 34 der beiden benachbarten, äußeren Messmodul-Reihen umfassen ausschließlich Empfangseinheiten 20.

5

Die Messabstände  $x_{2,1}$ ,  $x_{2,2}$  zwischen der Sendeposition 23 und den entlang der Schienenlängsrichtung 33 benachbarten Erfassungspositionen 24 sind unterschiedlich. Hierdurch wird vorteilhaft erreicht, dass die Strahlengänge zwischen der Sendeposition 23 und der jeweiligen Erfassungsposition 24 unterschiedlich sind, insbesondere unterschiedliche Reflexionswin-

10 kel  $\alpha$  aufweisen. Gleisbestandteile 5, 6 können somit nochmals zuverlässiger umstrahlt werden. Die Beschaffenheit des Gleisbodens 2 kann mit einer besonders hohen Messauflösung bestimmt werden.

15 15 Im Unterschied zu der Funktionsweise des Messsystems 1, insbesondere der Messvorrichtung 18, gemäß der zuvor beschriebenen Ausführungsform sind die einzelnen Messschritte bestimmt durch das Ausstrahlen der Primärstrahlung 21 an jeweils einer der Sendepositionen 23 der entlang der Schienenlängsrichtung 33 mittleren Messmodul-Reihe der Messmodule 34.

20 20 Das Ausstrahlen der Primärstrahlung 21 erfolgt wiederum sequentiell. Ein Messzyklus ist beendet, nachdem über sämtliche der sieben Sendepositionen 23 die Primärstrahlung 21 ausgebracht wurde.

25 Im Übrigen entsprechen das Messsystem 1, insbesondere die Messvorrichtung 18, und dessen Funktionsweise der zuvor beschriebenen Ausführungsform.

Anhand der Fig. 8 ist eine weitere Ausführungsform des Messsystems 1, insbesondere der Messvorrichtung 18, beschrieben. Im Unterschied zu der

anhand der Fig. 1 bis Fig. 6 beschriebenen Ausführungsform weist die Messvorrichtung 18 entlang der Schienenquerrichtung 32 fünf Messmodule 34 je Messmodul-Reihe auf. Entlang der Schienlenägtsrichtung 33 umfasst die Messvorrichtung 18 zwei der Messmodul-Reihen. Es liegt eine rasterförmige, insbesondere rechteck-rasterförmige, Anordnung mit  $2 \times 5 = 10$  Messmodulen 34 vor.

Im Übrigen entsprechen das Messsystem 1, insbesondere die Messvorrichtung 18, und dessen Funktionsweise der anhand der Fig. 1 bis Fig. 6 beschriebenen Ausführungsform.

Das vorstehend beschriebene Messverfahren und das zu dessen Ausführung ausgebildete Messsystem 1 ermöglichen das Bestimmen der Beschaffenheit des Gleisbodens 2 mit einer besonders hohen Messauflösung und in besondere zuverlässiger, sowie zeit- und kosteneffizienter Weise. Dadurch, dass die mindestens eine Erfassungsposition 24 beabstandet zu der mindestens einen Sendeposition 23 angeordnet ist, kann die Beschaffenheit des Gleisbodens 2 auch in einem Bereich vertikal unterhalb eines Gleisbestandteils 5, 6 bestimmt werden. Das Erfassen der Sekundärstrahlung 22 an mehreren der Erfassungspositionen 24 gewährleistet eine hohe Messauflösung in jedem einzelnen Messschritt. Das Ausstrahlen der Primärstrahlung 21 an unterschiedlichen Sendepositionen 23, insbesondere in unterschiedlichen Messschritten, verbessert nochmals die Messgenauigkeit, insbesondere die Messauflösung.

## Patentansprüche

1. Messverfahren zum Bestimmen der Beschaffenheit eines Gleisbodens (2), aufweisend die Schritte:
  - 5 1.1 Ausstrahlen einer elektromagnetischen Primärstrahlung (21) in den Gleisboden (2) an mindestens einer Sendeposition (23), und
  - 1.2 Erfassen einer von der Primärstrahlung (21) bewirkten und aus dem Gleisboden (2) zurückgestrahlten Sekundärstrahlung (22) an mindestens einer Erfassungsposition (24), welche von der Sendeposition (23) der Primärstrahlung (21) beabstandet ist.
- 10 2. Messverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ausstrahlen und das Erfassen derart erfolgen, dass eine Fläche (A), welche von einem von der Primärstrahlung (21) und der Sekundärstrahlung (22) zwischen der Sendeposition (23) und der Erfassungsposition (24) zurückgelegten Strahlengang aufgespannt ist, einen Gleisbestandteil (5, 6) schneidet.
- 15 3. Messverfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ausstrahlen und das Erfassen derart erfolgen, dass die von dem Strahlengang aufgespannte Fläche (A) einen als Gleisschiene (5) und/oder als Gleisschwelle (6) ausgebildeten Gleisbestandteil (5, 6) schneidet.
- 20 4. Messverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** Positionieren der mindestens einen Sendeposition (23) und der mindestens einen Erfassungsposition (24) derart, dass in einer Orthogonalprojektion auf eine Horizontalebene der Gleisbestandteil (5, 6) zwischen der mindestens einen Sendeposition (23) und der mindestens einen Erfassungsposition (24) angeordnet ist.
- 25

5. Messverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Erfassen der von der Primärstrahlung (21) bewirkten Sekundärstrahlung (22) an mindestens zwei Erfassungspositionen (24) erfolgt.
10. Messverfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Erfassen der von der Primärstrahlung (21) bewirkten Sekundärstrahlung (22) an mehreren, rasterförmig angeordneten Erfassungspositionen (24) erfolgt.
15. Messverfahren nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens zwei Erfassungspositionen (24) einen von einem Gleisschwellenabstand (b) unterschiedlichen Messabstand ( $x_2$ ) in Schienenlängsrichtung (33) zueinander aufweisen.
20. Messverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine Erfassungsposition (24) von der mindestens einen Sendeposition (23) in einem horizontalen Messabstand ( $x_1, x_2$ ) angeordnet ist, welcher mindestens so groß ist wie die maximale Horizontalerstreckung des Gleisbestandteils (5, 6) in einer Vertikalebene durch die Erfassungsposition (24) und durch die Sendeposition (23).
25. 9. Messverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine Erfassungsposition (24) von der mindestens einen Sendeposition (23) in einem horizontalen Messabstand ( $x_1, x_2$ ) in einem Bereich von 0,1 m bis 5 m angeordnet ist.,

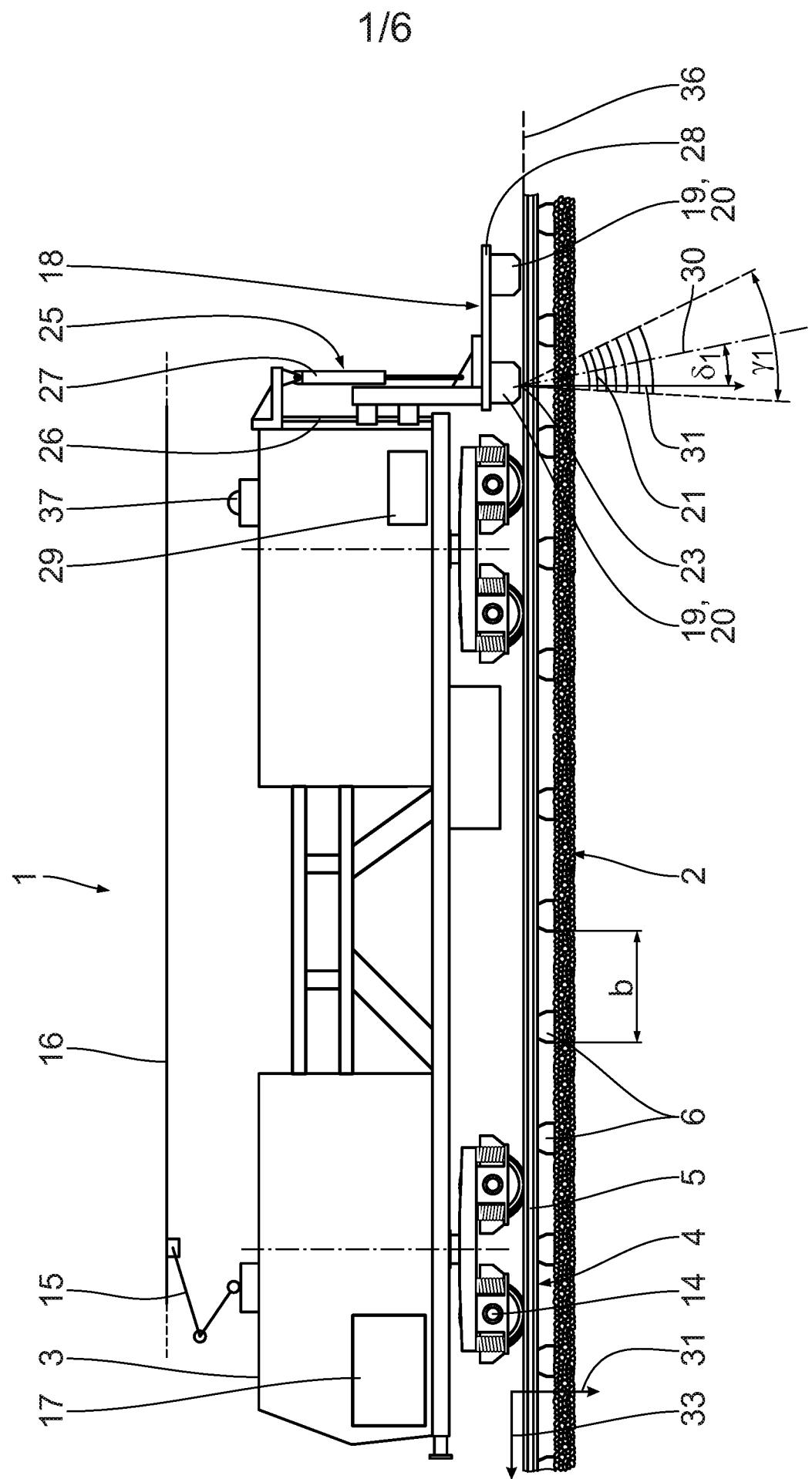
10. Messverfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ausstrahlen der Primärstrahlung (21) an mindestens zwei Sendepositionen (23) erfolgt.
- 5    11. Messverfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ausstrahlen der Primärstrahlung (21) an den mindestens zwei Sendepositionen (23) sequentiell erfolgt.
- 10    12. Messsystem (1) zum Bestimmen der Beschaffenheit eines Gleisbodens (2), aufweisend
- 10    12.1 einen Fahrwagen (3) zum Befahren von Gleisschienen (5), und
- 10    12.2 eine an dem Fahrwagen (3) angebrachte Messvorrichtung (18), mit
- 15    12.1.1 mindestens einer Sendeeinheit (19) zum Ausstrahlen einer elektromagnetischen Primärstrahlung (21) in den Gleisboden (2) an einer Sendeposition (23), und
- 15    12.1.2 mindestens einer Empfangseinheit (20) zum Erfassen einer von der Primärstrahlung (21) bewirkten und aus dem Gleisboden (2) zurückgestrahlten Sekundärstrahlung (22) an einer Erfassungsposition (24),
- 20    **dadurch gekennzeichnet, dass**
- 20    12.3 die mindestens eine Erfassungsposition (24) von der mindestens einen Sendeposition (23) der Primärstrahlung (21) beabstandet ist.
- 25    13. Messsystem (1) nach Anspruch 12, **gekennzeichnet durch** einen horizontalen Messabstand ( $x_1, x_2$ ) zwischen der mindestens einen Sendeposition (23) und der mindestens eine Empfangsposition (24) in einem Bereich von 0,1 m bis 5 m.

- 36 -

14. Messsystem (1) nach Anspruch 12 oder 13, **gekennzeichnet durch** mindestens zwei der Sendeeinheiten (19) und/oder der Empfangseinheiten (20).

5

15. Messsystem (1) nach Anspruch 14, **gekennzeichnet durch** eine rasterförmige Anordnung der mindestens zwei Sendeeinheiten (19) und/oder der Empfangseinheiten (20).



۷۰

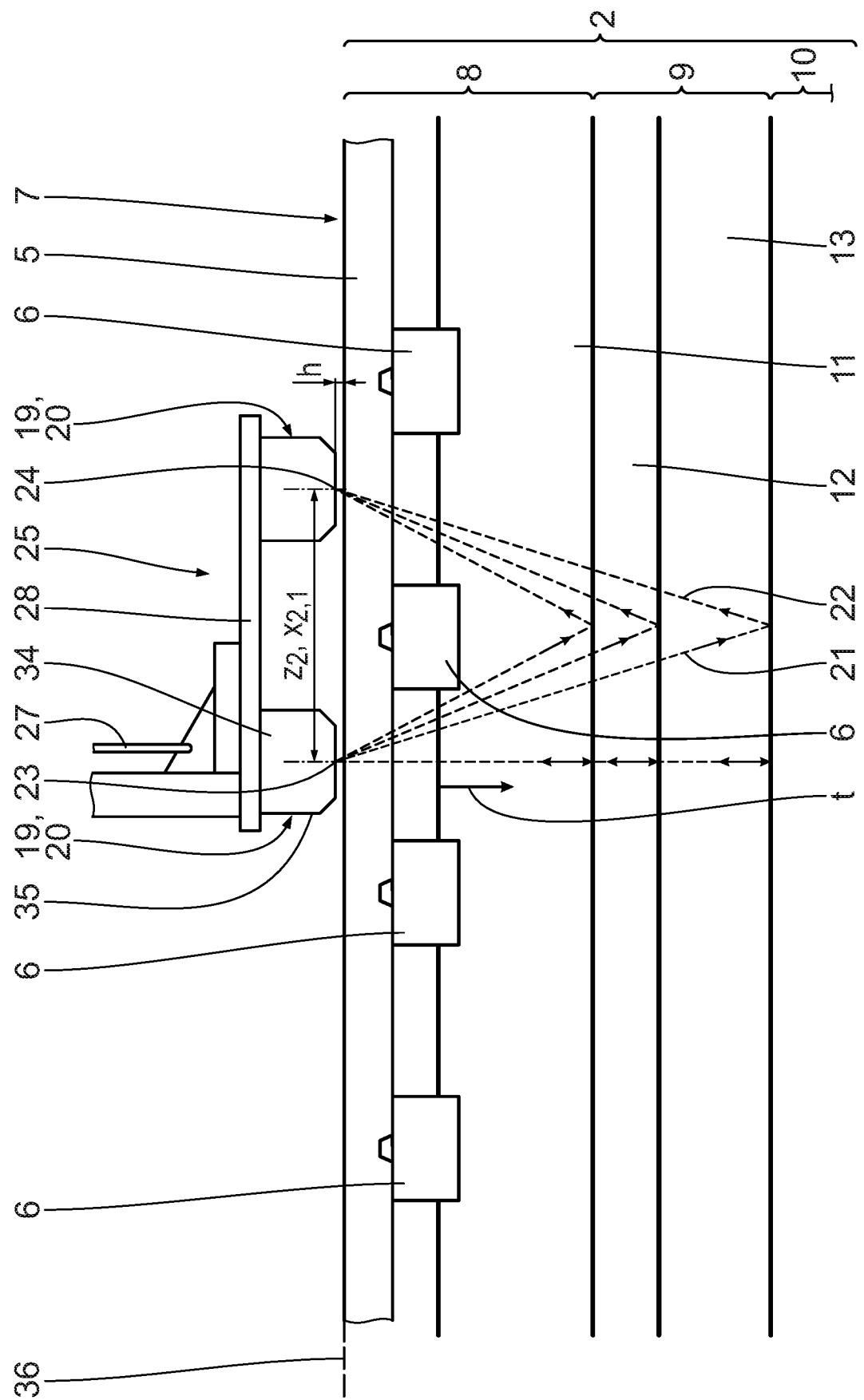


Fig. 2

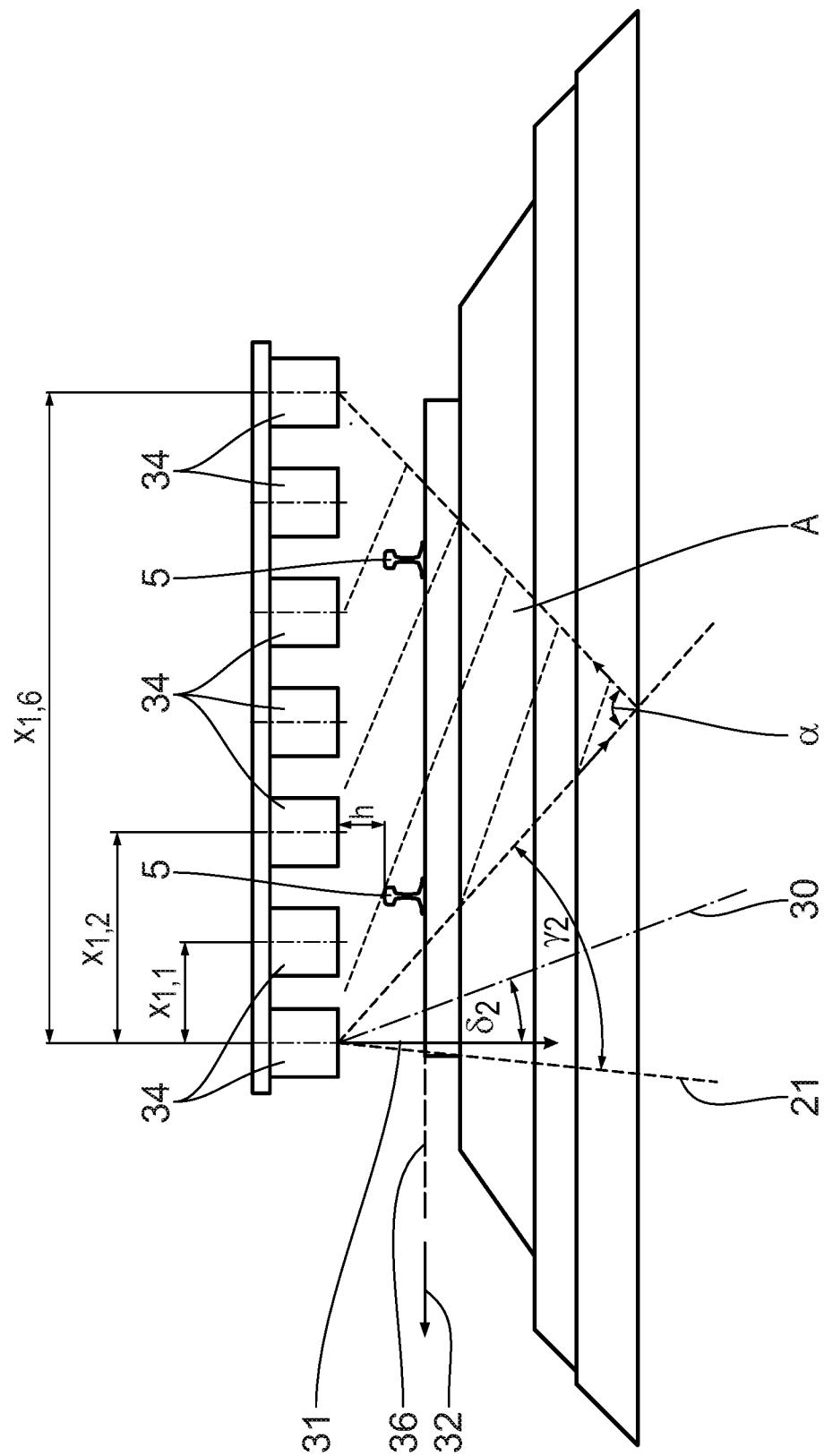


Fig. 3

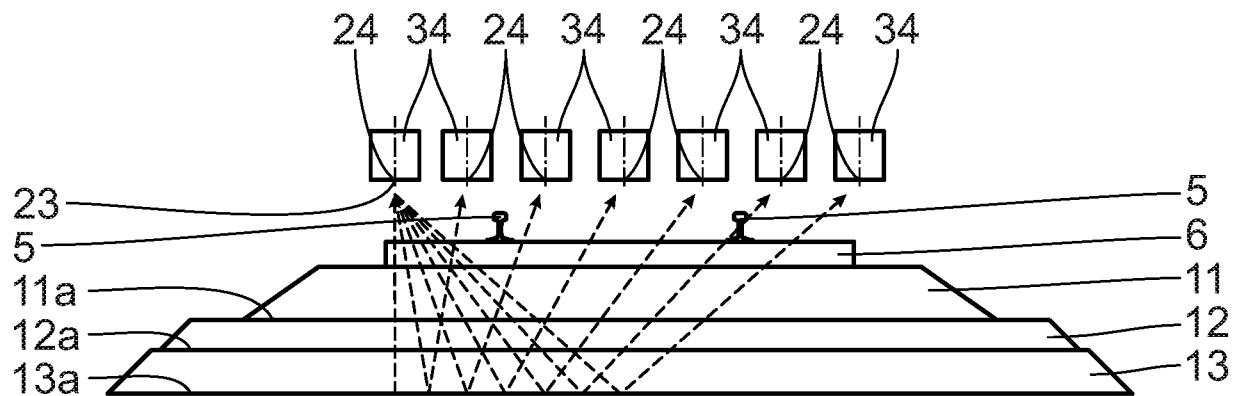


Fig. 4

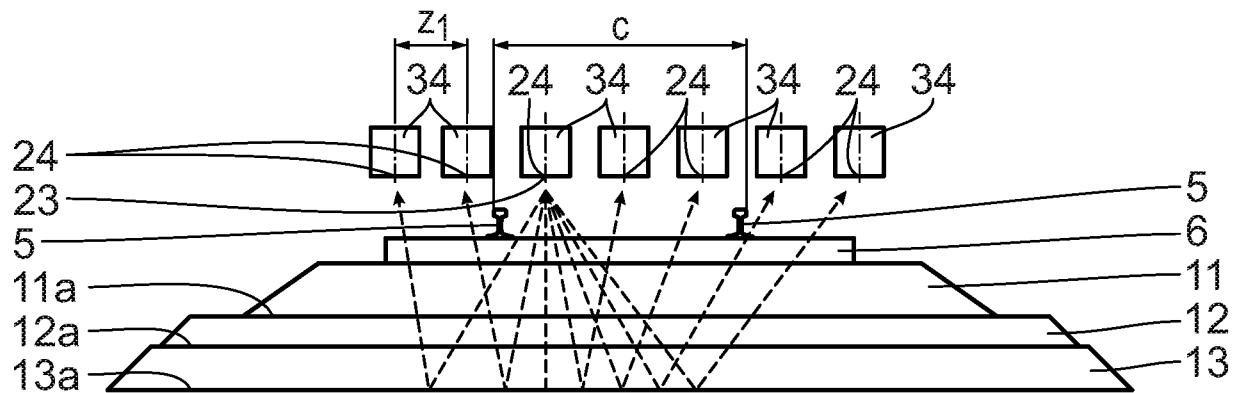


Fig. 5

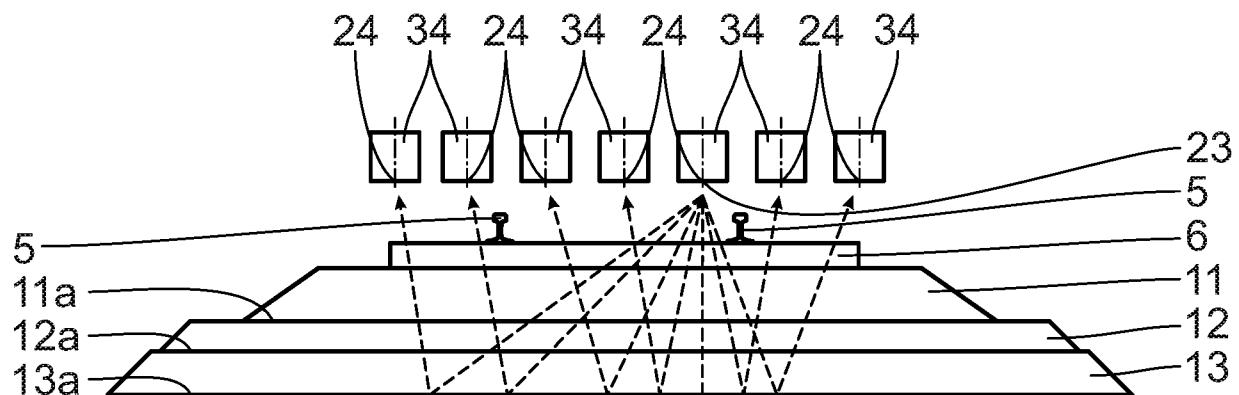


Fig. 6

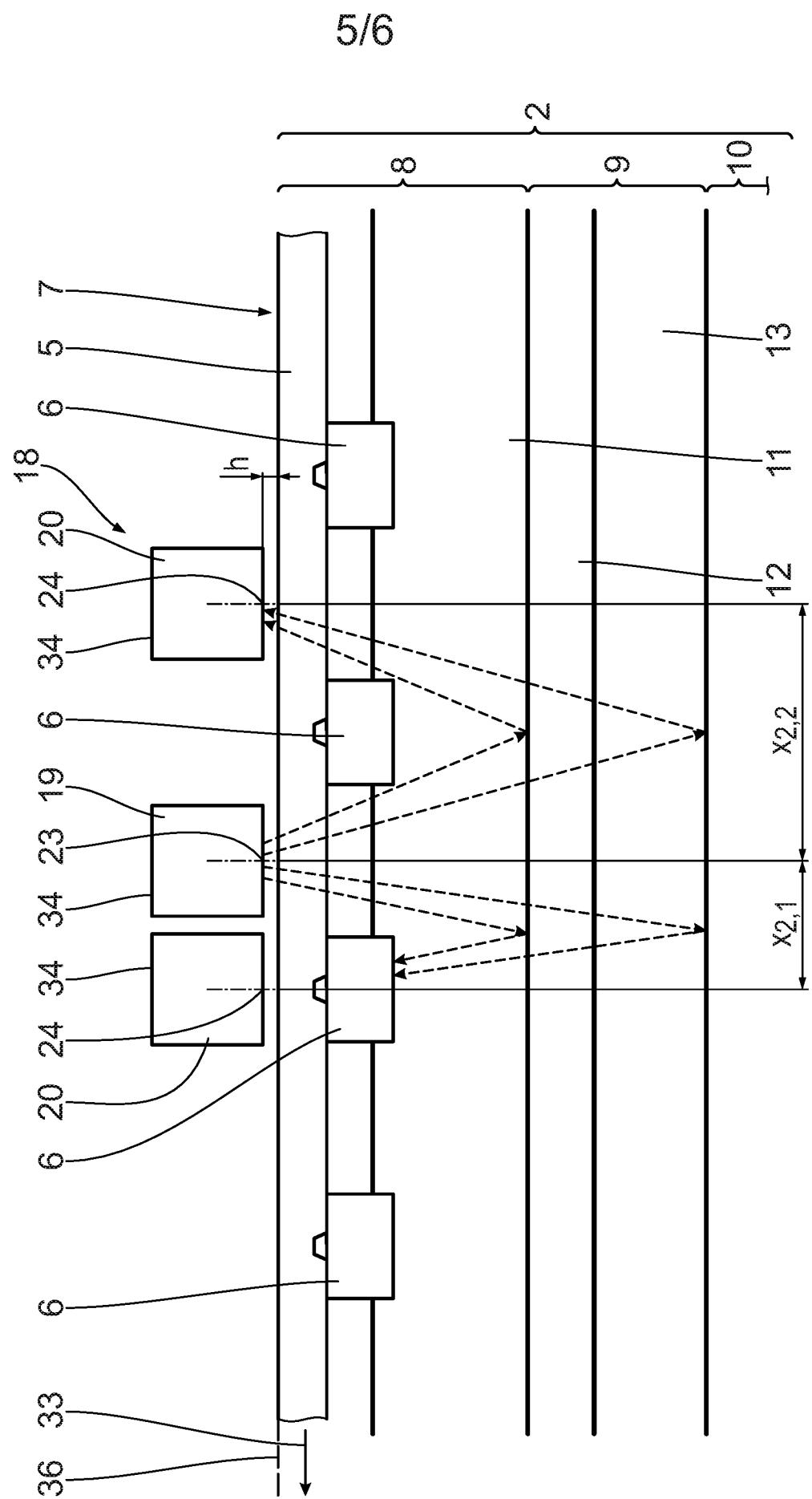


Fig. 7

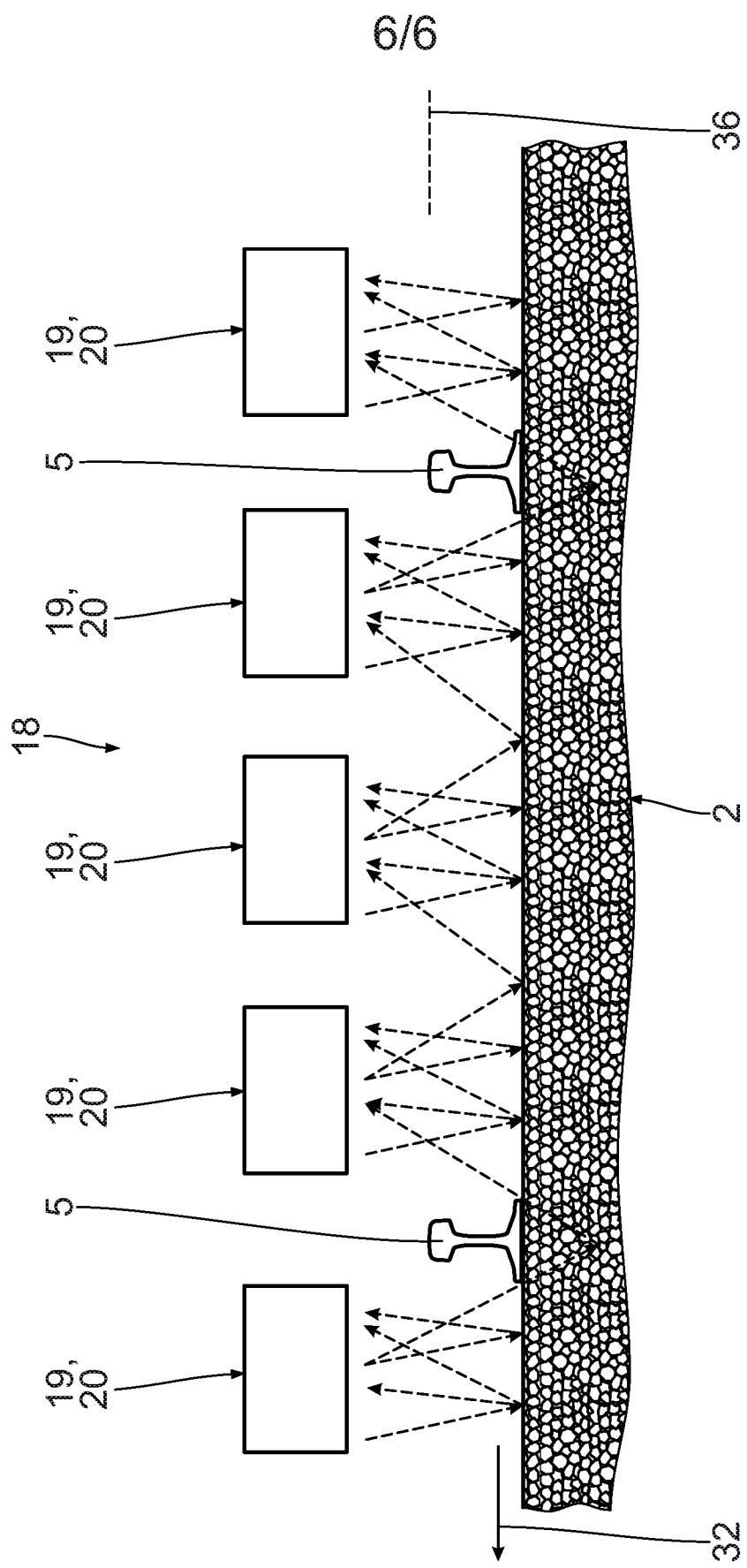


Fig. 8

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:  
**B61K 9/08** (2006.01); **E01B 35/06** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:  
**B61K 9/08** (2013.01); **E01B 35/06** (2013.01)

Recherchierte Prüfstoff (Klassifikation):

B61K, E01B

Konsultierte Online-Datenbank:

EPODOC, WPIAP, FULLTEXT

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 09.03.2022 eingereichten Ansprüchen 1 - 15 erstellt.

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	WO 2006004846 A2 (GEORGETOWN RAIL EQUIPMENT COMP) 12. Januar 2006 (12.01.2006) Fig. 2, Figurenbeschreibung, Ansprüche, Absatz [0025], [0027], Zusammenfassung	1 - 15
X	US 2008304083 A1 (FARRITOR SHANE ET AL.) 11. Dezember 2008 (11.12.2008) Fig. 1, Figurenbeschreibung	12 - 15
A		1 - 11
X	US 2009073428 A1 (MAGNUS STEVEN, MAGNUS DANIEL) 19. März 2009 (19.03.2009) Fig. 1-6, Figurenbeschreibung	12 - 15
A		1 - 11

Datum der Beendigung der Recherche:  
 24.10.2022

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

ROHRINGER Philip

\*Kategorien der angeführten Dokumente:

- X Veröffentlichung von **besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y Veröffentlichung von **Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

A Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.

P Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien X oder Y), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.

E Dokument, das von **besonderer Bedeutung** ist (Kategorie X), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmelde datum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).

& Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.