



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**05.12.2007 Patentblatt 2007/49**

(51) Int Cl.:  
**E01B 35/06 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **07010752.9**

(22) Anmeldetag: **31.05.2007**

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

(71) Anmelder: **GBM Wiebe Gleisbaumaschinen GmbH**  
**28832 Achim (DE)**

(72) Erfinder: **Niessen, Jürgen**  
**28357 Bremen (DE)**

(74) Vertreter: **Birken, Lars**  
**Eisenführ, Speiser & Partner**  
**Zippelhaus 5**  
**D-20457 Hamburg (DE)**

(30) Priorität: **01.06.2006 DE 102006026048**

(54) **GPS gestütztes, kontinuierliches Trassenerkundungssystem mit Multisensorik**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erfassen des Zustands von Linienbauwerken, mit den Schritten Abtasten des Linienbauwerks mittels einer an einem Messfahrzeug (10) befestigten Abtastvorrichtung (40), Übertragen und Speichern der von der Abtastvorrichtung erfassten Daten zu bzw. in einer zentralen Datenspeichervorrichtung (90), und Ermitteln der geographischen Position der Radarvorrichtung (130) entlang des Linienbauwerks, und verbessert dieses ver-

fahren bzw. ein Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens, indem die Abtastvorrichtung zumindest eine Sensorvorrichtung umfasst, die mittels einer Antennen- vorrichtung (170) mit einen elektrischen Dipol eine elektromagnetische Schwingung erzeugt, und die mittels eines Hohlleiters, dessen Querschnittsfläche sich quer zur Ausbreitungsrichtung der elektromagnetischen Schwingung vom Dipol zu einer Austrittsöffnung hin vergrößert, die elektromagnetische Schwingung an die Umgebungs- luft koppelt.

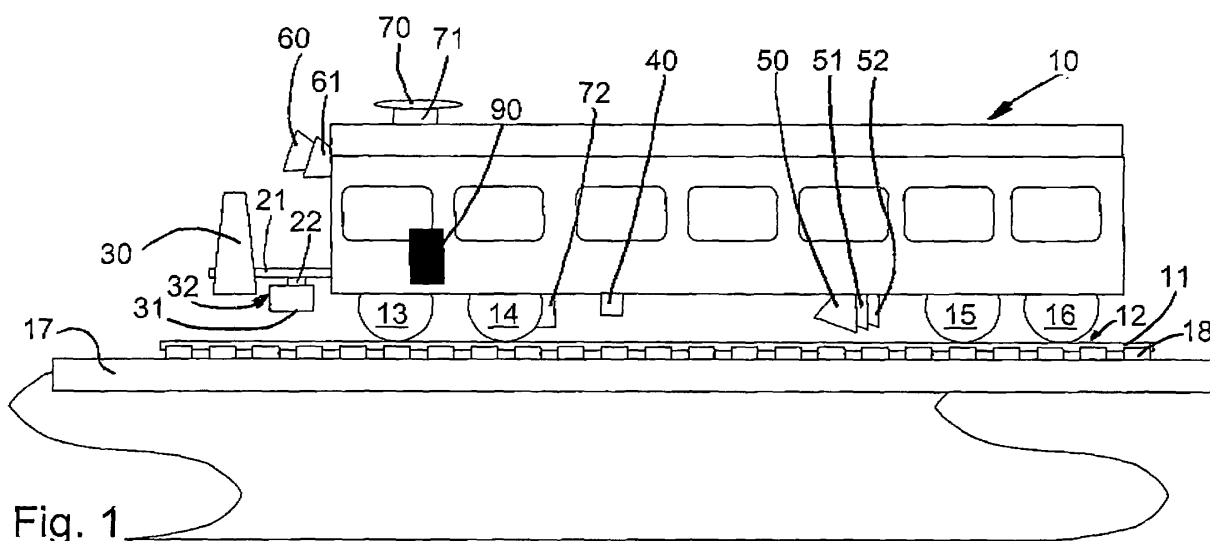


Fig. 1

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Erfassen des Zustands von Linienbauwerken, mit den Schritten: Abtasten des Linienbauwerks mittels einer an einem Messfahrzeug befestigten Abtastvorrichtung, Übertragen und Speichern der von der Abtastvorrichtung erfassten Daten zu bzw. in einer zentralen Datenspeichervorrichtung, und Ermitteln der geographischen Position der Abtastvorrichtung entlang des Linienbauwerks

**[0002]** Unter einem Linienbauwerk wird in diesem Zusammenhang ein sich im Wesentlichen in einer Länge, insbesondere einer Fahrtrichtung erstreckendes Bauwerk, wie beispielsweise ein Gleisweg, eine Strasse, eine Brücke, ein Tunnel, ein Deich oder dergleichen verstanden.

**[0003]** Die Inspektion von Linienbauwerken wie beispielsweise Gleiswegen ist zur Sicherstellung der Betriebssicherheit in der laufenden Nutzung und zur Qualitätsüberwachung nach erfolgten Umbau- oder Reparaturmaßnahmen eine wichtige Messaufgabe. Unter Gleiswegen sollen in diesem Zusammenhang die direkten Gleisanlagen, d.h. Schwellen, Schienen und Schienenbefestigungselemente, der Gleisunterbau, in der Regel bestehend aus Schotterbett und Planumssechutzschicht, sowie das darunter und seitlich liegende Bodenumfeld bzw. Erdreich und bauliche oder natürliche Strukturen, die in das Profil des Gleisfahrgewegs hineinragen oder dazu benachbart sind, verstanden werden. Neben den üblichen, in zeitlich regelmäßigen Abständen durchgeführten Inspektionsvorgängen, welche Verschleißerscheinungen oder durch den Betrieb hervorgerufene Schädigungen aufdecken sollen, hat die Qualitätssicherung nach Neubau oder Umbau eine erhebliche Bedeutung gewonnen.

**[0004]** Im Zuge der zunehmenden Beanspruchung von Gleiswegen durch hohe Fahrgeschwindigkeiten der Züge und stark frequente Nutzung der Gleiswege wird es in naher Zukunft erforderlich werden, die Zeitintervalle, in denen eine regelmäßige Inspektion durchgeführt wird, erheblich zu verkürzen, um die Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit sicherzustellen. Aufgrund der durch höhere Achslasten und Fahrgeschwindigkeiten erheblich gestiegenen Beanspruchungen der Gleiswege ist es erforderlich, bei der Inspektion von Gleiswegen weitergehende Analysen durchzuführen, um sich abzeichnende Schädigungen im Gleis- oder Schwellenbereich oder im Bereich des Gleisbettes oder Unterbaus erkennen und beheben zu können, bevor diese eine starke Beschädigung des Gleiswegs verursachen und folglich kostenintensive Reparaturen nach sich ziehen. Es ist aus wirtschaftlichen Gründen wünschenswert, die Anzahl der Inspektionen zu verringern und die Inspektion in einem kurzen Zeitraum durchzuführen, um den durch die Inspektion verursachten Nutzungsausfall des Gleiswegs möglichst kurz zu halten.

**[0005]** Schließlich ist es für heutige und zukünftige In-

spektionsaufgaben erforderlich, die bei der Inspektion gewonnenen Ergebnisse möglichst schnell in einer solchen Weise aufzubereiten, dass Schäden rasch erkannt und behoben werden können. Diese rasche Erkennung und Zuordnung muss in einem weit verzweigten Streckennetz mit hoher Präzision erfolgen können.

**[0006]** Aus EP 1 420 113 A2 ist ein Messwagen bekannt, der über ein Gleis bewegt werden kann und an dem ein Laserscanner montiert ist, mit dem das Bettungsprofil einer Schotterbettung eines Gleises abgetastet werden kann, um überschüssigen oder fehlenden Schotter zu orten. Hierzu wird in diskreten Abständen ein Querschnittprofil des Schotterbetts abgetastet und mit einem Soll-Querschnittprofil verglichen, um auf diese Weise Abweichungen des Ist-Werts vom Soll-Wert zu ermitteln. Das Verfahren weist den Nachteil auf, dass nur eine oberflächliche Inspektion eines einzelnen, die Qualität des Gleisweges beeinflussenden Faktors vorgenommen wird und zudem die Auswertung der Daten im Zusammenhang mit dem integrierten Wegsensor aufwendig ist und die nachträgliche Zuordnung von Schotterbettfehlern eine aufwendige nachträgliche Datenverarbeitung erfordert.

**[0007]** Aus JP 200 506 20 34 A ist ein Messverfahren zur Überprüfung der Höhe und des Verlaufs von Gleisen bekannt, bei dem Prismen an den Gleisen befestigt werden und durch einen Laser abgetastet werden. Das Verfahren weist den Nachteil auf, dass es zwar einzelne Streckenabschnitte, in denen es installiert ist, zuverlässig inspizieren kann, jedoch eine schnelle Inspektion über weite Streckenbereiche entweder zeitlich zu aufwendig oder zu kostenintensiv ist aufgrund der erforderlichen aufwendigen Montage des Systems an den Schienen.

**[0008]** Aus EP 1 120 493 A3 ist ein Verfahren zur Untersuchung des Zustands des Oberbaus von Schienenwegen bekannt, bei dem durch Eindringen eines Probenrohres in den Oberbau und eine Gammastrahlungsuntersuchung die Dichte des Oberbaus schichtweise bestimmt wird. Das Verfahren weist den Nachteil auf, dass es eine schnelle Untersuchung des Gleiswegs nicht ermöglicht und zudem nur isolierte Parameter über den Zustand des Gleiswegs ermittelt.

**[0009]** Aus WO 01/90738 A2 ist es bekannt, eine Wirbelstrom-Prüfsonde entlang einer Schiene zu führen und das Signal der Sonde ortsabhängig aufzuzeichnen. Zur Ortsbestimmung wird eine GPS-Einheit verwendet. Das Verfahren weist den Nachteil auf, dass es lediglich einen einzelnen Parameter zur Bestimmung des Zustands einer Schiene erfasst und zudem nur Schäden im oberflächennahen Bereich von verlegten Schienen und Weichenbauteilen detektiert werden können.

**[0010]** Aus DE 43 40 254 C2 ist schließlich ein Verfahren zur Erfassung des Zustandes des Oberbaus, Unterbaus und Untergrundes von Eisenbahngleisen bekannt, bei dem mittels einer Sende- und Empfangsantenne eines Georadarsystems der Untergrund unterhalb der Gleise erfasst wird. Das Verfahren ermöglicht eine ver-

hältnismäßig schnelle Analyse des Bodenbereichs unterhalb von Gleisen, ist jedoch noch weiter verbesserungsfähig.

**[0011]** So besteht ein Bedarf für ein Verfahren, bei dem eine Analyse von Linienbauwerken wie Gleiswegen, insbesondere des Gleisbetts und Bodenbereichs unterhalb und seitlich des Gleises, möglich ist, ohne dass punktuelle Aufschlüsse erforderlich sind.

**[0012]** Weiterhin besteht ein Bedarf dahingehend, das Verfahren so weiterzubilden, dass eine schnellere und präzisere Erfassung des Zustands des Linienbauwerks, insbesondere des Unterbaus von Gleiswegen möglich ist.

**[0013]** Es besteht weiterhin ein Bedarf für ein Analyseverfahren für Linienbauwerke, bei dem eine Zuordnung der Messdaten zu Ortungsdaten in präziserer Form erfolgen kann.

**[0014]** Weiterhin besteht ein Bedarf für ein Analyseverfahren für Linienbauwerke, bei dem die gemessenen Daten solcherart aufbereitet werden, dass die geologischen Schichten und etwaige, kritische geologische Strukturen sowie Fehlstellen im Gleisunterbau schneller erfasst und zugeordnet werden können.

**[0015]** Weiterhin besteht ein Bedarf für ein Verfahren, welches in der Lage ist, die Betriebssicherheit eines Linienbauwerks umfassend innerhalb eines kurzen Untersuchungszeitraums zu prüfen und zu dokumentieren.

**[0016]** Diese Aufgaben werden gemäß eines ersten Aspekts der Erfindung mit einem Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, bei dem die Abtastvorrichtung zumindest eine Sensorvorrichtung umfasst, die mittels einer Antennenvorrichtung mit einem elektrischen Dipol eine elektromagnetische Schwingung erzeugt, und die mittels eines Hohlleiters, dessen Querschnittsfläche sich quer zur Ausbreitungsrichtung der elektromagnetischen Schwingung vom Dipol zu einer Austrittsöffnung hin vergrößert, die elektromagnetische Schwingung an die Umgebungsluft koppelt.

**[0017]** Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass zwar mit üblichen Radarantennen eine Abbildung von Bereichen eines Linienbauwerks wie des Unterbaus von Gleiswegen möglich ist, die Radarantenne hierzu jedoch möglichst nahe an die Oberfläche des Linienbauwerks, wie des Gleisbetts herangeführt werden muss und selbst dann die Abbildungsqualität für eine hochauflösende Analyse nicht ausreichend ist. Der geringe Abstand zwischen Linienbauwerk, insbesondere Gleisbettoberfläche und Antenne verursacht jedoch erhebliche Sicherheitsrisiken bei Kollision mit etwaigen Gegenständen im Bereich des Linienbauwerks. Zudem ist es beispielsweise erforderlich, die Radarantenne im Bereich bestimmter Gleisanlagen, beispielsweise Weichen oder Bahnübergängen, hoch zu setzen. Dies erfolgt nach dem Stand der Technik durch manuelle Betätigung einer Hebevorrichtung, wodurch die Fahrtgeschwindigkeit des Messzuges erheblich vermindert wird.

**[0018]** Indem man eine Antennenvorrichtung mit einem solchen Hohlleiter verwendet, kann der Abstand

zwischen Linienbauwerk, insbesondere Gleisbett und Antenne erhöht werden und hierdurch einerseits eine Luftankopplung erreicht werden, wodurch größere Abstände zwischen Antenne und Boden möglich werden und hierbei die Sicherheit der Vorrichtung auch bei schnellen Fahrgeschwindigkeiten des Messwagens sichergestellt werden. Die spezielle Antennenanordnung stellt einerseits eine ausgeprägte Richtcharakteristik bereit, sodass die elektromagnetische Schwingung in einer Richtung mit einem geringen Öffnungswinkel ausgesendet wird. Die erfindungsgemäße Antennenvorrichtung kann eine oder mehrere solcher Antennenvorrichtungen mit Hohlleiter aufweisen: Die Antennenvorrichtungen können senkrecht in Richtung des Bodens abstrahlen oder gegenüber der Senkrechten geneigt sind, um in einer schrägen Richtung in den Boden hinein zu messen, beispielsweise um von seitlich unterhalb eines Gleises zu messen oder die Bodenbereiche seitlich vom Gleis zu messen. Es hat sich für die Vermessung von Gleiswegen gezeigt, dass insbesondere eine mittig zwischen den beiden Gleissträngen angeordnete Antennenvorrichtung mit senkrechter Abstrahlrichtung eine besonders günstige Erfassung des Unterbaus von Gleiswegen ermöglicht. Die Antennenvorrichtung mit Hohlleiter kann in einem sicheren Höhenabstand oberhalb des Gleises angeordnet werden, so dass Kollisionen mit sonstigen Gleisanlagen, Bauteilen oder Fremdkörpern ausgeschlossen werden können.

**[0019]** Bei einer ersten vorteilhaften Fortbildung ist es bevorzugt, dass die Abtastvorrichtung mit einer weiteren Sensorvorrichtungen das Linienbauwerk abtastet, wobei die weitere Sensorvorrichtung vorzugsweise nach einem unterschiedlichen Messverfahren als die Antennenvorrichtung arbeitet. Hierdurch wird eine Multisensorvorrichtung im erfindungsgemäßen Verfahren eingesetzt, welche zumindest zwei, vorzugsweise mehr als zwei Sensorvorrichtungen umfasst, insbesondere Sensorvorrichtungen, die mit unterschiedlichen Messverfahren arbeiten. Hierdurch wird es bei hochpräziser örtlicher Zuordnung der unterschiedlichen Messergebnisse möglich, eine differenzierte Darstellung des untersuchten Linienbauwerks zu erhalten.

**[0020]** Insbesondere ist es bevorzugt, wenn mit der Antennenvorrichtung ein Gleisunterbau und Boden im Bereich zwischen Schienen und vorzugsweise auch unter diesen Schienen abgetastet wird. Die Abtastung dieses Bereichs mittels der Antenne ermöglicht bei Vermessung von Gleiswegen eine sichere Beurteilung des besonders wichtigen Bereichs zwischen und unter den Schienen.

**[0021]** Weiterhin ist es bevorzugt, dass die Antennenvorrichtung im Radarfrequenzbereich arbeitet. Der Radarfrequenzbereich beinhaltet Frequenzen, die sowohl eine differenzierte Darstellung geologischer Schichten ermöglichen als auch eine ausreichende Eindringtiefe in den untersuchten Bodenbereich aufweisen.

**[0022]** Das erfindungsgemäße Verfahren kann weiter fortgebildet werden, indem die geographische Position

durch ein satellitengestütztes Ortungssystem ermittelt wird. Hierdurch wird die Kombination einer Radarvermessung des Untergrundes von Gleiswegen mit einer satellitengestützten Ortung, beispielsweise mittels GPS, bereitgestellt und somit einerseits eine genaue Standortbestimmung und andererseits eine schnelle Datenauswertung erzielt.

**[0023]** Dabei ist es besonders bevorzugt, wenn die Daten des satellitengestützten Ortungssystems mit den Daten einer Streckendatenbank zur Ortsbestimmung und/oder mit einem Dopplerradar zur Geschwindigkeitsbestimmung abgeglichen werden. Die Genauigkeit derzeit verfügbarer Satelliten-Navigationssysteme ist für viele Anwendungsfälle bei der Erfassung von Gleiswegzuständen nicht ausreichend, um eine rasche Lokalisierung aufgefunder Fehlstellen zu ermöglichen. Ein Streckennetz wie beispielsweise für Gleiswege, Straßenführungen oder dergleichen verfügbar, mit seinen exakten Daten bezüglich Richtungen, Radien, Verzweigungen und Längen einzelner Streckenabschnitte ist in den Streckennetzen vieler Länder in einer Streckendatenbank abgelegt. Bei Abgleich der durch Satellitennavigation erhaltenen Daten mit den Daten einer solchen Streckendatenbank kann die Genauigkeit der Positionsbestimmung erheblich gesteigert werden. Dies kann beispielsweise erfolgen, indem aus den durch Satellitennavigation erhaltenen Daten typische charakteristische Daten der Streckendatenbank berechnet werden und durch Vergleich der berechneten Daten mit den in der Streckendatenbank gespeicherten Daten eines zuvor eingeschränkten Streckenbereichs eine exakte Standortbestimmung erfolgen. Als Abgleich wird hierbei verstanden, dass mit dem Satelliten-Ortungssystem bestimmte Positionen und Positionsverschiebungen mit den Gleiswegen des Streckendatennetzes verglichen werden und anhand aufgefunder Kongruenzen bzw. Ähnlichkeiten eine exakte Positionsbestimmung erfolgt.

**[0024]** Mittels eines zusätzlichen oder alternativen Abgleichs der durch Satellitennavigation erhaltenen Positionsdaten mit den relativen Daten eines Dopplerradars oder den absoluten Daten einer Streckendatenbank kann die Genauigkeit der Navigation erheblich verbessert werden und somit eine Genauigkeit von bis zu einem Meter erzielt werden. Unter Abgleich soll in diesem Zusammenhang verstanden werden, dass einerseits die mit dem Dopplerradar ermittelte Geschwindigkeit bzw. daraus errechnete Distanz mit derjenigen des Satellitenavigationssystems verglichen wird und ein Abweichungsfaktor bestimmt wird und dieser Abweichungsfaktor als Korrekturwert der mit dem Satellitenavigationssystem erhaltenen Daten verwendet wird. Des weiteren kann mittels der Dopplerradar-Daten ein Streckenabschnitt oder Zeitraum überbrückt werden, in dem kein Satellitenempfang möglich ist, beispielsweise in Tunnels. In diesem Fall wird eine Extrapolation der bisherigen, gefahrenen Richtung anhand der Dopplerradardaten vorgenommen und der aktuelle Standort berechnet.

**[0025]** Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführ-

ungsform des eingangs beschriebenen Verfahrens oder der zuvor beschriebenen Verfahrensfurtherbildungen werden die mit der Antennenvorrichtung ermittelten Daten mit Referenzdaten vorbekannter geologischer Schichtzusammensetzungen, die in einer Referenzdatenbank abgelegt sind, mittels einer digitalen Datenverarbeitung verglichen und bestimmten geologischen Schichtzusammensetzungen zugeordnet.

**[0026]** Bei einer ausreichenden Auflösung der mit der Radarvorrichtung ermittelten Daten geben typische geologische Schichtzusammensetzungen ein charakteristisches Radarsignal ab, welches auf die konkrete Schichtzusammensetzung der gemessenen Schicht schließen lässt. Hierbei kann eine erhebliche Differenzierung erfolgen und beispielsweise ein Schotterbett aus neuem Schotter mit scharfen Kanten von einem Schotterbett aus altem Schotter mit abgerundeten Kanten und verschmutztem Schottergestein unterschieden werden. Dieser Aspekt der Erfindung geht das Problem an, dass eine Auswertung der Daten über lange Streckenabschnitte nur durch aufwendige Analyse durch einen Fachmann für jeden einzelnen Quer- bzw. Längsschnitt erfolgen kann und somit sehr zeitaufwendig ist. Verschiebungen von geologischen Schichten oder Veränderungen geologischer Schichten, wie beispielsweise Nohlraumbildungen oder Flüssigkeitseindringungen können auf diese Weise erst nach langer Auswertungszeit erkannt werden. Dieser Nachteil kann erheblich verringert werden, wenn anhand von Referenzdaten ein Vergleich und eine Zuordnung der gemessenen Daten mit vorbekannten geologischen Schichtzusammensetzungen erfolgt. Auf diese Weise kann die Auswertung sich darauf beschränken, Unregelmäßigkeiten in erkannten geologischen Schichten aufzusuchen und unerkannte geologische Schichten zu untersuchen bzw. den Verlauf der bekannten geologischen Schichten zu verfolgen. Diese Untersuchungsmaßnahmen verursachen erheblich weniger Zeitaufwand als die Einzelanalyse mit Zuordnung und Prüfung jeder einzelnen mit der Radarvorrichtung ermittelten Daten.

**[0027]** Der Vergleich und die Zuordnung mittels digitaler Datenverarbeitung kann durch Vergleich der Radardaten in bestimmten Flächenabschnitten oder Volumenabschnitten mit den in der Referenzdatenbank abgelegten Daten unter Berücksichtigung eines bestimmten Toleranzbereichs erfolgen, um auf diese Weise eine Zuordnung der Schichtzusammensetzung vorzunehmen. Die automatische Identifikation der geologischen Schichtstruktur ermöglicht eine wesentlich schnellere Auswertung der erhaltenen Messdaten und somit eine schnellere Auffindung möglicher kritischer Schichtstrukturen, Schichtstrukturveränderungen oder Fehlstellen in den Schichtstrukturen.

**[0028]** Dabei ist es besonders bevorzugt, dass die Zuordnung durch eine Visualisierung der Schichtstrukturen aus den gemessenen Radardaten und einen Vergleich dieser Schichtstrukturen mit den zuvor aus Radardaten visualisierten Schichtstrukturen geologischer Schichten

mit vorbekannter Schichtzusammensetzung erfolgt. Diese Visualisierung ermöglicht einem Benutzer der Vorrichtung, der nicht zwangsläufig ein Radarfachmann sein muss, Unregelmäßigkeiten in bekannten Schichten oder ungünstige Schichtzusammensetzungen auf einfache Weise zu erkennen sowie sich ändernde Verläufe von Schichtstrukturen sofort zu erkennen.

**[0029]** Weiterhin ist es bevorzugt, dass die Schichten in zweidimensionalen Schnittansichten, insbesondere Quer- und Längsschnitten durch bzw. entlang des Gleiswegs, auf einer Bildausgabevorrichtung angezeigt werden und die Schichtzusammensetzungen durch vorzugsweise genormte Symbole oder Flächenausfüllungen visualisiert werden. Auf diese Weise wird dem Benutzer des erfindungsgemäßen Verfahrens eine Darstellung der Messdaten zur Verfügung gestellt, die eine schnelle, nachvollziehbare Auswertung ermöglicht.

**[0030]** Es ist weiterhin bevorzugt, dass während des Datenerfassungsvorgangs mit der Antennenvorrichtung das Oberflächenprofil oder Abschnitte des Oberflächenprofils des Gleiswegs mittels einer Laserabtastrichtung abgetastet wird, vorzugsweise mittels senkrecht zur Fahrbewegung des Messwagens oszillierendem Abtasten durch den Laserstrahl. Dies ermöglicht es, beispielsweise bei der Vermessung von geschotterten Gleiswegen, dass fehlender oder überschüssiger Schotter detektiert wird und dient so einer Qualitätsüberwachung der Gleiseinbettung. Insbesondere kann so eine dreidimensionale Ansicht des Oberflächenprofils ermittelt werden, die eine umfassende Bewertung des Schotterbettungsprofils erlaubt.

**[0031]** Weiterhin ist es bevorzugt, wenn während des Datenerfassungsvorgangs mit der Antennenvorrichtung die Umgebung und/oder die Oberfläche des Linienbauwerks mittels einer digitalen Bilderfassungsvorrichtung erfasst wird. Durch diese Fortbildung wird einem Benutzer einerseits die Zuordnung bestimmter Daten des ermittelten Datensatzes zu bestimmten Örtlichkeiten erleichtert und auf diese Weise die Auswertungsmöglichkeit verbessert. Weiterhin können mit dieser Fortbildung ergänzende Daten bereitgestellt werden, die für die Erfassung des Zustands des Linienbauwerks maßgeblich sind.

**[0032]** Dabei ist es weiterhin bevorzugt, dass mit der digitalen Bilderfassungsvorrichtung die Fahrdrachteinrichtungen oder Teile der Fahrdrachteinrichtungen des Gleiswegs, die Oberfläche und der Fahrkantenbereich beider Schienenstränge des Gleiswegs, und/oder die Oberfläche der Schwellen und/oder einer festen Fahrbahntrasse aufgezeichnet werden.

**[0033]** Diese Fortbildung der Erfindung verbessert den Nachteil bekannter Verfahren dahingehend, dass ein Inspektionsverfahren für Gleiswege bereitgestellt wird, bei dem zugleich auch eine umfassende Bilderfassung mehrerer relevanter Untersuchungsbereiche erfolgt. Es können so Beschädigungen des Fahrdrahtes des Gleiswegs anhand einer Auswertung der digitalen Bilddaten erkannt werden. Zudem können Ausbrüche, Risse oder Ver-

schleißbereiche in der Oberfläche oder im Fahrkantenbereich der Schienenstränge erfasst und dargestellt werden. Dies wird vorzugsweise durch senkrechte oder leicht schräge Aufnahmerichtung auf die Oberfläche der Schienenstränge mittels zweier einzelner digitaler Bilderfassungseinrichtungen vorgenommen, die vorzugsweise jeweils von innen schräg auf die Schienenstränge gerichtet sind. Auf diese Weise kann insbesondere der Verschleißzustand der Fahrkanten ermittelt werden und gegebenenfalls erforderlichen Maßnahmen zur Verlängerung der Standzeit der Schiene oder zur Behebung starker Verschleißerscheinungen vorgenommen werden. Weiterhin ermöglicht diese Fortbildung einerseits die leichtere Zuordnung von Fehlstellen, die mittels einer Radar- oder Laseruntersuchung detektiert worden sind, zu einer bestimmten Stelle entlang des Gleiswegs, da diese anhand der zugleich erfassten Bilddaten besser aufgefunden werden kann. Dies kann einerseits ein besseres Zurechtfinden eines Benutzers innerhalb der untersuchten Umgebung anhand der zusätzlichen Bilddaten oder eine direkte Zuordnung der Bilddaten zu den Radardaten oder Laserabtastdaten erlauben.

**[0034]** Andererseits ermöglicht diese Fortbildung des Verfahrens auch, dass neben der Radar- oder Laseruntersuchung eine differenzierte zusätzliche Untersuchung sicherheitsrelevanter Merkmale aus der Umgebung und/oder der Oberfläche des Gleiswegs erfolgt. Auf diese Weise kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren eine zeitgleiche Erfassung relevanter Radar- oder Laserdaten und relevanter Bilddaten erfolgen, die eine umfassende Beurteilung des Zustands des Gleiswegs erlaubt. Die digitale Bilderfassungsvorrichtung kann dabei beispielsweise mit einer zeilenabtastenden Videokamera erfolgen. Weiterhin kann die digitale Bilderfassung durch in diskreten Abständen aufgenommene digitale Einzelbilder erfolgen, deren Abstand vorzugsweise so gewählt ist, dass sich anhand der aufgenommenen Bildabschnitte eine lückenlose Abbildung des Gleiswegs ergibt. Vorzugsweise werden mehrere digitale Bilderfassungsvorrichtungen verwendet, insbesondere digitale Video- oder Fotokameras, die versetzt zueinander und/oder in unterschiedlichen Ausrichtungen relevante Ausschnitte der Umgebung und/oder des Gleiswegs erfassen.

**[0035]** Schließlich eignet sich diese Fortbildung auch für die Analyse fester Fahrbahntrassen. Diese sind typischerweise aus Beton gefertigt und werden zunehmend für Hochgeschwindigkeitsfahrtrassen verwendet. Für solche Trassen werden Schwellen aus Beton verwendet. Bei diesem Material ist es erforderlich, in regelmäßigen Abständen eine Überprüfung auf Risse durchzuführen, was in komfortabler Weise durch eine digitale Bilderfassung der Oberfläche der Bauteile erfolgen kann. Dabei kann vorzugsweise eine digitale Bildauswertung erfolgen, die die Risse automatisch detektiert und markiert.

**[0036]** Die digitale Bilderfassung kann weiter fortgebildet werden, indem mit der digitalen Bilderfassungsvorrichtung die Befestigungselemente der Schienen an den Schwellen aufgezeichnet werden und vorzugsweise

durch eine digitale Bildauswertung automatisch auf Vorhandensein und richtige Lage geprüft werden. Befestigungselemente zwischen Schiene und Schwelle können sich lockern oder durch Vandalismus gelockert oder sogar entfernt werden. Eine Überprüfung dieser Befestigungselemente in regelmäßigen Abständen ist erforderlich und kann vorzugsweise mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erfolgen. Hierbei ist es, wie zuvor beschrieben, bevorzugt, mittels digitaler Bildauswertung eine automatische Detektion einer eventuellen Lockerung oder eines Fehlens dieser Befestigungselemente zu detektieren und anzuzeigen.

**[0037]** Gemäß eines weiteren Aspekts der Erfindung wird das eingangs genannte Verfahren oder die zuvor beschriebenen Verfahrensfortbildungen weiter fortgebildet, indem mit der Antennenvorrichtung, der digitalen Bilderfassungsvorrichtung und/oder der Laserabtastvorrichtung die Wandung eines Tunnels untersucht wird. Die Führung von Gleiswegen durch Tunnels hat im Zuge der Trassenmodemisierung zunehmend Bedeutung gewonnen. In diesem Zusammenhang ist es erforderlich, auch die Wandung von Tunnels, d.h. Tunneloberbau, Ulmen in regelmäßigen Abständen zu prüfen, um lockeres Gestein oder Feuchtigkeit zu detektieren. Weiterhin ist es nach dem Bau eines Tunnels zur Bauabnahme oftmals vorteilhaft, diese Parameter zu überprüfen und die Felsdicke zu ermitteln. Dies kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren in vorteilhafter Weise ausgeführt werden, indem mit der Antennenvorrichtung die Wandung des Tunnels untersucht wird. Hierzu muss die Antennenvorrichtung zumindest eine Antenne aufweisen, die entsprechend zur Tunnelwand ausgerichtet ist. Vorzugsweise umfasst die Antennenvorrichtung mehrere Antennen, insbesondere Radarantennen die vorzugsweise in senkrechter Richtung zur Tunnelwandung messen.

**[0038]** Es hat sich dabei überraschend herausgestellt, dass mit der erfindungsgemäßen Antennenvorrichtung mit Hohlleiter auch eine beabstandet durchgeführte Abtastung der Tunnelwandung durchgeführt werden kann und hierbei die Tunnelwandoberfläche dargestellt und ein Reliefnachweis geführt werden kann. Auf diese Weise können Ausbrüche, vorstehende Bauelemente oder Versätze in der Tunnelwandung erfasst werden, was mit bisher bekannten Methoden nicht in einer vertretbaren Zeitspanne möglich war.

**[0039]** Das erfindungsgemäße Verfahren kann hinsichtlich aller erfindungsgemäßer Verfahrensaspekte und -fortbildungen weiter fortgebildet werden, indem die mit der Antennenvorrichtung und/oder der digitalen Bilderfassungsvorrichtung und/oder der Laserabtastvorrichtung gemessenen Daten durch eine digitale Datenauswertung analysiert werden und hierbei Schichtgrenzen und/oder Fehlstellen durch Vergleich mit Referenzdaten und/oder durch Vergleichen der lokalen gemessenen Daten mit einem über einen bestimmten Umgebungsbereich gemittelten Daten und/oder durch Vergleichen benachbarter Daten oder Datenbereiche identifiziert und markiert werden.

**[0040]** Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können so insbesondere gleichzeitig während einer einzigen Messfahrt eine Reihe unterschiedlicher Messdaten ermittelt werden, beispielsweise Radarmessdaten zur Inspektion des Unterbaus des Gleiswegs, Bildmessdaten zur Inspektion der Oberfläche des Oberbaus des Gleiswegs, des Fahrdrabes sowie der Umgebung und laserermittelte Messdaten zur Überprüfung der Lage von Gleis und Schwellen oder des Schotterbetts. Die Auswertung dieser Daten muss oftmals in kurzer Zeit erfolgen und die Auswertungszeit kann maßgeblich reduziert werden, wenn von der bekannten manuellen Begutachtung der Daten abgegangen wird und eine automatische Analyse durch Vergleich mit Referenzdaten vorgenommen wird. Hierbei kann entweder ein Vergleich lokaler Daten mit gemittelten Daten erfolgen, um Abweichungen vom gemittelten Normalzustand zu detektieren.

**[0041]** Weiterhin kann das erfindungsgemäße Verfahren hinsichtlich aller Aspekte und Fortbildungen fortgebildet werden, indem jede automatisch oder manuell erkannte Fehlstelle in eine von mindestens zwei Gruppen einsortiert wird und diese Gruppen die zu ergreifenden Maßnahmen zur Behebung der Fehlstelle charakterisieren. Dies ermöglicht eine schnelle Übersicht über den gesamten Zustand eines Linienbauwerks und verbessert die Koordinierung von Reparaturmaßnahmen erheblich. Insbesondere ist diese Fortbildung vorteilhaft, wenn das erfindungsgemäße Inspektionsverfahren im Zusammenhang mit unmittelbar folgenden Reparaturmaßnahmen, gegebenenfalls sogar unmittelbar angekoppelt an den Messwagen, eingesetzt wird, um eine schnelle Entscheidung über die Art und Weise der Reparatur einer Fehlstelle zu treffen. Die Einsortierung in die Gruppen erfolgt dabei anhand des Ausmaßes bzw. der Art und Weise der erkannten Fehlstelle und den aus zuvor durchgeführten Reparaturen bekannten Maßnahmen, die zur Behebung einer solchen Fehlstelle erforderlich sind. Unter Maßnahme kann hierbei auch eine präventive Bearbeitung verstanden werden, die die Standzeit des Gleiswegs oder Teilen davon erhöhen soll.

**[0042]** Bei einer besonders vorteilhaften Verfahrensfortbildung werden die Messdaten der Radarvorrichtung, der Laserabtastvorrichtung und/oder der Bilderfassungseinrichtung einander für einen Messbereich zugeordnet und in eine Datenbank zusammengeführt und es wird eine Messdatenaussage gebildet, die aus zumindest zwei dieser Datensätze zusammengesetzt ist. Die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren mögliche gleichzeitige Erfassung von Messdatensätzen mittels unterschiedlicher Messverfahren ermöglicht nicht nur eine Verkürzung der für die Inspektion erforderlichen Zeit, sondern erlaubt es auch, die Messdaten einer gemeinsamen Betrachtung zu unterziehen und hierdurch weitergehende Erkenntnisse aus den solcherart kombinierten Messdatensätzen zu gewinnen. So können oftmals Analysen aus einem Messdatensatz mit Hilfe eines anderen Messdatensatzes verifiziert werden. Des Weiteren erlaubt die Kombination mehrerer Messdatensätze die

vollumfängliche Bewertung von Fehlstellen, beispielsweise, indem die oberflächlichen Abmessungen eines Risses aus den Bilderfassungsdaten und die Tiefe des Risses aus den Laserabtastdaten oder den Radarmessdaten gewonnen wird.

**[0043]** Schließlich besteht eine weitere wichtige Verfahrensfortbildung darin, dass zumindest zwei Messungen an einem Ort oder in einem Bereich zeitlich versetzt zueinander durchgeführt, die Messdaten aus den zwei zeitlich versetzt zueinander durchgeführten Messungen mittels einer digitalen Datenverarbeitung geographisch übereinstimmenden Positionen zugeordnet werden, miteinander verglichen werden, wobei vorzugsweise Unterschiede zwischen den Messdaten aus den zwei zeitlich versetzt zueinander durchgeführten Messungen automatisch markiert werden. So können durch wiederholte Inspektion eines Gleiswegs die bei einer aktuellen Messung aufgenommenen Daten durch die exakte Positionsbestimmung mit den entsprechenden Daten einer vorherigen Messung verglichen werden und auf diese Weise Veränderungen, die zwischen den beiden Messungen erfolgt sind, erfasst werden. Die so detektierten Fehlstellen bzw. Veränderungen können in Bilddarstellungen visualisiert und hervorgehoben werden. Auf diese Weise wird einerseits ein Monitoring, also eine zeitversetzte Mehrfachkontrolle des Gleiswegs, ermöglicht, was die Beobachtung eines Schadensfortschritts erlaubt, um den richtigen Zeitpunkt für Reparaturmaßnahmen zu bestimmen. Weiterhin können die Ergebnisse einer einfachen manuellen Nachkontrolle am Bildschirm oder in einem Ausdruck unterzogen werden, um zu entscheiden, ob Maßnahmen zur Behebung der Fehlstelle/Veränderung getroffen werden müssen bzw. um eine Beschreibung der erfassten Fehlstelle/Veränderung vorzunehmen. Des Weiteren können die mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung aufgenommenen Daten mit zu anderen Zeitpunkten aufgenommenen Fremddaten abgeglichen werden, sofern diese ebenfalls über eine ausreichend genaue Positionsinformation verfügen.

**[0044]** Dabei können insbesondere die zeitlich versetzten Messungen an einem Ort jeweils Messdaten aus zumindest zwei unterschiedlichen Messverfahren umfassen. So wird ein Monitoring mit differenzierten Messdaten für verschiedene Eigenschaften des Linienbauwerks ermöglicht.

**[0045]** Insbesondere eignet sich das erfindungsgemäße Verfahren zum Erfassen des Zustands von Deichbauten wobei das Messfahrzeug auf der Deichkrone fährt und mittels zumindest einer an einem Auslegerarm montierten Antennenvorrichtung der Zustand des Deichs vor und/oder hinter der Deichkrone erfasst wird.

**[0046]** Ein weiterer Aspekt der Erfindung ist eine Vorrichtung zum Erfassen des Zustands von Linienbauwerken, insbesondere Gleiswegen, umfassend: eine an einem Messfahrzeug befestigte Abtastvorrichtung zum Vermessen des Gleiswegs, eine zentrale Datenspeichervorrichtung zum Speichern der von der Abtastvorrichtung erfassten Messdaten, und eine Navigationsvor-

richtung zum Ermitteln der geographischen Position der Abtastvorrichtung entlang des Gleiswegs bei der die Abtastvorrichtung eine Antennenvorrichtung mit einem elektrischen Dipol zur Erzeugung einer elektromagnetischen Schwingung und einen Hohlleiter zur Kopplung der Schwingung an die Umgebungsluft umfasst, dessen Querschnittsfläche sich quer zur Ausbreitungsrichtung der elektromagnetischen Schwingung vom Dipol zu einer Austrittsöffnung hin vergrößert.

**[0047]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann fortgebildet werden nach den Ansprüchen 22 bis 38. Diese fortgebildeten Vorrichtungen weisen Merkmale auf, die sie insbesondere dafür geeignet machen, zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens und seiner Fortbildungen verwendet zu werden. Zu den Ausführungsformen, spezifischen Merkmalen, Varianten und Vorteilen der Merkmale dieser Vorrichtungen und Vorrichtungsfortbildungen wird auf die vorangegangene Beschreibung zu den entsprechenden Verfahrensmerkmalen verwiesen.

**[0048]** Schließlich ist ein weiterer Aspekt der Erfindung die Verwendung einer zuvor beschriebenen Vorrichtung, um damit den Zustand von Deichbauten oder den Zustand von Fahrwegen, insbesondere Straßen, zu erfassen. Es hat sich überraschend herausgestellt, dass die erfindungsgemäße Vorrichtung insbesondere gut dafür geeignet sind, um sich anbahnende Schäden im Bereich von Deichbauten und Fahrwegen im Vorfeld zu erfassen, beispielsweise indem beginnende Unterspülungen detektiert werden. Das erfindungsgemäße Verfahren kann dabei zum Erfassen des Zustands von Deichbauten fortgebildet werden, indem es mittels eines Auslegearms mit daran montierten Radarantennen den Zustand des Deichs vor und hinter der Deichkrone erfasst und auf diese Weise sowohl die Deichsubstanz unmittelbar unter der Deichkrone mit Hilfe der direkt in Messfahrzeugnähe installierten Radarantennen erfasst werden als auch die Deichsubstanz im Bereich des Fußes des Deichs, indem entsprechend Radarantennen am Auslegerarm in diesem Bereich angeordnet werden.

**[0049]** Eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird anhand der Figuren beschrieben. Es zeigen:

Figur 1: Eine schematische Seitenansicht eines Messfahrzeugs mit einer daran montierten erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, und

Figur 2: Einen schematischen Datenflussplan für den Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens.

**[0050]** Bezug nehmend auf Figur 1 ist an einem Messfahrzeug 10 ein sich in Fahrtrichtung erstreckender Auslegarm 21 mit daran befestigtem Querausleger 22 montiert.

**[0051]** Am äußeren Ende des Längsauslegers 21 ist eine Antennenvorrichtung mit Hohlleiter 30 befestigt, die

in senkrechter Richtung nach unten abstrahlt und zwischen zwei Schienensträngen 11,12, auf denen der Messwagen 10 rollt, hindurchmisst. Am Querausleger 22 sind zwei Radarantennen 31,32 angeordnet. Die in Fahrtrichtung links liegende Radarantenne 31 misst am linken Schienenstrang 11 seitlich vorbei, die in Fahrtrichtung rechts liegende Radarantenne 32 misst am rechten Schienenstrang 21 seitlich vorbei.

**[0052]** Die Antennenvorrichtung mit Hohlleiter 30 misst bis zu 4m in Erdreich und Unterbau unterhalb der Gleisstränge 11,12 hinein und erlaubt somit eine Auswertung dieses Erdreichs, des Unterbaus und des Oberbaus, d.h. der Schwellen und des Schotterbetts des Gleiswegs. Die Radarantennen 31,32 messen im typischen Frequenzbereich bis zu 4m in den Unterbau und das Erdreich hinein, bei besonders abgestimmten Frequenzbereichen auch noch tiefer, und erlauben eine Auswertung von Ober-, Unterbau und Erdreich in diesem seitlichen Bereich. Die Radarmessung kann bei Geschwindigkeiten bis zu 200km/h mit einer horizontalen Auflösung erfolgen, die Fehlstellen ab einer Größe von einigen Metern erkennbar macht.

**[0053]** Im Bereich hinter den beiden vorderen Laufrädern 13,14 des Messwagens 10 ist eine Laserabtastvorrichtung 40 angeordnet, welche das Schotterprofil abtastet und mit einem Sollprofil vergleicht, um auf diese Weise überschüssigen oder fehlenden Schotter zu detektieren. Die Abtastung kann ebenfalls bei Geschwindigkeiten bis zu 200km/h erfolgen.

**[0054]** Des weiteren sind zwischen den beiden Laufradsätzen 13,14 bzw. 15,16 des Messwagens 10 mehrere digitale Zeilenkameras 50,51,52 angeordnet, welche die Oberfläche des Gleiswegs aufnehmen. Hierunter sind zwei digitale Zeilenkameras 50,52, welche auf den Schienenkopf im Bereich der Fahrkante gerichtet sind und diesen mit einer Auflösung von 0,1 x 0,5mm aufnehmen. Diese Aufnahmen ermöglichen einen sogenannten "Head Check" und die Detektion von Kantenausbrüchen im Bereich der Fahrkante. Weiterhin werden Schweißstellen und Isolierstöße erfasst.

**[0055]** Eine weiterer Satz digitaler Zeilenkameras 51 ist auf die Gleiswegoberfläche im mittleren Bereich gerichtet und erlaubt es, eine feste Fahrbahn 17 sowie die Schwellen 18 auf Risse zu untersuchen. Hierzu wird ein Kamerasatz 51 eingesetzt, der aus vier digitalen Zeilenkameras besteht, die Risse mit einer Breite von 0,1mm oder mehr erfassen können. Von dem Kamerasatz 51 sind jeweils zwei Zeilenkameras pro Schiene angeordnet, die in Fahrtrichtung links und rechts von dieser Schiene die Fahrbahn- und Schwellenoberfläche erfassen.

**[0056]** Schließlich befinden sich an der Frontseite des Messwagens noch weitere digitale Zeilenkameras 60,61, die auf Schwenk- und Neigeköpfen montiert sind und dazu dienen, dass Gleisumfeld, das Oberleitungssystem und den Zustand der seitlichen Entwässerung zu erfassen. Diese Zeilenkameras können manuell oder automatisch bedient werden oder mit einer festen Achsausrich-

tung eingesetzt werden.

**[0057]** Auf dem Dach des Messwagens 10 ist eine GPS-Antenne 70 angeordnet, die mit einem GPS-Verarbeitungsgerät 71 gekoppelt ist. Die Daten des GPS-Verarbeitungsgeräts werden mit den Daten eines Radinkrementalgeber 72 abgeglichen, um hierdurch eine Genauigkeit von 1m bei der Bestimmung der Position des Messwagens zu erzielen.

**[0058]** Die Messdaten der Radarantennen 30-32, des Laserabtastsystems 40, der digitalen Zeilenkameras 50-52 und 60-61 und der Positionsdaten aus der GPS-Einheit 70,71 und dem Radinkrementalgeber 72 werden einem zentralen Speicherungs- und Auswertungsrechner 90 zugeführt.

**[0059]** Die Verarbeitung der Daten wird anhand von Figur 2 beschrieben.

**[0060]** In Figur 2 sind symbolisch eine Radarvorrichtung 130 mit mehreren Radarantennen, eine Laserabtastvorrichtung 140, eine digitale Bilderfassungsvorrichtung 150 zur Beobachtung der Oberfläche einer festen Fahrbahntrasse und der Schwellen, eine digitale Bilderfassungsvorrichtung zur Erfassung des Fahrleitungsdrahtes des Gleiswegs, eine digitale Bilderfassungsvorrichtung zur Erfassung der Umgebung 161 und ein inkrementaler Weggeber 172 zur Erfassung der Umdrehungsanzahl und Drehstellung eines Rades des Messwagens schematisch abgebildet. Diese Messdatenerfassungselemente 130,140,150,160,161 und 172 geben ihre Messdaten über eine Eingangsschnittstelle zu einer ersten Datenverarbeitungsstation 200 innerhalb einer zentralen Datenverarbeitungseinrichtung 190.

**[0061]** Die erste Datenverarbeitungsstation 200 empfängt weiterhin Daten von einer GPS-Antenne 170 über die Laufzeitsignale zu bestimmten Satelliten. Innerhalb der ersten Datenverarbeitungsstation 200 werden die von der GPS-Antenne empfangenen Signale mit den Daten des Inkrementalgebers 172 und den in einer Speichereinheit 210 abgespeicherten Streckennetzdaten abgeglichen, um auf diese Weise den Standort des Messwagens auf 1m genau zu bestimmen.

**[0062]** Hiernach werden die Daten zu einer zweiten Datenverarbeitungsstation 220 weitergeleitet. In der zweiten Datenverarbeitungsstation 220 werden die Messdaten der einzelnen Messerfassungseinrichtungen mit den in einer zweiten Speichervorrichtung 230 abgespeicherten Referenzdaten verglichen. Die in der zweiten Speichervorrichtung abgespeicherten Referenzdaten stellen typische Messwerte, wie beispielsweise Grauwerte oder Grauwertverläufe für bekannte Zuordnungswerte dar, wobei unter Zuordnungswerten beispielsweise die Verschleißbreite im Bereich der Laufkante einer Schiene oder bestimmte Bodenarten oder Gleisunterbauarten, beispielsweise verschmutzter oder neuer Schotter oder dergleichen zu verstehen sind.

**[0063]** Die Verarbeitung der Messdaten in der zweiten Datenverarbeitungsstation 220 ermöglicht daher die Zuordnung bestimmter Schichteigenschaften oder Oberflächeneigenschaften zu den gewonnenen Messdaten. Die



so zugeordneten Eigenschaften werden durch einen Visualisierungsparameter den Messdaten im identifizierten Bereich zugeordnet und können auf diese Weise durch manuelle Datenauswertung oder bei einer Visualisierung der Messdaten auf einem Bildschirm oder in einem Ausdruck entsprechend hervorgehoben oder abgebildet werden.

**[0064]** In der zweiten Datenverarbeitungsstation 220 erfolgt weiterhin eine Auswertung der Messdaten im Hinblick auf etwaige Fehlstellen. Dies kann auf verschiedene, bekannte Weisen erfolgen. So kann beispielsweise ein Einzelmesswert mit einem Mittelwert der Messwerte in seiner Umgebung verglichen werden und bei Abweichung des Einzelmesswerts von diesem Mittelwert um einen bestimmten Betrag eine Fehlstelle an der Stelle des Einzelmesswerts erkannt werden. Auf diese Weise können beispielsweise Risse in den Messdaten einer Oberfläche der festen Fahrbahntrasse erkannt werden oder Unterspülungen im Unterbau des Gleisbetts aus den Radarmessdaten erkannt werden.

**[0065]** Aus der zweiten Datenverarbeitungsstation 220 werden die so parametrisierten Messdaten an eine dritte Datenverarbeitungsstation 240 geleitet. In der dritten Datenverarbeitungsstation 240 wird anhand der Parameter der Messdaten aus einem dritten Datenspeicher 250, der einen Maßnahmenkatalog beinhaltet, jeder aufgefundenen Fehlstelle eine Maßnahme zugeordnet, die zum Erhalt der Streckensicherheit bzw. zur Verlängerung der Standzeit der Strecke getroffen werden muss bzw. soll.

**[0066]** In der dritten Datenverarbeitungsstation 240 können weiterhin Messdaten aus unterschiedlichen Messwertaufnehmern miteinander verglichen werden, um auf diese Weise beispielsweise anhand der durch Laserabtastung gewonnen Oberflächenprofilaten und der durch digitale Bilderfassung gewonnen Bilddaten einer Untersuchungsstelle einen Rückschluss auf die Tiefe eines Risses oder die Ausrichtung einer Verschleißfläche zu gewinnen. Grundsätzlich können in der dritten Datenverarbeitungsstation 240 die Daten aller Messwertaufnehmer für einen beliebigen Untersuchungsort einander zugeordnet werden, um auf diese Weise eine umfassende Beurteilung eines Untersuchungsortes zu ermöglichen. Weiterhin können in der dritten Datenverarbeitungsstation die Messdaten aus einer früheren Messung gespeichert werden und mit den Messdaten der aktuellen Messung verglichen werden. Auf diese Weise kann ein Monitoring des Gleiswegs erfolgen, um den Fortschritt von Fehlstellen zu erfassen und den rechtzeitigen Zeitpunkt für eine Wartungs- oder Reparaturmaßnahme zu bestimmen.

**[0067]** Die Messdaten werden in parametrierter und aufbereiteter Weise an einen Bildschirm weitergeleitet, um auf diesem Bildschirm eine Visualisierung für einen Benutzer vorzunehmen. Der Benutzer kann hierzu auf dem Bildschirm Längs- oder Querprofile des untersuchten Gleiswegs einblenden und zugleich ein Oberflächenbild und ein Oberflächenprofil dieses Gleiswegs an der

entsprechenden Stelle abrufen und darstellen. Weiterhin können die geografischen Positionsdaten für die untersuchte Stelle abgerufen werden und zum besseren Zuordnen Bilder der Umgebung dieses Orts eingeblendet werden.

**[0068]** Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist somit durch einmaliges Abfahren eines Gleiswegs eine umfassende Beurteilung des Gesamtzustands des Oberbaus, der Unterbaus und des Gleisstrangs sowie der Fahrbahntrasse und der Schwellen selbst möglich. Die Messwertaufnehmer sind ausgebildet, um bei Geschwindigkeiten oberhalb von 50km/h zu messen, eine Reihe von Messwertaufnehmern kann bei Geschwindigkeiten bis 200km/h messen. Die Datenaufbereitung erlaubt eine Differenzierung und Identifizierung von Fehlstellen durch digitale Bildauswertung und Zuordnung von Messdaten aus verschiedenen Messsystemen für eine Untersuchungsstelle und ermöglicht einem Benutzer daher, eine schnelle Erkennung von Fehlstellen oder Veränderungen im Bereich eines Gleiswegs.

**[0069]** Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist weiterhin nach mehrmaligem Abfahren eines Gleiswegs eine umfassende Beurteilung von Veränderungen des Gesamtzustands des Oberbaus, der Unterbaus und des Gleisstrangs sowie der Fahrbahntrasse und der Schwellen selbst möglich, um auf diese Weise ein Monitoring mit einer automatisierten Unterscheidung zwischen sich rasch ändernden Fehlstellen und stabilen Fehlstellen oder Beschädigungen zu treffen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Erfassen des Zustands von Linienbauwerken, mit den Schritten:

- Abtasten des Linienbauwerks mittels einer an einem Messfahrzeug (10) befestigten Abtastvorrichtung,
- Übertragen und Speichern der von der Abtastvorrichtung erfassten Daten zu bzw. in einer zentralen Datenspeichervorrichtung (90), und
- Ermitteln der geographischen Position der Abtastvorrichtung entlang des Linienbauwerks,

**dadurch gekennzeichnet, dass** die mit der Abtastvorrichtung ermittelten Daten mit Referenzdaten (230) vorbekannter geologischer Schichtzusammensetzungen, die in einer Referenzdatenbank (230) abgelegt sind, mittels einer digitalen Datenverarbeitung verglichen und bestimmten geologischen Schichtzusammensetzungen zugeordnet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zuordnung durch eine Visualisierung der Schichtstrukturen aus

- gemessenen Radardaten und einen Vergleich dieser Schichtstrukturen mit den zuvor aus Radardaten visualisierten Schichtstrukturen geologischer Schichten mit vorbekannter Schichtzusammensetzung erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die Schichten in zweidimensionalen Schnittansichten, insbesondere Quer- und Längsschnitten durch bzw. entlang des Gleiswegs, auf einer Bildausgabevorrichtung angezeigt werden und die Schichtzusammensetzungen durch vorzugsweise genormte Symbole oder Flächenausfüllungen visualisiert werden.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die geographische Position durch ein satellitengestütztes Ortungssystem (70, 71) ermittelt wird.
5. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die Daten des satellitengestützten Ortungssystems mit den Daten einer Streckendatenbank (210) zur Ortsbestimmung und/oder mit einem Dopplerradar zur Geschwindigkeitsbestimmung abgeglichen werden.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche oder dem Oberbegriff von Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die Abtastvorrichtung zumindest eine Sensorvorrichtung umfasst, die mittels einer Antennenvorrichtung mit einer elektrischen Dipol eine elektromagnetische Schwingung erzeugt.
7. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die Antennenvorrichtung mittels eines Hohlleiters, dessen Querschnittsfläche sich quer zur Ausbreitungsrichtung der elektromagnetischen Schwingung vom Dipol zu einer Austrittsöffnung hin vergrößert, die elektromagnetische Schwingung an die Umgebungsluft koppelt.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 6-7,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die Abtastvorrichtung mit einer weiteren Sensorvorrichtung das Linienbauwerk abtastet, wobei die weitere Sensorvorrichtung vorzugsweise nach einem unterschiedlichen Messverfahren als die Antennenvorrichtung arbeitet.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 6-8,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die Antennenvorrichtung im Radarfrequenzbereich arbeitet.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** mit der Abtastvorrichtung, insbesondere der Antennenvorrichtung, ein Gleisunterbau und Boden im Bereich zwischen Schienen und vorzugsweise auch unter diesen Schienen abgetastet wird.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** während des Datenerfassungsvorgangs mit der Abtastvorrichtung, insbesondere der Antennenvorrichtung, das Oberflächenprofil oder Abschnitte des Oberflächenprofils des Linienbauwerks mittels einer Laserabtastvorrichtung (40) abgetastet wird, vorzugsweise mittels senkrecht zur Fahrbewegung des Messwagens oszillierendem Abtasten durch den Laserstrahl.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** während des Datenerfassungsvorgangs mit der Abtastvorrichtung, insbesondere der Antennenvorrichtung, die Umgebung und/oder die Oberfläche des Linienbauwerks mittels einer digitalen Bilderfassungsvorrichtung (50 - 52, 60, 61) erfasst wird.
13. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** mit der digitalen Bilderfassungsvorrichtung
- die Fahrdrasteinrichtungen oder Teile der Fahrdrasteinrichtungen eines Gleiswegs,
  - die Oberfläche und der Fahrkantenbereich beider Schienenstränge dieses Gleiswegs, und/oder
  - die Oberfläche der Schwellen (51) dieses Gleiswegs und/oder einer festen Fahrbahntrasse
- aufgezeichnet werden.
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 12 oder 13,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** mit der digitalen Bilderfassungsvorrichtung (51) Befestigungselemente von Schienen an Schwellen eines Gleiswegs aufgezeichnet werden und vorzugsweise durch eine digitale Datenauswertung automatisch auf Vorhandensein und richtige Lage geprüft werden.
15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 9, 11 und/oder 12,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** mit der Radarvorrichtung, der digitalen Bilderfassungsvorrichtung und/oder der Laserabtastvorrichtung die Wandung eines Tunnels untersucht wird.

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 9 und/oder 12,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die mit der Radar-  
 vorrichtung und/oder der digitalen Bilderfassungs-  
 vorrichtung gemessenen Daten durch eine digitale  
 Datenauswertung analysiert werden und hierbei  
 Schichtgrenzen und/oder Fehlstellen durch Ver-  
 gleich mit Referenzdaten und/oder durch Verglei-  
 chen der lokalen gemessenen Daten mit einem über  
 einen bestimmten Umgebungsbereich gemittelten  
 Daten und/oder durch Vergleichen benachbarter  
 Daten oder Datenbereiche identifiziert und markiert  
 werden.
17. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** jede automatisch  
 oder manuell erkannte Fehlstelle in eine von minde-  
 stens zwei Gruppen (250) einsortiert wird und diese  
 Gruppen die zu ergreifenden Maßnahmen zur Be-  
 hebung der Fehlstelle charakterisieren.
18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-  
 che 9, 11 und/oder 12,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die Messdaten der  
 Radarvorrichtung, der Laserabtastvorrichtung und/  
 oder der Bilderfassungseinrichtung einander für ei-  
 nen Messbereich zugeordnet und in eine Datenbank  
 zusammengeführt werden und eine Messdatenaus-  
 sage gebildet wird, die aus zumindest zwei dieser  
 Datensätze zusammengesetzt ist.
19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-  
 che,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest zwei  
 Messungen an einem Ort zeitlich versetzt zueinan-  
 der durchgeführt, die Messdaten aus den zwei zeit-  
 lich versetzt zueinander durchgeführten Messungen  
 mittels einer digitalen Datenverarbeitung geogra-  
 phisch übereinstimmenden Positionen zugeordnet  
 werden, miteinander verglichen werden, wobei vor-  
 zugsweise Unterschiede zwischen den Messdaten  
 aus den zwei zeitlich versetzt zueinander durchge-  
 führten Messungen automatisch markiert werden.
20. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die zeitlich ver-  
 setzten Messungen an einem Ort jeweils Messdaten  
 aus zumindest zwei unterschiedlichen Messverfah-  
 ren umfassen.
21. Verfahren zum Erfassen des Zustands von Deich-  
 bauten, mit den Merkmalen nach einem der vorher-  
 gehenden Ansprüche 1-20, wobei das Messfahr-  
 zeug auf der Deichkrone fährt und mittels zumindest  
 einer an einem Auslegerarm montierten Antennen-  
 vorrichtung der Zustand des Deichs vor und/oder  
 hinter der Deichkrone erfasst wird.
22. Vorrichtung zum Erfassen des Zustands von Linien-  
 bauwerken, insbesondere Gleiswegen, umfassend:
- eine an einem Messfahrzeug (10) befestigte  
 Abtastvorrichtung zum Vermessen des Gleis-  
 wegs,
  - eine zentrale Datenspeichervorrichtung (90)  
 zum Speichern der von der Abtastvorrichtung  
 erfassten Messdaten, und
  - eine Navigationsvorrichtung zum Ermitteln der  
 geographischen Position der Abtastvorrichtung  
 entlang des Gleiswegs,
- gekennzeichnet durch** eine Referenzdatenbank  
 (230), in der Referenzdaten (230) vorbekannter geo-  
 logischer Schichtzusammensetzungen abgelegt  
 sind, und eine digitale Datenverarbeitungsvorrich-  
 tung zum Vergleichen der mit der Abtastvorrichtung  
 ermittelten Daten mit den Referenzdaten und zum  
 Zuordnen einer bestimmten geologischen Schicht-  
 zusammensetzung.
23. Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch,  
**gekennzeichnet durch** eine Visualisierungsvor-  
 richtung zur Visualisierung geologischen Schichtzu-  
 sammensetzungen aus den gemessenen Radardat-  
 en.
24. Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch 22  
 oder 23 oder dem Oberbegriff von Anspruch 22,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die Abtastvorrich-  
 tung eine Antennenvorrichtung mit einem elektri-  
 schen Dipol zur Erzeugung einer elektromagneti-  
 schen Schwingung und einen Hohlleiter zur Kopp-  
 lung der Schwingung an die Umgebungsluft um-  
 fasst, dessen Querschnittsfläche sich quer zur Aus-  
 brei- tungsrichtung der elektromagnetischen Schwin-  
 gung vom Dipol zu einer Austrittsöffnung hin vergrößert.
25. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden An-  
 sprüche 22-24,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die Abtastvorrich-  
 tung zumindest eine weitere Messvorrichtung um-  
 fasst, deren Messverfahren vorzugsweise unter-  
 schiedlich zu der Antennenvorrichtung ist.
26. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden An-  
 sprüche 22-25 und Anspruch 24,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die Antennenvor-  
 richtung so ausgebildet und angeordnet ist, dass der  
 Gleisunterbau und Boden im Bereich zwischen den  
 Schienen und vorzugsweise auch unter den Schie-  
 nen abgetastet wird.
27. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden An-  
 sprüche 22-26 und Anspruch 24,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die Antennenvor-

richtung eine elektromagnetische Schwingung im Radarfrequenzbereich erzeugt.

28. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 22-27,  
**gekennzeichnet durch** ein satellitengestütztes Ortungssystem (70, 71) zum Ermitteln der geographischen Position. 5
29. Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch,  
**gekennzeichnet durch** eine Speichervorrichtung zum Speichern einer Streckendatenbank (210) und/oder eine Dopplerradarvorrichtung zur Geschwindigkeitsbestimmung, zum Abgleich der Daten des satellitengestützten Ortungssystems. 10 15
30. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 22-29,  
**gekennzeichnet durch** eine Laserabtastrvorrichtung (40) zum Abtasten des Oberflächenprofils oder von Abschnitten des Oberflächenprofils des Gleiswegs, wobei die Laserabtastrvorrichtung vorzugsweise ausgebildet ist, um mittels senkrecht zur Fahrbewegung des Messwagens oszillierendem Laserstrahl abzutasten 25
31. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 22-30,  
**gekennzeichnet durch** eine digitale Bilderfassungsvorrichtung (50 - 52, 60, 61) zum Erfassen der Umgebung und/oder der Oberfläche des Gleiswegs. 30
32. Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die digitale Bilderfassungsvorrichtung (60, 61; 50-52) ausgebildet ist, um 35
- die Fahrdrasteinrichtungen oder Teile der Fahrdrasteinrichtungen des Gleiswegs,
  - die Oberfläche und der Fahrkantenbereich beider Schienenstränge des Gleiswegs und/oder
  - die Oberfläche der Schwellen (51) und/oder einer festen Fahrbahntrasse aufzuzeichnen. 40
33. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 22-32,  
**gekennzeichnet durch** eine digitale Bilderfassungsvorrichtung (51), die ausgebildet ist, um die Befestigungselemente der Schienen an den Schwellen aufzuzeichnen und **durch** eine digitale Datenauswertungsvorrichtung zum Prüfen der Befestigungselemente auf Vorhandensein und richtige Lage. 45 50
34. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 24, 30 und/oder 31,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die Antennenvorrichtung, die digitale Bilderfassungsvorrichtung und/ 55

oder die Laserabtastrvorrichtung zum Untersuchen der Wandung eines Tunnels ausgebildet ist.

35. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 24 oder 31,  
**gekennzeichnet durch** eine digitale Datenauswertungsvorrichtung zum Analysieren der mit der Antennenvorrichtung und/oder der digitalen Bilderfassungsvorrichtung gemessenen Daten und zum Identifizieren und Markieren von Schichtgrenzen und/oder Fehlstellen **durch** Vergleichen mit Referenzdaten und/oder **durch** Vergleichen der lokalen gemessenen Daten mit einem über einen bestimmten Umgebungsbereich gemittelten Daten und/oder **durch** Vergleichen benachbarter Daten oder Datenbereiche.
36. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 24, 30 und/oder 31,  
**gekennzeichnet durch**
- eine Speichervorrichtung zum Speichern eines mit der Antennenvorrichtung und/oder der digitalen Bilderfassungsvorrichtung und/oder der Laserabtastrvorrichtung zu einem ersten Zeitpunkt gemessenen ersten Datensatzes und
  - eine digitale Datenauswertungsvorrichtung zum Zuordnen der Daten des ersten und eines mit der Antennenvorrichtung und/oder der digitalen Bilderfassungsvorrichtung und/oder der Laserabtastrvorrichtung zu einem zweiten Zeitpunkt erfassten zweiten Datensatzes zu übereinstimmenden geographischen Positionen und zum Vergleichen des ersten und zweiten Datensatzes.
37. Vorrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die digitale Datenauswertungsvorrichtung zum Identifizieren und Markieren von Unterschieden im ersten und zweiten Datensatz ausgebildet ist.
38. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 22-37,  
**gekennzeichnet durch** eine digitale Datenverarbeitungsvorrichtung zum Einsortieren jeder automatisch oder manuell erkannten Fehlstelle in eine von mindestens zwei Gruppen (250), welche die zu ergreifenden Maßnahmen zur Behebung der Fehlstelle charakterisieren.
39. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 22-38,  
**gekennzeichnet durch** eine zentrale Datenspeichervorrichtung, in der die Messdaten der Radarvorrichtung, der Laserabtastrvorrichtung und/oder der Bilderfassungseinrichtung für einen Messbereich zusammengeführt werden und digitale Datenverar-

beitungsvorrichtung zum Bilden einer Messdatenaussage, die aus zumindest zweien dieser Datensätze zusammengesetzt ist.

40. Verwendung einer Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 22-39 zum Erfassen des Zustands von Deichbauten. 5
41. Verwendung einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 22-39 zum Erfassen des Zustands von Fahrwegen, insbesondere Strassen. 10

15

20

25

30

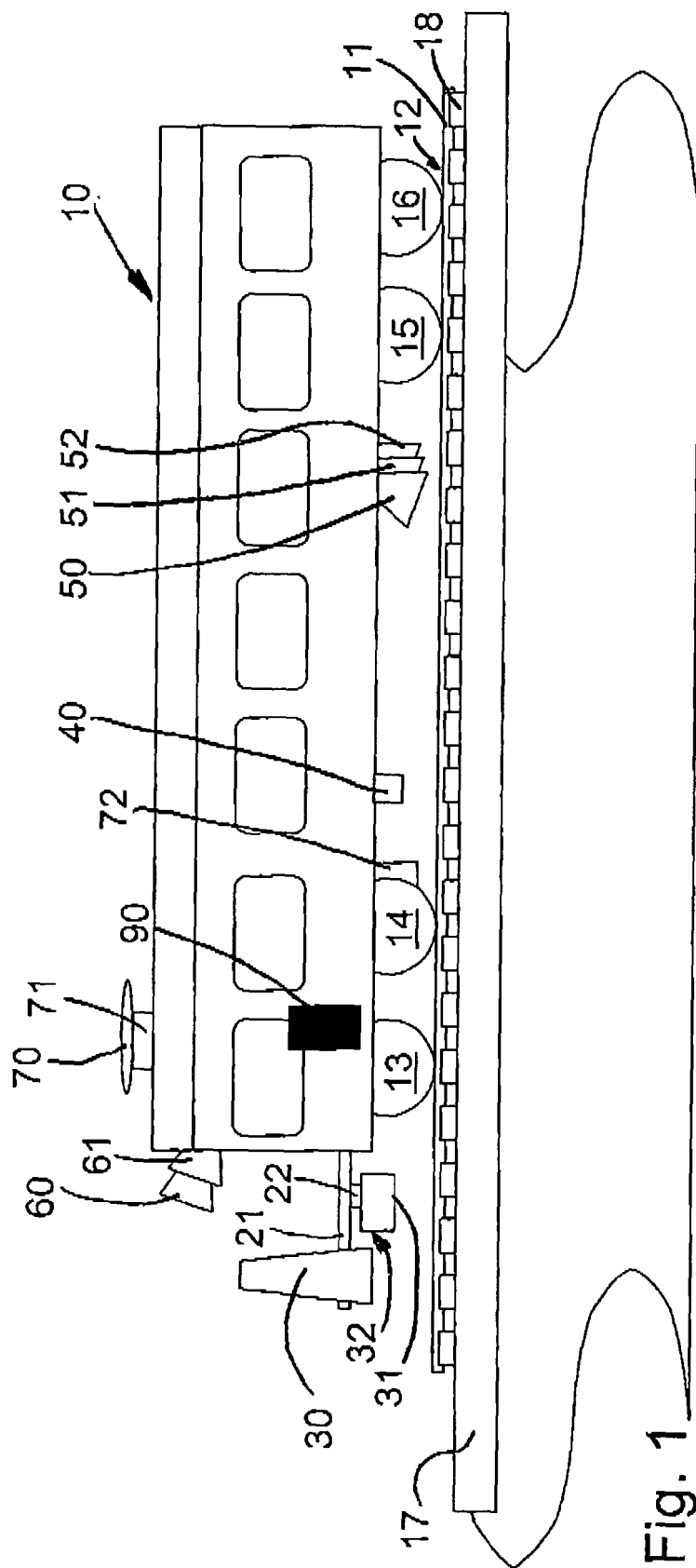
35

40

45

50

55



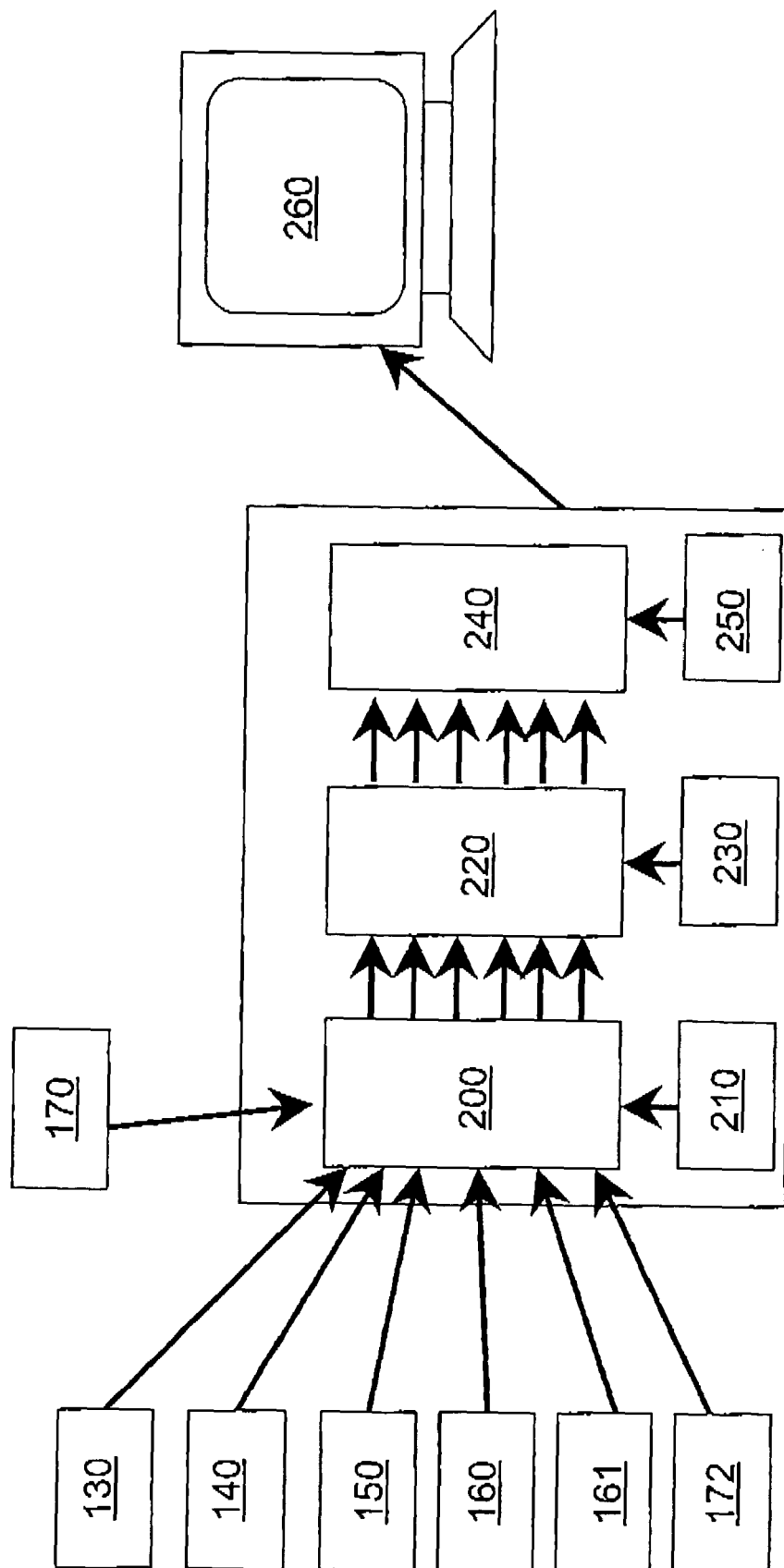


Fig. 2

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 1420113 A2 [0006]
- JP 2005062034 A [0007]
- EP 1120493 A3 [0008]
- WO 0190738 A2 [0009]
- DE 4340254 C2 [0010]