



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**05.04.2006 Patentblatt 2006/14**

(51) Int Cl.:  
**G01V 3/15 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **05021589.6**

(22) Anmeldetag: **04.10.2005**

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

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

(74) Vertreter: **Klinghardt, Jürgen**  
**Eisenführ, Speiser & Partner**  
**Patentanwälte Rechtsanwälte**  
**Postfach 10 60 78**  
**28060 Bremen (DE)**

(30) Priorität: **02.10.2004 DE 102004048168**

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

(54) **Landfahrzeug und Verfahren zum Vermessen des Oberbaus von Verkehrswegen**

(57) Die Erfindung betrifft ein Landfahrzeug zum Vermessen des Oberbaus von Schienenwegen, das für eine Bewegung entlang des Verkehrsweges ausgebildet ist, mit mindestens einem Georadarmesskopf 24 zum Aufnehmen von Georadarmessdaten. Zur Verbesserung der Vermessung ist vorgesehen, dass der Georadarmesskopf 24 mit einer Bewegungskomponente senkrecht zur Bewegungsrichtung des Landfahrzeugs 26, 29 bewegbar an diesem angebracht ist und das Landfahrzeug Antriebsmittel 22 zum Hin- und Herbewegen des Georadarmesskopfes 24 mit dieser Bewegungskomponente umfasst. Die Erfindung betrifft auch ein entsprechendes Verfahren.

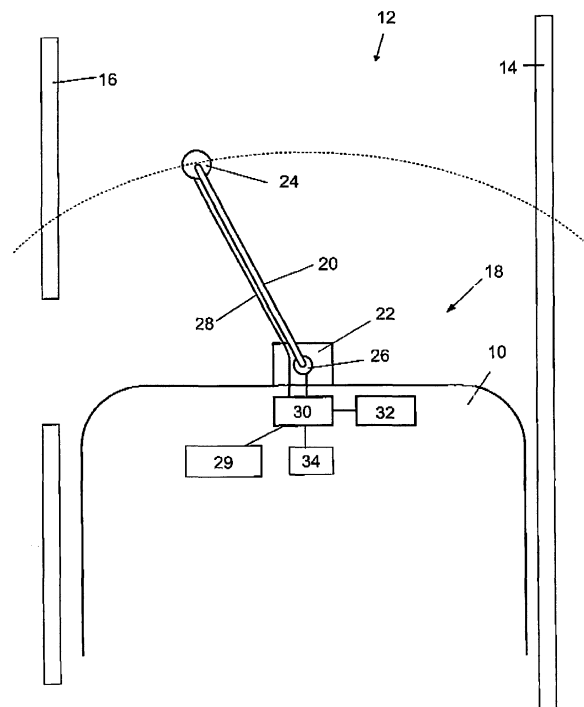


Fig. 1

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Landfahrzeug zum Vermessen des Oberbaus von Verkehrswegen, das für eine Bewegung entlang des Verkehrswegs ausgebildet ist, mit mindestens einem Georadarmesskopf zum Aufnehmen von Georadarmessdaten. Die Erfindung betrifft des Weiteren ein Verfahren zum Vermessen des Oberbaus von Verkehrswegen.

**[0002]** Derartige Landfahrzeuge werden beispielsweise zur Inspektion von Straßen oder Schienenwegen eingesetzt. Zu diesem Zweck ist an einem solchen Landfahrzeug ein Georadarmesskopf starr angebracht der während der Fahrt entlang des Verkehrswegs in regelmäßigen Abständen Georadarmesspunkte aufnimmt. Aus diesen so aufgenommenen Messpunkten wird anschließend ein Längstiefenprofil des Oberbaus ermittelt. Ein derartiges Längstiefenprofil gibt Auskunft über die im Oberbau des Verkehrswegs vorhandenen Schichtgrenzen in Längsrichtung an denen Radarwellen reflektiert werden und stellt folglich einen Schnitt durch den Oberbau des Verkehrswegs dar.

**[0003]** Aus einem Längstiefenprofil können Schädigungen des Oberbaus erkannt. Dazu werden Längstiefenprofile in der Regel von Spezialisten betrachtet und ausgewertet.

**[0004]** Als nachteilig hat sich herausgestellt, dass auf diese Art und Weise oftmals nur großflächige Schäden im Oberbau detektiert werden können.

**[0005]** Der Erfindung liegt daher das technische Problem zugrunde, ein verbessertes Landfahrzeug und ein verbessertes Verfahren zum Vermessen des Oberbaus von Verkehrswegen anzugeben.

**[0006]** Die Erfindung löst das Problem für ein Landfahrzeug der oben genannten Art dadurch, dass der Georadarmesskopf mit einer Bewegungskomponente senkrecht zur Bewegungsrichtung des Landfahrzeugs bewegbar an diesem angebracht ist und das Landfahrzeug Antriebsmittel zum Hin- und Herbewegen des Georadarmesskopfs mit dieser Bewegungskomponente umfasst.

**[0007]** Die Erfindung löst das Problem zudem durch ein Verfahren zum Vermessen des Oberbaus von Verkehrswegen unter Verwendung eines derartigen Landfahrzeugs umfassend die Schritte:

- Bewegen des Landfahrzeugs entlang des Verkehrswegs,
- Bewegen, insbesondere Schwenken, eines am Landfahrzeug beweglich angeordneten Georadarmesskopfs mit einer Bewegungskomponente senkrecht zur Bewegungsrichtung des Landfahrzeugs und
- Aufnehmen von Georadarmessdaten.

**[0008]** Unter einem Landfahrzeug wird dabei ein Fahrzeug verstanden, das sich aus eigener Kraft auf einem Verkehrsweg fortbewegen kann. Unter dem Vermessen

des Oberbaus von Verkehrswegen ist das Vermessen mittels Georadar zu verstehen.

**[0009]** Unter dem Oberbau eines Verkehrswegs werden die Bestandteile verstanden, die aus Material bestehen, das nicht zum anstehenden Erdkörper gehört. Im Straßenbau umfasst der Oberbau die Trag-, die Binder- und die Deckschicht. Im Schienenwegsbau umfasst der Oberbau die Planumsschutzschicht, gegebenenfalls eine Geotextilschicht und das Schotterbett bzw. die feste Fahrbahn, sowie das Gleis. Das Gleis umfasst die Schwellen, die Schienen und die Befestigung.

**[0010]** Vorteilhaft an der Erfindung ist, dass mit lediglich einem Georadarmesskopf sowohl ein Linientiefenprofil, als auch ein dreidimensionaler Graph erhalten werden können, der ein vollständiges, dreidimensionales Tiefenprofil darstellt. Hierzu wird der Georadarmesskopf durch die Antriebsmittel mit einer Bewegungskomponente senkrecht zur Bewegungsrichtung des Landfahrzeugs hin und her bewegt.

**[0011]** Ein dreidimensionaler Graph ist von Vorteil. Es hat sich nämlich gezeigt, dass Schädigungen im Oberbau von Verkehrswegen häufig nicht so groß sind, als dass sie durch Aufnahmen lediglich eines Linientiefenprofils erkannt werden könnten. Gerade kleinräumige Schädigungen des Oberbaus von Verkehrswegen sind jedoch häufig Ausgangspunkt für großflächige Schädigungen. Während kleinräumige Schädigungen, die bisher nicht oder nur schwer detektierbar sind, leicht und kostengünstig zu beheben sind, steigen die Kosten für die Behebung von großflächigen Schädigungen, wie sie mit Messverfahren nach dem Stand der Technik detektiert werden können, stark an. Je früher also eine Schädigung erkannt wird, desto geringer sind die Reparaturkosten für den Verkehrsweg.

**[0012]** Ein weiterer Vorteil ist, dass diese Erhöhung der Ortsauflösung mit technisch sehr einfachen Mitteln erreichbar ist.

**[0013]** In einer bevorzugten Ausführungsform weist das Landfahrzeug Mittel zum Ermitteln der Position des mindestens einen Georadarmesskopfs, insbesondere dessen Position relativ zum Landfahrzeug auf. Ein derartiges Mittel zum Ermitteln der Position ist beispielsweise ein direkt beim Georadarmesskopf angeordneter GPS-Empfänger (GPS, global positioning system). Dieser ermittelt die absolute Position des Georadarmesskopfs. Wird der Georadarmesskopf auf einer definierten Bahn relativ zum Landfahrzeug bewegt, so werden alternativ Mittel vorgesehen, welche die Position des Georadarmesskopfs auf dieser Bahn bestimmen. Aus Kenntnis der Lage der Bahn des Georadarmesskopfs relativ zum Landfahrzeug und der Position des Georadarmesskopfs auf dieser Bahn, sowie der absoluten Position des Landfahrzeugs ergibt sich auf einfach Art und Weise die absolute Position des Georadarmesskopfs. Die so ermittelte Position wird mit dem Messpunkt assoziiert der an der jeweiligen Position aufgenommen wird. Beide Daten werden gemeinsam abgespeichert.

**[0014]** In einer bevorzugten Ausführungsform ist ein

Georadarmesskopf an der Stirnseite des Landfahrzeugs angeordnet. Hierdurch ergibt sich eine besonders schmale Bauform des Landfahrzeugs.

**[0015]** Bevorzugt ist der Georadarmesskopf schwenkbar am Landfahrzeug angeordnet. Eine derartige Anordnung ist mit technisch einfachen Mitteln zu realisieren. Zudem ist die Positionsbestimmung des Georadarmesskopfs relativ zum Landfahrzeug technisch einfach durch Vorsehen eines Winkelmessers zu bewerkstelligen, der den Schwenkwinkel misst.

**[0016]** In einer alternativen bevorzugten Ausführungsform ist der Georadarmesskopf gradlinig bewegbar angeordnet. Das wird beispielsweise durch einen Gewindespindel-Mutter-Antrieb realisiert. In einer alternativen Bauform wird der Georadarmesskopf in einer gradlinigen Schiene geführt; an den Enden der gradlinigen Schiene befindet sich jeweils eine Vorrichtung zum Aufbringen eines elastischen Stoßes auf den Georadarmesskopf, aufgrund dessen sich die Bewegungsrichtung des Georadarmesskopfs umkehrt, vergleichbar der Bewegung eines Schiffchens in einer Webmaschine. In einer weiteren Alternative wird ein Linearmotor eingesetzt. Dieser bietet den Vorteil einer hohen Beschleunigung bei gleichzeitiger genauer Positionskontrolle.

**[0017]** In einer weiteren alternativen Ausführungsform ist der Georadarmesskopf relativ zum Landfahrzeug auf einer Kreisbahn, auf einer Kreisabschnittsbahn oder einer Bahn bewegbar, die einer mit ihren Schlaufen senkrecht zur Fahrtrichtung liegenden Acht entspricht. Vorteilhaft an einer Kreisbahn ist, dass der Georadarmesskopf mit einer zeitlich konstanten Beschleunigung beaufschlagt ist.

**[0018]** Vorzugsweise ist der Georadarmesskopf so angeordnet, dass beim Bewegen des Georadarmesskopfs die Lage der Polarisierungsebene des elektrischen Felds der Georadarwellen relativ zur Bewegungsrichtung des Landfahrzeugs und/oder relativ zum Horizont konstant bleibt. Metallische Gegenstände reflektieren die Radarwellen annähernd vollständig und führen zu einem besonders starken Messsignal. Dieses Messsignal kann unter Umständen das eigentlich zu messende Signal verfälschen. Die Stärke dieses Messsignals hängt davon ab, unter welchem Winkel der Feldvektor des elektrischen Felds auf eine Oberfläche des sprechenden metallischen Gegenstands fällt. Beim Bau von Verkehrswegen, insbesondere im Gleisbau, weisen die verwendeten metallischen Komponenten in der Regel Kanten auf, die entweder senkrecht oder aber parallel zum Verlauf des Verkehrswegs bzw. der Schienen verlaufen. Wird nun die Polarisierungsebene des elektrischen Feldes der Georadarwellen relativ zur Bewegungsrichtung des Landfahrzeugs konstant gehalten, so ergeben sich für gleiche metallische Bauteile stets die gleichen Reflexionsmuster. Hierdurch wird die Auswertung der Messdaten erleichtert.

**[0019]** Sofern es sich beim Verkehrsweg um einen Schienenweg handelt, ist es günstig, die Lage des Feldvektors des elektrischen Felds so zu wählen, dass dieser

unter einem Winkel auf die Schienen bzw. die Schwellen auftrifft, der um mehr als  $5^\circ$  von der Senkrechten auf die Schienen bzw. Schwellen abweicht.

**[0020]** In einer bevorzugten Ausführungsform ist das Landfahrzeug ein Schienenfahrzeug zum Vermessen des Oberbaus von Schienenwegen, das für eine Bewegung entlang eines Schienenwegs ausgebildet ist. Aufgrund der hohen Flächenpressungen, die vom Oberbau von Schienenwegen aufgenommen werden müssen, werden Schienenwege besonders überwacht. Entsprechend ist die Vermessung von Schienenwegen mittels Georadar besonders wichtig.

**[0021]** Bevorzugterweise weist ein derartiges Schienenfahrzeug mindestens ein Aufnahmeelement für die Georadarmessköpfe bzw. den Georadarmesskopf, mindestens einen Sensor zum Erkennen von Körpern in der Umgebung der Aufnahme und Mittel zum Nachführen der mindestens einen Aufnahmeelement auf, so dass weder Aufnahmeelement noch Georadarmesskopf das Lichtraumprofil des Schienenfahrzeugs verlassen. Das Lichtraumprofil ist die größte zulässige Ausdehnung eines Schienenfahrzeugs in Höhe und Breite, mit der es sich sicher innerhalb des Regellichtraums bewegen kann. Durch die Mittel zum Nachführen der mindestens einen Halterung wird sichergestellt, dass weder Halterung, noch Georadarmesskopf mit Körpern außerhalb des Regellichtraumprofils kollidieren.

**[0022]** Bevorzugterweise ist das Landfahrzeug eine Planumsverbesserungsmaschine zum Sanieren und/oder Erneuern von Schottererschicht und/oder Planumschutzschicht. Eine derartige Planumsverbesserungsmaschine ist ein Bauzug zum Austauschen bzw. Sanieren des Oberbaus eines Schienenwegs in einem kontinuierlichen Verfahren. Ein in Fahrtrichtung vom befindlichen Ende der Planumsverbesserungsmaschine läuft dabei auf Schienen, die noch im alten Oberbau gebettet sind, wohingegen das in Fahrtrichtung hinten liegende, zweite Ende bereits auf Schienen läuft, die im neuen, sanierten Oberbau gebettet sind.

**[0023]** Zwischen beiden Enden der Planumsverbesserungsmaschine befinden sich Vorrichtungen zum Sanieren des Oberbaus, Zunächst ist eine Schotteraushubkettenanlage vorgesehen, mit deren Hilfe der Schotter einer Schottererschicht unter den Schwellen abgezogen wird. Damit die Schienen aufgrund der nunmehr fehlenden Unterstützung nicht durchhängen, werden sie durch eine spezielle Haltevorrichtung gehalten. In Fahrtrichtung der Planumsverbesserungsmaschine hinter der Schotteraushubkettenanlage befindet sich eine Planumsaushubanlage die mittels einer Planumsaushubkette die Planumsschutzschicht abzieht. Die abgezogene Planumsschutzschicht wird, wie auch der Schotter, entweder recycelt oder entsorgt. In Fahrtrichtung hinter den beiden oben genannten Aggregaten befindet sich ein Erdplanumsverdichter, der den anstehenden Erdkörper verdichtet. In Fahrtrichtung hinter dem Erdplanumsverdichter befindet sich eine Planumsschutzschicht-Einbringvorrichtung, mit deren Hilfe eine neue Planums-

schuttschicht eingebracht wird.

**[0024]** In einer bevorzugten Ausführungsform weist das Schienenfahrzeug Mittel zum Ermitteln des Verschmutzungshorizonts der Schotterschicht aus den Georadarmessdaten auf. Der Verschmutzungshorizont des Schotterbetts eines Schienenwegs ist die Grenze zwischen verschmutztem und nicht verschmutztem Schotter. Der Schotter wird dabei durch Feinkornmaterial verschmutzt, das aus der unter der Schotterschicht liegenden Schicht, beispielsweise der Planumsschutzschicht, in die Schotterschicht aufsteigt. Liegt der Verschmutzungshorizont zu hoch, ist eine sichere Ableitung der Kräfte die auf die Schienen wirken, nicht mehr gewährleistet. Aus diesem Grund stellt der Verschmutzungshorizont einen wichtigen Parameter bei der Vermessung von Schienenwegen dar. Der Verschmutzungshorizont wird von den Mitteln zum Ermitteln des Verschmutzungshorizonts aus den Georadarmessdaten durch Mustererkennung ermittelt. Eine derartige Mustererkennung beruht beispielsweise auf einer Schwellenwertanalyse oder wird mittels neuronaler Netze durchgeführt.

**[0025]** Die Mittel zum Ermitteln des Verschmutzungshorizonts sind dabei so ausgebildet, dass sie beispielsweise die Amplituden der reflektierten Georadarwellen auswerten. An Grenzflächen ist die Reflexion von Georadarwellen besonders stark, es ergibt sich somit eine hohe Amplitude, d.h. eine hohe gemessene Feldstärke der reflektierten Georadarwelle. Dazu ist im Mittel zum Ermitteln des Verschmutzungshorizonts ein in Vorversuchen ermittelter Wert für eine Amplitude abgelegt, ab der vom Vorliegen einer Grenzflächen ausgegangen wird. Überschreitet die Amplitude der reflektierten Georadarwellen diesen Schwellenwert, so wird davon ausgegangen, dass eine Reflexion an einer Grenzfläche stattgefunden hat. Aufgrund der Laufzeit der reflektierten Georadarwelle berechnet das Mittel zum Ermitteln des Verschmutzungshorizonts, in welcher Tiefe sich die Grenzfläche befindet. Durch Georadarmessungen an mehreren Stellen wird eine Abbildung, beispielsweise in Form einer flächigen Darstellung dieser Grenzfläche im Oberbau erhalten und gegebenenfalls ausgegeben. Als Verschmutzungshorizont wird dabei beispielsweise die höchstliegende Grenzfläche innerhalb des Schotterbetts gewählt. Unterhalb dieses Verschmutzungshorizonts liegt die Konzentration an Verunreinigungen oberhalb eines vorgewählten Werts. Optional ist das Mittel zum Ermitteln des Verschmutzungshorizonts so ausgebildet, dass ein elektrisches Signal abgegeben wird, sobald der Verschmutzungshorizont eine voreingestellte Tiefe überschreitet

**[0026]** Alternativ wird im Mittel zum Ermitteln des Verschmutzungshorizonts ein neuronales Netz eingesetzt. Dem neuronalen Netz werden die Amplituden der reflektierten Georadarmesswerte einer Vielzahl von Georadarmessungen eingespeist. Das neuronale Netz ist trainiert. Ein trainiertes neuronales Netz wird hergestellt, indem eine in der Analyse von durch Georadarmessung erfahrene Person aus Georadarmessdaten den Verschmut-

zungshorizont ermittelt und dieses Ergebnis mit den Berechnungsergebnissen des neuronalen Netzes abgleicht. Dieses Training des neuronalen Netzes erfolgt beispielsweise nach dem Backpropagation-Algorithmus.

**[0027]** Der Einsatz der Mittel zum Ermitteln des Verschmutzungshorizonts ist nicht auf Schienenfahrzeuge beschränkt. Wenn es sich beim Landfahrzeug beispielsweise um ein Fahrzeug zur Inspektion von Straßen handelt, so weist ein derartiges Landfahrzeug bevorzugt ebenfalls Mittel auf, die wie die oben beschriebenen Mittel zum Ermitteln des Verschmutzungshorizonts ausgebildet sind und Schichtgrenzen im Oberbau der Straße detektieren.

**[0028]** Bevorzugt ist ein Landfahrzeug, bei dem der Georadarmesskopf ausgebildet ist zum:

- Senden von aufeinander folgenden Georadarwellenimpulsen,
- Empfangen von reflektierten Georadarwellenimpulsen und
- Messen der Feldstärke der reflektierten Georadarwellenimpulsen zu unterschiedlichen, vorzugsweise zeitlich äquidistant zueinander liegenden, Zeitpunkten nach Senden des jeweiligen Georadarwellenimpulses

**[0029]** Zum Senden von aufeinander folgenden Georadarwellenimpulsen wird beispielsweise ein Radarsender verwendet, der von einer Steuereinheit angesteuert wird. Die Steuereinheit umfasst beispielsweise einen one-shot-Generator. Zum Empfangen von reflektierten Georadarwellenimpulsen wird eine Antenne eingesetzt, die vorzugsweise Bestandteil des Georadarmesskopfs ist, und die mit einer Auswerteeinheit verbunden ist. Zum Messen der Feldstärke der reflektierten Georadarwellenimpulsen zu unterschiedlichen, vorzugsweise zeitlich äquidistant zueinander liegenden Zeitpunkten nach Senden des jeweiligen Georadarwellenimpulses ist diese Auswerteeinheit mit der Steuereinheit zum Ansteuern des Radarsenders verbunden. Die Auswerteeinheit umfasst dabei eine Verzögerungsschaltung, die nach Eintreffen eines Signals von der Steuereinheit zum Ansteuern des Radarsenders, dass ein Georadarwellenimpuls abgegeben wurde, eine vorgegebene Zeit wartet und anschließend die Feldstärke der reflektierten Georadarwellenimpulse misst.

**[0030]** Besonders bevorzugt ist ein Landfahrzeug, bei dem der Georadarmesskopf ausgebildet ist, um Georadarwellenimpulse zu senden, die eine Pulsdauer von unter 20 ns, insbesondere unter 3 ns haben. Hierzu wird beispielsweise eine one-shot-Schaltung eingesetzt, siehe dazu unten.

**[0031]** Bevorzugt ist ein erfindungsgemäßes Verfahren mit den zusätzlichen Schritten:

- Ermitteln von Positionsdaten des Georadarmesskopfs und
- Aufzeichnen der Georadarmessdaten zusammen

mit den assoziierten Positionsdaten der Georadarmessung.

**[0032]** Vorzugsweise wird der Georadarmesskopf so bewegt, dass die erhaltenen Georadarmessdaten eine Ortsauflösung von unter 100 cm, insbesondere unter 50 cm, insbesondere unter 30 cm aufweisen. Die genannten Ortsauflösungen stellen einen Kompromiss zwischen einer möglichst hohen Ortsauflösung und einer möglichst geringen Datenrate dar. Wird das Verfahren zur Vermessung von Straßen eingesetzt, so wird bevorzugt eine Auflösung von 20 cm in Querrichtung der zu untersuchenden Straße gewählt. Bei einer Breiten der Straße von 2,20 m ergeben sich so 11 bis 12 Längstiefenprofile der Straße. Für eine besonders hochauflösende Vermessung einer Straße werden die Messpunkte in Längsrichtung mit einem Abstand von deutlich unter 1 Meter gewählt.

**[0033]** Bevorzugt ist ein Verfahren, bei dem das Aufnehmen von Georadarmessdaten die folgenden Schritte umfasst:

- Senden von aufeinander folgenden Georadarwellenimpulsen,
- Empfangen von reflektierten Georadarwellenimpulsen und
- Messen der Feldstärke der reflektierten Georadarwellenimpulse zu unterschiedlichen, vorzugsweise zeitlich äquidistant zueinander liegenden, Zeitpunkten nach Senden des jeweiligen Georadarwellenimpulses.

**[0034]** Die aufeinander folgenden Georadarwellenimpulse werden dabei vorzugsweise in einem festen zeitlichen Abstand voneinander abgestrahlt. Die Frequenz, mit der die Georadarwellenimpulse abgestrahlt werden ist die Impulsfolgefrequenz. Kurze Georadarwellenimpulse werden erzeugt, indem kurze elektrische Impulse, die beispielsweise durch eine one-shot-Schaltung erzeugt werden, auf einen Radarsender gegeben werden. Je kürzer die Georadarwellenimpulse sind, desto höher ist die Ortsauflösung in der Tiefe.

**[0035]** Die reflektierten Georadarwellenimpulsen werden durch eine Antenne empfangen, die vorzugsweise Teil des Georadarmesskopfs ist. An diese Antenne ist eine elektronische Auswerteschaltung angeschlossen. Diese Auswerteschaltung ermittelt die Feldstärke der reflektierten Georadarwellenimpulse zu unterschiedlichen, vorzugsweise zeitlich äquidistant zueinander liegenden, Zeitpunkten nach Senden des jeweiligen Georadarwellenimpulses. Hierzu wird von der Auswerteschaltung der zeitliche Abstand von dem vorangegangenen kurzen elektrischen Impuls ermittelt. Dazu empfängt die Auswerteschaltung vorzugsweise ein elektrisches Signal der one-shot-Steuerung. Nach Ablauf einer festgelegten Zeit wird dann die Feldstärke des reflektierten Georadarwellenimpulses gemessen. Zeitlich äquidistant zueinander liegende Zeitpunkte werden dadurch erhalten, dass die Auswerteschaltung zu Zeitpunkten nach Erzeugung der

kurzen elektrischen Impulse die Feldstärke misst, deren zeitlicher Abstand voneinander konstant ist. Wenn die reflektierten Georadarwellenimpulse alle gleich sind, beispielsweise, weil sich Georadarmesskopf zwischen zwei dem Senden von zwei aufeinander folgenden Georadarwellenimpulsen nicht bewegt hat, so wird durch das beschriebene Vorgehen ein wenig aufwendiges Abtasten (Sampling) der reflektierten Georadarwellenimpulse erreicht.

**[0036]** Vorzugsweise haben die Georadarwellenimpulse eine Pulsdauer von unter 20 ns, insbesondere unter 3 ns. Entsprechend haben auch die kurzen elektrischen Impulse, die auf den Radarsender gegeben werden, eine Pulsdauer von unter 20 ns, insbesondere unter 3 ns.

**[0037]** Vorzugsweise wird ein gepulstes Georadar mit einer Impulsfolgefrequenz von 100 kHz bis 400 kHz eingesetzt, das heißt, dass die Georadarwellenimpulse mit einer Impulsfolgefrequenz von 100 kHz bis 400 kHz gesendet werden.

**[0038]** Bevorzugt ist ein Verfahren, das zum Vermessen eines Schienenwegs eingesetzt wird, dessen Oberbau eine Schotterschicht aufweist, bei dem aus den durch Vermessen des Gleisbetts mittels Georadar erhaltenen Daten der Gleisbettquerschnitt und aus diesen Gleisbettquerschnitt durch Integration das Volumen von Schotterschicht und gegebenenfalls der Planumsschutzschicht berechnet wird.

**[0039]** Bevorzugt ist zudem ein Landfahrzeug mit Mitteln zum Durchführen eines der oben genannten Verfahren.

**[0040]** Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt

Figur 1 ein Straßenfahrzeug gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung in einer schematisierten Draufsicht,

Figur 2 ein Schienenfahrzeug gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung in einer schematisierten Draufsicht,

Figur 3 ein Landfahrzeug gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung in einer schematisierten Draufsicht,

Figur 4 eine schematisierte Darstellung der zur Erzeugung von Georadarwellenimpulsen verwendeten elektrischen Impulse und der vom Georadarmesskopf aufgenommenen reflektierten Georadarwellenimpulse bei Ausführung eines Verfahrens gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung und

Figur 5 den schematisierten Pfad, den ein Georadarmesskopf bei Ausführung eines Verfahrens gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung relativ zum Verkehrsweg zurücklegt, mit Messpunkten.

**[0041]** Figur 1 zeigt ein Straßenfahrzeug 10 zum Ver-

messen des Oberbaus einer Straße 12. Die Straße 12 weist auf der in Figur 1 rechten Seite eine rechte Fahrbahnmarkierung 14 und auf der linken Seite eine linke Fahrbahnmarkierung 16 auf. Das Straßenfahrzeug 10 umfasst vier, hier nicht eingezeichnete Räder, die von einem ebenfalls nicht eingezeichneten Motor angetrieben werden. Zwei der Räder sind lenkbar, so dass das Landfahrzeug 11 auch auf kurvigen Straßen bewegt werden kann. In Fahrtrichtung des Straßenfahrzeugs 10 vorne weist das Straßenfahrzeug 10 eine Stirnseite 18 auf. An der Stirnseite 18 ist in Verlängerung der Längsachse des Straßenfahrzeugs 10 ein Aufnahmeelement 20 angeordnet, das von einem Motor 22 in eine Schwenkbewegung versetzt werden kann. Alternativ ist das Aufnahmeelement 20 am Heck des Straßenfahrzeugs 10 angeordnet.

**[0042]** Ein am freien Ende des Aufnahmeelements 20 angeordneter Georadarmesskopf 24 beschreibt dabei eine Bahn, die in Figur 1 gestrichelt eingezeichnet ist. Das Aufnahmeelement 20 ist dabei so an der Stirnseite 18 befestigt, dass der Georadarmesskopf 24 in der Lage ist, die volle Breite einer Fahrspur zwischen der rechten Fahrbahnmarkierung 14 und der linken Fahrbahnmarkierung 16 zu überstreichen. Der Schwenkwinkel, um den das Aufnahmeelement 20 gegenüber der Stirnseite 18 verschwenkt ist, wird von einem Positionssensor 26 gemessen.

**[0043]** Die vom Georadarmesskopf 24 aufgenommenen Georadarmessdaten werden über ein Kabel 28 an eine zentrale Steuerung 30 geleitet, die diese verarbeitet und in einem Speicher 32 ablegt. Die zentrale Steuerung 30 gibt zudem einen Triggerimpuls an den Georadarmesskopf 24 ab, wenn der Positionssensor 26 einen Wert für den Schwenkwinkel misst, der in einem voreingestellten Intervall liegt. Aufgrund dieses Triggerimpulses nimmt der Georadarmesskopf 24 einen Messpunkt auf.

**[0044]** Der Georadarmesskopf 24 umfasst eine Steuereinheit, die in regelmäßigen Zeitabständen oder nach Empfang eines Triggerimpulses von der zentralen Steuerung 30 einen Radarsender ansteuert. Hierdurch gibt der Radarsender, der ebenfalls Teil des Georadarmesskopfs 24 ist, eine Georadarwelle ab, wie unten bei der Beschreibung von Figur 4 näher erläutert ist.

**[0045]** Zur Erfassung der absoluten Position des Straßenfahrzeugs 10 ist an diesem ein GPS-Empfänger 29 angeordnet. Immer dann, wenn der Georadarmesskopf 24 einen Messpunkt aufnimmt, wird die absolute Position des Landfahrzeugs 10 durch den GPS-Empfänger bestimmt. Die so erhaltene Position wird an die zentrale Steuerung 30 übermittelt. Alternativ zu einer Positionsbestimmung mittels GPS-Empfängers werden die Messdaten des fahrzeugeigenen Tachometers zur Positionsbestimmung eingesetzt.

**[0046]** Die zentrale Steuerung 30 erfasst die gemessenen Georadarmessdaten und die vom GPS-Empfänger aufgenommenen Positionsdaten, sowie den vom Positionssensor 26 gemessenen Schwenkwinkel und er-

rechnet aus den beiden Letzteren zunächst die absolute Position des Georadarmesskopfs. Aus den Georadarmessdaten und den mit diesen assoziierten, absoluten Positionsdaten erstellt die zentrale Steuerung 30 einen dreidimensionalen Graphen des Oberbaus des Verkehrswegs.

**[0047]** Dieser dreidimensionale Graph wird durch ein Mustererkennungsverfahren auf mögliche Schädigungen des Oberbaus hin untersucht. Derartige Mustererkennungsverfahren sind beispielsweise eine Schwellwertanalyse oder die Analyse mittels neuronale Netze. Wird eine Schädigung des Oberbaus von der zentralen Steuerung 30 erkannt, so gibt diese über einen Lautsprecher 34 eine akustische Meldung aus. Alternativ zur Ausgabe eines Tonsignals wird ein Lichtsignal abgegeben. Ebenfalls alternativ ist vorgesehen, dass die zentrale Steuerung 30 eine elektrische Meldung an ein weiteres Aggregat abgibt oder einen Drucker zum Ausdruck einer entsprechenden Meldung ansteuert.

**[0048]** Nach Ende einer Messfahrt mit dem Landfahrzeug werden die im Speicher 32 gespeicherten Daten über eine nicht eingezeichnete Schnittstelle auf einen externen Rechner zu weiteren Bearbeitung übertragen.

**[0049]** Figur 2 zeigt ein Schienenfahrzeug 36, das auf zwei Schienen 38, 40 läuft, die durch Schwellen 42 verbunden sind. Das Schienenfahrzeug 36 weist entsprechende Bauteile wie das Straßenfahrzeug 10 auf. Um eine Wiederholung zu vermeiden wird daher hierauf nicht weiter eingegangen.

**[0050]** Auf der Bahnseite des Schienenfahrzeugs 36, in Figur 2 also auf der linken Seite, ist ein Fächerlasersensor 43 angebracht. Dieser Fächerlasersensor scannt den Arbeitsbereich des Georadarmesskopfs 24 nach Hindernissen ab. Sobald ein Hindernis erkannt wird, wird ein Signal an die zentrale Steuerung 30 gesendet, woraufhin diese das Aufnahmeelement 20 so verschwenkt, dass es zu keiner Kollision des Georadarmesskopfs 24 mit dem erkannten Hindernis kommt. Alternativ wird die Schwenkbewegung des Aufnahmeelements 20 durch die zentrale Steuerung 30 gestoppt.

**[0051]** Aus den Georadarmessdaten wird in der zentralen Steuerung 30 des Schienenfahrzeugs ein dreidimensionaler Graph des Oberbaus errechnet. Aus diesem Graphen wird durch die oben beschriebenen Mustererkennungsverfahren auch der Verschmutzungshorizont bestimmt. Der Verschmutzungshorizont ist das Tiefniveau, unterhalb dessen das Schotterbett des Oberbaus beispielsweise durch Feinkornmaterial so verschmutzt ist, dass der Anteil an verschmutzendem Material einen voreingestellten Wert übersteigt, und oberhalb dessen der Feinkornanteil so verschmutzt ist, dass Anteil an verschmutzendem Material den voreingestellten Wert unterschreitet. Der Verschmutzungshorizont ist ein wichtiger Parameter bei der Beurteilung des Oberbaus von Schienenwegen.

**[0052]** Figur 3 zeigt eine alternative Ausführungsform der Anbringung eines Georadarmesskopfs 24 an einem Landfahrzeug. An der Stirnseite 18 ist über zwei Lager

44, 46 eine Gewindestange 48 durch einen Motor 50 antreibbar gelagert. Die Gewindestange 48 durchsetzt eine Mutter 52, an welcher der Georadarmesskopf 24 befestigt ist. Durch Drehen der Gewindestange 48 im bzw. gegen den Uhrzeigersinn wird der Georadarmesskopf 24 nach links bzw. rechts bewegt.

**[0053]** Die vom Georadarmesskopf 24 aufgenommenen Messdaten werden über das Kabel 28 an die zentrale Steuerung 30 weitergeleitet, die diese Daten wiederum in den Speicher 32 schreibt. Die zentrale Steuerung 30 steuert den Motor 50 so an, dass der Georadarmesskopf 24 sich entlang der Gewindestange 48 hin und her bewegt. Die Position des Georadarmesskopfs 24 auf der Gewindestange 48 wird dabei von einem nicht eingezeichneten Positionssensor 26 registriert, der diese Position an die zentrale Steuerung 30 weiterleitet.

**[0054]** In einer alternativen Ausführungsform ist anstelle des Gewindespindel-Mutter-Antriebs ein Lineardirektantrieb vorgesehen. Derartige Lineardirektantriebe zeichnen sich durch eine hohe Beschleunigung bei gleichzeitiger präziser Positionskontrolle aus, so dass diese Bauform besonders geeignet ist, wenn für eine hohe Ortsauflösung der Georadarmesskopf 24 schnell bzw. mit einer hohen Beschleunigung bewegt werden muss.

**[0055]** Durch die lineare Bewegung des Georadarmesskopfs wird gewährleistet, dass die Polarisationsebene des elektrischen Felds der Georadarwellen bei Georadarmessfahrten des Landfahrzeugs relativ zu dessen Bewegungsrichtung nicht ändert. Bei einem Landfahrzeug wie in Figur 1 ist dazu optional eine mechanische Komponente vorgesehen, welche die sich ändernde Neigung des Aufnahmeelements 20 gegen die Stirnseite 18 kompensiert.

**[0056]** Figur 4 zeigt im oberen Diagramm schematisch über der Zeit  $t$  aufgetragene, kurze elektrische Impulse 41a, 41b, 41c, ..., die von der Steuereinheit des Georadarmesskopfs (24) erzeugt und an den Radarsender des Georadarmesskopfs (24) abgegeben werden. Die zeitliche Länge  $t_1$  dieser kurzen elektrischen Impulse 41a, 41b, 41c mit einer vorgegebenen Spannung  $U$  beträgt ca. 2 ns. Diese Impulse werden durch eine one-shot-Schaltung innerhalb der Steuereinheit erzeugt. Eine derartige one-shot-Schaltung umfasst beispielsweise eine Schottky-Diode.

**[0057]** Die Steuereinheit gibt in regelmäßigen Zeitabständen oder nach Empfang eines Triggerimpulses von der zentralen Steuerung 30 in einem gleichbleibenden zeitlichen Abstand von  $t_2$  derartige kurze elektrische Impulse 41 a, 41 b, 41 c ab. Der Radarsender erzeugt aufgrund dieser kurzen elektrischen Impulse entsprechende Georadarwellenimpulse und strahlt diese ab. Der zeitliche Abstand  $t_2$  liegt bei etwa 2,5  $\mu$ s bis 10  $\mu$ s.

**[0058]** So abgestrahlte Georadarwellenimpulse dringen in den Oberbau des Verkehrswegs ein und werden an Grenzflächen reflektiert. Wenn es sich beim Verkehrsweg um einen Schienenweg handelt, findet die Reflexion beispielsweise an der Grenzfläche von Schotterschicht zu Planumsschutzschicht statt. Ein Teil der reflektierten

Georadarwellenimpulse gelangt an eine Antenne, die Teil des Georadarmesskopfes (24) ist, und wird dort registriert. In Figur 4 sind schematisch von der Antenne aufgenommene, reflektierte Georadarwellenimpulse 37a, 37b, 37c gezeigt.

**[0059]** Um eine Digitalisierung der von der Antenne aufgenommenen Messwerte zu erleichtern, werden Stützstellen für die Digitalisierung an aufeinander folgenden reflektierten Georadarwellenimpulsen aufgenommen: So wird der erste Sampling-Punkt  $t_{s1}$  am Radarwellenzug 37a aufgenommen, der nachfolgende, zweite Sampling-Punkt  $t_{s1}$  am zweiten Radarwellenzug 37b, und so fort. Insgesamt werden so vorzugsweise 1024 Sampling-Punkte aufgenommen. Die Samplingzeit  $t_s$ , also die Zeit, die vergehen würde, wenn an nur einem Radarwellenzug alle Sampling-Punkte aufgenommen werden würden, liegt je nach Anwendung zwischen 5 ns und 200 ns.

**[0060]** Diese Art des Samplings (d.h. der Abtastung der registrierten reflektierten Georadarwellenimpulse) führt zu keinem gravierenden Fehler gegenüber einem Sampling nur eines einzigen reflektierten Radarwellenzugs, da der Weg, den der Georadarmesskopf in der Zeit, in der im Beispiel 1024 Sampling-Punkte aufgenommen werden, so klein ist, dass sich die Reflexionseigenschaften des Bodens in guter Näherung nicht geändert haben. Durch die oben beschriebene Art des Samplings wird jedoch erreicht, dass für das Sampling kostengünstigere Bauteile verwendbar sind. Die so durch das Sampling erhaltenen Georadarmessdaten, die einen Georadarmesspunkt darstellen, werden an die zentrale Steuerung 30 übermittelt und dort weiter verarbeitet und/oder im Speicher 32 abgelegt.

**[0061]** Figur 5 zeigt den Pfad, den der Georadarmesskopf 24 bei Einsatz eines Landfahrzeugs nach Figur 3 relativ zum Erdboden zurücklegt. Durch die Überlagerung einer im Wesentlichen gleichförmigen Geradeausbewegung des Landfahrzeugs und einer sinusförmigen Hin- und Herbewegungen des Georadarmesskopfs 24 an der Gewindestange 48 ergibt sich ein sinusförmiger Verlauf einer Georadarmessbahn 54. Ein ähnlicher Verlauf ergibt sich bei den Landfahrzeugen nach den Figuren 1 oder 2 durch eine Schwenkbewegung an einem relativ langem Arm, das heißt um einen kleinen Schwenkwinkel.

**[0062]** Aus der Überlagerung dieser Schwenkbewegung mit einer Geradeausbewegung des Landfahrzeugs folgt ein quasi sinusförmiger Verlauf der Georadarmesskopf-bahn 54. Durch Anbringen des Aufnahmeelements 20 an einer Stelle der Stirnseite 18, die weit von der Längsachse des Landfahrzeugs entfernt ist oder dadurch, dass die Gewindestange 48 nicht parallel zur Stirnseite verläuft, sondern um einen Winkel in Fahrtrichtung gegen diese geneigt ist, wird erreicht, dass die Georadarmesskopf-bahn abschnittsweise senkrecht zu der rechten bzw. linken Fahrbahnmarkierung 14 bzw. 16 oder entsprechend senkrecht zu den Schienen 38, 40 verläuft. Aus so aufgenommenen Georadarmessdaten

wird besonders einfach ein Querprofil des Oberbaus des Verkehrswegs errechnet.

**[0063]** Die Geschwindigkeit des Landfahrzeugs bzw. die Schwenkgeschwindigkeit des Aufnahmeelements 20 wird so gewählt, dass der Abstand X zweier entsprechender Messpunkte in Bewegungsrichtung des Landfahrzeugs für hochgenauer Untersuchungen bei ca 5 cm liegt. Für großflächige Untersuchungen, beispielsweise an Straßen, wird ein deutlich größerer Abstand X gewählt. Das ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn sich das Landfahrzeug mit einer hohen Geschwindigkeit bewegt, da eine zur Erreichung einer hohen Ortsauflösung entsprechend gesteigerte Geschwindigkeit der Hin- und Herbewegung des Georadarmesskopfs zu sehr hohen Beschleunigungen führen würde.

### Patentansprüche

1. Landfahrzeug zum Vermessen des Oberbaus von Verkehrswegen, das für eine Bewegung entlang des Verkehrswegs ausgebildet ist, mit mindestens einem Georadarmesskopf (24) zum Aufnehmen von Georadarmessdaten,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** der Georadarmesskopf (24) mit einer Bewegungskomponente senkrecht zur Bewegungsrichtung des Landfahrzeugs (26; 29) bewegbar an diesem angebracht ist und das Landfahrzeug Antriebsmittel (22) zum Hin- und Herbewegen des Georadarmesskopfs (24) mit dieser Bewegungskomponente umfasst.
2. Landfahrzeug nach Anspruch 1, mit Mitteln (26; 29) zum Ermitteln der Position des mindestens einen Georadarmesskopfs (24), insbesondere dessen Position relativ zum Landfahrzeug (10; 36).
3. Landfahrzeug nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Georadarmesskopf (24) an einer Stirnseite (18) des Landfahrzeugs (10; 36) angeordnet ist.
4. Landfahrzeug nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** der Georadarmesskopf (24) schwenkbar am Landfahrzeug angeordnet ist.
5. Landfahrzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** der Georadarmesskopf geradlinig bewegbar am Landfahrzeug angeordnet ist.
6. Landfahrzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** der Georadarmesskopf (24) relativ zum Landfahrzeug (10; 36) auf einer Kreisbahn, auf einer Kreisabschnittsbahn oder einer Bahn bewegbar ist, die einer mit ihren Schlaufen senkrecht zur Fahrtrichtung ausgerichteten, liegenden Acht entspricht.
7. Landfahrzeug nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** der Georadarmesskopf (24) so angeordnet ist, dass beim Bewegen des Georadarmesskopfs (24) die Lage der Polarisationssebene des elektrischen Felds der Georadarwellen relativ zur Bewegungsrichtung des Landfahrzeugs (10; 36) und/oder relativ zum Horizont konstant bleibt.
8. Landfahrzeug nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** es ein Schienenfahrzeug (36) zum Vermessen des Oberbaus von Schienenwegen ist, das für eine Bewegung entlang eines Schienenwegs (38; 40) ausgebildet ist.
9. Landfahrzeug nach Anspruch 8, mit
  - mindestens einem Aufnahmeelement (20) für mindestens einen Georadarmesskopf (24),
  - mindestens einem Sensor (43) zum Erkennen von Hindernissen in einem vom Georadarmesskopf (24) zu überstreichenden Bereich,
  - Mitteln zum Nachführen des mindestens einen Aufnahmeelements (20) so, dass weder das Aufnahmeelement (20) noch der Georadarmesskopf (24) das Lichttraumprofil des Landfahrzeugs (36) verlassen.
10. Landfahrzeug nach einem der Ansprüche 8 oder 9,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** es eine Planumsverbesserungsmaschine zum Sanieren und/oder Erneuern von Schotterschicht und/oder Planumschutzschicht ist.
11. Landfahrzeug nach einem der Ansprüche 8 bis 10,  
**gekennzeichnet durch** Mittel (30) zum Ermitteln des Verschmutzungshorizonts der Schotterschicht aus den Georadarmessdaten.
12. Landfahrzeug nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** der Georadarmesskopf (24) ausgebildet ist zum:
  - Senden von aufeinander folgenden Georadarwellenimpulsen,
  - Empfangen von reflektierten Georadarwellenimpulsen und
  - Messen der Feldstärke der reflektierten Georadarwellenimpulsen zu unterschiedlichen, vorzugsweise zeitlich äquidistant zueinander lie-

- genden, Zeitpunkten nach Senden des jeweiligen Georadarwellenimpulses
13. Landfahrzeug nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Georadarmesskopf (24) ausgebildet ist um Georadarwellenimpulse zu senden, die eine Pulsdauer von unter 20 ns, insbesondere unter 3 ns haben.
14. Verfahren zum Vermessen des Oberbaus von Verkehrswegen unter Verwendung eines Landfahrzeugs (10; 36), insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 13, umfassend die Schritte:
- Bewegen des Landfahrzeugs (10; 36) entlang des Verkehrswegs,
  - Bewegen, insbesondere Schwenken, eines am Landfahrzeug beweglich angeordneten Georadarmesskopfs (24) mit einer Bewegungskomponente senkrecht zur Bewegungsrichtung des Landfahrzeugs (10; 36) und
  - Aufnehmen von Georadarmessdaten.
15. Verfahren nach Anspruch 14, zusätzlich mit den Schritten:
- Ermitteln von Positionsdaten des Georadarmesskopfs (24) und
  - Aufzeichnen der Georadarmessdaten zusammen mit den assoziierten Positionsdaten der Georadarmessung.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Georadarmesskopf (24) so bewegt wird, dass die erhaltenen Georadardaten eine Ortsauflösung von unter 100 cm, insbesondere unter 50 cm, insbesondere unter 30 cm aufweisen.
17. Verfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Georadarmesskopf (24) so bewegt wird, dass die erhaltenen Georadardaten eine Ortsauflösung von unter 30cm in Bewegungsrichtung des Landfahrzeugs (10; 36) und unter 10cm quer zur Bewegungsrichtung des Landfahrzeugs (10; 36) aufweisen.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Aufnehmen von Georadarmessdaten die folgenden Schritte umfasst:
- Senden von aufeinander folgenden Georadarwellenimpulsen.
  - Empfangen von reflektierten Georadarwellenimpulsen und
  - Messen der Feldstärke der reflektierten Georadarwellenimpulsen zu unterschiedlichen, vor-
- zugsweise zeitlich äquidistant zueinander liegenden, Zeitpunkten nach Senden des jeweiligen Georadarwellenimpulses
19. Verfahren nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Georadarwellenimpulse eine Pulsdauer von unter 20 ns, insbesondere unter 10 ns haben.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Georadarwellenimpulse mit einer Impulsfolgefrequenz von 100 kHz bis 400 kHz gesendet werden.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 20, das zum Vermessen eines Schienenwegs eingesetzt wird, dessen Oberbau eine Schotterschicht aufweist, zusätzlich mit dem Schritt:
- Berechnen eines dreidimensionalen Graphen und/oder Berechnen eines Verschmutzungshorizonts der Schotterschicht aus den Georadardaten und den mit den Georadarmessdaten assoziierten Positionsdaten.
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 21, das zum Vermessen eines Schienenwegs eingesetzt wird, dessen Oberbau eine Schotterschicht aufweist, bei dem aus den durch Vermessen des Gleisbetts mittels Georadar erhaltenen Daten der Gleisbettquerschnitt und aus diesem Gleisbettquerschnitt durch Integration das Volumen von Schotterschicht und gegebenenfalls der Planumsschutzschicht berechnet wird.

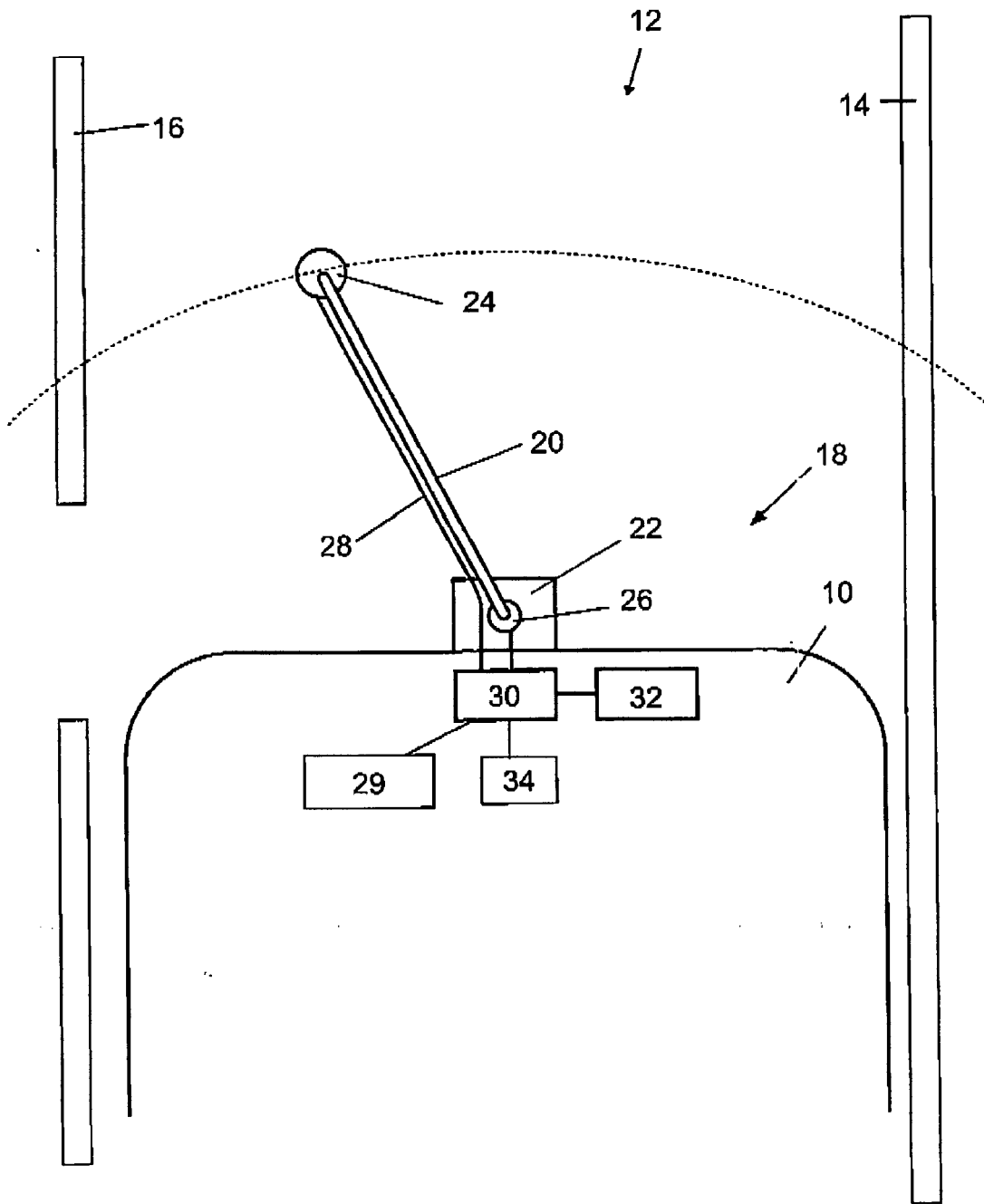


Fig. 1

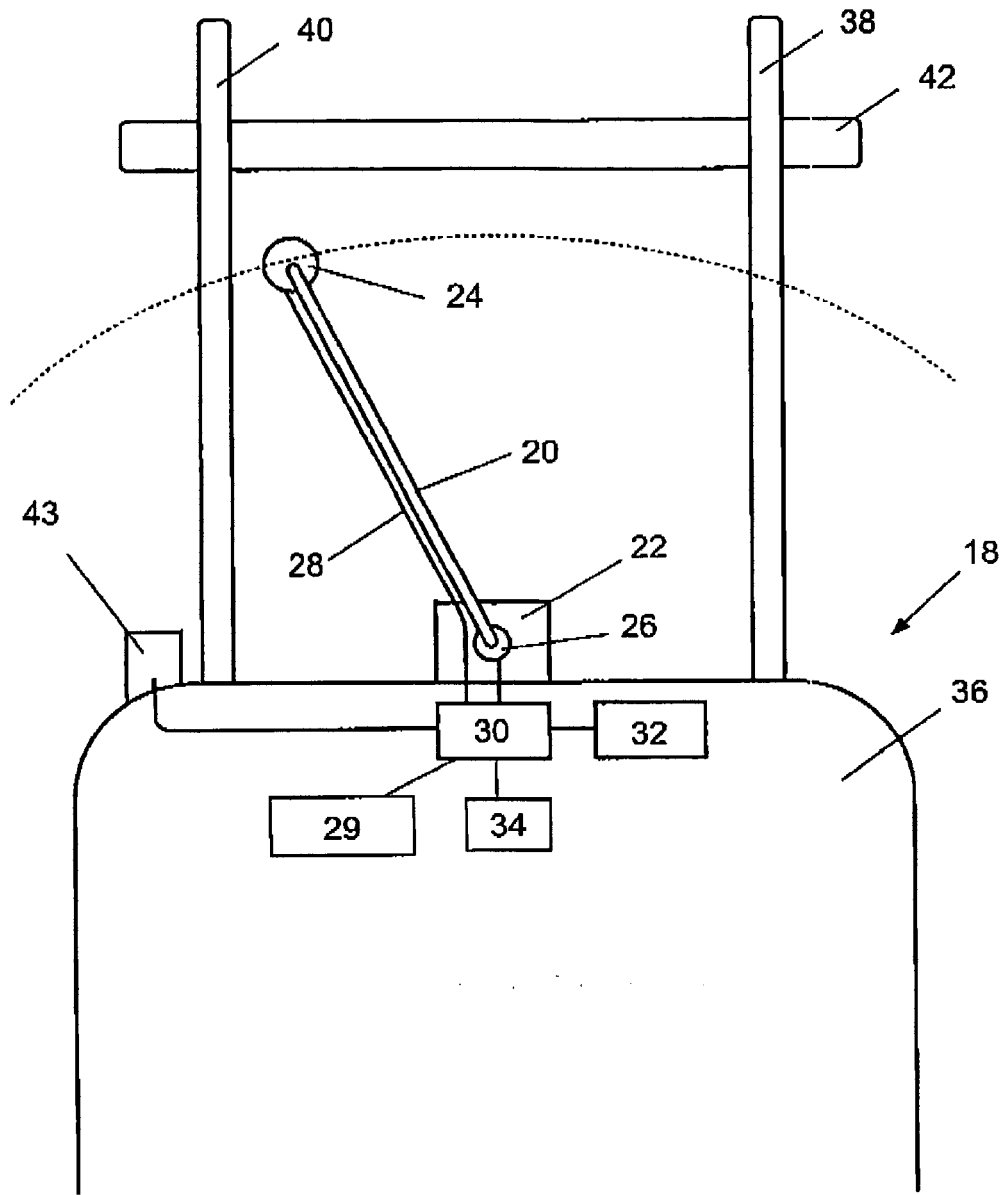


Fig. 2

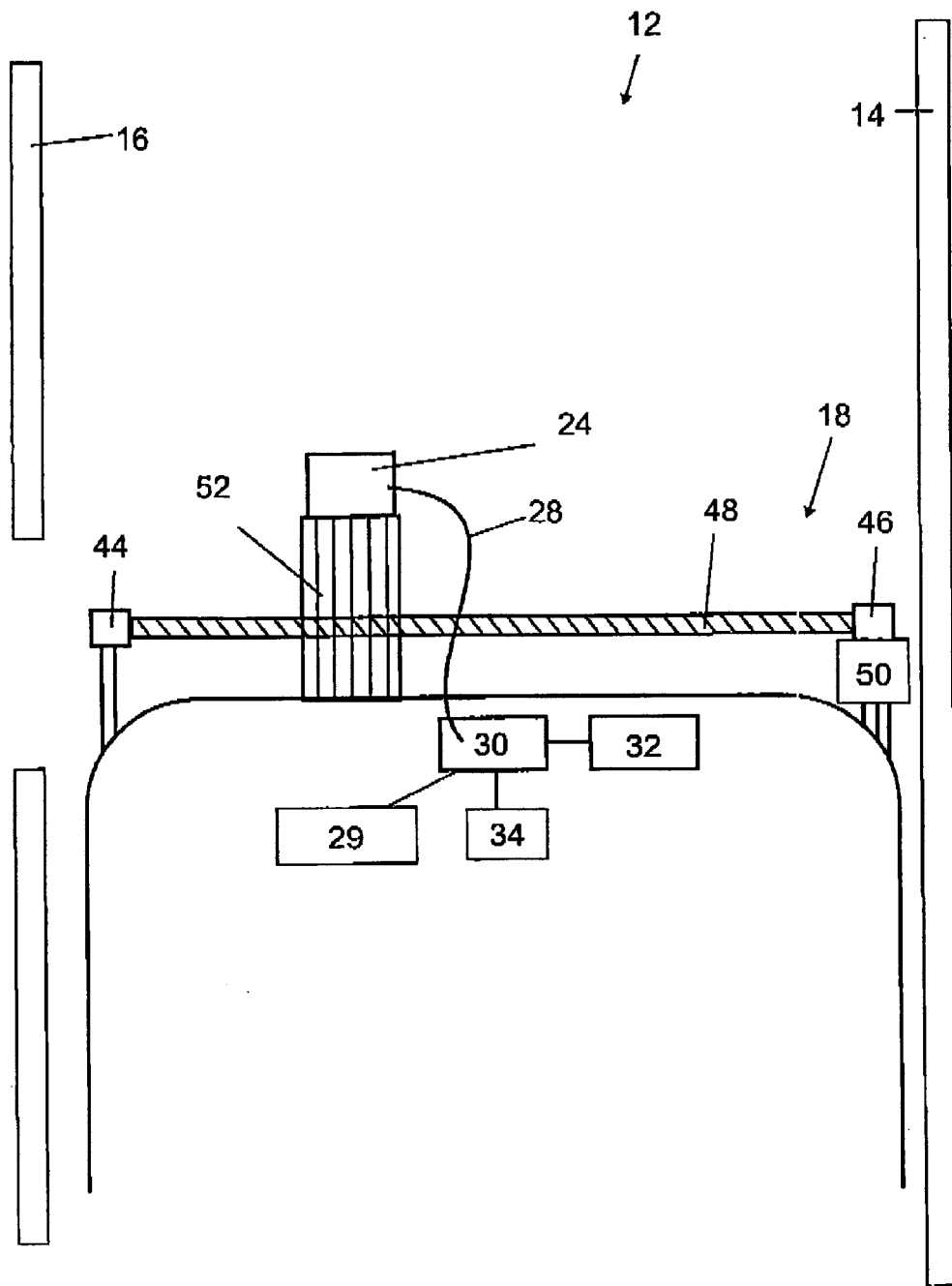


Fig. 3

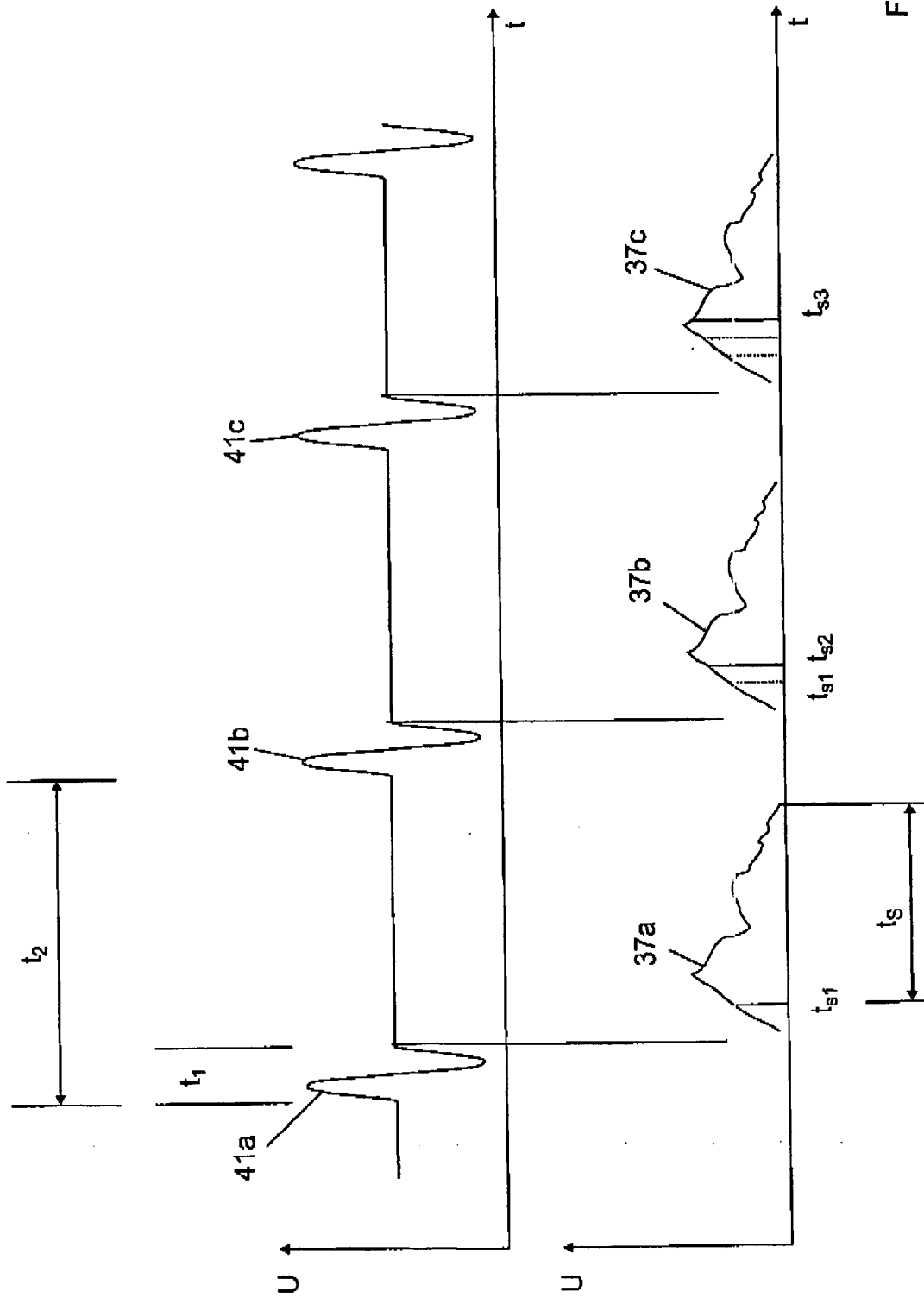


Fig. 4

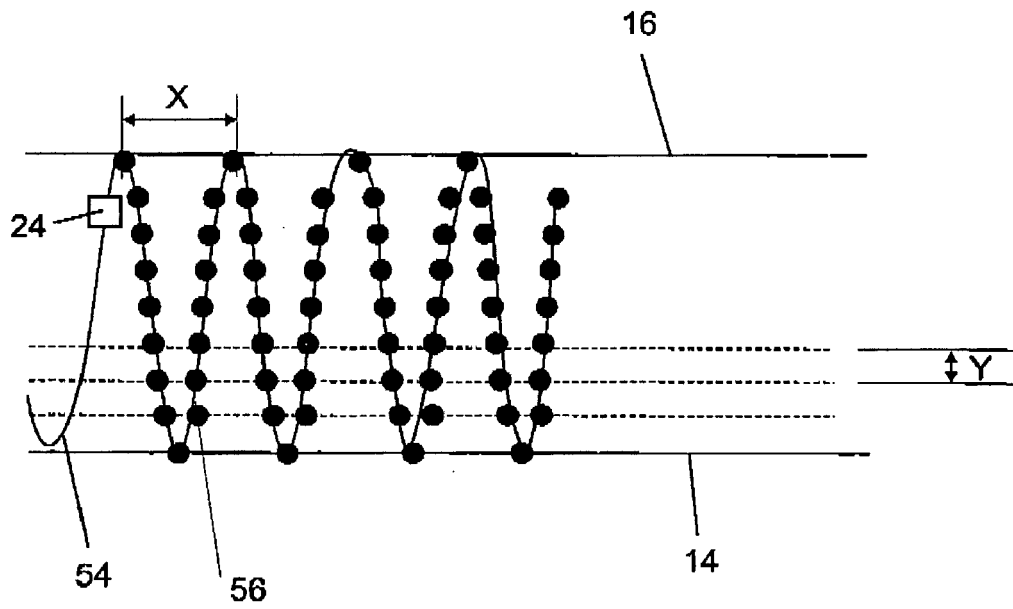


Fig. 5



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 6 164 223 A (ERIKSSON ET AL) 26. Dezember 2000 (2000-12-26)	1-7, 9-12,14, 15,21,22	G01V3/15
Y	* Spalte 2, Zeile 20 - Spalte 3, Zeile 10; Abbildung 1 * -----	8,13, 16-20	
X	US 5 869 967 A (STRAUS ET AL) 9. Februar 1999 (1999-02-09)	1-7, 9-12,14, 21,22	G01V
Y	* Spalte 4, Zeile 66 - Spalte 5, Zeile 56 * -----	8,16-20	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1998, Nr. 09, 31. Juli 1998 (1998-07-31) & JP 10 090435 A (MITSUI ENG & ; SHIPBUILD CO LTD; EAST JAPAN RAILWAY CO), 10. April 1998 (1998-04-10) * Zusammenfassung *	1,8,14	
Y	DE 197 30 247 C1 (STN ATLAS ELEKTRONIK GMBH, 28309 BREMEN, DE; HEINRICH CRONAU GMBH, 665) 17. Dezember 1998 (1998-12-17)	8	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	* Zusammenfassung *	1-7,9-22	
Y	US 5 357 253 A (VAN ETEN ET AL) 18. Oktober 1994 (1994-10-18) * Spalte 5, Zeile 53 - Spalte 6, Zeile 28; Anspruch 3 * -----	13,16-20	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>München</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>15. Dezember 2005</b>	Prüfer <b>Thomas, J</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPC FORM 1503 03.82 (P04C03) 2

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 05 02 1589

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

15-12-2005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6164223	A	26-12-2000	AU 5782698	A 07-08-1998
			CA 2282672	A1 23-07-1998
			WO 9831209	A1 23-07-1998
			SE 508317	C2 21-09-1998
			SE 9700175	A 23-07-1998
-----				
US 5869967	A	09-02-1999	AU 4664196	A 14-08-1996
			CA 2211216	A1 01-08-1996
			DE 19502455	A1 01-08-1996
			WO 9623236	A2 01-08-1996
			EP 0805991	A2 12-11-1997
-----				
JP 10090435	A	10-04-1998	JP 3297983	B2 02-07-2002
-----				
DE 19730247	C1	17-12-1998	KEINE	
-----				
US 5357253	A	18-10-1994	WO 9612200	A1 25-04-1996
-----				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82