

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 448 423 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
08.06.2005 Patentblatt 2005/23

(51) Int Cl.7: **B61L 1/06**, G01B 11/16,
G01M 5/00

(21) Anmeldenummer: **02802295.2**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2002/011596

(22) Anmeldetag: **17.10.2002**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2003/037695 (08.05.2003 Gazette 2003/19)

(54) **VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM ERFASSEN VON SCHIENENBEWEGUNGEN**

DEVICE AND METHOD FOR DETECTING RAIL MOVEMENT

DISPOSITIF ET METHODE POUR LA DETECTION DE MOUVEMENTS DE RAILS

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR**

(72) Erfinder: **Pieper, Siegfried**
67549 Worms (DE)

(30) Priorität: **28.10.2001 DE 10152380**

(74) Vertreter: **Sartorius, Peter, Dipl.-Ing.**
Patentanwälte
Sartorius-Thews & Thews
Helmholtzstrasse 35
68723 Schwetzingen (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
25.08.2004 Patentblatt 2004/35

(73) Patentinhaber: **Pieper, Siegfried**
67549 Worms (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 352 464 EP-A- 0 619 401
DE-A- 2 043 436 DE-U- 8 601 185
US-A- 5 660 470

EP 1 448 423 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung für einen Sender und einen Empfänger zum Erfassen verschiedener Verformungszustände eines Bauteils, die unabhängig voneinander, mit Abstand zueinander über eine Aufnahme auf dem Bauteil angeordnet sind. Die europäische Patentanmeldung EP 0 352 464 A offenbart eine derartige Einrichtung.

[0002] Es ist bereits ein Verformungsaufnehmer aus der internationalen Anmeldung WO 01/18487 A1 bekannt, bei der ein Sender und ein Empfänger zur Messung von Verformungszuständen gemeinsam auf einer Platte angeordnet sind. Die Platte ist hierbei über mindestens ein Klemmelement an einem Bauteil befestigt, wobei das Klemmelement zwei spitze oder runde Anlageteile und mindestens eine mit der Platte korrespondierende Bohrung aufweist.

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Haltevorrichtung für eine Sender-Empfänger-Einheit derart auszubilden und anzuordnen, dass eine einfache und präzise Montage gewährleistet ist.

[0004] Gelöst wird die Aufgabe erfindungsgemäß dadurch, dass der Sender über eine erste Aufnahme auf einem ersten Halteteil und der Empfänger über eine zweite Aufnahme auf einem zweiten Halteteil angeordnet sind, wobei die jeweilige Aufnahme und das jeweilige Halteteil ein oder mehrere Verbindungselemente oder eine oder mehrere Klemm- und Formschlussverbindungen oder eine Klebeverbindung oder eine Schweißverbindung mit dem Bauteil bilden. Hierdurch wird erreicht, dass Sender und Empfänger unabhängig voneinander am Bauteil angeordnet sind, wobei die Aufnahme für den Sender und den Empfänger gleichzeitig als Teil der Klemmverbindung dient. Durch die Integration der Aufnahme in die Klemmvorrichtung wird beim Klemmvorgang eine Verformung der Aufnahme und damit eine Justierung des Senders bzw. des Empfängers generiert. Die Unabhängigkeit von Sender- und Empfängeranahme bzw. Halteteil gewährleistet eine einflussfreie Verformungsaufnahme des Bauteils. Weder Sender noch Empfänger nehmen eine durch die Verformung des Bauteils generierte Kraft auf.

[0005] Vorteilhaft ist es hierzu auch, dass die Aufnahme und das Halteteil eine korrespondierende Passung aufweisen, wobei die Passung als Nut-Feder-Verbindung und/oder als Passstift ausgebildet ist. Durch die Passung wird der Montageaufwand bzw. der Justieraufwand der Aufnahme auf dem Halteteil auf ein Minimum reduziert.

[0006] Ferner ist es vorteilhaft, dass die Aufnahme als Pratze ausgebildet und mittels einer Stift- und/oder Schraubverbindung mit dem Halteteil verbunden ist, wobei die Aufnahme und/oder das Halteteil ein als Bolzen, Schraube und/oder Nocke ausgebildetes Klemmelement aufweist, das mit dem Bauteil in Wirkverbindung steht. Durch die Verwendung eines zusätzlichen Klemmelements kann die Aufnahme unabhängig von

der Klemmverbindung auf dem Halteteil befestigt werden. Über das unabhängige Klemmelement kann die Aufnahme zusammen mit dem Halteteil relativ zum Bauteil bewegt werden, ohne dass die Verbindung zwischen Aufnahme und Halteteil gelöst werden muss.

[0007] Von besonderer Bedeutung ist für die vorliegende Erfindung, dass die Aufnahme ein Halteelement für den Sender und/oder den Empfänger aufweist, wobei das Halteelement als Bohrung ausgebildet ist und ein als Hutmutter ausgebildetes Festsetzelement für den Sender und/oder den Empfänger aufweist. Die Ausbildung als Präzisionsbohrung gewährleistet einen optimalen Schutz für den Sender bzw. den Empfänger, der bei ausreichender Länge der Bohrung in diese eingeschoben und dort versenkt werden kann.

[0008] Vorteilhaft ist es ferner, dass die erste Aufnahme für den Sender und die zweite Aufnahme für den Empfänger mindestens eine korrespondierende, über eine Montagehilfe in Verbindung bringbare Justierfläche aufweist, wobei die Justierfläche als Nut, Bohrung und/oder als Fase ausgebildet ist und die Montagehilfe mit der Justierfläche korrespondierende Justierelemente wie eine Feder oder einen Stift aufweist. Dadurch können eine Sender-Aufnahme und eine Empfänger-Aufnahme auf einfache Weise relativ zueinander ausgerichtet werden. Die Montagehilfe kann für beliebige Aufnahmen Verwendung finden und muss nicht an der Vorrichtung zurückbleiben.

[0009] Ferner ist es vorteilhaft, dass in einem Messbereich des Bauteils mehrere Aufnahmen vorgesehen sind, wobei die Empfänger über eine Auswerteeinheit in Wirkverbindung stehen.

[0010] Eine zusätzliche Möglichkeit ist gemäß einer Weiterbildung, dass mehrere an gegenüberliegenden Seiten des Bauteils angeordnete Sender-Empfänger-Paare vorgesehen sind. Bei der Verwendung der Vorrichtung zur Messung bei Gleisanlagen sind die Sender und Empfänger jeweils auf gegenüberliegenden Seiten der Schiene, also mit Bezug auf die Längsachse der Schiene auf der rechten und der linken Seite der Schiene, vorgesehen und erstrecken sich über einen zu messenden Gleisabschnitt zwischen 3 m und 30 m.

[0011] Schließlich ist es von Vorteil, dass ein vom Empfänger generierter Messstrom innerhalb der Auswerteeinheit in eine Messspannung transformiert wird und die der Spannungsänderung zu Grunde liegende Winkeländerung zwischen Sender und Empfänger nach folgender Formel ermittelt wird:

$$\frac{U_1 - U_2}{U_1 + U_2} = \Delta\alpha_1$$

[0012] In diesem Zusammenhang ist es von Vorteil, dass die der Verformung des Bauteils zu Grunde liegenden Belastungskräfte F_Q , F_Y rechtwinklig zur Längsrichtung des Bauteils nach folgender Formel ermittelt werden:

$$F_Q = \frac{\Delta\alpha_1 + \Delta\alpha_2}{2}$$

$$F_Y = \frac{\Delta\alpha_1 - \Delta\alpha_2}{\Delta\alpha_1 + \Delta\alpha_2}$$

wobei F_Q die Kraft in Richtung der Lotrechten und F_Y die Kraft rechtwinklig dazu verläuft und α_1, α_2 die Winkeländerung von mindestens zwei verschiedenen Sender-Empfänger-Paaren ist, die mit Bezug zur Y-Richtung am Bauteil einseitig und/oder gegenüberliegend angeordnet sind.

[0013] Vorteilhaft ist es hierzu auch, dass die Verformung ΔX des Bauteils proportional zur erfassten Winkeländerung $\Delta\alpha$ ist und in Abhängigkeit der Bauteillänge L erfasst wird, wobei der Flächeninhalt eines so ermittelten Verformungsgraphen "X über L" durch eine Mittelwertbildung $\Delta X'$ aller einem Belastungszyklus zu Grunde liegenden Verformungsgraphen normiert wird und das Verhältnis von der Verformung ΔX zur normierten Verformung $\Delta X'$ errechnet wird. Für die Normierung werden alle einer normalen Belastung entsprechenden Verformungsgraphen gemittelt. Die von einer normalen Verformung abweichenden Graphen werden nicht berücksichtigt, da diese das Gesamtergebnis des mittleren Belastungsgraphen verfälschen. Somit werden alle Einflussgrößen wie Temperatur, Gleisbettbeschaffenheit, Materialbeschaffenheit und Grundbelastung des Bauteils eliminiert, so dass eine Darstellung einer im Verhältnis zur Grundbelastung stehenden Verformung des Bauteils gewährleistet ist.

[0014] Vorteilhaft ist es schließlich, dass das Verbindungselement aus dem unter dem Schienenfuß platzierbaren Halteteil und einem an diesem höhenbeweglich angeordneten, aus zwei Schenkeln gebildeten Aufnahmeteil besteht, wobei in den einen Schenkel mindestens zwei Schrauben einschraubbar sind, wobei die eine Schraube gegen das Bauteil oder den Schienenfuß anlegbar ist und das andere Schraubenteil eine feste Verbindung zwischen dem Halteteil und dem Bauteil oder der Schiene herstellt, wobei der zweite Schenkel gegen das Halteteil über mindestens eine Schraube pressbar ist.

[0015] Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung sind in den Patentansprüchen und in der Beschreibung erläutert und in den Figuren dargestellt. Es zeigt:

- Figur 1a eine schematische Darstellung einer Schiene mit einem Sender und einem Empfänger;
- Figur 1b eine schematische Darstellung der Schiene mit einer Sender-Empfänger-Einheit;
- Figur 2 eine schematische Darstellung der Schiene im Querschnitt mit einer Aufnahme und

einem Halteteil;

Figur 3

eine schematische Darstellung der Schiene mit der Aufnahme und einer Montagehilfe;

5

Figur 4a

eine schematische Darstellung der Schiene mit dem Sender, dem Empfänger und einem Messstrahl;

10

Figur 4b

eine schematische Darstellung des Senders und des Empfängers mit neutralem Messstrahl;

15

Figur 4c

eine schematische Darstellung des Senders und des Empfängers mit abgelenktem Messstrahl;

20

Figur 4d

eine schematische Darstellung des Senders und des Empfängers in der Seitenansicht mit abgelenktem Messstrahl;

25

Figur 5

den Empfänger mit Stromabgriff und Teil der Auswerteeinheit;

30

Figur 6

eine schematische Darstellung der Schiene im Querschnitt mit gegenüber angeordneten Empfängern und abgelenktem Messstrahl;

35

Figur 7

Messgraph zweier Räder mit An- und Abfahrt;

40

Figur 8

eine schematische Darstellung eines Gleisbetts mit mehreren Sender-Empfänger-Einheiten und zwei Detektionsschalter-Paare;

45

Figur 9a1

Messgraph einer Biegelinie zwischen zwei Schwellen über der Zeit t ;

50

Figur 9a2

Messgraph einer Biegelinie zwischen zwei Schwellen über dem Weg s ;

55

Figur 9b1

Messgraph einer Biegelinie zwischen zwei Schwellen über dem Weg s mit Flachstelle;

Figur 9b2

Korrekturgraph für eine Biegelinie zwischen zwei Schwellen über dem Weg s ;

60

Figur 9c1

Korrekturgraph für mehrere Messstellen über dem Weg s ;

65

Figur 9c2

Messgraph mehrerer Messstellen über dem Weg s ;

Figur 9d

Darstellung des Verhältnisses von Mess-

graph zu Korrekturgraph über dem Weg s;

- Figur 9e1 Darstellung einer Auftragung des Rades durch ein Belastungsplateau;
- Figur 9e2 Darstellung einer Polygone des Rades durch ein Belastungsschaubild;
- Figur 9e3 Darstellung einer Unrundheit des Rades durch ein Belastungsschaubild;
- Figur 9e4 Darstellung einer Flachstelle des Rades durch ein Belastungsschaubild.

[0016] In Figur 1a ist eine Eisenbahn-Schiene 70 mit einem Schienenkopf 71 und einem Schienenfuß 72 in der Seitenansicht dargestellt. Auf die Schiene 70 wirkt eine Belastungskraft F eines Rades 73 eines nicht dargestellten Personen- oder Güterzuges. Die Kraft F wird hierbei am Punkt P in die Schiene eingeleitet. Über die Punkte P1 und P2 bzw. die Schwellen 75, 75' wird die Kraft F in den idealisiert dargestellten Untergrund 76, 76' bzw. das Gleisbett in Form einer Flächenpressung abgeleitet. Durch die Belastung F erfolgt eine Verformung der Schiene 70 und des elastischen Gleisbetts,

die über einen Sender 2 und einen Empfänger 3 aufgenommen wird.

[0017] Der Sender 2 bzw. der Empfänger 3 ist hierbei in einer ersten Aufnahme 20 bzw. einer zweiten Aufnahme 30 vorgesehen, die über ein erstes Halteteil 21 bzw. über ein zweites Halteteil 31 am Schienenfuß 72 der Schiene 70 angeordnet sind. Hierbei wird die erste Aufnahme 20 bzw. die zweite Aufnahme 30 der durch die Belastung F generierten Verformung der Schiene 70 bzw. Verformung des Schienenfußes 72 folgen und somit den Verformungszyklus aufnehmen. Zur Aufnahme des Verformungszyklus wird zwischen dem Sender 2 bzw. der ersten Aufnahme 20 und dem Empfänger 3 bzw. der zweiten Aufnahme 30 keine Kraft übertragen, so dass der Verformungszyklus verlustfrei bzw. einflussfrei ermittelt wird.

[0018] Gemäß Figur 1b ist eine einheitliche Sender-Empfänger-Einheit 32 im Bereich des Schienenfußes 72 angeordnet. Die Sender-Empfänger-Einheit 32 kann hierbei als Dehnmessstreifen und/oder als Lichtleiter ausgebildet sein, der in Längsrichtung der Schiene angeordnet ist.

[0019] In Figur 1c sind zwei Sender-Empfänger-Einheiten 32, 32' mit Bezug zur Längsrichtung der Schiene 70 gegenüberliegend angeordnet. Die Befestigung erfolgt wiederum am jeweiligen Schienenfuß 72 bzw. 72'. Die jeweilige Sender-Empfänger-Einheit 32 ist hierbei über die gesamte Länge zwischen der Schwelle 75 und der Schwelle 75' vorgesehen.

[0020] In Figur 2 ist die erste Aufnahme 20 für den Sender 2 bzw. den Empfänger 3 am Schienenfuß 72 der Schiene 70 angeordnet. Die erste Aufnahme 20 weist hierzu eine Schraubverbindung 22 mit einem ersten

Halteteil 21 auf. Neben der Schraubverbindung 22 weist die erste Aufnahme 20 mit dem ersten Halteteil 21 eine Passung 40 auf, die aus einer Feder 42 der ersten Aufnahme 20 und einer Nut 41 des ersten Halteteils 21 besteht. Durch die Schraubverbindung 22 wird die Feder 42 in die Nut 41 gepresst, so dass an der Verbindungsstelle zwischen der ersten Aufnahme 20 und dem ersten Halteteil 21 eine formschlüssige Verbindung gewährleistet ist.

[0021] Die erste Aufnahme 20 ist im wesentlichen L-förmig ausgebildet und weist einen ersten Schenkel 20.1 und einen zweiten Schenkel 20.2 auf. Zwischen dem zweiten Schenkel 20.2 und dem ersten Halteteil 21 ist die Passung 40 mit der Feder 42 und der Nut 41 vorgesehen. Die Feder 42 ist am zweiten Schenkel 20.2 der ersten Aufnahme 20 und die Nut 41 ist am ersten Halteteil 21 angeordnet. Durch die Passung 40 wird neben der Schraubverbindung 22 eine formschlüssige Verbindung zwischen der ersten Aufnahme 20 und dem ersten Halteteil 21 gewährleistet.

[0022] Das Verbindungselement kann aus dem unter dem Schienenfuß platzierbaren Halteteil und einem an diesem höhenbeweglich angeordneten, aus zwei Schenkeln gebildeten Aufnahmeteil bestehen, wobei in den einen Schenkel mindestens zwei Schrauben einschraubbar sind, wobei die eine Schraube gegen das Bauteil oder den Schienenfuß anlegbar ist und das andere Schraubenteil eine feste Verbindung zwischen dem Halteteil und dem Bauteil oder der Schiene herstellt, wobei der zweite Schenkel gegen das Halteteil über mindestens eine Schraube pressbar ist.

[0023] Der erste Schenkel 20.1 der ersten Aufnahme 20 weist ein als Bohrung ausgebildetes Halteelement 24 auf, das zur Aufnahme des Senders 2 bzw. des Empfängers 3 dient. Zur Fixierung des Senders 2 bzw. des Empfängers 3 ist ein nicht dargestelltes als Hutmutter ausgebildetes Festsetzelement vorgesehen, welches an der Stirnseite des Senders bzw. des Empfängers angeordnet ist. Die Schraubverbindung 22 ist durch den ersten Schenkel 20.1 geführt und greift in ein Gewinde 21.1 des ersten Halteteils 21 ein.

[0024] Neben der Schraubverbindung 22 und der Passung 40 ist ein Klemmelement 23 vorgesehen, das über ein Gewinde 23.1 auf den Schienenfuß 72 geführt wird. Das als Schraube ausgebildete Klemmelement 23 verspannt somit die erste Aufnahme 20 über das erste Halteteil 21 gegen den Schienenfuß 72. Durch die Passung 40 ist eine eindeutige Lage des zweiten Schenkels 20.2 gegenüber dem ersten Halteteil 21 gewährleistet. Durch die Vorspannkraft des Klemmelements 23 wird eine Biegekraft in den zweiten Schenkel 20.2 eingeleitet, die zu einer Verformung und damit zu einer Justierung des Halteelements 24 für den Sender 2 bzw. den Empfänger 3 führt.

[0025] Auf der gegenüberliegenden Seite der Schiene 70 weist das erste Halteteil 21 eine zweite Nut 41' auf, die zur Fixierung einer weiteren nicht dargestellten Aufnahme dient.

[0026] Gemäß Figur 3 sind die erste Aufnahme 20 und das erste Halteteil 21 im Bereich des Schienenfußes 72 vorgesehen. Neben dem ersten Halteteil 21 ist ein zweites Halteteil 31 dargestellt, das zur Aufnahme der zweiten Aufnahme 30 für den Empfänger 3 dient. Zur Montage der ersten Aufnahme 20 bzw. der zweiten Aufnahme 30 ist eine Montagehilfe 51 vorgesehen. Die Montagehilfe 51 weist Justierelemente 52, 52' auf, die mit einer Justierfläche 50 des ersten Halteteils 21 und einer Justierfläche 50' des zweiten Halteteils 31 verbindbar sind. Die Justierelemente 52, 52' sind hierbei stiftförmig ausgebildet und greifen in die als Bohrung ausgebildeten Justierflächen 50 und 50' ein.

[0027] Gemäß Figur 3 sind die Justierfläche 50 und die Justierfläche 50' auf der Unterseite des ersten Halteteils 21 bzw. des zweiten Halteteils 31 vorgesehen. Es ist auch möglich, die Justierflächen 50, 50' auf einer anderen Seitenfläche der Aufnahme 20 und/oder des Halteteils 21 vorzusehen.

[0028] Das Prinzipschaubild gemäß Figur 4a zeigt eine Schiene 70 mit den beiden Schwellen 75, 75' sowie einem Sender 2 und einem Empfänger 3. Der Sender 2 und der Empfänger 3 sind über eine erste Aufnahme 20 bzw. eine zweite Aufnahme 30 an der Schiene 70 angeordnet. Bei der noch unbelasteten Schiene trifft der vom Sender 2 emittierte Messstrahl 4 etwa mittig auf den Empfänger 3 bzw. eine nicht dargestellte Empfängerfläche auf. Gemäß Figur 4b trifft der Messstrahl 4 an der Stelle E1 des Empfängers 3 auf, die den Nullpunkt darstellt. Es wird kein Messsignal generiert.

[0029] In Figur 4c kommt es aufgrund einer Belastung F1 zu einer Verformung der Schiene 70. Hierdurch werden der Sender 2 und der Empfänger 3 in ihrer relativen Lage entsprechend der Durchbiegung der Schiene 70 um einen Winkel α zueinander verdreht. Der Messstrahl 4 trifft dann bei dem Empfänger 3 auf einer Stelle E2 auf, die einen Abstand ds_1 zum Punkt E1 aufweist. Hierdurch wird ein Messsignal generiert, das der Entfernung zwischen dem Punkt E1 und dem Punkt E2 auf dem Empfänger 3 bzw. einer Empfängerfläche 3.1 entspricht.

[0030] Der Abstand, der gemäß Figur 4d mit ds_1 bezeichnet ist, ist proportional zur Winkeländerung da_1 und damit proportional zur Kraftänderung df_1 zwischen einer Ruhelage gemäß Figur 4a und dem Belastungszustand gemäß Figur 4c.

[0031] Gemäß Figur 5 ist die Positionsänderung des Messstrahls 4 auf dem Empfänger 3 bzw. seiner Empfängerfläche 3.1 von E1 nach E2 dargestellt. Diese Positionsänderung generiert einen Messstrom I1 bzw. I2, der durch die Auswerteeinheit 60 in eine Messspannung U1 bzw. U2 transformiert wird. Die zur Verformung bzw. zum Krafteintrag proportionale Winkeländerung da_1 berechnet sich nach folgender Formel:

$$\frac{U_1 - U_2}{U_1 + U_2} = \Delta\alpha_1 = \Delta S_1 = \Delta F_1$$

[0032] Gemäß Figur 6 wird durch ein überfahrendes Rad 73 zum einen eine Normalkraft F_Q generiert und zum anderen eine Querkraft F_Y , wobei F_Y sowohl rechtwinklig zu F_Q als auch rechtwinklig zur Längsachse der Schiene 70 verläuft. Zur Erfassung beider Querkräfte F_Q und F_Y sind zwei Sender-Empfänger-Einheiten 32, 32' mit jeweils einem Empfänger 3, 3' notwendig, die mit Bezug zur Schiene 70 an gegenüberliegenden Seiten vorgesehen sind. Demnach berechnen sich F_Q und F_Y nach folgenden Formeln:

$$F_Q = \frac{\Delta\alpha_1 + \Delta\alpha_2}{2}$$

$$F_Y = \frac{\Delta\alpha_1 - \Delta\alpha_2}{\Delta\alpha_1 + \Delta\alpha_2}$$

[0033] In Figur 7 ist das Messsignal eines doppelten Belastungszyklus dargestellt. Vor Erreichen der Messstelle generiert die Radlast eine Entlastung der Schiene 70 im Bereich der Messstelle, da der benachbarte Schienenabschnitt belastet wird. Das Messsignal weist einen Signalabfall L1 auf. Mit Erreichen der Messstelle springt das Messsignal analog zur Belastung an der Messstelle auf ein erstes Maximum M1 an, das nach Durchlauf des ersten Rades wieder abfällt. Anschließend steigt das Messsignal mit Durchlauf des zweiten Rades wieder auf einen zweiten Maximalwert M2 an. Nach dem Durchlauf des zweiten Rades kommt es wiederum zu einem Signalabfall analog zur Anfahrt.

[0034] In Figur 8 ist das schematisch von oben dargestellte Gleisbett mit einer Schwelle 75 und einem Paar Schienen 70, 70' dargestellt. Mit Bezug zur Fahrtrichtung des Zuges ist links von der Sender-Empfänger-Einheit 32 bzw. 32' ein digitaler oder analoger Detektionsschalter 80 vorgesehen, dem auf jeder Schienenseite sechs Sender-Empfänger-Einheiten 32 folgen. Die Sender-Empfänger-Einheiten 32 sind hierbei wechselseitig auf der Innenseite und der Außenseite der Schiene 70 angeordnet. Diese können wahlweise auch nur auf der Innenseite oder nur auf der Außenseite angeordnet sein. Anschließend ist ein weiterer Detektionsschalter 81' vorgesehen. Mittels der Detektionsschalter 81, 81' können die Geschwindigkeit des Zuges, die Anzahl und die relative Position der Räder bestimmt und die Messstrecke aktiviert bzw. deaktiviert werden.

[0035] Der in Figur 9a1 dargestellte Messgraph G, der zwischen zwei Schwellen 75, 75' bzw. zwischen den Mitten der beiden Schwellen 75, 75' ermittelt wurde, wird gemäß Figur 9a2 in fünf spezifische Messpunkte unterteilt. Die spezifischen Messpunkte P3 bis P7 dienen der weiteren Signalverarbeitung bzw. Korrelation mit einem Korrekturgraphen gemäß Figur 9b2.

[0036] Figur 9b1 zeigt einen Messgraphen G mit einem ersten relativen Maximum R1 und einem zweiten relativen Maximum R2. Diese relativen Maxima werden

aufgrund einer Flachstelle des Rades und der damit erfolgenden Wechselbelastung der Schiene generiert. Die Flachstelle führt zu einem kurzzeitigen Abfall der Belastung und damit zu einem relativen Minimum F des Graphen G.

[0037] Zur Erreichung eines unabhängigen Vergleichsgraphen bzw. Korrekturgraphen K wird aus allen ein gutes Rad darstellenden Graphen ein Korrekturgraph K ermittelt, der in Figur 9b2 dargestellt ist. Der Korrekturgraph K gleicht einem durchschnittlichen Belastungszyklus eines einwandfreien Rades pro Sensor und pro Zugüberfahrt und weist demnach weder relative Maxima noch relative Minima auf.

[0038] In Figur 9c1 ist die Reihe aller Korrekturgraphen K1 bis K6 von sechs aufeinanderfolgenden Messstellen dargestellt. Die Messstellen decken hierbei ein Schienenteilstück von ca. 3,60 m ab. Diese Länge entspricht mindestens einem Radumfang. Die Messstrecken überlappen sich hierbei um jeweils 100 mm zu jeder Seite hin, so dass eine lückenlose Erfassung der Belastung über das gesamte Schienenstück gewährleistet ist. In Figur 9c2 sind die durch die Radbelastungszyklen generierten Normbelastungsgraphen N1 bis N6 für jede Messstelle 1 bis 6 dargestellt. Pro Normbelastungsgraph N ist hierbei etwa 1/6 des Radumfangs dargestellt. Die erste Hälfte des gemessenen Rades weist demnach eine Flachstelle F auf, der gemäß Figur 9b1 ein Auftrag A folgt.

[0039] In Figur 9d ist das Verhältnis von Normbelastungsgraph N zu Korrekturgraph K für einen Radumfang als Belastungsplateau dargestellt, das eine prozentuale Darstellung der Schienenbelastung mit Bezug zur Grundbelastung gewährleistet. Der Normbelastungsgraph N gemäß Figur 9e stellt hierbei den auf den mittleren Flächeninhalt normierten Mittelwert aller Messgraphen G einer Zugüberfahrt dar. Unregelmäßigkeiten des jeweiligen Rades bzw. des Messgraphen G bleiben dabei erhalten. Der Normbelastungsgraph N und der Kehrwert des Korrekturgraphen K werden hierbei gemäß Figur 9e überlagert und weisen einen gemeinsamen Spiegelwert S auf, mit Hilfe dessen das Verhältnis gemäß Figur 9d nach folgender Formel ermittelt wird:

$$Q = \frac{S - N}{\frac{1}{K} - S}$$

[0040] Gemäß Figur 9f lassen sich spezifische Radmängel pro Radumlauf anhand der generierten Messgraphen erkennen. Nach Figur 9e1 handelt es sich um eine Auftragung am Rad, die zunächst eine Überbelastung generiert. Bei dem Graph gemäß 9e2 handelt es sich um relativ hochfrequente, symmetrische Belastungsänderungen, die auf Polygone hinweisen. Figur 9e3 zeigt ein typisches Signal einer Unrundheit des Rades, die zu einem symmetrischen Graphen niederfrequenter Art führt. Figur 9e4 zeigt eine typische Flach-

stelle des Rades, die zunächst einen Belastungsabfall und nachfolgend eine Überbelastung generiert.

Bezugszeichenliste

[0041]

1	Bauteil
2	Sender
3	Empfänger
3'	Empfänger
3.1	Empfängerfläche
4	Messstrahl
11	gegenüberliegende Seite
12	gegenüberliegende Seite
20	erste Aufnahme
20.1	erster Schenkel
20.2	zweiter Schenkel
21	erstes Halteteil
21.1	Gewinde
22	Schraubverbindung
23	Klemmelement
23.1	Gewinde
24	Halteelement
30	zweite Aufnahme
31	zweites Halteteil
32	Sender-Empfänger-Einheit
32'	Sender-Empfänger-Einheit
40	Passung
41	Nut
41'	Nut
42	Feder
50	Justierfläche
50'	Justierfläche
51	Montagehilfe
52	Justierelement
52'	Justierelement
60	Auswerteeinheit
70	Schiene
70'	Schiene
71	Schienenkopf
72	Schienenfuß
72'	Schienenfuß
73	Rad
75	Schwelle, Lager
75'	Schwelle, Lager
80	Detektionsschalter
80'	Detektionsschalter
81	Detektionsschalter
81'	Detektionsschalter

Patentansprüche

1. Vorrichtung für einen Sender (2) und einen Empfänger (3) zum Erfassen verschiedener Verformungszustände eines Bauteils (1), die unabhängig voneinander, mit Abstand zueinander über eine Auf-

- nahme (20, 30) auf dem Bauteil (1) angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sender (2) über eine erste Aufnahme (20) auf einem ersten Halteteil (21) und der Empfänger (3) über eine zweite Aufnahme (30) auf einem zweiten Halteteil (31) angeordnet sind, wobei die jeweilige Aufnahme (20, 30) und das jeweilige Halteteil (21, 31) ein oder mehrere Verbindungselemente oder eine oder mehrere Klemm- und Formschlussverbindungen oder eine Klebeverbindung oder eine Schweißverbindung mit dem Bauteil (1) bilden.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sender (2) und der Empfänger (3) einen Verformungsaufnehmer bilden, der unmittelbar an einem Schienenfuß (72) des als Eisenbahnschiene ausgebildeten Bauteils (1) in Längsrichtung der Eisenbahnschiene angeordnet ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aufnahme (20, 30) und das Halteteil (21, 31) eine korrespondierende Passung (40) aufweisen.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Passung (40) als Feder-Nut-Verbindung und/oder als Passstift ausgebildet ist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aufnahme (20, 30) als Pratze ausgebildet und mittels einer Stift- und/oder Schraubverbindung (22) mit dem Halteteil (21, 31) verbunden ist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aufnahme (20, 30) und/oder das Halteteil (21) ein Klemmelement (23) aufweist, das mit dem Bauteil (1) in Wirkverbindung steht.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Klemmelement (23) als Bolzen, Schraube und/oder Nocke ausgebildet ist.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aufnahme (20, 30) ein Halteelement (24) für den Sender (2) und/oder den Empfänger (3) aufweist.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Halteelement (24) als Bohrung ausgebildet ist und ein als Hutmutter ausgebildetes Festsetzelement für den Sender (2) und/oder den Empfänger (3) aufweist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Aufnahme (20) für den Sender (2) und die zweite Aufnahme (30) für den Empfänger (3) mindestens eine korrespondierende, über eine Montagehilfe (51) in Verbindung bringbare Justierfläche (50) aufweist.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Justierfläche (50) als Nut, Bohrung und/oder als Fase ausgebildet ist, wobei die Montagehilfe (51) mit der Justierfläche (50) korrespondierende Justierelemente (52) aufweist.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-11, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem Messbereich des Bauteils (1) mehrere Aufnahmen (20, 30) vorgesehen sind, wobei die Empfänger (3) über eine Auswerteeinheit (60) in Wirkverbindung stehen.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-12, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere an gegenüberliegenden Seiten (11, 12) des Bauteils (1) angeordnete Sender (2)-Empfänger (3)-Paare vorgesehen sind.
14. Verfahren zum Messen der Verformung eines Bauteils mittels der Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:**
- a) ein vom Empfänger (3) generierter Messstrom wird innerhalb der Auswerteeinheit (60) in eine Messspannung transformiert,
 - b) die der Spannungsänderung zu Grunde liegende Winkeländerung zwischen Sender (2) und Empfänger (3) wird nach folgender Formel ermittelt:
- $$\frac{U_1 - U_2}{U_1 + U_2} = \Delta\alpha_1$$
- c) die der Verformung des Bauteils zu Grunde liegenden Belastungskräfte F_Q , F_Y rechtwinklig zur Längsrichtung des Bauteils werden nach folgender Formel ermittelt:
- $$F_Q = \frac{\Delta\alpha_1 + \Delta\alpha_2}{2}$$
- $$F_Y = \frac{\Delta\alpha_1 - \Delta\alpha_2}{\Delta\alpha_1 + \Delta\alpha_2}$$
- wobei F_Q die Kraft in Richtung der Lotrechten und F_Y die Kraft rechtwinklig dazu ist und α_1 ,

α_2 die Winkeländerung von mindestens zwei verschiedenen Sender (2)-Empfänger (3)-Paaren ist, die mit Bezug zur Y-Richtung am Bauteil (1) einseitig und/oder gegenüberliegend angeordnet sind.

15. Verfahren nach Anspruch 14, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:

a) die Verformung ΔX des Bauteils ist proportional zur erfassten Winkeländerung $\Delta\alpha$ und wird in Abhängigkeit der Bauteillänge L erfasst,

b) der Flächeninhalt eines so ermittelten Verformungsgraphen "X über L" wird **durch** eine Mittelwertbildung $\Delta X'$ aller einem Belastungszyklus zu Grunde liegenden Verformungsgraphen normiert,

c) das Verhältnis von der Verformung ΔX zur normierten Verformung $\Delta X'$ wird errechnet.

16. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Verbindungselement aus dem unter dem Schienenfuß (72) platzierbaren Halteteil (21) und einem an diesem höhenbeweglich angeordneten, aus zwei Schenkeln (20.1, 20.2) gebildeten Aufnahmeteil (20) besteht, wobei in den einen Schenkel mindestens zwei Schrauben (22, 23) einschraubbar sind, wobei die eine Schraube (23) gegen das Bauteil (1) oder den Schienenfuß (72) anlegbar ist und das andere Schraubenteil (22) eine feste Verbindung zwischen dem Halteteil (21) und dem Bauteil (1) oder der Schiene (70) herstellt, wobei der zweite Schenkel (20.2) gegen das Halteteil (21) über mindestens eine Schraube (22) pressbar ist.

Claims

1. A device for a transmitter (2) and a receiver (3) to record different deformation states of an assembly part (1), which are arranged separately at a distance from each other using a retainer (20, 30) on the assembly part (1), **characterized therein**, that the transmitter (2) is arranged using a first retainer (20) on a first holding component (21), and the receiver (3) is arranged using a second retainer (30) on a second holding component (31), each retainer (20, 30) and each holding component (21, 31) forming one or more connecting elements or one or more clamping and form-fit connections, or one adhesive connection or one welded connection with the assembly part (1).
2. A device according to claim 1, **characterized therein**, that the transmitter (2) and the receiver (3)

form a deformation sensor, which is arranged directly on a track foot (72) of the assembly part (1) in the form of a railway track in the longitudinal direction of the railway track.

3. A device according to claims 1 or 2, **characterized therein**, that the retainer (20, 30) and the holding component (21, 31) comprise a corresponding fit (40).
4. A device according to one of claims 1 - 3, **characterized therein**, that the fit (40) takes the form of a groove and tongue connection and/or a fitting pin.
5. A device according to one of claims 1 - 4, **characterized therein**, that the retainer (20, 30) takes the form of a claw and is connected via a pin and/or a screw connection (22) to the holding component (21, 31).
6. A device according to one of claims 1 - 5, **characterized therein**, that the retainer (20, 30) and/or the holding component (21) comprises a clamping element (23), which is effectively connected to the holding component (1).
7. A device according to one of claims 1 - 6, **characterized therein**, that the clamping element (23) takes the form of a bolt, screw and/or cam.
8. A device according to one of claims 1 - 7, **characterized therein**, that the retainer (20, 30) comprises a holding component (24) for the transmitter (2) and/or the receiver (3).
9. A device according to one of claims 1 - 8, **characterized therein**, that the holding component (24) takes the form of a bore hole, and comprises a fastening element in the form of a cap nut for the transmitter (2) and/or the receiver (3).
10. A device according to one of claims 1 - 9, **characterized therein**, that the first retainer (20) for the transmitter (2) and the second retainer (30) for the receiver (3) comprise at least one corresponding adjusting surface (50) which can be connected using a mounting aid (51).
11. A device according to one of claims 1 - 10, **characterized therein**, that the adjusting surface (50) takes the form of a groove, a bore hole and/or a chamfer, the mounting aid (51) comprising corresponding adjusting elements (52) with the adjusting surface (50).
12. A device according to one of claims 1 - 11, **characterized therein**, that in a measuring range of the assembly part (1), several retainers (20, 30) are fit-

ted, the receiver (3) being effectively connected via an evaluation unit (60).

13. A device according to one of claims 1 - 12, **characterized therein**, that several transmitter (2) - receiver (3) pairs are fitted, which are arranged on opposite sides (11, 12) of the assembly part (1).

14. A procedure for measuring the deformation of an assembly part using the device according to one of the aforementioned claims, **characterized by the following procedural steps:**

a) a measuring current generated by the receiver (3) is transformed into a measuring voltage within the evaluation unit (60)

b) the change of angle which causes the change in voltage between the transmitter (2) and the receiver (3) is determined according to the following formula:

$$\frac{U_1 - U_2}{U_1 + U_2} = \Delta\alpha_1$$

c) the loads F_Q , F_Y which cause the deformation of the assembly part at right angles to the longitudinal direction of the assembly part are determined according to the following formula:

$$F_Q = \frac{\Delta\alpha_1 + \Delta\alpha_2}{2}$$

$$F_Y = \frac{\Delta\alpha_1 - \Delta\alpha_2}{\Delta\alpha_1 + \Delta\alpha_2}$$

wherein F_Q the load is in a perpendicular direction and F_Y the load runs at right angles, and α_1 , α_2 is the change in angle of at least two different transmitter (2) - receiver (3) pairs, which are arranged in reference to the Y-direction on one side of the assembly part (1) and/or opposite each other.

15. A procedure according to claim 14, **characterized by the following procedural steps:**

a) the deformation ΔX of the assembly part is proportional to the recorded change of angle $\Delta\alpha$ and is recorded in relation to the length of the assembly part L

b) the surface area of a deformation graph "X over L" determined in this way is scaled by an average $\Delta X'$ of all the deformation graphs on

which a load cycle is based

c) the relationship between the deformation ΔX and the scaled deformation $\Delta X'$ is calculated

16. A device according to claim 1, **characterized therein**, that the connecting element consists of the holding component (21) which can be positioned underneath the track foot (72) and a retainer component (20) which is attached to this in a height-adjustable manner and which is formed by two arms (20.1, 20.2), wherein at least two screws (22, 23) can be screwed into one arm, wherein one screw (23) can be positioned against the assembly part (1) or the track foot (72), and the other screw component (22) creates a fixed connection between the holding component (21) and the assembly part (1) or track (70), it being possible to press the second arm (20.2) against the holding component (21) via at least one screw (22).

Revendications

1. Dispositif pour un émetteur (2) et un récepteur (3) pour la saisie de différents états de déformation d'un composant (1), lesquels sont disposés indépendamment et à distance l'un de l'autre au moyen de réceptacles (20, 30) sur le composant (1), **caractérisé en ce que** l'émetteur (2) est disposé sur une première pièce de maintien (21) au moyen d'un premier réceptacle (20) et le récepteur sur une deuxième pièce de maintien (31) au moyen d'un deuxième réceptacle (30), chaque réceptacle (20, 30) et chaque pièce de maintien (21, 31) formant avec le composant (1) un ou plusieurs éléments de liaison ou une ou plusieurs connexions par serrage ou engagement positif ou un raccord par collage ou un raccord par soudage.

2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'émetteur (2) et le récepteur (3) forment un capteur de déformation disposé directement sur un patin de rail (72) du composant (1) formé comme rail de chemin de fer, dans la direction longitudinale du rail de chemin de fer.

3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le réceptacle (20, 30) et la pièce de maintien (21, 31) présentent un ajustement par correspondance (40).

4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'ajustement (40) est formé comme raccord à languette et rainure et/ou comme goujon d'ajustage.

5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, **ca-**

ractérisé en ce que le réceptacle (20, 30) est formé comme griffe et est relié à la pièce de maintien (21, 31) au moyen d'une connexion à goujon et/ou à vis (22).

5

6. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** le réceptacle (20, 30) et/ou la pièce de maintien (21) présente un élément de serrage (23) en liaison active avec le composant (1).

10

7. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** l'élément de serrage (23) est formé comme boulon, vis et/ou came.

8. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** le réceptacle (20, 30) présente un élément de maintien (24) pour l'émetteur (2) et/ou le récepteur (3).

15

9. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** l'élément de maintien (24) est formé comme alésage et présente un élément de fixation formé comme écrou borgne pour l'émetteur (2) et/ou le récepteur (3).

20

25

10. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** le premier réceptacle (20) pour l'émetteur (2) et le deuxième réceptacle (30) pour le récepteur (3) présentent au moins une surface d'ajustement (50) par correspondance pouvant être raccordée par un moyen de montage (51).

30

11. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** la surface d'ajustement (50) est formée comme rainure, alésage et/ou chanfrein, le moyen de montage (51) présentant des éléments d'ajustement (52) correspondant à la surface d'ajustement (50).

35

12. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** plusieurs réceptacles (20, 30) sont prévus dans une étendue de mesure du composant (1), les récepteurs (3) étant en liaison active au moyen d'une unité d'évaluation (60).

40

45

13. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** sont prévues plusieurs paires d'émetteurs (2) - récepteurs (3) disposées sur des côtés opposés (11, 12) du composant (1).

50

14. Procédé de mesure de la déformation d'un composant au moyen du dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé par les phases de procédé suivantes :**

55

a) un courant de mesure généré par le récepteur (3) est transformé en tension de mesure à l'intérieur de l'unité d'évaluation (60),

b) la variation d'angle entre l'émetteur (2) et le récepteur (3) à la base de la variation de tension est déterminée conformément à la formule suivante :

$$\frac{U_1 - U_2}{U_1 + U_2} = \Delta\alpha_1$$

c) les charges F_Q , F_Y à la base de la déformation du composant, perpendiculairement à la direction longitudinale du composant, sont déterminées conformément aux formules suivantes :

$$F_Q = \frac{\Delta\alpha_1 + \Delta\alpha_2}{2}$$

$$F_Y = \frac{\Delta\alpha_1 - \Delta\alpha_2}{\Delta\alpha_1 + \Delta\alpha_2}$$

où F_Q représente la force dans la direction des verticales, F_Y la force perpendiculaire à celle-ci, et α_1 , α_2 la variation d'angle d'au moins deux paires différentes d'émetteurs (2) - récepteurs (3), disposées unilatéralement sur le composant (1) et/ou opposées l'une à l'autre relativement à la direction Y.

15. Procédé selon la revendication 14, **caractérisé par les phases de procédé suivantes :**

a) la déformation ΔX du composant est proportionnelle à la variation d'angle $\Delta\alpha$ saisie et est déterminée en fonction de la longueur L du composant,

b) "l'aire X sur L" d'un graphe de déformation ainsi saisi est normalisée par une formation de valeur moyenne $\Delta X'$ de tous les graphes de déformation à la base d'un cycle de charge,

c) le rapport de la déformation ΔX sur la déformation normalisée $\Delta X'$ est calculé.

16. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'élément de liaison se compose d'une pièce de maintien (21) disponible sous le patin de rail (72) et d'une pièce de réceptacle (20) déplaçable sur la hauteur de celle-ci, formée de deux branches (20.1, 20.2), deux vis (22, 23) au moins étant serrables dans la première branche, une première vis (23) étant applicable contre le composant (1) ou le patin de rail (72) et l'autre pièce de vis (22) réalisant une liaison fixe entre la pièce de maintien (21) et le composant (1) ou le rail (70), la deuxième branche

(20.2) étant serrable contre la pièce de maintien
(21) par une vis (22) au moins.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1a

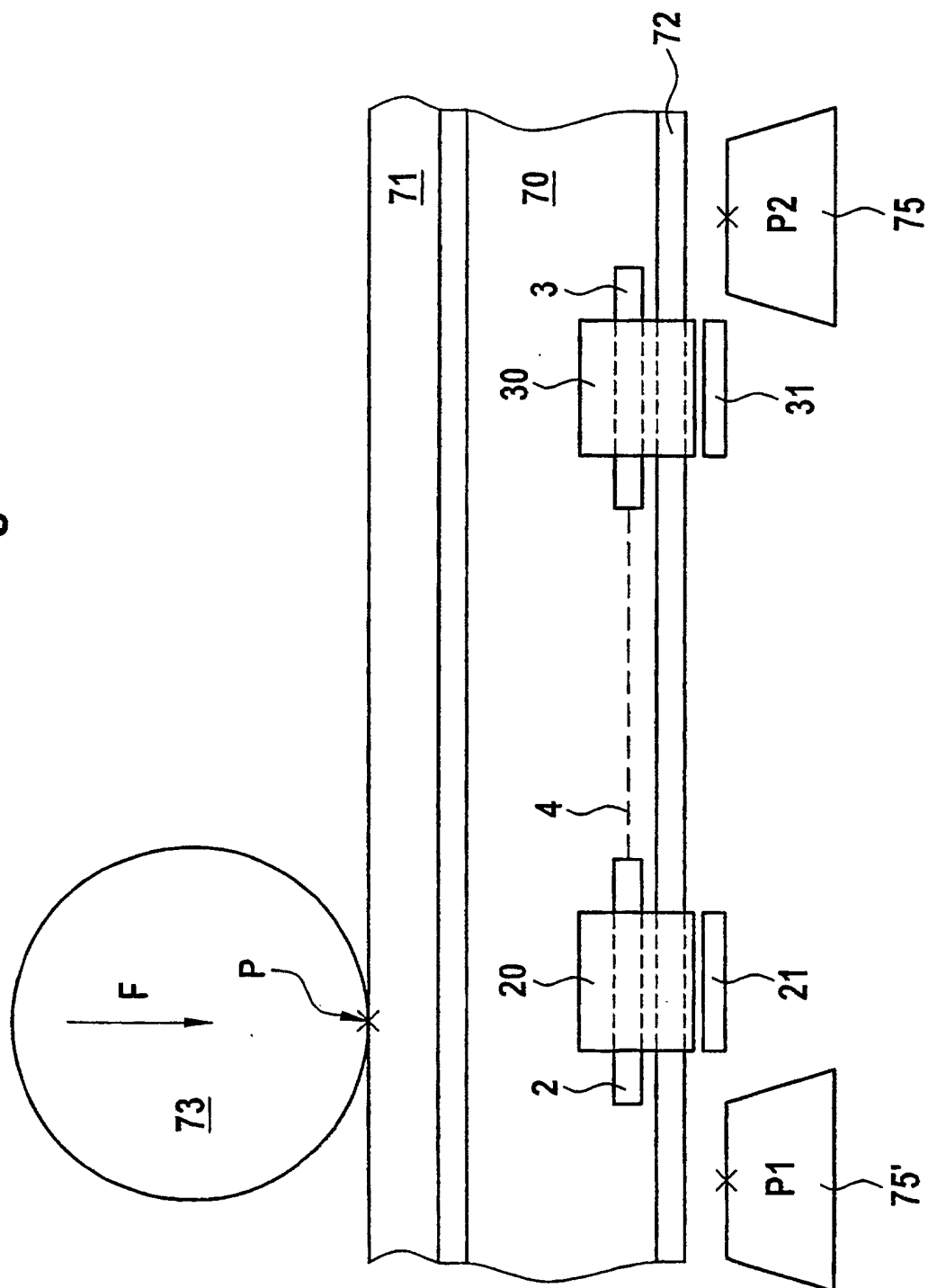


Fig. 1b

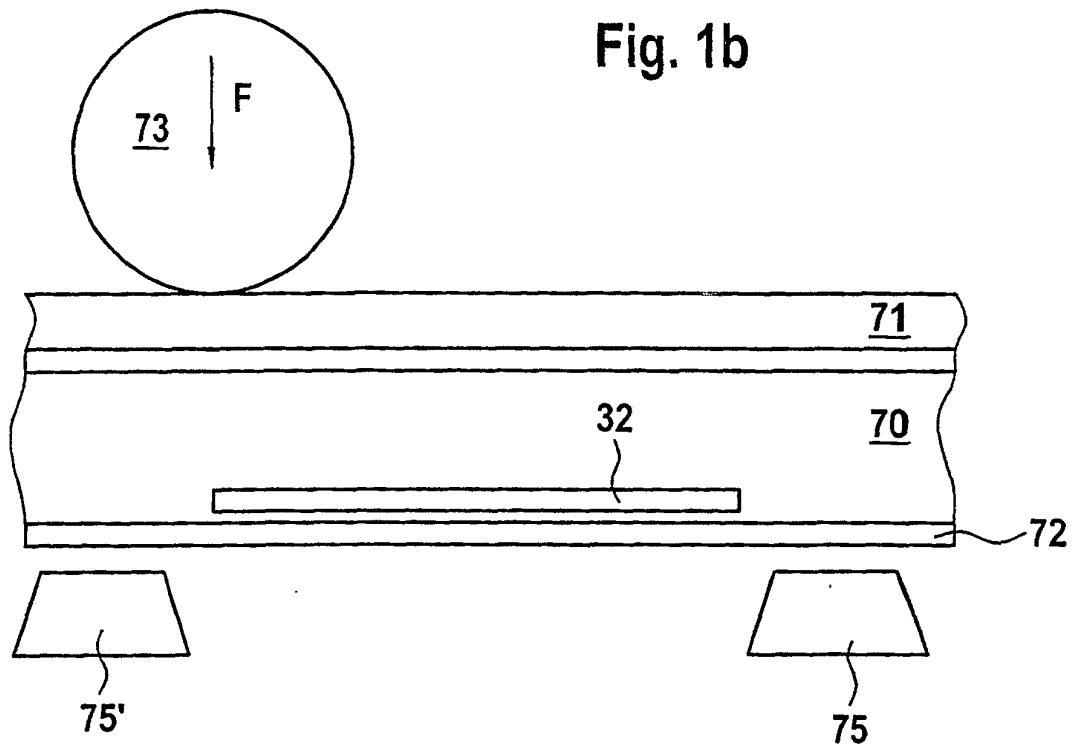


Fig. 1c

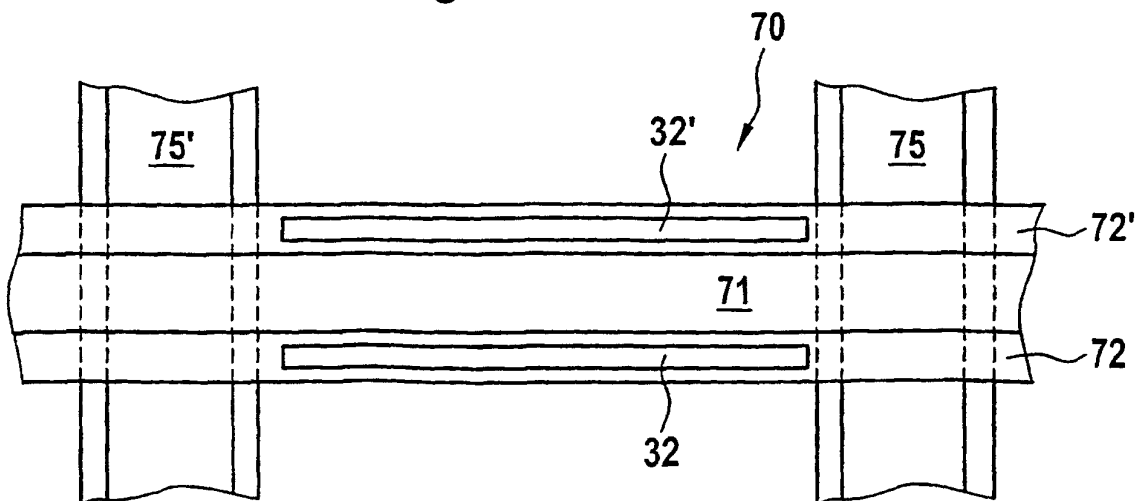


Fig. 2

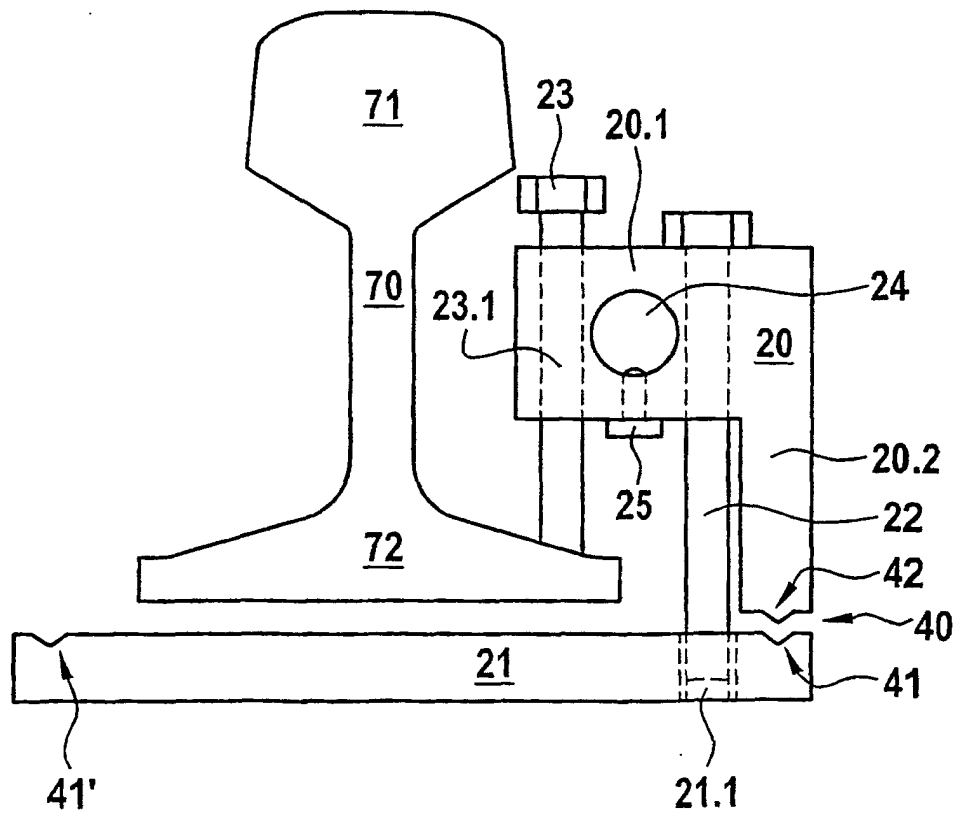
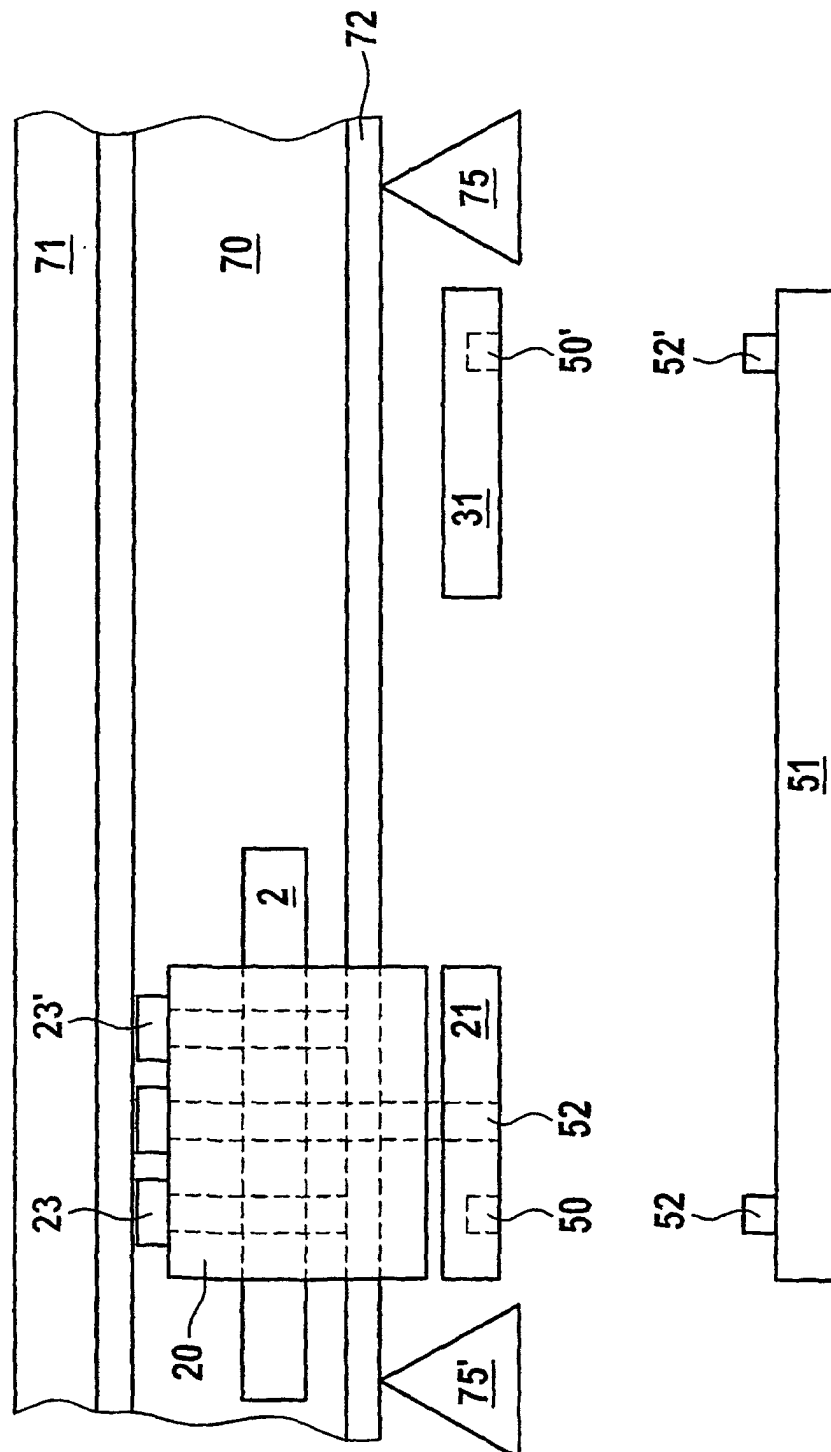


Fig. 3



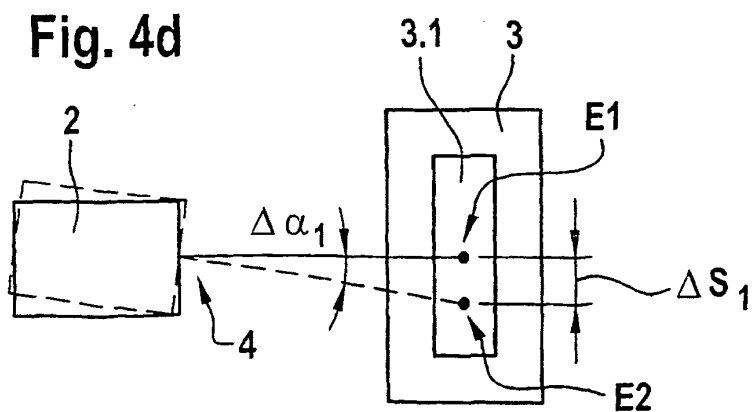
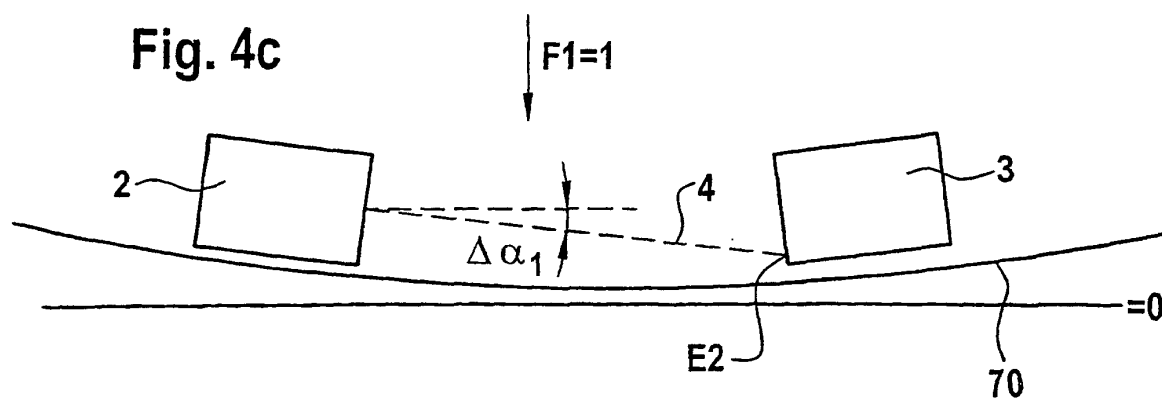
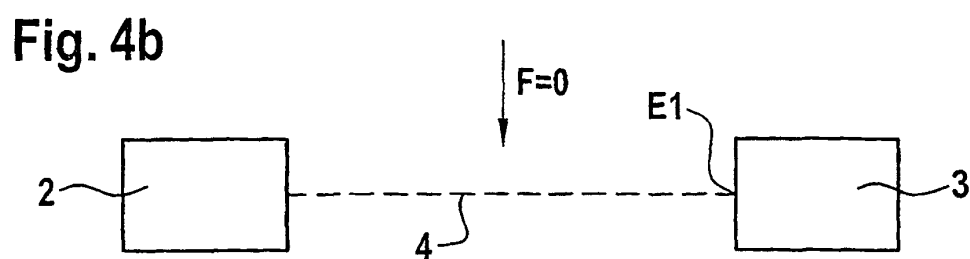
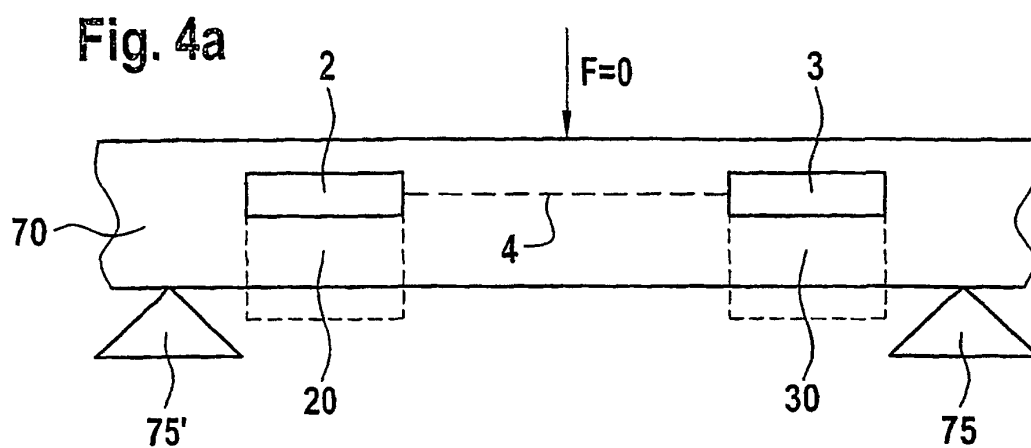


Fig. 5

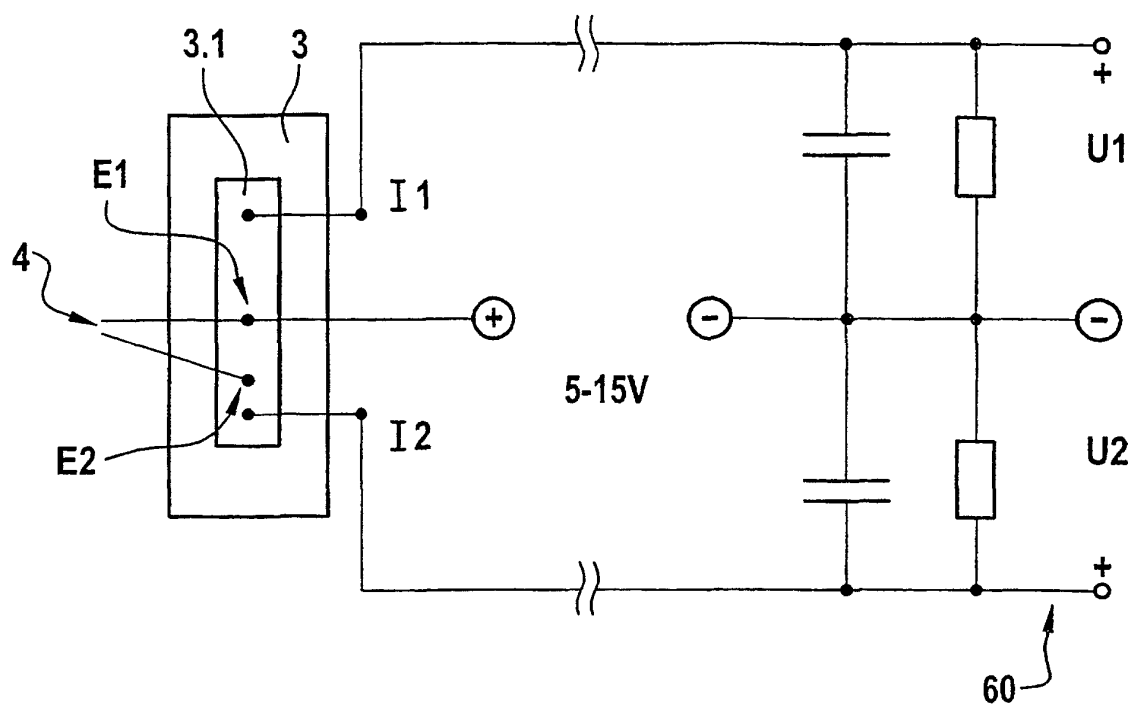
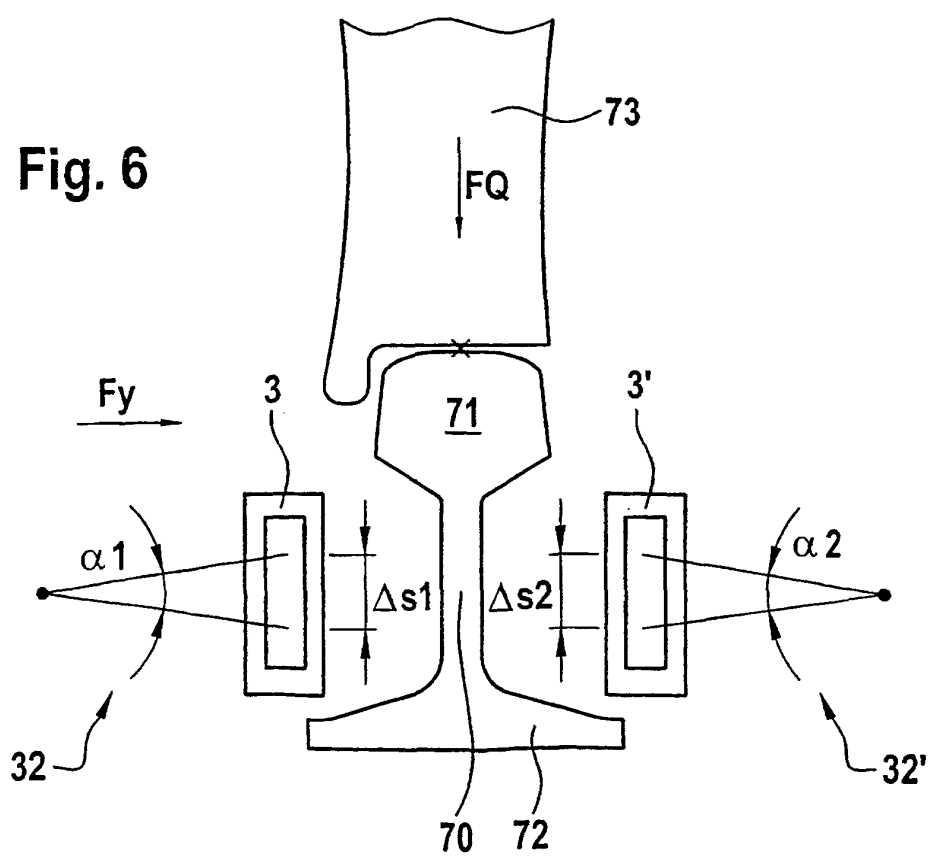
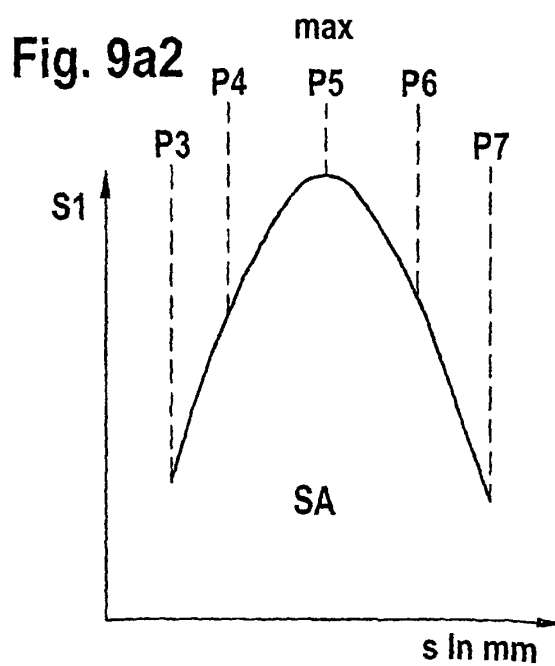
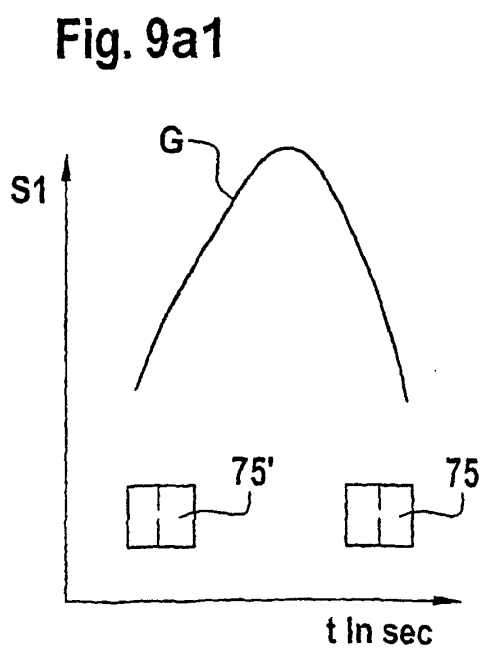
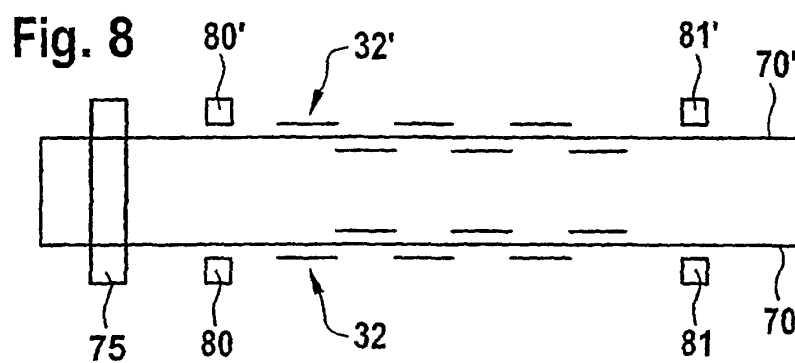
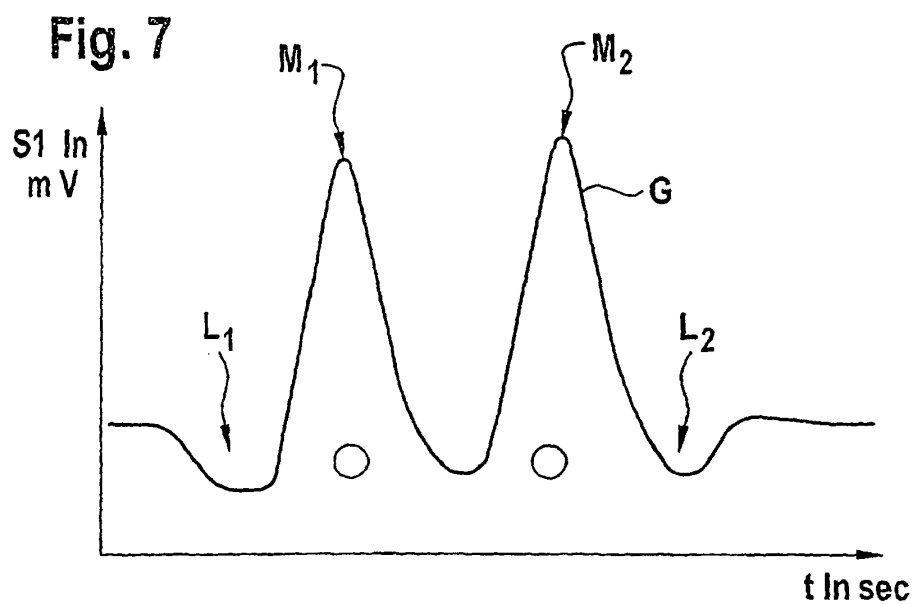


Fig. 6





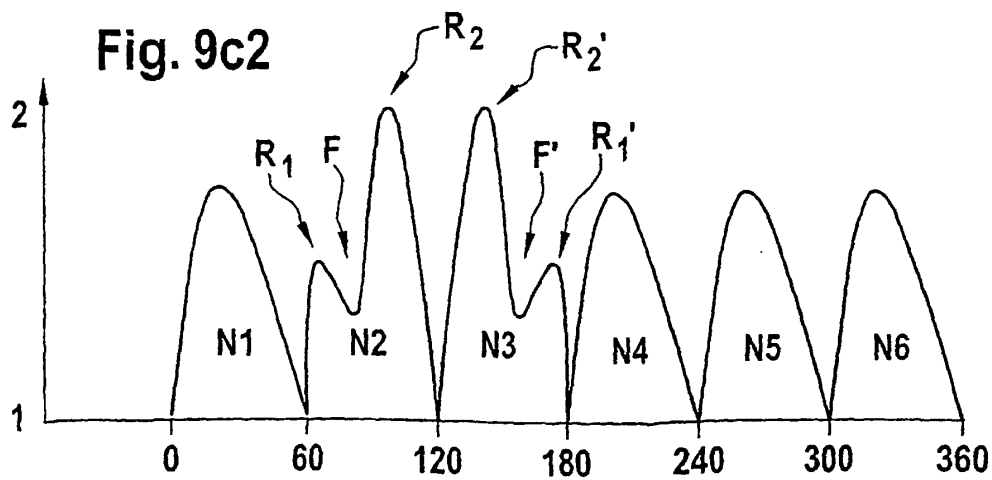
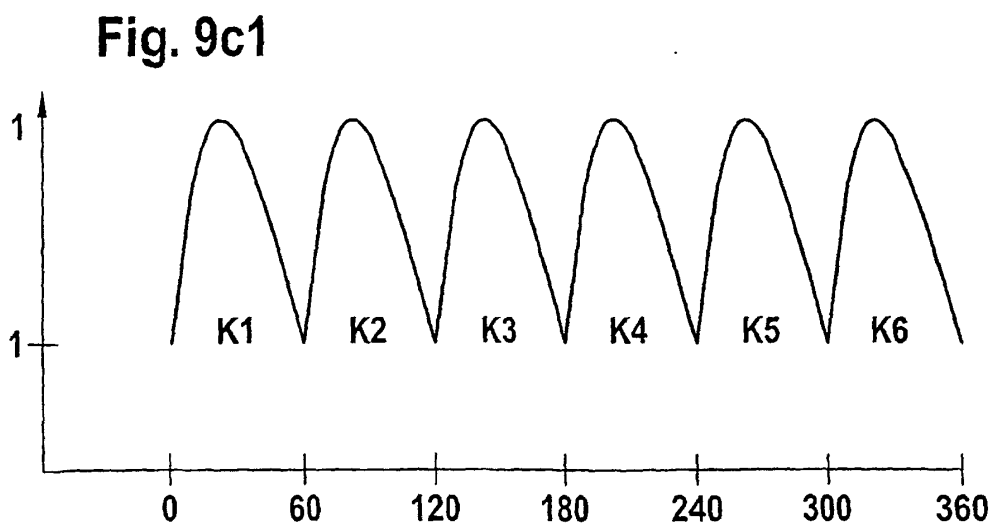
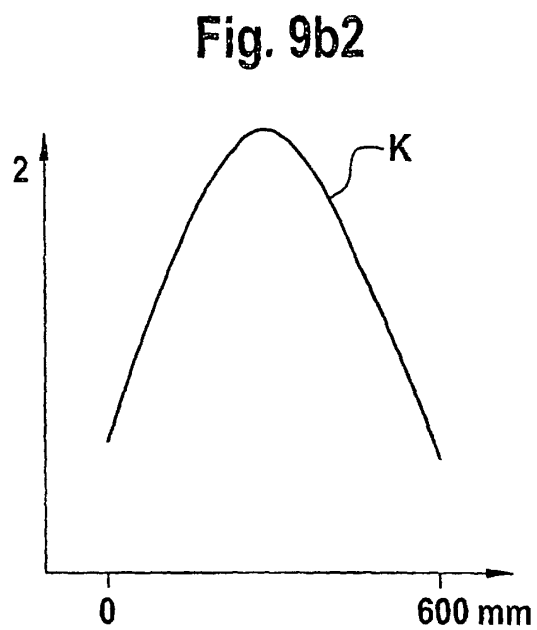
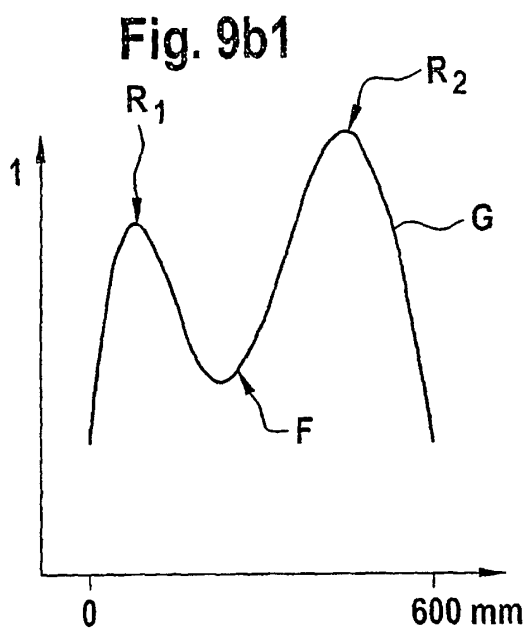


Fig. 9d

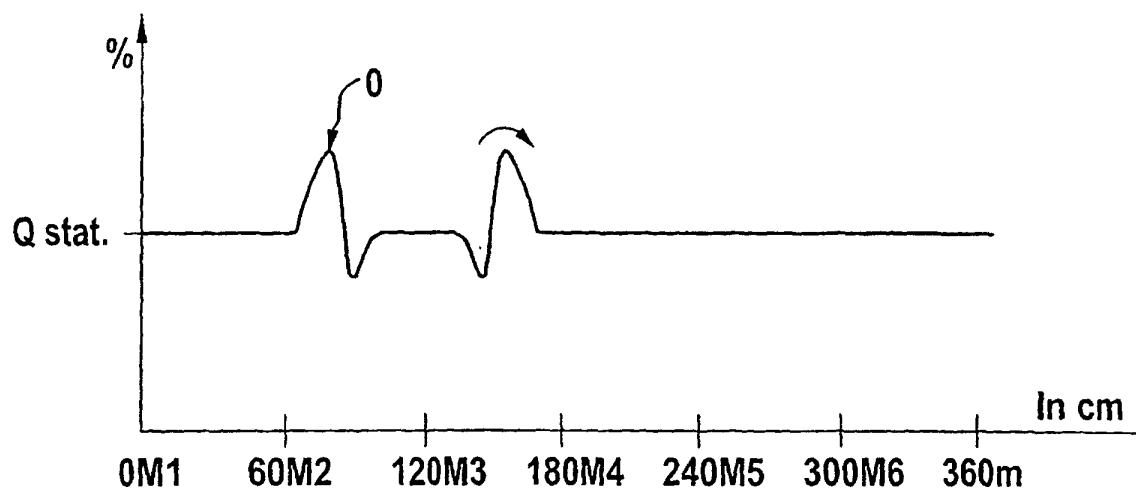


Fig. 9e1

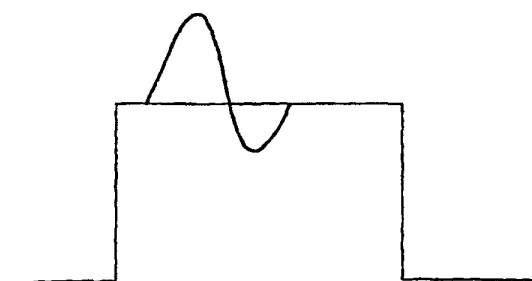


Fig. 9e4

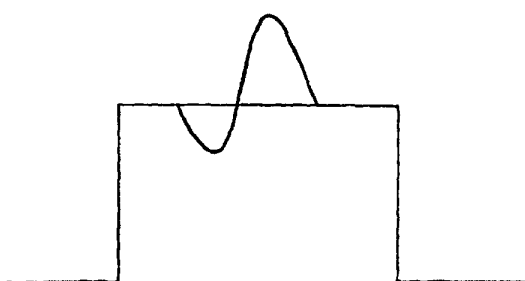


Fig. 9e2

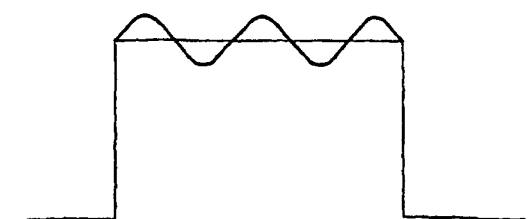


Fig. 9e3

