

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
07. Juni 2018 (07.06.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2018/100475 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:  
G01G 19/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/IB2017/057396

(22) Internationales Anmeldedatum:  
24. November 2017 (24.11.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
01566/16 29. November 2016 (29.11.2016) CH

(71) Anmelder: DIGI SENS AG [CH/CH]; Freiburgstrasse 65,  
3280 Murten (CH).

(72) Erfinder: LUSTENBERGER, Martin; Ch. du Gerbey,  
1752 Villars sur Glâne (CH). SUTER, Olivier; Blüemli-  
mattstrasse 19, 3270 Aarberg (CH).

(74) Anwalt: STUMP, Beat; Stump und Partner AG, Zimmer-  
gasse 16, 8008 Zürich (CH).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DETECTING THE WEIGHT OF A LOAD MOVING ON SCALES

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM ERFASSEN DES GEWICHTS EINER SICH ÜBER EINE WAAGE BEWEGENDEN LAST

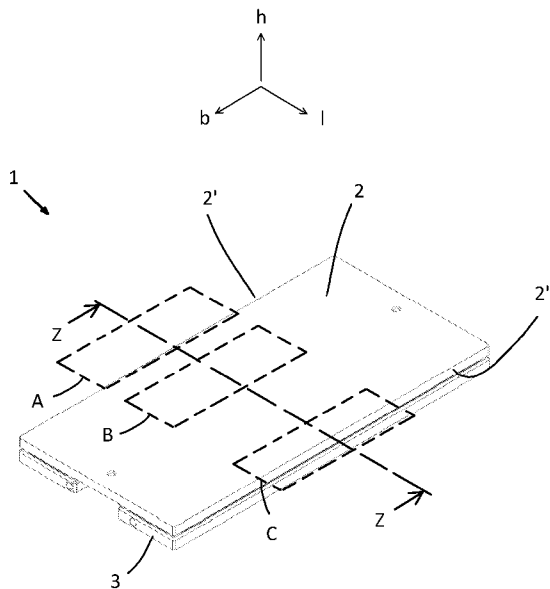


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for calculating the weight of a load moving on scales (1). According to the method, a load signal of the scales is determined over a period of time using the speed of the load, and several partial load signals (TL<sub>1</sub>, TL<sub>2</sub>) are used, the total thereof providing the load signal, a first partial load signal (TL<sub>1</sub>) displaying a maximum value as long as the load is fully on the weighing section of the scales (1), and a second partial load signal (TL<sub>2</sub>) displaying a minimum value as long as the load is completely removed from the weighing section of the scales (1), and the speed of the movement of the load is determined from said partial load signals (TL<sub>1</sub> and TL<sub>2</sub>). The invention also relates to scales for carrying out said method, comprising two weighing units (10, 11) with flexible deformation elements on which deformation sensors (7, 15), which generate the partial load signals (TL<sub>1</sub>, TL<sub>2</sub>), are arranged.

(57) Zusammenfassung: Das Verfahren erfindungsgemässe betrifft die Berechnung des Gewichts einer sich über eine Waage (1) bewegenden Last, wobei ein Lastsignal der Waage über eine Zeitspanne mit Hilfe der Geschwindigkeit der Last gemittelt wird, und wobei mehrere in ihrer Summe das Lastsignal ergebende Teillastsignale (TL<sub>1</sub>, TL<sub>2</sub>) verwendet werden, wobei ein erstes Teillastsignal (TL<sub>1</sub>) durch ein Maximum anzeigt, sobald sich die Last vollständig auf einem Messabschnitt der Waage (1) befindet und ein zweites Teillastsignal (TL<sub>2</sub>) durch einen Minimalwert anzeigt, sobald die Last vollständig vom Messabschnitt der Waage (1) abgelaufen ist, und dass aus diesen Teillastsignalen (TL<sub>1</sub> und TL<sub>2</sub>) die Geschwindigkeit der Bewegung der Last ermittelt wird. Eine Waage zur Ausführung



WO 2018/100475 A2

**(84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

**Verfahren und Vorrichtung zum Erfassen des Gewichts einer sich über  
eine Waage bewegenden Last**

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung gemäss dem Oberbe-  
griff der Ansprüche 1, 7 und 16.

Waagen der genannten Art werden vor unter Anderem in der Industrie und auch im Verkehr  
verwendet, dort, um das Gewicht von Motorfahrzeugen bei der Durchfahrt, beispielsweise  
bei Zahlstationen oder bei Kontrollen zu erfassen. Dabei ist es wünschenswert, möglichst ho-  
he Geschwindigkeiten zuzulassen, beispielsweise oberhalb 50 km/h. Bekannt sind Waagen,  
welche mit einer Länge im Bereich eines Meters oder mehr das Gewicht eines einzelnen Ra-  
des oder, bei entsprechender Breite, das Gewicht einer Achse erfassen, wobei dann die Ge-  
wichte der Räder bzw. der Achsen eines Fahrzeugs aufsummiert und so das Gewicht des  
Fahrzeugs erhalten wird.

Dabei ist neben den grossen Abmessungen solcher Waagen auch die Genauigkeit des erfass-  
ten Gewichts problematisch, insbesondere, wenn das Fahrzeug nicht auf der Waage steht,  
sondern über diese fährt. Auch wenn die Waage das zu messende Gewicht über Deformati-  
onssensoren wie Lastzellen erfasst, sind Schwingungen bzw. Bewegungen der Mechanik  
kaum vermeidbar, so z.B. wenn das Rad auf die Trägerplatte der Waage aufläuft oder die  
durch das Reifenprofil gegebenen Profilklotze durch die Radumdrehung auf die Trägerplatte  
schlagen. Das von den Sensoren der Waage erzeugte Lastsignal wird dann durch Störungen  
überlagert, was die Genauigkeit der Messung mit steigender Geschwindigkeit erheblich be-  
einträchtigt.

Im Stand der Technik ist es deshalb bekannt, eine möglichst lange Trägerplatte vorzusehen,  
damit die Verweilzeit des Fahrzeugs auf der Waage erhöht und so das Lastsignal verlängert  
und damit gemittelt werden kann, was die Genauigkeit der Messung verbessert. Die Mit-  
telung erfolgt beispielsweise mit dem Algorithmus

$$\frac{\int_{t_1}^{t_2} f(t) dt}{v} = G$$
 wo  $f(t)$  das Lastsignal im Sinn der detektierten Gewichtskraft,  $t$  die Zeit und  $v$   
die Geschwindigkeit des Fahrzeugs (bzw. der sich über die Waage bewegenden Last)  
bedeutet. Die Integration erfolgt, sobald das Lastsignal angestiegen ist ( $t_1$ ) und endet, wenn  
das Lastsignal wieder abfällt ( $t_2$ ), wobei die Qualität der Ausmittlung bzw. die Genauigkeit der

Gewichtserfassung mit der Länge der Dauer des Lastsignals steigt, so dass in der Regel in Fahrtrichtung recht lange Waagen gebaut werden.

Nachteilig ist solchen Waagen, dass die Trägerplatte möglichst lang sein muss, um eine akzeptable Genauigkeit der Gewichtsmessung zu erreichen, oder umgekehrt, dass die für die Wägung zugelassene Geschwindigkeit tief ist, so dass eine befriedigende Lösung (beispielsweise eine zugelassene Geschwindigkeit von 80 km/h bei einer Länge der Trägerplatte der Waage von weniger als einem Meter) nicht vorliegt. Zudem sind solche Waagen wegen der zusätzlich durch eine separate Station zu erfassenden Geschwindigkeit aufwendig, wobei die Geschwindigkeitsmessung dann Achse für Achse erfolgen muss, damit bei der jeweiligen Wägung einer Achse die zutreffende Geschwindigkeit bekannt ist. Sonst verliert die Gewichtserfassung wiederum wesentlich an Genauigkeit, so wenn etwa ein LKW im Bereich der Waage beschleunigt oder bremst, dabei dessen Geschwindigkeit aber nur einmal erfasst wird. Die Abstimmung der Geschwindigkeitsmessung auf den Moment, wo jede Achse sich auf der Trägerplatte befindet, ist wiederum aufwändig.

Entsprechend ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine verbesserte Waage für die Erfassung des Gewichts einer sich über sie bewegenden Last zu schaffen.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen von Anspruch 1 oder durch einen Waage mit den Merkmalen von Anspruch 7 bzw. durch eine Anordnung mit den Merkmalen von Anspruch 16 gelöst.

Dadurch, dass das Lastsignal in Form von Teillastsignalen erfasst und diese verarbeitet werden, kann die Geschwindigkeit der Last bzw. des Fahrzeugs im relevanten Moment bestimmt werden, nämlich im Moment der Gewichtserfassung des jeweiligen Rades bzw. der jeweiligen Achse. Zudem erlaubt die getrennte Erfassung von Teillastsignalen eine erheblich genauere Erfassung des Zeitpunkts, in welchem die Last auf die Waage einzufahren beginnt bzw. diese wieder vollständig verlassen hat was die Genauigkeit der Wägung verbessert und letztlich hohe Geschwindigkeiten der Last zulässt.

Dadurch, dass die Waage mehrere Wägeeinheiten aufweist, die vom Trägerelement überspannt werden, lassen sich Teillastsignale generieren, welche zur Erfassung der Geschwindig-

keit der sich über die Waage bewegenden Last dienen und eine Berechnung der Last mit hoher Genauigkeit bei hoher Geschwindigkeit erlauben.

5 Dadurch, dass sich die Waagen gruppieren lassen, können Fahrstreifen für Motorfahrzeuge mit einer Anordnung zur Messung des Gewichts von über die Anordnung fahrenden Motorfahrzeu-  
gen versehen werden, welche die automatische Erfassung von Gewicht, Geschwindigkeit und auch Fahrtrichtung der Motorfahrzeuge erlaubt.

10 Über die gestellte Aufgabe hinaus sind erfindungsgemäss kompakte Waagen im Bereich von 30 cm Länge, 60 cm Breite und 4 cm Höhe realisierbar, die bei einer Geschwindigkeit von 80 km/h und einer Achslast von mehr als 10 t eine Messgenauigkeit von < 5% des aktuellen Gewichts ermöglichen.

Bevorzugte Ausführungsformen weisen die Merkmale der abhängigen Ansprüche auf.

15

Die Erfindung wird nachstehend anhand der Figuren noch etwas näher beschrieben.

Es zeigt:

20 Figur 1 eine Ansicht einer erfindungsgemässen und einbaufertigen Waage,

Figur 2 eine Ansicht auf die Waage von Figur 1 bei entfernter Trägerplatte,

Figur 3 einen Schnitt durch die Waage von Figur 1,

25

Figur 4a einen Ausschnitt aus dem Schnitt durch die Waage 1 gemäss Figur 3, nämlich im Bereich der Lagerstellen 23 und 24,

30 Figur 4b einen Ausschnitt aus dem Schnitt durch die Waage 1 gemäss Figur 3, nämlich im Bereich der Lagerstellen 25 und 28, und

Figur 5 ein Diagramm mit den Lastsignalen, generiert durch die Waage von Figur 1, die durch ein Rad überfahren wird.

Figur 1 zeigt eine Ausführungsform der erfindungsgemässen Waage 1 mit einem als Trägerplatte 2 ausgebildeten Trägerelement für die Aufnahme der Last und einer Basisplatte 3, welche beispielsweise in den Belag einer Fahrbahn oder auch in eine beliebige andere Förderbahn z.B. in der Industrie eingelassen werden kann, derart, dass die Oberfläche der Trägerplatte 2 die Fahrbahnoberfläche bzw. die Oberfläche der Förderbahn fortsetzt, so dass z.B. ein in Längsrichtung (Richtung der Länge l) über die Waage fahrendes Fahrzeug bzw. eine über die Waage 1 bewegte Last durch die Trägerplatte 2 nicht gehindert oder gestört wird. In Fahrtrichtung (Richtung der Länge l) gesehen besitzt die Trägerplatte 2 eine vordere Kante 2' und eine hintere Kante 2''.

Eingezeichnet sind weiter Aufstandsflächen A, B und C eines über die Trägerplatte 2 rollenden Reifens der hier in einen Strassenbelag eingelassenen Waage 1. Der Reifen selbst, beispielsweise der Reifen eines LKW, ist zur Entlastung der Figur weggelassen und rollt in Richtung der Länge l. Die Aufstandsfläche A zeigt den Moment, in welchem der Reifen sich noch auf dem umgebenden Strassenbelag befindet, aber gerade beginnt, auf die Trägerplatte 2 aufzulaufen, so dass deren vordere Kante 2' bereits durch die Gewichtskraft des Reifens belastet ist. Die Aufstandsfläche B zeigt einen Moment, in welchem sich der Reifen vollständig (in einer allgemeinen Position) auf der Trägerplatte 2 befindet, während die Aufstandsfläche C einen Moment zeigt, in welchem der Reifen teilweise von der Trägerplatte 2 abgelaufen ist, sich über der hinteren Kante 2'' befindet, also zum Teil noch auf der Trägerplatte 2 und zum Teil schon auf dem umgebenden Strassenbelag aufliegt und damit die Trägerplatte 2 nur teilweise durch die Gewichtskraft belastet.

Bei der in den Figuren gezeigten Ausführungsform bildet die Trägerplatte 2 einen Messabschnitt der Waage 1.

Die in der Figur dargestellte Ausführungsform der Waage 1 besitzt beispielsweise eine Länge l von 30 cm, eine Breite b von 60 cm und eine Höhe h von 4 cm, ist also etwa in vorbestehende Vertiefungen im Strassenbelag einsetzbar, wie sie heute für einfachste Waagen für die blosser Detektion der Vorbeifahrt einer Achse vorgesehen sind. Die Aufstandsflächen A, B und C mögen eine Länge von 10 cm und eine Breite im Bereich 30 cm aufweisen. Wiederum in Bezug auf zu wägende Fahrzeuge kann das über die Aufstandsfläche A, B und C übertragene Ge-

wicht im Bereich von 100 kg (Motorrad) bis zu mehreren Tonnen (LKW) betragen. Es ergibt sich, dass eine erfindungsgemässe Waage bevorzugt eine Länge von 50 cm oder weniger und eine Breite von 100 cm oder weniger aufweist.

- 5 Natürlich können das Trägerelement bzw. die Basisplatte 3 einem anderen Einsatzzweck der Waage 1 angepasst werden.

Figur 2 zeigt eine Ansicht auf die Waage 1 von Figur 1 bei entfernter Trägerplatte 2 (Figur 1), so dass die Basisplatte 3 von innen her mit den daran angeordneten Elementen sichtbar wird.

- 10 Ersichtlich ist ein als T - förmiger Biegebalken 4 ausgebildetes Biegedeformationselement mit einem Querbalken 5 und einem Bein 6. Am Biegebalken 4 ist ein Deformationssensor 7 angeordnet, bevorzugt ein Schwingsaitensensor der KL Serie, wie er von der Anmelderin erhältlich ist.

- 15 Auf dem Querbalken 5 ruhen Trägerleisten 8,8' in einer ersten Nut 9, auf denen wiederum, wenn montiert, die Trägerplatte 2 (Figur 1) betriebsfähig aufliegt. Der Querbalken 5 seinerseits ist auf der Basisplatte 3 - und damit am Untergrund - über die in der Figur 3 gezeigten Lager gelagert.

- 20 Die Anordnung mit dem Querbalken 5, seiner Lagerung (Figur 3), dem Deformationssensor 7 und den Trägerleisten 8,8' bildet eine Wä geeinheit 10.

- Eine weitere Wä geeinheit 11 ist gleich ausgebildet wie die Wä geeinheit 10 und weist entsprechend ein als Biegebalken 12 ausgebildetes Biegedeformationselement mit einem Quer-  
25 balken 13 und einem Bein 14 auf, ebenso einen Deformationssensor 15 sowie eine erste Nut 16 und darin angeordnete Trägerleisten 17,17'. Diese weitere, gemäss der in der Figur 2 gezeigten Ausführungsform zweite Wä geeinheit 11 befindet sich in Fahrtrichtung (Richtung der Länge l) gesehen hinter der ersten Wä geeinheit 10. Bei aufgelegtem Trägerelement, hier aufgelegter Trägerplatte 2, überspannt dieses die beiden Wä geeinheiten 10 und 11 und wirkt  
30 mit dem einen Ende, hier der vorderen Kante 2' (Figur 1) auf die Trägerleisten 8,8' und mit dem anderen Ende, hier der hinteren Kante 2'' (Figur 1) auf die jeweiligen Trägerleisten 17,17' und damit auf den Biegebalken 4 bzw. 11.

Die beiden Wä geeinheiten 10,11 bilden eine an der Basisplatte angeordnete Wä geeanordnung 18 der Waage 1. In weiteren in der Figur 2 dargestellten Ausnehmungen können Kabel zur Übermittlung der Lastsignale der Deformationssensoren und auch Stecker für die externe Übermittlung der Daten vorgesehen werden. Ein Rechner zur Auswertung der Lastsignale  
5 kann an der Basisplatte 3 oder extern vorgesehen werden, die diesbezügliche Auslegung kann durch den Fachmann im konkreten Fall erfolgen.

Es ergibt sich zusammenfassend gemäss der in der Figur 2 gezeigten Ausführungsform eine Waage 1 zur Berechnung des Gewichts einer sich über sie bewegend en Last mit einem Trä gerelement und einer Wä geeanordnung 18, wobei die Wä geeanordnung 18 mehrere Wä geeinheiten 10,11 und jede Wä geeinheit 10,11 ein Biegedeformationselement mit einem ein Lastsignal generierenden Deformationssensor 7,15 aufweist, und wobei die Wä geeinheiten 10,11 in Richtung der Bewegung der Last (Richtung I) hintereinander angeordnet sind, das Trä gerelement diese überspannt und zur Übertragung von Gewichtskraft mit seinem einen Ende  
10 (hier die vordere Kante 2') auf das Deformationselement der ersten und seinem anderen Ende (hier die hintere Kante 2'') auf das Deformationselement einer zweiten Wä geeinheit 11 wirkt.  
15

Figur 3 zeigt einen Schnitt durch die erfindungsgemässe Waage 1 in der Ansicht ZZ von Figur 1. Ersichtlich sind die Trägerplatte 2, die Basisplatte 3 und die beiden Wä geeinheiten 10,11 mit ihren Biegebalken 4,12.  
20

Die Deformationssensoren 7,15 der Wä geeinheiten 10,11 sind in je einer ihnen zugeordneten Ausnehmung 20,21 der Trägerplatte 2 angeordnet. Die Trägerplatte 2 selbst ist massiv gebaut, biegt sich selbst wenig durch und wird durch die vergleichsweise kleinen Ausnehmungen 20,21 kaum geschwächt. Die Basisplatte 3 ist auf dem Untergrund gelagert.  
25

Jede Wä geeinheit 10,11 besitzt drei Lagerstellen 23 bis 25 und 26 bis 28, wobei die Lagerstellen 23 und 26 der Übertragung der Gewichtskraft der Last (hier: des Reifens) L von der Trägerplatte 2 auf die Biegebalken 4,12 dienen und die Lagerstellen 24,25 und 27,28 der Abstützung der durch die Gewichtskraft belasteten Biegebalken 4,12 auf der Basisplatte 3 und damit am Untergrund. Mit anderen Worten wirkt je eine Teillast  $TL_1$  bzw.  $TL_2$  auf den zugeordneten Biegebalken 4 bzw. 12 (die Teillasten  $TL_1$  bzw.  $TL_2$  ergeben in der Summe natürlich die  
30

Last L). Ebenso wirken die Reaktionskräfte  $R_1$  bis  $R_4$  der Basisplatte 3 auf den zugeordneten Biegebalken 4 bzw. 12.

Da die Lagerstellen 23,26 sich in der Horizontalen gesehen zwischen den Lagerstellen 24,25 bzw. 27,28 befinden, biegen sich die Biegebalken 4,12 bei Belastung der Trägerplatte 2 nach unten (gegen die Basisplatte 3 hin) durch, die Bolzen 29,30 bzw. 31,32 neigen sich mit ihrem oberen Ende gegen einander, so dass die Deformationssensoren 7,15 über die Hebel 29',30' bzw. 31',32' unter Druck gesetzt werden und je ein Deformationssignal  $D_1$  bzw.  $D_2$  generieren, welches wiederum der auf den jeweiligen Biegebalken 4,12 wirkenden Teillast  $TL_1$  bzw.  $TL_2$  entspricht.

Die Lagerstellen 23 bis 28 sind in den Figuren 4a bis 4c näher dargestellt.

Wie erwähnt befindet sich in der Wägeeinheit 10 die Lagerstelle 23 zwischen den Lagerstellen 24 und 25, was zur definierten Durchbiegung des Biegebalkens 4 führt: vorliegend, d.h. bei der hier ausgewählten und dargestellten Ausführungsform der Erfindung, beträgt der horizontale Abstand 33 zwischen den Lagerstellen 23 und 24 ca. 10 mm, der Abstand 34 zwischen den Lagerstellen 23 und 25 ca. 120 mm, so dass sich betreffend der Durchbiegung des Biegebalkens 4 im Hinblick auf die wirkende Teillast  $TL_1$  ein Übersetzungsverhältnis von ca. 1:12 ergibt: die Durchbiegung ist gering, die Waage hart und damit geeignet für Lasten im Bereich von mehreren Tonnen. Wird der Ort der Lagerstelle 23 mehr gegen denjenigen der Lagerstelle 25 hin verschoben, erhöht sich die Durchbiegung bei gleicher Teillast  $TL_1$ , die Waage wird weicher, sie ist für geringere Lasten bei hoher Genauigkeit auch bei wenig sensitiven bzw. einfachen Deformationssensoren geeignet. Der Fachmann kann für den konkreten Fall die Ausbildung des Biegedeformationselements (hier der Biegebalken 4), den Ort der Lagerstellen (hier der Lagerstellen 23 bis 25) und die Ausbildung des Deformationssensors (hier der Schwingsaitensensor 7) festlegen. Insbesondere im Bereich der Deformationssensoren kommen auch Dehnmessstreifen etc. in Frage, je nach der gewünschten Auflösung in der Detektion der Durchbiegung des Biegedeformationselements. Dasselbe gilt auch für die Wägeeinheit 11.

Zusammenfassend ergibt sich, dass bevorzugt das Biegedeformationselement einen T-förmigen Umriss aufweist (Figur 2) und die Einwirkung der Gewichtskraft linienförmig über eine Länge des Querbalkens erfolgt (Figur 2, Trägerleisten 8,8' bzw. 17,17') und der Deformations-

sensor 7,15 eine Durchbiegung des Deformationselements 4,12 im Bereich seines Beins 6,14 detektiert. Das Biegedeformationselement kann auch einen anderen, geeigneten Umriss aufweisen, der in Verbindung mit einem Deformationssensor zur für diesen geeigneten Deformation im Lastfall führt.

5

Weiter ergibt sich, dass bevorzugt das Trägerelement als Trägerplatte 2 ausgebildet ist und das Biegedeformationselement einer Wägeeinheit 10,11 im Wesentlichen parallel zur Trägerplatte 2 verläuft, und an seinen in Richtung der Bewegung der Last (Richtung der Länge  $l$ ) gegenüberliegenden Enden am Untergrund gelagert ist, und wobei die Einwirkung von Gewichtskraft (hier die Teillast  $TL_1$  bzw.  $TL_2$ ) zwischen Lagern (hier zwischen den Lagerstellen 24,25 bzw. 27,28), bevorzugt benachbart zu einem der Lager erfolgt, derart, dass sich das Deformationselement unter der Einwirkung von Gewichtskraft durchbiegt.

10

15

Dabei sind bevorzugt die erste und die zweite Wägeeinheit 10,11 derart angeordnet, dass deren Deformationselemente an einander angrenzen. Insbesondere sind gemäss der gezeigten Ausführungsform die beiden Wägeeinheiten 10,11 gleich ausgebildet, wobei die Beine 6,14 der beiden T-förmigen Biegebalken 4,12 gegeneinander gerichtet sind, oder, mit anderen Worten die Krafteinleitung der Trägerplatte bevorzugt im Bereich der voneinander abgewandten Enden der beiden Wägeeinheiten 10,11 erfolgt.

20

Figur 4a zeigt einen Ausschnitt aus dem Schnitt durch die Waage 1 gemäss Figur 3, nämlich im Bereich der Kante 2' mit den Lagerstellen 23 und 24.

25

Die Lagerstelle 23 weist die erste Nut 9 (Figur 2) im Biegebalken 4, eine Nut 35 in der Trägerplatte 2 sowie die in beiden Nuten liegende Trägerleiste 8' auf. Ein Begrenzungselement 36 verhindert, dass sich die Trägerleiste 8' in der Nut verschiebt, hier senkrecht zur Ebene der Figur 4a. Die in der Nut 35 aufliegende obere Seite der Trägerleiste 8' ist ballig, d.h. konvex ausgebildet, so dass eine leichte horizontale Querverschiebung zwischen der Trägerplatte 2 und dem Biegebalken 4 stattfinden kann, s. dazu die Beschreibung unten. Die Lagerstelle 23 ist als Pendellagerung ausgebildet.

30

Die Lagerstelle 24 weist eine Nut 37 im Basiselement 3, eine zweite Nut 38 im Biegebalken 4 sowie eine Trägerleiste 39 auf, die in beiden Nuten 37,38 aufliegt, wobei sowohl deren Unterseite als auch deren Oberseite gegengleich zur Nut 37 und 38 ausgebildet ist. Eine hori-

zontale Querverschiebung zwischen der Basisplatte 3 und dem Biegebalken 4 ist unterbunden - die Lagerstelle 24 ist als Festlager ausgebildet. Die Trägerleiste 39 kann durchgehend, über die ganze Breite des Querbalkens 5 (Figur 2) oder geteilt sein, wie dies bei der Trägerleiste 8' der Fall ist. Dann ist wiederum ein Begrenzungselement 36 vorgesehen, welches die

5 Trägerleiste 39 in der Nut 38 fixiert.

Die Lagerstellen 26,27 im Bereich der Kante 2" sind gleich ausgebildet wie die Lagerstellen 23 und 24.

10 Figur 4b zeigt einen Ausschnitt aus dem Schnitt durch die Waage 1 gemäss Figur 3, nämlich im Bereich der Lagerstellen 25 und 28. In einer dritten Nut 40 im Deformationsbalken 4 sowie einer dritten Nut 41 im Biegebalken 12 einerseits sowie in Nuten 41,42 in der Basisplatte 3 andererseits sind weitere Trägerleisten 44,45 eingelegt und derart ausgebildet, dass wie in den Lagerstellen 22,26 eine Pendellagerung vorhanden ist.

15

Die in den Figuren 4a und 4b gezeigte Anordnung ermöglicht die erfindungsgemässe Lastmessung über die Deformationssensoren 7,15 ohne oder praktisch ohne Hysterese. Biegt sich beispielsweise der Biegebalken durch die Teillast nach unten durch, wird der Abstand von der Lagerstelle 24 zur Lagerstelle 23 und insbesondere zur Lagerstelle 25 etwas kürzer, was

20 bei nur Festlagern zu Verzerrungen im Biegebalken führen würde, welche das Messresultat beeinflussen und zu einer Hysterese führen. Zwar ist der Biegebalken 4,12 massiv ausgebildet und die bei der Biegung auftretenden Verschiebungen klein. Bei der notwendigen und auch möglichen Empfindlichkeit von als Deformationssensoren 7,15 bevorzugt eingesetzten Schwingensaitensensoren würde eine Lagerung ohne Pendellager jedoch zu fehlerhaften Mess-

25 resultaten führen.

Es ergibt sich erfindungsgemäss und bevorzugt, dass das Deformationselement am Untergrund (hier über die Basisplatte 3) über ein Festlager 24,27 im Bereich der Einwirkung der Gewichtskraft und über ein Loslager 25,28 an seinem gegenüberliegenden Ende abgestützt

30 ist, und wobei die Einwirkung der Gewichtskraft auf das Deformationselement über ein Pendellager 23, 26 erfolgt.

Figur 5 zeigt im unteren Teil eine Fahrbahnoberfläche 50 im Schnitt, mit einer anhand der Wägeeinheiten 10,11 sowie der Trägerplatte 2 und der Basisplatte 3 in der Art einer Strich-

zeichnung symbolisch dargestellten Waage 1 in der Ausführungsform gemäss den Figuren 2 bis 4b), die im Fahrbahnbelag eingelassen ist und so auf dem Untergrund 51 ruht. Dargestellt ist der Ort der Reifenauflageflächen A, B und C gemäss Figur 1.

- 5 Der besseren Übersichtlichkeit weiter oben dargestellt sind die Reifenauflageflächen I bis IV, eines über die Waage 1 fahrenden Fahrzeugs, die je eine spezielle Lage aufweisen, nämlich die
- 10
    - Reifenauflagefläche I die in Fahrtrichtung gesehen (Richtung der Länge l) sich gerade unmittelbar vor der vorderen Kante 2' der Trägerplatte 2 befindet,
    - dann die Reifenauflagefläche II, die sich unmittelbar hinter der vorderen Kante 2' befindet, so dass der Reifen sich vollständig auf der Trägerplatte 2 befindet,
    - schliesslich die Reifenauflagefläche III, gerade vor der hinteren Kante 2'', in einem Moment, wo der Reifen gerade noch vollständig auf der Trägerplatte 2 steht,
    - 15 ▪ und am Schluss die Reifenauflagefläche IV, wobei der Reifen die Trägerplatte 2 soeben ganz verlassen hat.

Diesen Reifenauflageflächen I bis IV ist der jeweilige Ort der Achse des zum Reifen gehörenden Rades zugeordnet, der natürlich in der Mitte der Reifenauflagefläche liegt, s. die vertikalen Linien 52 bis 55.

Die Linien 52 bis 55 laufen gegen oben, in ein Diagramm 56, welches in der horizontalen Achse den Strecke s in Fahrtrichtung, und, konstante Geschwindigkeit des zu messenden Fahrzeugs vorausgesetzt, auch die Zeit t zeigt. Auf der vertikalen Achse ist der rein qualitativ Betrag G der Lastsignale abgetragen, nämlich der Kurve des Teillastsignals  $TL_1$  der Wägeeinheit 10 (Signal des Deformationssensors 7), der Kurve des Teillastsignals  $TL_2$  der Wägeeinheit 11 (Signal des Deformationssensors 15), und der Kurve des Lastsignals L als Summe der Teillastsignale  $TL_1$  und  $TL_2$ .

30 Aus dem Aufbau der Waage 1 folgt, dass die Teillastsignale  $TL_1$  und  $TL_2$  beim Überrollen der Waage 1 durch eine Last jeweils verschiedene Werte annehmen, mit der Ausnahme, wenn die Last genau in der Mitte des Trägerelements bzw. der Trägerplatte 2 steht.

Weiter folgt, dass das Teillastsignal  $TL_1$  der Wä geeinheit 10 minimal, d.h. Null ist, wenn der Reifen die Trägerplatte 2 noch nicht erreicht hat, s. die Reifenauflagefläche I und die Linie 52. Das Teillastsignal  $TL_1$  erreicht ein Maximum, sobald der Reifen vollständig auf der Trägerplatte 2 steht, s. die Reifenauflagefläche II und die Linie 53. Danach fällt das Teillastsignal kontinuierlich ab, bis auf Null, sobald der Reifen die Waage 1 vollständig verlassen hat, s. die Reifenauflagefläche IV.

Gleich für das Teillastsignal  $TL_2$ , das anzusteigen beginnt, sobald das vordere Ende der Reifenauflagefläche die Waage 1 erreicht hat, s. beispielsweise die Reifenauflagefläche A mit der Linie 56, das nach kontinuierlichem Anstieg ein Maximum erreicht, sobald sich die Reifenauflagefläche gerade vor der hinteren Kante 2" der Trägerplatte 2 befindet, s. die Reifenauflagefläche III, und auf Null abfällt, sobald der Reifen die Waage 1 vollständig verlassen hat, s. die Reifenauflagefläche IV.

Das Diagramm zeigt, dass das Teillastsignal  $TL_1$  stark ansteigt, während das Rad auf die Waage 1 aufläuft, und dann flach abfällt, bis das Rad von dieser vollständig abgelaufen ist, umgekehrt das Teillastsignal  $TL_2$  flach ansteigt, während das Rad auf die Waage aufläuft und diese durchquert, und dann stark abfällt, sobald das Rad sich nur noch teilweise auf der Waage 1 befindet.

Das Diagramm zeigt nur ansatzweise die oben erwähnte Störung der Lastsignale  $TL_1$ ,  $TL_2$  durch die Dynamik des Befahrens der Trägerplatte 2 mit einem Reifen, welche die Auswertung erheblich erschwert, da sich beispielsweise durch solche Störungen der Anstieg eines Teillastsignals  $TL_1$  bzw.  $TL_2$  von Null zeitlich nicht zuverlässig genau bestimmen lässt, ebenso der Übergang der ansteigenden Flanke des Summen - Lastsignals L in den horizontalen Bereich, solange sich der Reifen vollständig auf der Waage 1 befindet.

Erfindungsgemäss kann nun die Geschwindigkeit des Reifens, das Gewicht und die Länge der Reifenaufstandsfläche wie folgt berechnet werden:

Der Reifen hat die Länge der Waage zurückgelegt, wenn er ausgehend von der Position II der Reifenauflagefläche die Position IV der Reifenauflagefläche erreicht hat. Diese Positionen sind vergleichsweise gut ermittelbar, da zum Einen in der Position II das Teillastsignal  $TL_1$  ein Maximum aufweist, welches sich durch mathematische Algorithmen wesentlich schärfer er-

fassen lässt, als der blosse Übergang vom Anstieg auf einen horizontalen Ast (Lastsignal L) und zum Anderen in der Position IV das Teillastsignal TL<sub>2</sub> steil auf Null abfällt, so dass sich der Zeitpunkt, in welchem der Nullwert erreicht ist, wesentlich präziser errechnen lässt als über das flach abfallende Teillastsignal TL<sub>1</sub>.

5

Die Geschwindigkeit des Reifens ergibt sich deshalb erfindungsgemäss und bevorzugt aus der Division der Länge der Waage 1 durch die Zeit zwischen dem Maximum des Teillastsignals TL<sub>1</sub> und dem Erreichen des Nullwerts des Teillastsignals TL<sub>2</sub>. Ebenso kann die Geschwindigkeit auch umgekehrt über die Zeit zwischen dem (steileren) Anstieg des Teillastsignals TL<sub>1</sub> und dem Maximum des Teillastsignals TL<sub>2</sub> berechnet werden.

10

Es ergibt sich ein erfindungsgemässes Verfahren, wonach bevorzugt die Geschwindigkeit aus der Zeitdifferenz zwischen dem Maximum des ersten TL<sub>1</sub> und dem zeitlich nachfolgenden Minimum des zweiten Teillastsignals TL<sub>2</sub>, oder dem ersten Minimum des ersten TL<sub>1</sub> und dem zeitlich nachfolgenden Maximum des zweiten Teillastsignals TL<sub>2</sub>, in Verbindung mit der Länge l der zugehörigen Messabschnitte ermittelt wird.

15

Ist die Geschwindigkeit ermittelt, öffnet sich der Weg für die Berechnung der Last, indem zuerst die Teillastsignale TL<sub>1</sub> und TL<sub>2</sub> aufsummiert und dann gemittelt werden, beispielsweise wie oben erwähnt durch

20

$$\frac{\int_{t_1}^{t_2} f(t) dt}{v} = G_{Last}$$

wobei noch die Grenzen t<sub>1</sub> und t<sub>2</sub> festgelegt werden müssen. Hier bieten sich erfindungsgemäss die scharf abgrenzbaren Maxima der Teillastkurven TL<sub>1</sub> bzw. TL<sub>2</sub> an.

25

Bevorzugt werden für t<sub>1</sub> und t<sub>2</sub> jedoch für t<sub>1</sub> der Beginn des steilen Anstiegs des Teillastsignals TL<sub>1</sub> (Linie 52) und für t<sub>2</sub> das Ende des steilen Abfall des Teillastsignals TL<sub>2</sub> (Linie 55) verwendet. Dies hat den Vorteil, dass das Lastsignal L über längere, beispielsweise die doppelte Zeit gemittelt werden kann, als zwischen den Maxima der Teillastkurven TL<sub>1</sub> und TL<sub>1</sub> zur Verfügung steht: Wird, wie oben, beispielsweise eine Länge der Waage 1 von 30 cm und eine Länge der Reifenaufstandsfläche A bis C und I bis IV von 10 cm angenommen, beträgt die Länge zwischen den Maxima 20 cm (s. die Linien 53 und 54), die Länge zwischen dem Start-Nullwert des Teillastsignals TL<sub>1</sub>, d.h. seinem ersten Minimum, und dem (steilen) Abfall zum

30

zweiten, End- Nullwert, d.h. des zweiten Minimums des Teillastsignals  $TL_2$  nämlich 40 cm (Linien 52 und 55).

An dieser Stelle sei angemerkt, dass sich beispielsweise aus der zeitlichen Abfolge der Maxima der Teillastkurven die Fahrtrichtung ermitteln lässt, was bei richtungsgebundenen Messstrecken sinnvoll ist, um eine sich entgegen der vorgeschriebenen Richtung bewegende Last zu ermitteln wie dies bei Zahlstationen für Autobahnen oder anderen Einrichtungen wesentlich sein kann.

10 Es ergibt sich bevorzugt, dass die Mittelung des Lastsignals  $L$  über die Zeit  $t$  durch Integration des Signals  $L$  über die Zeit  $t$  und Division durch die Geschwindigkeit der Bewegung der Last erfolgt. Weiter ergibt sich besonders bevorzugt ein Verfahren bei welchem die Mittelung des Lastsignals bereits mit dem beginnenden Anstieg (Linie 52) des ersten Teillastsignals  $TL_1$  startet und bevorzugt erst mit dem Erreichen des Nullwerts (Linie 55) des letzten Teillastsignals  $TL_2$  endet. Schliesslich ist es erfindungsgemäss auch so, dass bevorzugt zwei Teillastsignale in ihrer Summe das Lastsignal ergeben, und wobei das erste und das zweite Teillastsignal an den jeweils gleichen zeitlichen Intervallgrenzen beginnen und enden und ihre Maxima im Intervall haben.

20 Zusammenfassend ergibt sich erfindungsgemäss ein Verfahren zur Berechnung des Gewichts einer sich über eine Waage bewegendes Last, wobei ein Lastsignal der Waage über eine Zeitspanne mit Hilfe der Geschwindigkeit der Last gemittelt wird, und wobei mehrere in ihrer Summe das Lastsignal ergebende Teillastsignale verwendet werden, wobei ein erstes Teillastsignal durch ein Maximum anzeigt, sobald sich die Last vollständig auf einem Messabschnitt der Waage befindet und ein zweites Teillastsignal durch einen Minimalwert anzeigt, sobald die Last vollständig von einem anderen Messabschnitt der Waage abgelaufen ist, und dass aus diesen Teillastsignalen die Geschwindigkeit der Bewegung der Last ermittelt wird.

30 Die Länge der Auflagefläche lässt sich beispielsweise aus der Zeit zwischen dem Maximum der zweiten Teillastkurve  $TL_2$  und deren nachfolgendem Nullwert multipliziert mit der ermittelten Geschwindigkeit ermitteln, oder umgekehrt und analog der Zeit für das Ansteigen der steilen Flanke des Teillastsignals  $TL_1$ .

- Erfindungsgemäss ergibt sich ein Verfahren, wobei die Länge der Auflagefläche der Last auf einem Trägerelement der Waage durch die Zeit bestimmt wird, innert welcher ein Teillastsignal den Minimalwert aufweist, weil die Last die Waage gerade erreicht oder verlassen hat und dem Maximum des Teillastsignals, wo die Last sich soeben vollständig auf der Waage befindet oder gerade noch vollständig auf der Waage befindet, im Verhältnis zur Gesamtzeit, in welcher dieses Teillastsignal Lastwerte für diese Last erzeugt. Die Länge der Auflagefläche kann beispielsweise ein Indiz sein für fehlenden (oder übermässig hohen) Luftdruck des Reifens oder anderen Zwecken dienen.
- 10 Erfindungsgemäss ist weiter eine Anordnung von Waagen nach Anspruch 7, wobei deren Trägerelemente als Trägerplatten ausgebildet sind und mehrere Waagen in einem Fahrstreifen, mit den Trägerplatten Seite an Seite neben einander liegend, quer zu diesem angeordnet sind und eine zentrale Recheneinheit die Teillastsignale der Deformationssensoren der einzelnen Waagen auswertet und wenigstens einen der Werte für die Geschwindigkeit, das Gewicht oder die Fahrtrichtung einer über die Waagen rollenden Achse an einer Schnittstelle
- 15 der Recheneinheit abrufbar bestimmt.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Berechnung des Gewichts einer sich über eine Waage (1) bewegenden Last, wobei ein Lastsignal der Waage (1) über eine Zeitspanne mit Hilfe der Geschwindigkeit der Last gemittelt wird, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere in ihrer Summe das Lastsignal ergebende Teillastsignale ( $TL_1$ ,  $TL_2$ ) verwendet werden, wobei ein erstes Teillastsignal ( $TL_1$ ) durch ein Maximum anzeigt, sobald sich die Last vollständig auf einem Messabschnitt der Waage (1) befindet und ein zweites Teillastsignal ( $TL_2$ ) durch einen Minimalwert anzeigt, sobald die Last vollständig vom Messabschnitt der Waage (1) abgelaufen ist, und dass aus diesen Teillastsignalen ( $TL_1$ ,  $TL_2$ ) die Geschwindigkeit der Bewegung der Last ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Mittelung des Lastsignals (L) über die Zeit durch Integration des Signals (L) über die Zeit und Division durch die Geschwindigkeit der Bewegung der Last erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Mittelung des Lastsignals (L) bereits mit dem beginnenden Anstieg des ersten Teillastsignals ( $TL_1$ ) startet und bevorzugt erst mit dem Erreichen des Nullwerts des letzten Teillastsignals ( $TL_2$ ) endet.
4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Geschwindigkeit aus der Zeitdifferenz zwischen dem Maximum des ersten ( $TL_1$ ) und dem zeitlich nachfolgenden Minimum des zweiten Teillastsignals ( $TL_2$ ), oder dem ersten Minimum des ersten ( $TL_1$ ) und dem zeitlich nachfolgenden Maximum des zweiten Teillastsignals ( $TL_2$ ), in Verbindung mit der Länge der zugehörigen Messabschnitte ermittelt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Länge der Auflagefläche (A bis C und I bis IV) der Last auf einem Trägerelement der Waage (1) durch die Zeit bestimmt wird, innert welcher ein Teillastsignal ( $TL_1$ ,  $TL_2$ ) den Minimalwert aufweist, weil die Last die Waage (1) gerade erreicht oder verlassen hat und dem Maximum des Teillastsignals ( $TL_1$ ,  $TL_2$ ), wo die Last sich soeben vollständig auf der Waage (1) befindet oder gerade noch vollständig auf der Waage (1) befindet, im Verhältnis zur Gesamtzeit, in welcher dieses Teillastsignal ( $TL_1$ ,  $TL_2$ ) Lastwerte für diese Last erzeugt.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei zwei Teillastsignale ( $TL_1$ ,  $TL_2$ ) in ihrer Summe das Lastsignal (L) ergeben, und wobei das erste und das zweite Teillastsignal ( $TL_1$ ,  $TL_2$ ) an der jeweils gleichen zeitlichen Intervallgrenzen beginnen und enden und ihre Maxima im Intervall haben.

5

7. Waage (1) zur Berechnung des Gewichts einer sich über eine Waage (1) bewegenden Last mit einem Trägerelement und einer Wägeanordnung, dadurch gekennzeichnet, dass die Wägeanordnung (18) mehrere Wägeeinheiten (10,11) und jede Wägeeinheit (10,11) ein Biegedeformationselement mit einem ein Lastsignal generierenden Deformationssensor (7,15) aufweist, wobei die Wägeeinheiten (10,11) in Richtung der Bewegung der Last hintereinander angeordnet sind, das Trägerelement diese überspannt und zur Übertragung von Gewichtskraft mit seinem einen Ende auf das Deformationselement der ersten (10) und seinem anderen Ende auf das Deformationselement einer zweiten Wägeeinheit (11) wirkt.

10

15

8. Waage (1) nach Anspruch 7, wobei das Trägerelement als Trägerplatte (2) ausgebildet ist und das Biegedeformationselement einer Wägeeinheit (10,11) im Wesentlichen parallel zur Trägerplatte (2) verläuft, und an seinen in Richtung der Bewegung der Last gegenüberliegenden Enden am Untergrund (3) gelagert ist, und wobei die Einwirkung von Gewichtskraft zwischen Lagern, bevorzugt benachbart zu einem der Lager erfolgt, derart, dass sich das Biegedeformationselement unter der Einwirkung von Gewichtskraft durchbiegt.

20

9. Waage (1) nach Anspruch 7, wobei das Biegedeformationselement einen T - förmigen Umriss aufweist und die Einwirkung der Gewichtskraft linienförmig über eine Länge eines Querbalkens (5,13) erfolgt und der Deformationssensor (7,15) eine Durchbiegung des Deformationselements im Bereich eines Beins (6,14) detektiert.

25

10. Waage (1) nach Anspruch 7, wobei das Deformationselement am Untergrund über ein Festlager (24,27) am Ort der Einwirkung der Gewichtskraft und über ein Loslager (25,28) an seinem gegenüberliegenden Ende abgestützt ist, und wobei die Einwirkung der Gewichtskraft auf das Deformationselement über ein Pendellager (23,26) erfolgt.

30

11. Waage (1) nach Anspruch 7, wobei die erste (10) und die zweite Wägeeinheit (11) derart angeordnet sind, dass deren Deformationselemente an einander angrenzen.
12. Waage (1) nach Anspruch 9 und 11, wobei die Wägeeinheiten (10,11) gleich ausgebildet  
5 sind und deren Beine gegeneinander gerichtet sind.
13. Waage (1) nach Anspruch 7, wobei die Deformationssensoren der Wägeeinheiten (10,11) als Schwingsaitensensoren ausgebildet sind.
- 10 14. Waage (1) nach Anspruch 7, wobei deren Länge in Richtung der Bewegung der Last weniger als 50 cm, bevorzugt 30 cm beträgt.
15. Waage (1) nach Anspruch 7, wobei deren Breit weniger als 100 cm, bevorzugt 60 cm beträgt.  
15
16. Anordnung von Waagen (1) nach Anspruch 7, wobei deren Trägerelemente als Trägerplatten (2) ausgebildet sind und mehrere Waagen (1) in einem Fahrstreifen, mit den Trägerplatten (2) Seite an Seite neben einander liegend, quer zu diesem angeordnet sind und eine zentrale Recheneinheit die Teillastsignale der Deformationssensoren der einzelnen Waagen auswertet und wenigstens einen der Werte für die Geschwindigkeit, das  
20 Gewicht oder die Fahrtrichtung einer über die Waagen rollenden Achse an einer Schnittstelle der Recheneinheit abrufbar bestimmt.

25

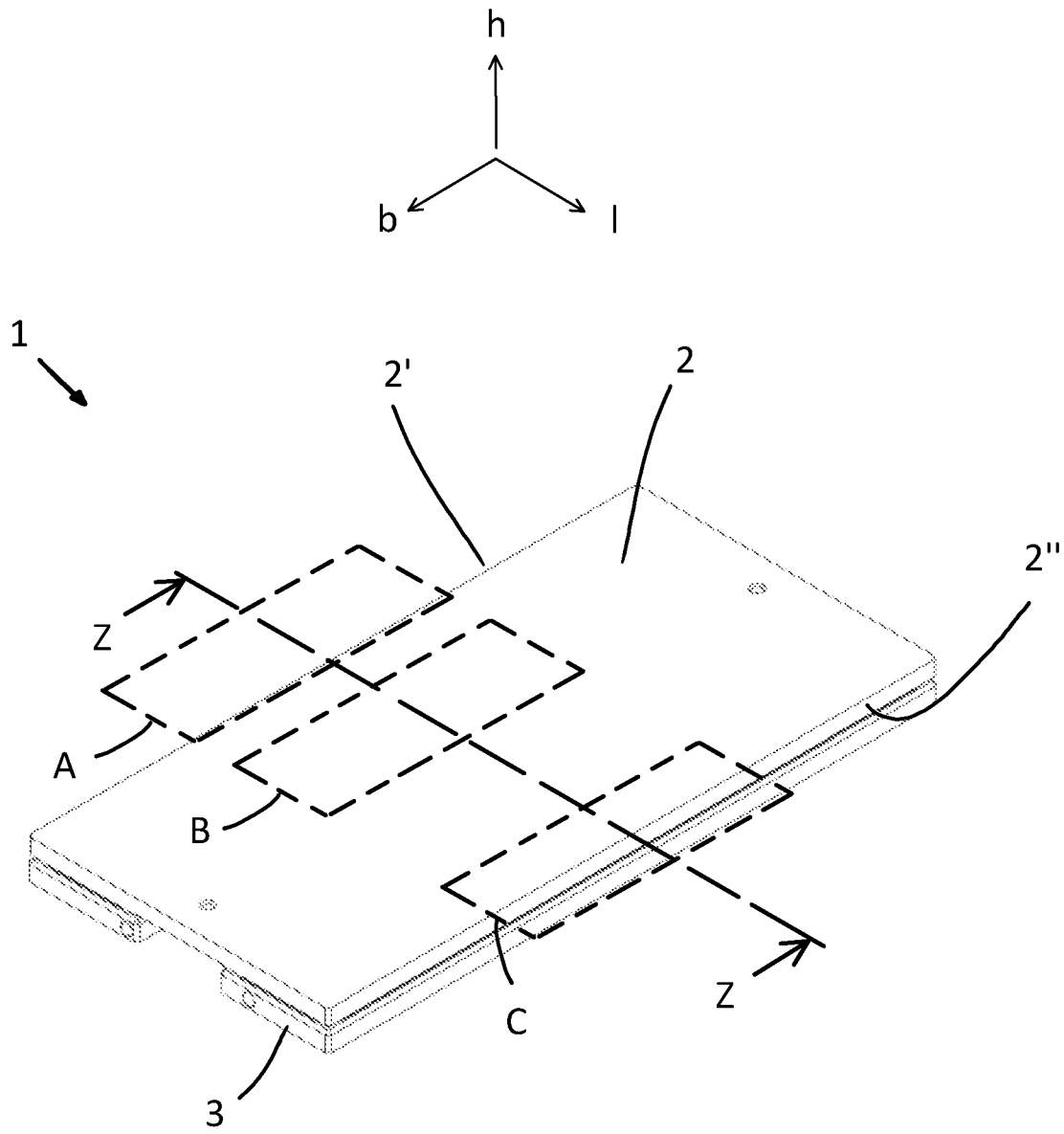


Fig. 1

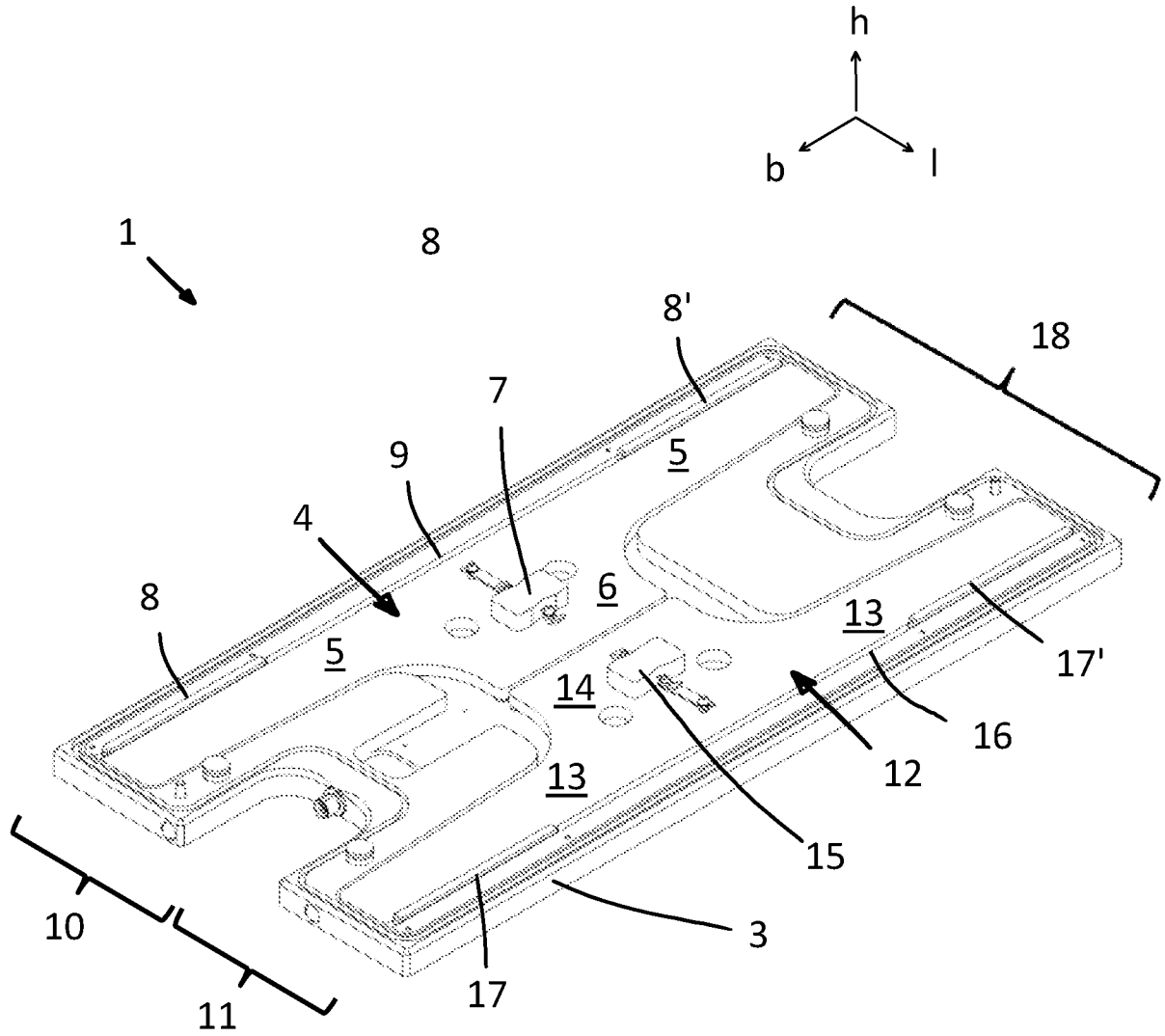


Fig. 2

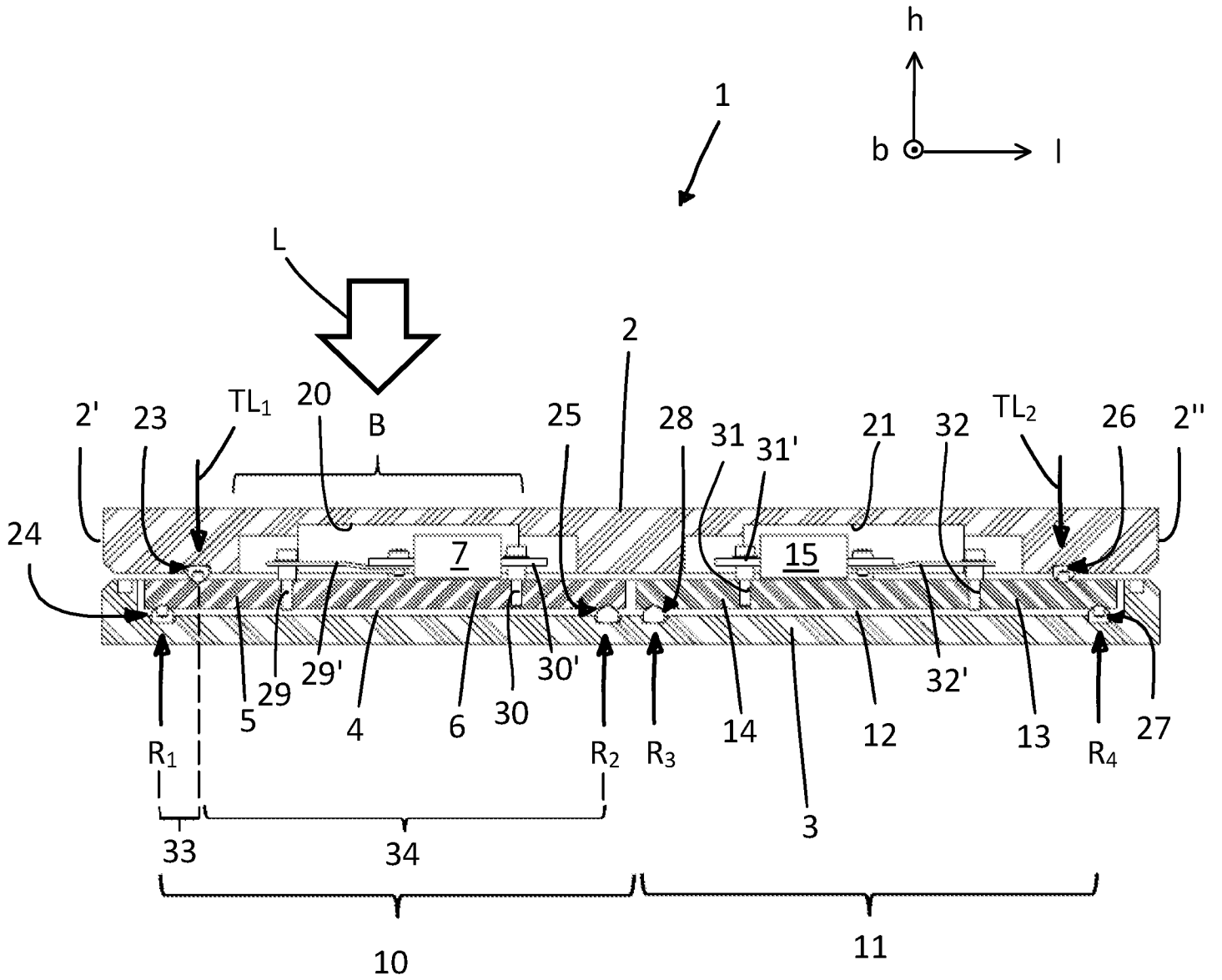


Fig 3

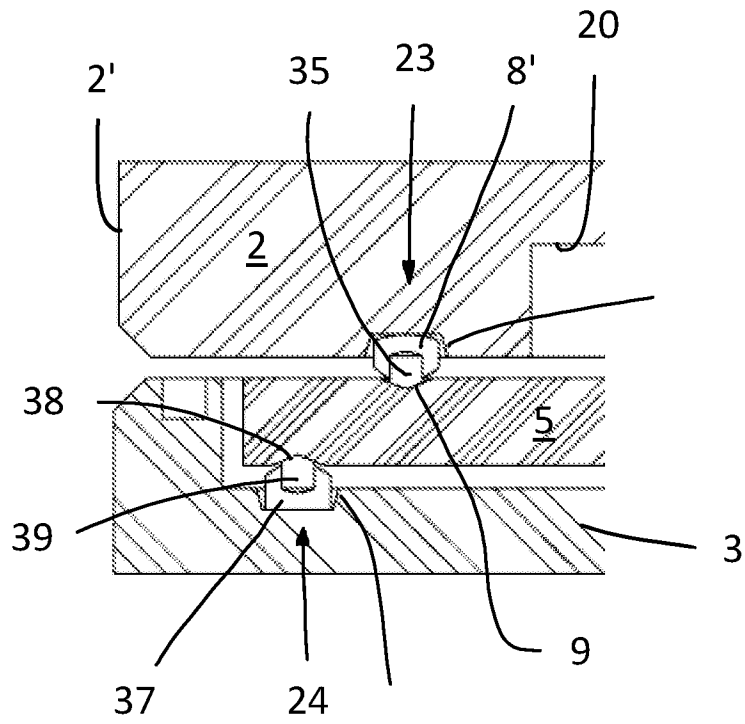


Fig 4a

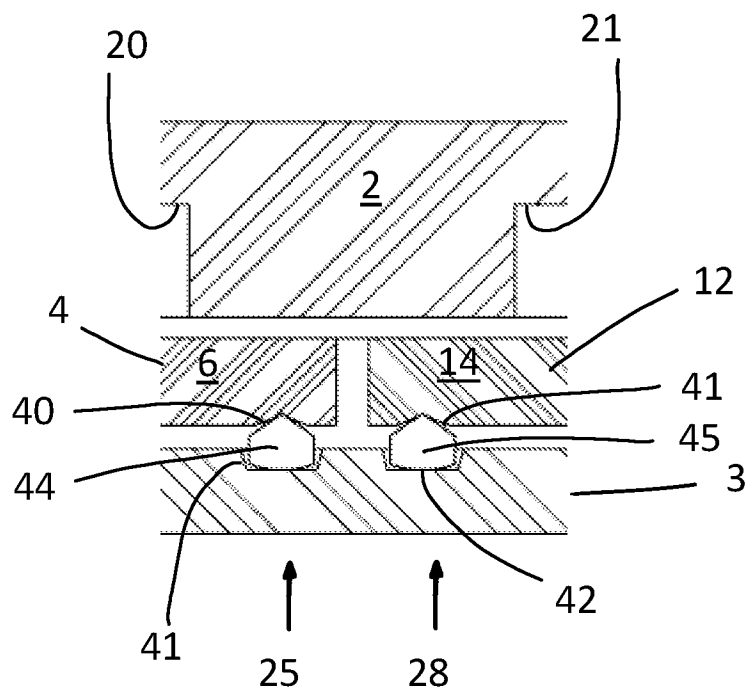


Fig 4b

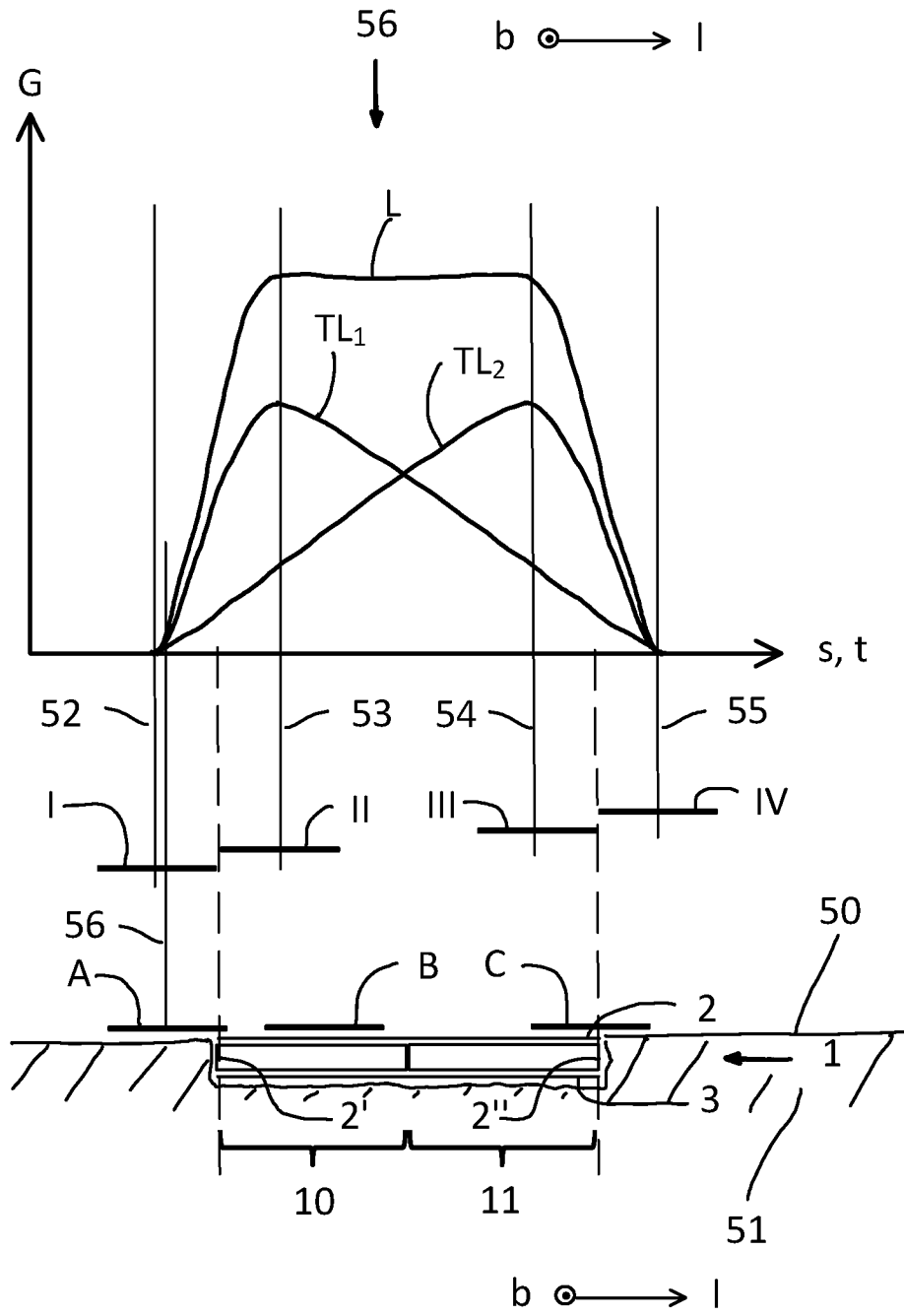


Fig 5