

(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
29. Oktober 2009 (29.10.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/130103 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01B 11/275 (2006.01)

desheim (DE). **UFFENKAMP, Volker** [DE/DE]; Nelkenweg 2, 71642 Ludwigsburg (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/053601

(74) **Gemeinsamer Vertreter: ROBERT BOSCH GMBH;** Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
26. März 2009 (26.03.2009)

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

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2008 001 339.0
23. April 2008 (23.04.2008) DE

(71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) **Erfinder; und**

(75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **NOBIS, Guenter** [DE/DE]; Duttendorferstr. 62, 72622 Nuertingen (DE). **ABRAHAM, Steffen** [DE/DE]; Kronprinzenstr. 3, 31134 Hil-

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** CHASSIS MEASUREMENT METHOD AND DEVICE

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR FAHRWERKSVERMESSUNG

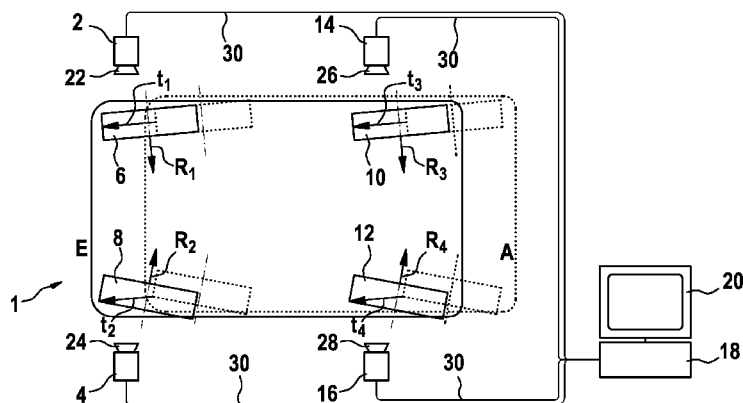


Fig. 1

(57) **Abstract:** The invention relates to a chassis measurement method comprising the following steps: a chassis measurement system is provided that has four measuring heads (2, 4, 14, 16) which are disposed in a known position relative to each other and are each fitted with a monocular image capturing apparatus (22, 24, 26, 28); at least three geometric details of a wheel (6, 8, 10, 12) of a vehicle (1) standing in a starting position (A) are sensed using each of the four measuring heads (2, 4, 14, 16); a relative movement between the vehicle (1) and the measuring heads (2, 4) is performed from the starting position (A) into at least one other position (E) in which the position of the measuring heads (2, 4, 14, 16) relative to each other is known; the at least three geometric details of a wheel (6, 8, 10, 12) of the vehicle (1) standing in the other position (E) are sensed using each of the four measuring heads (2, 4, 14, 16); local 3D reconstructions are generated in order to determine the translational vectors (t_1, t_2, t_3, t_4), the rotational vectors (R_1, R_2, R_3, R_4), the turning angles of the wheels between the at least two positions (A, E), and the turning centers and the turning axes of the wheels (6, 8, 10, 12) from the sensed geometric details; a global scale for the measuring heads is determined by scaling the translational vectors (t_1, t_2, t_3, t_4) of the wheels (6, 8, 10, 12) such that the translational vectors (t_1, t_2, t_3, t_4) have the same length; and the camber, the individual track and/or the total track of the vehicle (1) is/are determined.

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2009/130103 A2



DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT,
LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI,
SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

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

Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Fahrwerksvermessung umfasst die folgenden Schritte: Bereitstellen eines Fahrwerksvermessungssystems mit vier in bekannter Position zueinander angeordneten Messköpfen (2, 4, 14, 16), von denen jeder eine monokulare Bildaufnahmevorrichtung (22, 24, 26, 28) aufweist; Erfassen von mindestens drei Geometriedetails jeweils eines Rades (6, 8, 10, 12) eines in einer Anfangslage (A) stehenden Fahrzeugs (1) mit jedem der vier Messköpfe (2, 4, 14, 16); Ausführen einer Relativbewegung zwischen dem Fahrzeug (1) einerseits und den Messköpfen (2, 4) andererseits von der Anfangslage (A) in mindestens einer weiteren Lage (E), wobei die relative Position der Messköpfe (2, 4, 14, 16) zueinander bekannt ist; Erfassen der mindestens drei Geometriedetails jeweils eines Rades (6, 8, 10, 12) des in der weiteren Lage (E) stehenden Fahrzeugs (1) mit jedem der vier Messköpfe (2, 4, 14, 16); Ausführen von lokalen 3 D- Rekonstruktionen zum Bestimmen der Translationsvektoren (t_1, t_2, t_3, t_4), der Rotationsvektoren (R_1, R_2, R_3, R_4) und der Raddrehwinkel zwischen den mindestens zwei Lagen (A, E) sowie der Raddrehzentren und der Raddrehachsen der Räder (6, 8, 10, 12) aus den erfassten Geometriedetails; Bestimmen eines globalen Maßstabs für die Messköpfe durch Skalieren der Translationsvektoren (t_1, t_2, t_3, t_4) der Räder (6, 8, 10, 12), so dass die Translationsvektoren (t_1, t_2, t_3, t_4) die gleiche Länge haben; und Bestimmen von Sturz, Einzel- und/oder Gesamtpur des Fahrzeugs (1).

Verfahren und Vorrichtung zur Fahrwerksvermessung

5

Die Erfindung bezieht sich auf die Fahrwerksvermessung, insbesondere auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur optischen Fahrwerksvermessung.

10 DE 197 57 763 und EP 104 2643 beschreiben, wie mit Hilfe von Kameras, einem Referenz-Koordinatensystem am Prüfplatz und optischen Merkmalen an den Fahrzeugrädern und an der Karosserie die Fahrachse und Rad- und Achsgeometriedaten ermittelt werden können. Beide Verfahren benötigen ein Referenz-Koordinatensystem und stützen sich auf die Messung mit binokularen (Stereo-)Bildaufnahmeeinrichtungen. Solche binokularen Bildaufnahmeeinrichtungen
15 sind aufwendig und teuer.

US 613 47 92 beschreibt ein Achsmesssystem, das sich auf monokulare Bildaufnahmeeinrichtungen stützt. Um die dreidimensionale Information der Radstellung zu erhalten, werden an den Rädern optische Targets angebracht, auf
20 denen sich Merkmale befinden, deren Position in einem lokalen Target-Koordinatensystem bekannt ist. Die Targets mit diesen Merkmalen sind mit hoher Präzision hergestellt und bilden ein so genanntes Passpunktsystem. Die Herstellung solcher hoch präzisen Targets ist teuer. Auch können die hoch präzisen Targets im Werkstattalltag leicht beschädigt oder deformiert werden, was zu unkontrollierbaren
25 Messfehlern führt.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein zuverlässiges, kostengünstiges und genaues Verfahren zur Fahrwerksvermessung zur Verfügung zu stellen. Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung zur Durchführung des
30 erfindungsgemäßen Verfahrens bereit zu stellen.

Diese Aufgabe wird von den Verfahren und den Vorrichtungen nach den unabhängigen Patentansprüchen vollständig gelöst.

Die Erfindung sieht vor, an den Rädern vorhandene oder aufgebrachte

5 Geometriedetails mit monokularen Bildaufnahmeverrichtungen in mindestens zwei Lagen zu erfassen, wobei das Fahrzeug durch Rollen der Räder bewegt wird. Die Geometriedetails am Rad drehen sich dabei um die Drehachse des Rades. Aus den in allen aufgenommenen Bildern gemessenen 2D-Bildkoordinaten der abgebildeten Geometriedetails ergeben sich deren 3D-Koordinaten in einem lokalen Rad-
10 Koordinatensystem, die Translations- und Rotationsvektoren des Fahrzeugs und die Drehwinkel des Rades zwischen den Lagen sowie die zur Achsvermessung erforderlichen Informationen in Form von 3D-Position des Drehzentrums und räumlichen Richtung der Drehachse. Dieser Berechnungsschritt wird nachfolgend als 3D-Rekonstruktion bezeichnet.

15 Nach erfolgter 3D-Rekonstruktion bilden die Positionen der Geometriedetails im Rad-Koordinatensystem ein Passpunktsystem, so dass nachfolgende Messungen bei stehendem Fahrzeug zum Beispiel zur Einstellung von Spur und Sturz bei erkannter Fehlstellung des Rades durchgeführt werden können. Die 3D-Rekonstruktion
20 bestimmt lediglich die Form des Rad-Koordinatensystems, nicht dessen Maßstab. Jede monokulare Bildaufnahmeverrichtung berechnet sein zugehöriges Rad-Koordinatensystem mit einem lokalen Maßstab, der bei der Rekonstruktion beliebig vorgegeben wird.

25 Für die wichtigsten Messwerte der Achsvermessung, die im Wesentlichen auf der Berechnung von Winkeln beruhen, müssen die Maßstäbe aller Bildaufnahmeverrichtungen weder identisch noch absolut bekannt sein. Erst wenn zusätzlich metrische Messwerte zu bestimmen sind oder die Einzelspur der Hinterräder, müssen die lokalen Maßstäbe aufeinander angepasst werden. Im
30 Folgenden wird ein für alle Bildaufnahmeverrichtungen gemeinsamer Maßstab als globaler Maßstab bezeichnet. Durch Einführung einer zusätzlichen, maßhaltigen, externen Information wird der globale Maßstab auf einen absoluten Maßstab angepasst.

Eine zusätzliche Erfassung von Geometriedetails an der Karosserie steigert die Genauigkeit der Bestimmung der Translations- und Rotationsvektoren zwischen den Lagen.

- 5 Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Fahrwerksvermessung umfasst die Schritte:
- Bereitstellen eines Fahrwerksvermessungssystems mit vier in bekannter Position zueinander angeordneten, Messköpfen, von denen jeder eine monokulare Bildaufnahmeverrichtung aufweist, deren Bildaufnahme nicht zwingend zeitlich synchronisiert erfolgen muss;
- 10 Erfassen von mindestens drei Geometriedetails jeweils eines Rades des in einer Anfangslage stehenden Fahrzeugs mit jedem der vier Messköpfe;
- Ausführen einer Relativbewegung zwischen dem Fahrzeug einerseits und den Messköpfen andererseits von der Anfangslage in mindestens eine weitere Lage, wobei die relative Position der Messköpfe zueinander bekannt ist;
- 15 Erfassen der mindestens drei Geometriedetails mit jedem der vier Meßköpfe des in der mindestens einen weiteren Lage stehenden Fahrzeugs;
- Ausführen von lokalen 3D-Rekonstruktionen zum Bestimmen der Translationsvektoren, der Rotationsvektoren und der Raddrehwinkel zwischen den mindestens zwei Lagen sowie der Raddrehzentren und der Raddrehachsen der
- 20 Räder aus den erfassten Geometriedetails;
- Bestimmen eines globalen Maßstabs für die Messköpfe durch Skalieren der Translationsvektoren der Räder, so dass die Translationsvektoren die gleiche Länge haben; und
- Bestimmen von Sturz, Einzel- und/oder Gesamtpur des Fahrzeugs.
- 25 Bei diesem Verfahren erfolgt die Synchronisation der Kameras über eine Messung im Stand.

- Ein weiteres erfindungsgemäßes Verfahren zur Fahrwerksvermessung umfasst die
- 30 Schritte:

Bereitstellen eines Fahrwerksvermessungssystems mit vier in bekannter Position zueinander angeordneten Messköpfen, von denen jeder eine monokulare Bildaufnahmevorrichtung aufweist, deren Bildaufnahme zeitlich synchronisiert ist;

Ausführen einer Relativbewegung zwischen dem Fahrzeug einerseits und den Messköpfen andererseits mit konstanter oder nicht konstanter Geschwindigkeit, wobei die relative Position der Messköpfe zueinander bekannt ist;

Erfassen von mindestens drei Geometriedetails jeweils eines Rades während der Ausführung der Relativbewegung mit jedem der vier zueinander in der Bildaufnahme zeitlich synchronisierten Messköpfe in mindestens zwei Lagen des Fahrzeugs;

Ausführen von lokalen 3D-Rekonstruktionen zum Bestimmen der Translationsvektoren, der Rotationsvektoren und der Raddrehwinkel zwischen den mindestens zwei Lagen sowie der Raddrehzentren und der Raddrehachsen der Räder aus den erfassten Geometriedetails;

Bestimmen eines gemeinsamen, globalen Maßstabs für die Messköpfe durch

Skalieren der Translationsvektoren der Räder, so dass die Translationsvektoren die gleiche Länge haben; und

Bestimmen von Sturz, Einzel- und/oder Gesamtspur des Fahrzeugs.

Bei diesem Verfahren wird die Geschwindigkeit nicht zwingend variiert, d. h. es kann mit konstanter oder nicht konstanter Geschwindigkeit ausgeführt werden.

Ein weiteres erfindungsgemäßes Verfahren zur Fahrwerksvermessung umfasst die Schritte:

Bereitstellen eines Fahrwerksvermessungssystems mit vier in bekannter Position zueinander angeordneten, in der Bildaufnahme zeitlich nicht zwingend synchronisierten Messköpfen, von denen jeder eine monokulare Bildaufnahmevorrichtung aufweist;

Ausführen einer Relativbewegung mit nicht konstanter Geschwindigkeit zwischen einem Fahrzeug einerseits und den Messköpfen andererseits, wobei die relative Position der Messköpfe zueinander bekannt ist;

Erfassen von mindestens drei Geometriedetails jeweils eines Rades des Fahrzeugs während der Ausführung der Relativbewegung mit jedem der vier zueinander nicht synchronisierten Messköpfe in mehreren Lagen;

Ausführen von lokalen 3D-Rekonstruktionen zum Bestimmen der

- 5 Translationsvektoren, der Rotationsvektoren und der Raddrehwinkel zwischen den Lagen, der Raddrehzentren und der Raddrehachsen der Räder aus den erfassten Geometriedetails;

Bestimmen der Bewegungsprofile der Räder aus den erfassten Bewegungen der Geometriedetails;

- 10 Synchronisieren der Bewegungsprofile der Räder durch Abgleich der Bewegungsprofile bezüglich Lage, Form und Maßstab; und
Bestimmen von Sturz Einzel- und/oder Gesamtspur des Fahrzeugs.

- 15 Bei diesem Verfahren sind die Kameras nicht zwingend synchronisiert und die Geschwindigkeit ist nicht konstant. Die Synchronisation erfolgt über den Abgleich des Bewegungsprofils.

- Eine erfindungsgemäße Vorrichtung weist eine Anordnung von vier in bekannter Position zueinander angeordneten Messköpfen, von denen jeder eine monokulare
20 Bildaufnahmeverrichtung aufweist und eingerichtet ist, im nicht synchronisierten Betrieb mit der Bildaufnahmeverrichtung jeweils wenigstens drei Geometriedetails jeweils eines Rades in einer Ausgangslage und wenigstens einer weiteren Lage des stehenden Fahrzeugs zu erfassen, und eine Auswerteinrichtung auf, die eingerichtet ist, im Betrieb aus der Bewegung der erfassten Geometriedetails die
25 Translationsvektoren und die Rotationsvektoren der Räder zu bestimmen, durch Skalieren der Translationsvektoren der Räder einen globalen Maßstab so zu bestimmen, dass die Translationsvektoren die gleiche Länge haben, und den Sturz, Einzel- und/oder die Gesamtspur des Fahrzeugs zu bestimmen.

- 30 Eine weitere erfindungsgemäße Vorrichtung weist eine Anordnung von vier in bekannter Position zueinander angeordneten Messköpfen, von denen jeder eine monokulare Bildaufnahmeverrichtung aufweist und eingerichtet ist, im synchronisierten Betrieb mit der Bildaufnahmeverrichtung jeweils wenigstens drei

Geometriedetails jeweils eines Rades während der Ausführung einer Relativbewegung des mit konstanter oder nicht konstanter Geschwindigkeit bewegten Fahrzeugs zu erfassen, und eine Auswerteinrichtung auf, die eingerichtet ist, im Betrieb aus der Bewegung der erfassten Geometriedetails die

5 Translationsvektoren und die Rotationsvektoren der Räder zu bestimmen, durch Skalieren der Translationsvektoren der Räder einen gemeinsamen, globalen Maßstab so zu bestimmen, dass die Translationsvektoren die gleiche Länge haben, und den Sturz, Einzel- und/oder die Gesamtpur des Fahrzeugs zu bestimmen.

10 Eine weitere erfindungsgemäße Vorrichtung weist eine Anordnung von vier in bekannter Position zueinander angeordneten Messköpfen, von denen jeder eine monokulare Bildaufnahmeverrichtung aufweist und eingerichtet ist, mit der Bildaufnahmeverrichtung im nicht synchronisierten Betrieb jeweils wenigstens drei Geometriedetails jeweils eines Rades während der Ausführung der Relativbewegung
15 des nicht mit konstanter Geschwindigkeit bewegten Fahrzeugs zu erfassen, und eine Auswerteinrichtung auf, die eingerichtet ist, im Betrieb aus den erfassten Geometriedetails die Bewegungsprofile der Räder zu bestimmen, aus der Bewegung der erfassten Geometriedetails die Translationsvektoren und die Rotationsvektoren der Räder zu bestimmen, die Bewegungsprofile der Räder durch Anpassen der
20 Bewegungsprofile in Lage, Form und Maßstab zu synchronisieren, und den Sturz, Einzel- und/oder die Gesamtpur des Fahrzeugs zu bestimmen.

Die Erfindung ermöglicht somit die Fahrwerksvermessung, ohne teure und aufwendige binokulare Bildaufnahmeverrichtungen und/oder Präzisionstargets zu
25 verwenden. Auch werden Messfehler vermieden, die sich aus der Beschädigung hochpräziser Messtargets ergeben können. Die Messung kann einfach und schnell durchgeführt werden, da eine genaue Positionierung von Radadaptoren auf der Drehachse der Räder nicht erforderlich ist und auf die Vorgabe eines absoluten Maßstabes verzichtet werden kann.

30 In einer Ausführungsform ist wenigstens eines der Geometriedetails ein natürliches, an dem Rad vorhandenes Geometriedetail, wie z.B. die Kante einer Felge oder das Ventil des Rades. Durch das Verwenden eines natürlichen Geometriedetails können

die Schritte, Messtargets anzubringen und nach der Messung wieder abzunehmen, eingespart werden, so dass die Messung schneller durchgeführt werden kann.

5 In einer Ausführungsform ist wenigstens eines der Geometriedetails ein auf das Rad aufgebracht Messtarget. Messtargets weisen einen hohen Kontrast auf und sind daher von den Bildaufnahmevorrichtungen besonders gut zu erkennen. Die Messtargets können beispielsweise mittels Magneten oder Klebefolie angebracht werden. Die Messtargets können kodiert sein, um das Verfolgen der Messtargets während der Bewegung zu vereinfachen.

10 Messtargets an der Karosserie erhöhen die Genauigkeit bei der Bestimmung der Translations- und Rotationsvektoren und bei der Erfassung der Lenk- und Federbewegungen des Fahrzeugs.

15 In einer Ausführungsform werden mehrere Messtargets auf einem gemeinsamen Träger, beispielsweise einen Radadapter, aufgebracht. Der Träger kann beispielsweise mittels eines Magneten oder Klebefolie angebracht werden, um mit nur einem Montageschritt gleichzeitig mehrere Messtargets am Rad anzubringen.

20 In einer Ausführungsform wird einmalig vor der Fahrzeugvermessung die Position und Ausrichtung der Messköpfe zueinander anhand von am Messplatz fixierten Referenzpunkten dem System bekannt gemacht.

25 In einer Ausführungsform wird kontinuierlich während der Fahrzeugvermessung die Position und Ausrichtung der Messköpfe zueinander anhand von am Messplatz fixierten Referenzpunkten dem System bekannt gemacht.

30 In einer Ausführungsform wird vor und während der Fahrzeugvermessung die Position und Ausrichtung der Messköpfe zueinander mit der in EP-1184640 genannten Vorrichtung bestimmt und dem System bekannt gemacht.

In einer Ausführungsform wird das Fahrzeug zwischen den Messköpfen hindurchgefahren. So ist es nicht notwendig, die Messköpfe bewegbar auszugestalten, und die relative Position zwischen den Messköpfen kann besonders
5 einfach und zuverlässig konstant gehalten werden.

In einer weiteren Ausführungsform sind jeweils zwei der Messköpfe so angeordnet, dass sie einander symmetrisch auf beiden Seiten des Fahrzeugs gegenüberliegen und das Fahrzeug wird parallel zur Symmetrieachse der gegenüberliegenden
10 Messköpfen hindurchbewegt. Durch die symmetrische Anordnung der Messköpfe und die zur Symmetrieachse parallele Bewegung des Fahrzeugs zwischen den Messköpfen ist es möglich, die Einzelspur der Hinterräder des Fahrzeugs zu bestimmen, ohne dass der absolute Maßstab den Messköpfen bekannt ist. Die Einzelspur der Hinterräder kann so besonders einfach bestimmt werden.

In einer weiteren Ausführungsform wird von wenigstens einem der Messköpfe zusätzlich eine metrisch bekannte Information erfasst, um den Maßstab absolut zu bestimmen und dann zusätzlich den Radstand und die Spurweite des Fahrzeugs zu
15 bestimmen. Durch das Bestimmen eines absoluten Maßstabs können der Radstand und die Spurweite des Fahrzeugs mit hoher Genauigkeit bestimmt werden.

In einer Ausführungsform ist die metrisch bekannte Information eine bekannte Distanz zwischen zwei Merkmalen des Fahrzeugs. Eine bekannte Distanz zwischen
20 zwei Merkmalen des Fahrzeugs stellt auf besonders einfache Weise einen absoluten Maßstab zur Verfügung. Die Merkmale des Fahrzeugs können Merkmale der Karosserie, wie z. B. Stoßstangen oder Radkästen, Merkmale an den Rädern, wie z. B. die Felgenkante, oder auf dem Rad aufgebrachte Adapter oder Messtargets sein.

In einer Ausführungsform ist die metrisch bekannte Information eine von dem
25 Fahrzeug zurückgelegte Distanz. Hierdurch wird das Verfahren vereinfacht.

In einer Ausführungsform wird die Geschwindigkeit des Fahrzeugs durch Geschwindigkeitssensoren gemessen und die zurückgelegte Distanz durch

Integration der Geschwindigkeit über die Zeit bestimmt. Dadurch kann die von dem Fahrzeug zurückgelegte Distanz besonders einfach und zuverlässig bestimmt und ein absoluter Maßstab zur Verfügung gestellt werden.

- 5 Die Erfindung wird im Folgenden anhand der beiliegenden Figuren ausführlicher beschrieben. Dabei zeigt:

Figur 1 die schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Vermessen der Fahrwerksgeometrie eines Fahrzeugs, sowie eines
10 Fahrzeugs in der Ausgangs- und der Endlage von oben;

Figur 2 schematisch die 3D-Rekonstruktion einer Achsgeometrie ohne globalen Maßstab; und

15 Figur 3 die Vorrichtung zum Vermessen der Fahrwerksgeometrie aus Figur 1, wobei die Fahrzeuglängsmittlebene von der Längsachse des Messplatzkoordinatensystems abweicht.

Figur 1 zeigt die schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung
20 zum Vermessen der Fahrwerksgeometrie eines Fahrzeugs von oben.

Die Vorrichtung weist vier Messköpfe 2, 4, 14, 16 auf, die jeweils paarweise einander gegenüberliegend auf beiden Seiten eines Fahrzeugs 1 angeordnet sind. Die Messköpfe 2, 4, 14, 16 weisen jeweils auf ihrer dem Fahrzeug 1 zugewandten Seite
25 je eine monokulare Bildaufnahmeeinrichtung 22, 24, 26, 28 auf, die z. B. als Kamera ausgestaltet ist. Die Position der Messköpfe 2, 4, 14, 16 im Koordinatensystem des Messplatzes ist bekannt und wird während der Messung nicht verändert.

Das Fahrzeug 1 weist vier Räder 6, 8, 10, 12 auf und ist so zwischen den
30 Messköpfen 2, 4, 14, 16 angeordnet, dass jeweils eines der Räder 6, 8, 10, 12 im Blickfeld einer der Bildaufnahmeeinrichtungen 22, 24, 26, 28 positioniert ist. Die Messköpfe 2, 4, 14, 16 sind über Datenleitungen 30 mit einer Auswerteinrichtung 18

zum Auswerten der von den Messköpfen 2, 4, 14, 16 aufgenommenen und
ermittelten Daten verbunden. Die Auswerteinrichtung 18 ist mit einer Anzeige 20 zum
Anzeigen der Ergebnisse der Messung verbunden. Weiterhin ist die
Auswerteinrichtung 18 mit einer in der Figur 1 nicht gezeigten Eingabevorrichtung,
z.B. einer Tastatur, zum Steuern der Auswerteinrichtung 18 versehen.

In der Figur 1 ist das Fahrzeug 1 in einer mit gestrichelten Linien dargestellten
Anfangslage A und einer mit durchgezogenen Linien dargestellten Endlage E
dargestellt. Die Endlage E befindet sich in horizontaler Richtung links neben der
Anfangslage A.

Zur Durchführung der Messung wird zunächst jedes der Räder 6, 8, 10, 12 in der
Anfangslage A des Fahrzeugs 1 von jeweils einer der Bildaufnahmeverrichtungen 22,
24, 26, 28 erfasst und die Position von mindestens drei Geometriedetails des
jeweiligen Rades 6, 8, 10, 12 in den Bildern erfasst.

Das Fahrzeug 1 wird in die Endlage E bewegt und die Position der Geometriedetails
in den Bildern erneut bestimmt.

Aus den Positionen der Geometriedetails in den Bildern in der Anfangslage A des
Fahrzeugs 1 und der Endlage E des Fahrzeugs 1 und der Formulierung einer
dreidimensionalen Bewegung eines starren Körpers zwischen den zwei Lagen unter
Einführung der Drehzentren, der Drehachsen und der Drehwinkel der Räder können
nun die 3D-Koordinaten der Geometriedetails im lokalen Koordinatensystem des
jeweiligen Messkopfes 2, 4, 14, 16, die Translationsvektoren t_1 , t_2 , t_3 und t_4 und die
Rotationsvektoren R_1 , R_2 , R_3 und R_4 der Räder 6, 8, 10, 12 bestimmt werden. Dies
kann entweder durch eine Logik im jeweiligen Messkopf 2, 4, 14, 16 oder in der
Auswerteinrichtung 18 erfolgen.

Die Geometriedetails können natürliche Geometriedetails des Rades 6, 8, 10, 12, wie
z. B. eine Felgenkante, ein Ventil, ein Design-Element oder Schriftzeichen oder ein
auf dem Rad 6, 8, 10, 12 aufgebrachtes Messtarget sein. Durch das Verwenden
natürlicher Geometriedetails kann der Schritt des Aufbringens und späteren
Abnehmens von Messtargets eingespart werden, so dass die Messung schneller

durchgeführt werden kann. Andererseits weisen Messtargets einen hohen Kontrast auf und sind daher von den Bildaufnahmeverrichtungen 22, 24, 26, 28 besonders gut zu erkennen. Messtargets ermöglichen so insbesondere auch bei schlechten Lichtverhältnissen eine genaue Fahrwerksvermessung.

5

Da es sich bei den Bildaufnahmeverrichtungen 22, 24, 26, 28 um monokulare Bildaufnahmeverrichtungen 22, 24, 26, 28 handelt, kann die Position der Geometriedetails im dreidimensionalen Koordinatensystem des jeweiligen Messkopfes 2, 4, 14, 16 nur bis auf einen unbekannten Maßstabsfaktor zwischen
10 lokalem und absolutem Maßstab bestimmt werden, beziehungsweise zwischen globalem und absolutem Maßstab, wenn die lokalen Maßstäbe aneinander angepasst wurden.

Figur 2 veranschaulicht diese Maßstabsunsicherheit beispielhaft. In Figur 2 ist eine
15 3D-Rekonstruktion der Räder 6, 8, 10, 12 für zwei beispielhafte Maßstäbe M1 und M2 dargestellt. Aus der Figur 2 wird deutlich, dass eine Änderung des Maßstabs zu einer Skalierung aller Streckenlängen um den gleichen Faktor führt. Die Abbildung eines großen, entfernten Objektes, hier der Räder 6, 8, 10, 12 mit dem Maßstab M2, ist identisch mit den maßstäblich verkleinerten Räder 6, 8, 10, 12 mit dem Maßstab
20 M1, die sich in geringerer Entfernung von der jeweiligen Bildaufnahmeverrichtung 22, 24, 26, 28 befinden.

Da das Fahrzeug 1 für diese Messung als starrer Körper anzusehen ist, verändert
25 sich die relative Position der Räder 6, 8, 10, 12 zueinander nicht, wenn das Fahrzeug 1 von der Anfangslage A in die Endlage E bewegt wird. Die Translationsvektoren t_1 , t_2 , t_3 und t_4 der Räder 6, 8, 10, 12 müssen daher im globalen Koordinatensystem die gleiche Länge aufweisen. Daher können die vier lokalen Maßstäbe der Messköpfe 2, 4, 14, 16 auf einen gemeinsamen, globalen Maßstab reduziert werden, indem die
30 Translationsvektoren t_1 , t_2 , t_3 und t_4 , so skaliert werden, dass sie die gleiche Länge aufweisen.

Zum Skalieren der Translationsvektoren t_1 , t_2 , t_3 und t_4 und zum Anpassen auf einen gemeinsamen Maßstab muss die Erfassung aller vier Räder 6, 8, 10, 12 durch die Bildaufnahmeverrichtungen 22, 24, 26, 28 der Messköpfe 2, 4, 14, 16 zeitlich synchronisiert werden, damit die vier Räder 6, 8, 10, 12 jeweils in der gleichen Lage des Fahrzeugs 1 erfasst werden.

In der einfachsten Variante wird das Fahrzeug 1 wie zuvor beschrieben in wenigstens zwei Lagen, z. B. in einer Anfangslage A und in einer Endlage E, angehalten und die Positionen der Geometriedetails werden in diesen beiden Lagen des Fahrzeugs 1 bestimmt. Eine zusätzliche zeitliche Synchronisation der Bildaufnahmezeitpunkte ist dann nicht erforderlich. Das Fahrzeug 1 kann auch in weiteren Lagen angehalten werden, um die Positionen der Geometriedetails in diesen Lagen zu bestimmen und die Genauigkeit der Messung zu erhöhen.

In einem alternativen Ausführungsbeispiel wird die Messung mit synchronisierten Bildaufnahmeverrichtungen durchgeführt, ohne das Fahrzeug 1 in wenigstens zwei Lagen anzuhalten. Dazu wird das Fahrzeug 1 mit konstanter oder nicht konstanter Geschwindigkeit an den Messköpfen 2, 4, 14, 16 vorbei bewegt. Dabei werden die Positionen der Geometriedetails durch bekannte Verfahren der Bildverarbeitung wie z.B. KLT-Tracker, Korrelationsverfahren oder eine Zuordnung der Bewegungsbahn im Bild über eine während der Bewegung aufgenommene Bildfolge verfolgt bzw. "getrackt". Werden Messtargets verwendet, so können diese kodiert sein, um das Verfolgen der Messtargets während der Bewegung zu vereinfachen.

In einem weiteren alternativen Ausführungsbeispiel wird die Messung mit nicht synchronisierten Bildaufnahmeverrichtungen durchgeführt, ohne das Fahrzeug 1 in wenigstens zwei Lagen anzuhalten. Dazu wird das Fahrzeug 1 mit nicht konstanter Geschwindigkeit an den Messköpfen 2, 4, 14, 16 vorbei bewegt. Dabei werden die Positionen der Geometriedetails durch bekannte Verfahren der Bildverarbeitung wie z.B. KLT-Tracker, Korrelationsverfahren oder eine Zuordnung der Bewegungsbahn im Bild über eine während der Bewegung aufgenommene Bildfolge verfolgt bzw. "getrackt". Werden Messtargets verwendet, so können diese kodiert sein, um das Verfolgen der Messtargets während der Bewegung zu vereinfachen. Die Synchronisation erfolgt durch den Abgleich der Bewegungsprofile.

Aus den Messdaten jeder Bildaufnahmeverrichtung 22, 24, 26, 28 wird für jeden der Messköpfe 2, 4, 14, 16 jeweils ein Bewegungsprofil erzeugt. Da das Fahrzeug 1 für diese Messung als starrer Körper anzusehen ist, muss die Beschleunigung bzw.

- 5 Verzögerung für alle erfassten Geometriedetails zu jedem Zeitpunkt gleich sein. Die zeitliche Synchronisation wird dadurch hergestellt, dass die Bewegungsprofile der von den einzelnen Messköpfen 2, 4, 14, 16 erfassten Geometriedetails zur Deckung gebracht werden, so dass zu jedem Zeitpunkt die Beschleunigung bzw. Verzögerung für alle erfassten Geometriedetails die gleiche ist.

10

Die alternativen Ausführungsbeispiele ermöglichen eine schnelle Fahrwerksvermessung, da es ausreicht, mit dem Fahrzeug 1 an den Messköpfen 2, 4, 14, 16 vorbei zu fahren, ohne das Fahrzeug 1 anzuhalten.

- 15 Aus den gemessenen Daten können mittels bekannten Verfahren die Drehachse und das Drehzentrum der Räder 6, 8, 10, 12 im Koordinatensystem des jeweiligen Messkopfes 2, 4, 14, 16 bestimmt werden.

- 20 Diese Auswertung kann radweise, d.h. getrennt für alle vier Räder 6, 8, 10, 12, achsweise, d.h. gemeinsame für die gegenüberliegenden Räder 6, 8, 10, 12 einer Achse 32, 34, oder gemeinsam für alle Räder 6, 8, 10, 12 erfolgen. Für die achsweise Auswertung und die gemeinsame Auswertung aller Räder 6, 8, 10, 12 muss eine zeitliche Synchronität der Aufnahmen hergestellt werden.

- 25 Zusätzlich zu den Geometriedetails der Räder 6, 8, 10, 12 können Geometriedetails auf der Karosserie des Fahrzeugs 1 erfasst werden, um Lenk- und Federbewegungen des Fahrzeugs 1 zu erfassen und mathematisch zu kompensieren.

- 30 Wie beschrieben sind die 3D-Koordinaten jedes Meßkopfes nur bis auf einen Maßstabsfaktor bestimmbar, d.h. die Form der rekonstruierten 3D-Punktwolke ist bekannt, nicht jedoch ihre Größe (siehe Fig. 2). Ein gemeinsamer Maßstab wird aus

dem Abgleich der Translationsvektoren t_1 , t_2 , t_3 und t_4 erhalten, welche die Bewegung der Geometriedetails im Raum beschreiben.

Aus Figur 2 ist jedoch erkennbar, dass die Skalierung auf einen gemeinsamen Maßstab zu keiner Änderung der Winkel zwischen den Strecken führt. Daher sind diese Winkel, wie z. B. der Sturz der Räder 6, 8, 10, 12, die Einzelspur der Vorderachse 32 sowie die Gesamtspur der Vorder- und Hinterachse 32, 34 unabhängig vom globalen Maßstab und damit ohne Kenntnis des gemeinsamen Maßstabs bestimmbar.

Messgrößen, die Streckenlängen erfordern, hängen dagegen vom gemeinsamen, absoluten Maßstab ab. Dies betrifft z. B. die Berechnung des Radstandes und der Spurweite oder der Fahrzeuglängsmittlebene M, die für die Berechnung der Einzelspur der Hinterachse benötigt wird.

Die Kenntnis des gemeinsamen, absoluten Maßstabs ist jedoch zur Berechnung der Einzelspur der Hinterachse 34 nicht erforderlich, wenn die Messköpfe 2, 4, 14, 16 mit den Bildaufnahmeverrichtungen 22, 24, 26, 28 exakt symmetrisch auf beiden Seiten des Fahrzeugs 1 angeordnet sind und die Bewegung des Fahrzeugs 1 exakt gradlinig durch die Messköpfe 2, 4, 14, 16 erfolgt. Somit kann durch eine symmetrische Positionierung der Messköpfe 2, 4, 14, 16 bzw. durch eine symmetrische Ausrichtung des Fahrzeugs 1 zwischen den fest montierten Messköpfen 2, 4, 14, 16 eine exakte Bestimmung der Längsmittlebene M des Fahrzeugs 1 erfolgen und damit die Einzelspur der Hinterräder 10, 12 exakt bestimmt werden.

Wie in Figur 3 gezeigt, ist unter realen Bedingungen eine solche symmetrische Anordnung der Messköpfe 2, 4, 14, 16 und des Fahrzeugs 1 und eine exakt parallele und mittige Bewegung des Fahrzeugs 1 zwischen den Messköpfen 2, 4, 14, 16 nur näherungsweise realisierbar. Die Abweichung von der Symmetrieachse S entspricht einer Schrägfahrt um den Winkel α . Durch die Schrägfahrt α entsteht bei der Bestimmung der Längsmittlebene M ein Messfehler β .

Dieser Messfehler β kann durch das Einbringen eines absoluten Maßstabes verringert werden.

5 Häufig ist ein näherungsweise bekannter Maßstab ausreichend, um die gewünschte Genauigkeit der Achsvermessung zu erreichen. Durch das Einführen eines zumindest näherungsweise bekannten Maßstabes kann die Abweichung der Längsmittlebene M' des Fahrzeugs 1 von der tatsächlichen Längsmittlebene M des Messplatzes hinreichend gering gehalten werden. Der verbleibende Fehler kann anhand einer Fehlerformel (Winkelfehler β der Längsmittlebene = Maßstabsfehler $\times$ Winkel der Schrägfahrt α) abgeschätzt werden. So beträgt bei einem Maßstabsfehler von 1% und einer Abweichung der Längsorientierung des Fahrzeugs 1 von der Symmetrieachse S des Messplatzes von 3° der Winkelfehler β weniger als zwei Winkelminuten, was für viele Anwendungen ausreichend ist.

15 Der näherungsweise bekannte Maßstab bietet auch die Möglichkeit, die Schrägfahrt zu überwachen. Wird ein vorgegebener maximaler Schrägfahrtswinkel überschritten, kann die Messung abgebrochen und der Anwender aufgefordert werden, die Fahrtrichtung bzw. die Position des Fahrzeugs 1 zu korrigieren und die Messung zu wiederholen.

20 Für das Einbringen eines genähert bekannten Maßstabes existieren verschiedene Möglichkeiten.

25 So können auf den Rädern 6, 8, 10, 12, auf an den Rädern 6, 8, 10, 12 befestigten Radadaptoren oder auf der Karosserie des Fahrzeugs 1 Messtargets in einem bekannten Abstand angebracht werden. Radadapter haben einen Durchmesser von etwa 500 mm und verwenden meist Klebemarken. Auch bei manueller Platzierung der Messtargets kann eine Genauigkeit von etwa 1 % erreicht werden.

30 Alternativ kann die zurückgelegte Distanz des Fahrzeugs 1 während der Bewegung von der Anfangslage A in die Endlage E in einem absoluten Maß bestimmt werden. Dazu können in dem Fahrzeug 1 vorhandene Sensoren, wie sie z.B. für ABS und

EPS benutzt werden, oder eine an dem Messplatz fest installierte metrisch bekannte Information verwendet werden.

- 5 In einem anderen Ausführungsbeispiel wird die Geschwindigkeit des Fahrzeugs 1 während der Bewegung durch Geschwindigkeitssensoren gemessen und der zurückgelegte Weg durch Integration der gemessenen Geschwindigkeit über die Zeit bestimmt. Die Geschwindigkeitssensoren können in dem Fahrzeug 1 vorhandene Geschwindigkeitssensoren, z. B. zur Ansteuerung eines Tachometers sein.

Patentansprüche

- 5 1. Verfahren zur Fahrwerksvermessung mit den folgenden Schritten:
- Bereitstellen eines Fahrwerksvermessungssystems mit vier in bekannter Position zueinander angeordneten Messköpfen (2, 4, 14, 16), von denen jeder eine monokulare Bildaufnahmeverrichtung (22, 24, 26, 28) aufweist;
- 10 Erfassen von mindestens drei Geometriedetails jeweils eines Rades (6, 8, 10, 12) eines in einer Anfangslage (A) stehenden Fahrzeugs (1) mit jedem der vier Messköpfe (2, 4, 14, 16);
- Ausführen einer Relativbewegung zwischen dem Fahrzeug (1) einerseits und den Messköpfen (2, 4) andererseits von der Anfangslage (A) in mindestens eine weitere Lage (E), wobei die relative Position der Messköpfe (2, 4, 14, 16) zueinander
- 15 bekannt ist;
- Erfassen der mindestens drei Geometriedetails jeweils eines Rades (6, 8, 10, 12) des in der weiteren Lage (E) stehenden Fahrzeugs (1) mit jedem der vier Messköpfe (2, 4, 14, 16);
- Ausführen von lokalen 3D-Rekonstruktionen zum Bestimmen der
- 20 Translationsvektoren (t_1, t_2, t_3, t_4), der Rotationsvektoren (R_1, R_2, R_3, R_4) und der Raddrehwinkel zwischen den mindestens zwei Lagen (A, E) sowie der Raddrehzentren und der Raddrehachsen der Räder (6, 8, 10, 12) aus den erfassten Geometriedetails;
- Bestimmen eines globalen Maßstabs für die Messköpfe durch Skalieren der
- 25 Translationsvektoren (t_1, t_2, t_3, t_4) der Räder (6, 8, 10, 12), so dass die Translationsvektoren (t_1, t_2, t_3, t_4) die gleiche Länge haben; und
- Bestimmen von Sturz, Einzel- und/oder Gesamtspur des Fahrzeugs (1).
2. Verfahren zur Fahrwerksvermessung mit den folgenden Schritten:
- 30 Bereitstellen eines Fahrwerksvermessungssystems mit vier in bekannter Position zueinander angeordneten Messköpfen (2, 4, 14, 16), von denen jeder eine monokulare Bildaufnahmeverrichtung (22, 24, 26, 28) aufweist, wobei die Bildaufnahme der Messköpfe zeitlich synchronisiert erfolgt;
- Ausführen einer Relativbewegung zwischen einem Fahrzeug (1) einerseits und den Messköpfen (2, 4, 14, 16) andererseits mit konstanter oder nicht konstanter
- 35 Geschwindigkeit, wobei die relative Position der Messköpfe (2, 4, 14, 16) zueinander bekannt ist;
- Erfassen von mindestens drei Geometriedetails jeweils eines Rades (6, 8, 10, 12) des Fahrzeugs (1) während der Ausführung der Relativbewegung mit jedem der vier

zueinander zeitlich synchronisierten Messköpfe (2, 4, 14, 16) in mindestens zwei Lagen (A, E) des Fahrzeugs (1);

Ausführen von lokalen 3D-Rekonstruktionen zum Bestimmen der Translationsvektoren (t_1, t_2, t_3, t_4), der Rotationsvektoren (R_1, R_2, R_3, R_4) und der Raddrehwinkel zwischen den mindestens zwei Lagen (A, E) sowie der Raddrehzentren und der Raddrehachsen der Räder (6, 8, 10, 12) aus den erfassten Geometriedetails;

Bestimmen eines gemeinsamen, globalen Maßstabs für die Messköpfe (2, 4, 14, 16) durch Skalieren der Translationsvektoren (t_1, t_2, t_3, t_4) der Räder (6, 8, 10, 12), so dass die Translationsvektoren (t_1, t_2, t_3, t_4) die gleiche Länge haben; und

Bestimmen von Sturz, Einzel- und/oder Gesamtspur des Fahrzeugs (1).

3. Verfahren zur Fahrwerksvermessung mit den folgenden Schritten:

Bereitstellen eines Fahrwerksvermessungssystems mit vier in bekannter Position zueinander angeordneten Messköpfen (2, 4, 14, 16), von denen jeder eine monokulare Bildaufnahmeverrichtung (22, 24, 26, 28) aufweist;

Ausführen einer Relativbewegung zwischen einem Fahrzeug (1) einerseits und den Messköpfen (2, 4, 14, 16) andererseits mit nicht konstanter Geschwindigkeit, wobei die relative Position der Messköpfe (2, 4, 14, 16) zueinander bekannt ist;

Erfassen von mindestens drei Geometriedetails jeweils eines Rades (6, 8, 10, 12) des Fahrzeugs (1) während der Ausführung der Relativbewegung mit jedem der vier zueinander synchronisierten Messköpfe (2, 4, 14, 16) in mehreren Lagen (A, E) des Fahrzeugs (1);

Ausführen von lokalen 3D-Rekonstruktionen zum Bestimmen der Translationsvektoren (t_1, t_2, t_3, t_4), der Rotationsvektoren (R_1, R_2, R_3, R_4) und der Raddrehwinkel zwischen den Lagen sowie der Raddrehzentren und der Raddrehachsen der Räder (6, 8, 10, 12) aus den erfassten Geometriedetails;

Bestimmen der Bewegungsprofile der Räder (6, 8, 10, 12) aus den erfassten Bewegungen der Geometriedetails;

Synchronisieren der Bewegungsprofile der Räder (6, 8, 10, 12) durch Abgleich der Bewegungsprofile bezüglich Lage, Form und Maßstab; und

Bestimmen von Sturz, Einzel- und/oder Gesamtspur des Fahrzeugs (1).

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei jeweils zwei der Messköpfe (2, 4, 14, 16) so angeordnet sind, dass sie einander symmetrisch auf beiden Seiten des Fahrzeuges (1) gegenüber liegen, das Fahrzeug (1) parallel zur Symmetrieachse zwischen den gegenüberliegenden Messköpfen (2, 4, 14, 16) hindurch bewegt wird und zusätzlich die Einzelspur der Hinterräder (10, 12) des Fahrzeugs (1) bestimmt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei von wenigstens einem der Messköpfe (2, 4, 14, 16) zusätzlich eine metrisch bekannte Information erfasst wird, um den Maßstabsfaktor absolut zu bestimmen, und zusätzlich der Radstand und die Spurweite des Fahrzeugs (1) bestimmt werden.

5

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die metrisch bekannte Information eine Distanz zwischen zwei Merkmalen auf dem Fahrzeug (1) ist.

10

7. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die metrisch bekannte Information die durch das Fahrzeug (1) zurückgelegte Distanz ist.

15

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Geschwindigkeit des Fahrzeugs (1) durch Geschwindigkeitssensoren bestimmt und die zurückgelegte Distanz durch Integration der Geschwindigkeit bestimmt wird.

20

9. Vorrichtung zum Vermessen der Fahrwerksgeometrie eines Fahrzeugs (1), aufweisend:

eine Anordnung von vier in bekannter Position zueinander angeordneten Messköpfen (2, 4, 14, 16), von denen jeder eine monokulare Bildaufnahmeverrichtung (22, 24, 26, 28) aufweist und eingerichtet ist, im Betrieb mit der Bildaufnahmeverrichtung (22, 24, 26, 28) jeweils wenigstens drei Geometriedetails jeweils eines Rades (6, 8, 10, 12) des in einer Ausgangslage (A) und einer weiteren Lage (E) stehenden Fahrzeugs (1) zu erfassen;

25

eine Auswerteinrichtung (18), die eingerichtet ist, im Betrieb aus der Bewegung der erfassten Geometriedetails die Translationsvektoren (t_1 , t_2 , t_3 , t_4) und die Rotationsvektoren (R_1 , R_2 , R_3 , R_4) der Räder (6, 8, 10, 12) zu bestimmen; und

30

durch Skalieren der Translationsvektoren (t_1 , t_2 , t_3 , t_4) der Räder (6, 8, 10, 12) einen globalen Maßstab so zu bestimmen, dass die Translationsvektoren (t_1 , t_2 , t_3 , t_4) die gleiche Länge haben, und

den Sturz, Einzel- und/oder die Gesamtspur des Fahrzeugs (1) zu bestimmen.

10. Vorrichtung zum Vermessen der Fahrwerksgeometrie eines Fahrzeugs (1), aufweisend:

35

eine Anordnung von vier in bekannter Position zueinander angeordneten Messköpfen (2, 4, 14, 16), von denen jeder eine monokulare Bildaufnahmeverrichtung (22, 24, 26, 28) aufweist und eingerichtet ist, dass die Bildaufnahme der Messköpfe zeitlich synchronisiert erfolgt und mit der Bildaufnahmeverrichtung (22, 24, 26, 28) im Betrieb jeweils wenigstens drei

40

Geometriedetails jeweils eines Rades (6, 8, 10, 12) des Fahrzeugs (1) während der

Ausführung einer Bewegung des Fahrzeugs (1) mit konstanter oder nicht konstanter Geschwindigkeit relativ zu den Messköpfen (2, 4, 14, 16) zu erfassen, und

eine Auswerteinrichtung (18), die eingerichtet ist, im Betrieb

aus der Bewegung der erfassten Geometriedetails die Translationsvektoren (t_1, t_2, t_3, t_4) und die Rotationsvektoren (R_1, R_2, R_3, R_4) der Räder (6, 8, 10, 12) zu bestimmen,

durch Skalieren der Translationsvektoren (t_1, t_2, t_3, t_4) der Räder (6, 8, 10, 12) einen gemeinsamen globalen Maßstabsfaktor so zu bestimmen, dass die Translationsvektoren (t_1, t_2, t_3, t_4) die gleiche Länge haben, und

den Sturz, Einzel- und/oder die Gesamtspur des Fahrzeugs zu bestimmen.

11. Vorrichtung zum Vermessen der Fahrwerksgeometrie eines Fahrzeugs (1), aufweisend:

eine Anordnung von vier in bekannter Position zueinander angeordneten Messköpfen (2, 4, 14, 16), von denen jeder eine monokulare

Bildaufnahmevorrichtung (22, 24, 26, 28) aufweist und eingerichtet ist, im Betrieb mit der Bildaufnahmevorrichtung (22, 24, 26, 28) jeweils wenigstens drei Geometriedetails jeweils eines Rades (6, 8, 10, 12) des Fahrzeugs (1) während der Ausführung einer Bewegung des Fahrzeugs (1) mit nicht konstanter Geschwindigkeit relativ zu den Messköpfen (2, 4, 14, 16) zu erfassen, und

eine Auswerteinrichtung (18), die eingerichtet ist, im Betrieb

aus der Bewegung der erfassten Geometriedetails die Bewegungsprofile der Räder (6, 8, 10, 12) zu bestimmen,

aus der Bewegung der erfassten Geometriedetails die Translationsvektoren (t_1, t_2, t_3, t_4) und die Rotationsvektoren (R_1, R_2, R_3, R_4) der Räder (6, 8, 10, 12) zu bestimmen,

die Bewegungsprofile der Räder (6, 8, 10, 12) durch Anpassen der Bewegungsprofile in Lage, Form und Maßstab zu synchronisieren, und

den Sturz, Einzel- und/oder die Gesamtspur des Fahrzeugs (1) zu bestimmen.

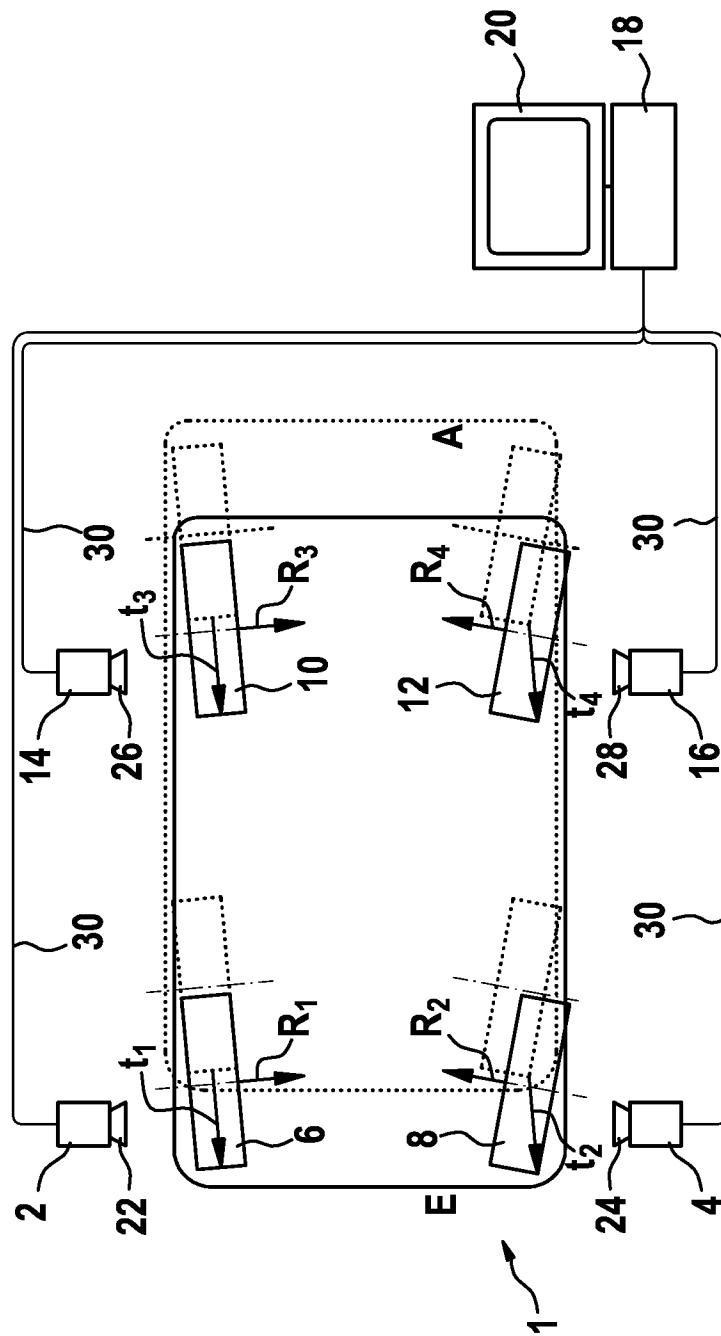


Fig. 1

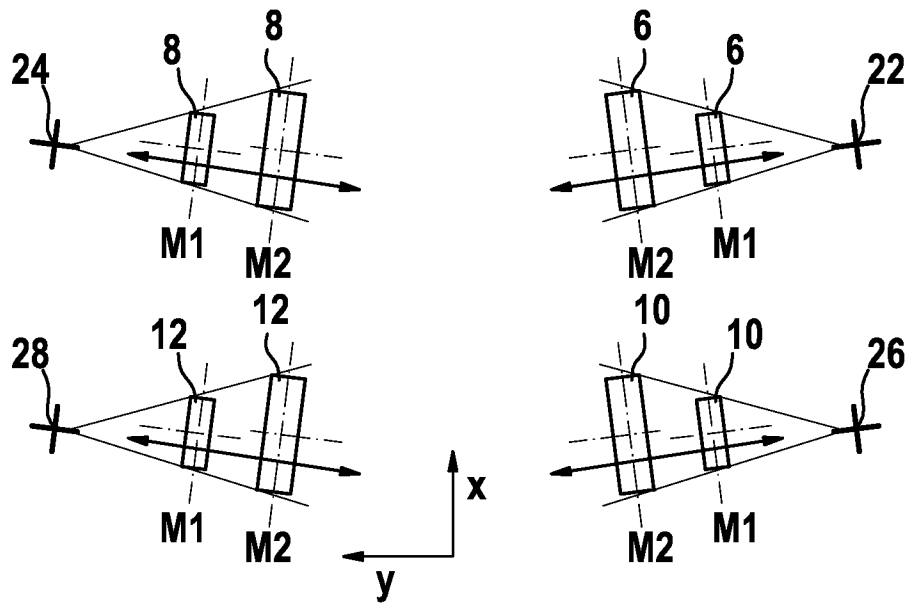


Fig. 2

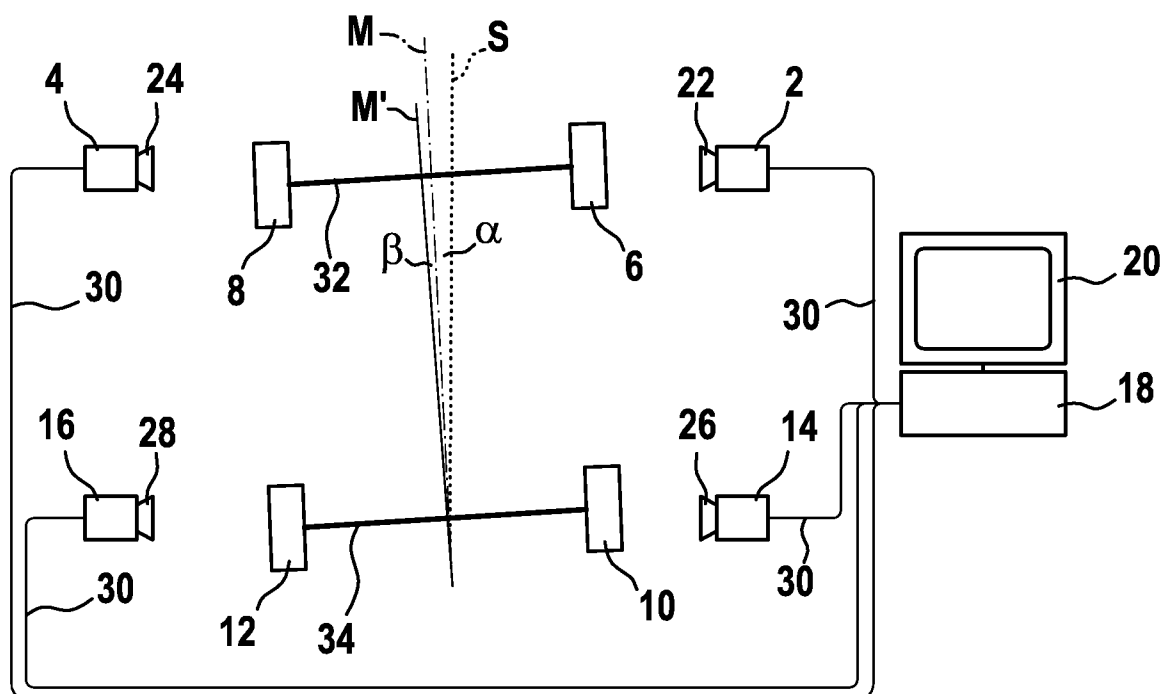


Fig. 3