



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 684885 A5

⑤① Int. Cl.⁶: B 60 B 19/00
G 01 L 5/16

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑳ Gesuchsnummer: 3142/92

㉔ Anmeldungsdatum: 08.10.1992

③① Priorität(en): 09.10.1991 DE 4133418

㉔ Patent erteilt: 31.01.1995

④⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 31.01.1995

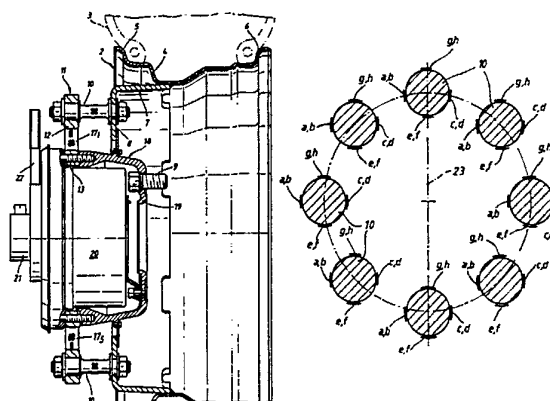
⑦③ Inhaber:
Mercedes-Benz Aktiengesellschaft, Stuttgart (DE)

⑦② Erfinder:
Kötzle, Horst, Albershausen (DE)
Oelmann, Bernd, Stuttgart 80 (DE)
Schäfer, Ulrich, Fellbach (DE)
Schwarz, Gerhard, Deizisau (DE)

⑦④ Vertreter:
Patentanwalts-Bureau Isler AG, Zürich

⑤④ **Mehrkomponenten-Messscheibenrad.**

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Mehrkomponenten-Messscheibenrad (2) für Fahrzeuge, bei dem an einem Hilfsflansch (8) der speziell ausgebildeten Felge (4) über mehrere achsparallele, als Messquerschnitte dienenden und mit Dehnmessstreifen (a bis h) bestückten Stehbolzen (10) eine ringförmige Messscheibe (11) im Abstand zum Hilfsflansch (8) gehalten ist, die speichenartige Messstege (17₁ bis 17₈) aufweist, die ebenfalls mit Dehnmessstreifen (A bis D) bestückt sind. Der Innenrand der Messscheibe (11) ist mit einem topfförmigen Radadapter (18) verschraubt, der einen gewissen Axialversatz ausgleicht und in dem eine Signalübermittlungseinrichtung (20) drehbar gelagert ist, die mit ihrem feststehenden Teil festgelegt ist. Die auf den axialen Stehbolzen (10) und auf den radialen Messstegen (17) angebrachten Dehnmessstreifen (a bis h) sind in sinnreicher Weise derart als Scherungs-DMS oder als Zug/Druck-DMS ausgewählt und jeweils derart örtlich sowie hinsichtlich ihrer Ausrichtung darauf appliziert und in zugehörigen elektrischen Messbrückenschaltungen derart verschaltet, dass isolierte elektrische Signale bezüglich Radlast (RL), Längskraft (LK), Seitenkraft (SK) und Bremskraft (BK) ermittelbar sind.



Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Mehrkomponenten-Messscheibenrad nach dem Oberbegriff von Anspruch 1, wie es beispielsweise aus einem öffentlichen, im Haus der Technik in Essen (DE) am 21. Februar 1990 von U. Schäfer gehaltenen Vortrag zum Thema «Mehrkomponentenmesstechnik» als bekannt hervorgeht; den Zuhörern wurde dabei jeweils ein Exemplar des Vortragsmanuskript einschliesslich Bildteil zum Mitnehmen überlassen. Der Vortrag wurde im Rahmen einer ganztägigen Vortragsveranstaltung mit insgesamt neun Vorträgen zum Generalthema «Messungen mit Versuchsfahrzeugen» gehalten.

Der zitierte Vortrag geht ausser auf das Mehrkomponenten-Messscheibenrad auch auf ältere Messeinrichtungen zum gleichen Zweck ein. Und zwar hat man früher speziell ausgebildete Achsschenkel oder Radträger zu Messzwecken eingebaut. Abgesehen von den umständlichen, einer Messung vorausgehenden Umbaumassnahmen und der auf ein einziges Fahrzeug festgelegten Messmöglichkeit haben die Mess-Achsschenkel den Nachteil, dass sich Bremskräfte mit ihnen nicht messen lassen und dafür eine gesonderte Messeinrichtung vorgesehen werden muss. Ein anderer, älterer Typ von Messeinrichtungen ist durch die in mehreren unterschiedlichen Bauformen bekannten Mehrkomponenten-Messnaben repräsentiert (vgl. z.B. DE-AS 2 104 003), die nicht mit dem Fahrzeugrad umlaufen und die – ebenso wie die Mess-Achsschenkel – Sonderteile innerhalb der Achskonstruktion des Messfahrzeuges voraussetzen; das Fahrzeug musste also auch bei der Verwendung von Mehrkomponenten-Messnaben vor einer Messung umständlich umgebaut werden.

In ein Fahrzeugrad integrierte, mit umlaufende Messeinrichtungen zu diesem Zweck, sog. Mehrkomponenten-Messscheibenräder, lassen die gesamte Achskonstruktion des Fahrzeuges unberührt und sind daher ohne grosse Umbaumassnahmen an unterschiedlichen Fahrzeugen einsetzbar. Wegen dieses grundsätzlichen Vorteiles wurden Mehrkomponenten-Messscheibenräder von unterschiedlichen Seiten vorgeschlagen. Der messempfindliche Teil des in der DE-OS 2 302 540 gezeigten Mehrkomponenten-Messscheibenrades weist zwei axial beabstandete Kränze von jeweils vier umfangsgleich liegenden, radial verlaufenden Messstegen auf, durch die der Kraftfluss vom Reifen zur Radnabe hindurchgeht und die mit Dehnmessstreifen appliziert sind. Ein ähnliches Mehrkomponenten-Messscheibenrad zeigt die DE OS 2 828 538, bei dem je Messsteg-Kranz jeweils acht Messstege vorgesehen sind. Wie die einzelnen interessierenden Kraftkomponenten messtechnisch isoliert werden, geht aus diesen Schriften nicht hervor; im übrigen sind diese Mehrkomponenten-Messscheibenräder sehr voluminös und schwer und aus diesem Grund zu anspruchsvollen Messungen nicht geeignet, weil durch die Zusatzmassen die zu messenden Kräfte im Vergleich zu einem gleichen Fahrzeug ohne Mehrkomponenten-Messscheibenrad in nicht vernachlässigbarer Weise verändert werden.

Das messempfindliche Teil des aus der DE-OS 3 213 319 bekannten Mehrkomponenten-Messscheibenrades sieht aus gewissen grundsätzlichen, messtechnischen Überlegungen heraus vier radial weiche Stellen am Umfang des messempfindlichen Teiles vor. Nachdem über dieses Teil das Mehrkomponenten-Messscheibenrad gehalten wird und der gesamte Kraftfluss durch dieses Teil hindurch geleitet wird, ist die Steifigkeit des bekannten Mehrkomponenten-Messscheibenrades gegenüber einem normalen Fahrzeugrad beeinträchtigt, was die Kräfteverhältnisse gegenüber einer Fahrt mit Normalrad und somit die Repräsentanz der Messung gegenüber einem solchen Fahrbetrieb verfälscht.

Die EP-OS 352 788 zeigt ein weiteres Mehrkomponenten-Messscheibenrad, welches sehr aufwendig gestaltet und allein aufgrund der vielen Verschraubungsstellen sehr schwer ist, so dass mit messverfälschenden Zusatzmassen zu rechnen ist. Die gegenseitige messtechnische Trennung der Messsignale für die einzelnen Komponenten kommt hier dadurch zustande, dass mehrere unterschiedliche Kraftflusspfade vorgesehen werden, die durch sinnreiche Anordnung von Gelenken bzw. Nachgiebigkeiten gegenüber den jeweils nicht für sie vorgesehenen Belastungen weich sind. Abgesehen vom Gewicht stimmt das bekannte Mehrkomponenten-Messscheibenrad also auch bezüglich der Steifigkeit nicht mit einem üblichen Fahrzeugrad überein.

Das gattungsgemäss zugrundegelegte Mehrkomponenten-Messscheibenrad gemäss der eingangs genannten Literaturstelle ist im Aufbau sehr einfach und kann dementsprechend auch steif und leicht gebaut werden, so dass zumindest bei gezielter Anwendung von Leichtbaumassnahmen – Verwendung von hochfesten Leichtbauwerkstoffen und Anbringen von massereduzierenden Aussparungen an den weniger belasteten Stellen – eine dem Normalrad entsprechende Masse und Steifigkeit bezüglich translatorischer und rotatorischer Beschleunigungen und Belastungen erreichbar ist. Die Literaturstelle erwähnt zwar, dass mit dem Mehrkomponenten-Messscheibenrad eine gute Messsignalauflösung bei geringem Übersprechen der einzelnen Komponenten möglich sei, ohne jedoch darauf einzugehen, wie dies erreicht wird. Im Zusammenhang mit der Berechnung der tatsächlich wirkenden Kräfte aus den zunächst erfassten Messsignalen wird dort jedoch darauf hingewiesen, dass dazu ein Gleichungssystem von vier Gleichungen mit vier Unbekannten laufend in Echtzeit aufgelöst werden muss, um die tatsächlich wirkenden und interessierenden Kräfte ermitteln zu können. Darüber hinaus sind aufwendige Kalibrierungen vorzunehmen und in der Berechnung mit zu berücksichtigen. Daraus ist zu schliessen, dass das gattungsgemäss zugrundegelegte Mehrkomponenten-Messscheibenrad hinsichtlich der Messsignalauswertung aufwendig und teuer ist, was einem leichten Einsatz der bekannten Mehrkomponenten-Messscheibenräder hinderlich ist.

Die DE-PS 2 708 484 oder die DE-OS 2 856 453 zeigen radintegrierbare Drehmoment-Messscheiben zur isolierten Messung von Antriebsdrehmomenten, bei denen also andere auf das Fahrzeugrad einwirkende Kräfte oder Momente un-

terdrückt werden sollen. Demgegenüber wird jedoch mit den Mehrkomponenten-Messscheibenräder angestrebt, gleichzeitig mehrere Komponenten isoliert voneinander zu erfassen.

Aufgabe der Erfindung ist es, das gattungsgemäss zugrundegelegte, in vieler Hinsicht vorteilhafte Mehrkomponenten-Messscheibenrad unter Beibehaltung seiner Vorteile dahingehend zu verbessern, dass die primär erhältlichen Messsignale mit geringerem Rechenaufwand in die tatsächlich interessierenden Kräfte umgerechnet werden können.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die kennzeichnenden Merkmale von Anspruch 1 gelöst. Die durch die Bremskräfte auf das Mehrkomponenten-Messscheibenrad einwirkenden Drehmomente sind durch eine einfache Messung der Umfangsverbiegung der Messstege sicher und isoliert erfassbar. Durch die Verwendung der axial ausgerichteten Stehbolzen zur Messung einer parallel zur Radebene liegenden, sich aus Radlast, Längskraft und Bremskraft zusammensetzenden Gesamtkomponente über die Scherbeanspruchung der Stehbolzen kann in Verbindung mit einer gleichzeitigen Messung an allen Stehbolzen der Seitenkrafteinfluss sicher eliminiert werden. Dank der nicht-rotationssymmetrischen Applikation der Scherungs-Dehnmessstreifen kann auch die relative Richtung der Gesamtergebnisse zu der ausgesuchten Umfangsrichtung ohne weiteres ermittelt werden. Auch die vektorielle Zerlegung dieser Gesamtergebnisse in eine vertikale, der Radlast entsprechende Komponente und in eine horizontale, betragsmässig der skalaren Summe aus Bremskraft und Längskraft entsprechenden Komponente ist rechnerisch keinerlei Problem oder Aufwand, so dass mit nur geringen, noch innerhalb der Signalübermittlungseinrichtung integrierbaren Mitteln bereits die Signale für diese beiden Kraftkomponenten anstehen können. Von der solcherart übermittelten Horizontalkomponente braucht bei der Weiterverarbeitung nur noch die bekannte Bremskraft abgezogen zu werden. Die Seitenkraft kann sicher und ohne Übersprechen durch andere Kräfte durch Ermittlung der Scherbeanspruchung der Messstege in axialer Richtung erfasst werden, wobei hier ein gleichzeitiger Einsatz aller Messstege zur Elimination einer diesbezüglichen nicht-rotationssymmetrischen Belastung insbesondere anderer Herkunft wichtig ist.

Zweckmässige Ausgestaltungen der Erfindung können den abhängigen Ansprüchen entnommen werden; im übrigen ist die Erfindung an Hand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels nachfolgend noch erläutert; dabei zeigen:

Fig. 1 eine Gesamtübersicht über die interessierenden Kräfte,

Fig. 2 einen Schnitt durch ein Mehrkomponenten-Messscheibenrad,

Fig. 3 einen vergrösserten Teilausschnitt des Mehrkomponenten-Messscheibenrades nach Fig. 2,

Fig. 4 eine schematisierte Darstellung der nicht-rotationssymmetrischen Applikation der axialen Stehbolzen mit Dehnmessstreifen,

Fig. 5 die Darstellung der DMS-Applikation an vier Umfangsstellen eines der Stehbolzen,

Fig. 6 die elektrische Verschaltung der auf den Stehbolzen applizierten Dehnmessstreifen in einer Messbrückenschaltung zur Ermittlung der Gesamtergebnisse aus Brems- und Längskraft und aus Radlast,

Fig. 7 eine axiale Ansicht der Messscheibe des Mehrkomponenten-Messscheibenrades mit einer Lageangabe für die dort zu applizierenden Dehnmessstreifen für die Seitenkraft- und für die Bremskraftmessung,

Fig. 7a u. 7b jeweils einen vergrösserten Radialschnitt durch die Messscheibe nach Fig. 7 entlang der Schnittlinie a-a für Fig. 7a bzw. entlang der Schnittlinie b-b für Fig. 7b,

Fig. 8 die elektrische Verschaltung der auf die Messstege applizierten Scherungs-Dehnmessstreifen in einer Messbrückenschaltung zur Ermittlung der Seitenkraft und

Fig. 9 die elektrische Verschaltung der auf die Messstege applizierten Zug/Druck-Dehnmessstreifen in einer Messbrückenschaltung zur Ermittlung der Bremskraft.

Die Übersichtsdarstellung nach Fig. 1 zeigt ein stilisiertes Mehrkomponenten-Messscheibenrad 2 der vorderen linken Fahrzeugseite eines strichpunktliert angedeuteten Fahrzeuges 1. Die durch das Mehrkomponenten-Messscheibenrad zu erfassenden Kräfte sind dort eingezeichnet. Und zwar soll die vertikal durch die Radmitte verlaufende Radlast RL und die ebenfalls durch die Radmitte verlaufende, aber horizontal liegende Längskraft LK ermittelt werden; ausserdem interessieren noch die exzentrisch zur Radmitte am Radaufstandspunkt angreifende Bremskraft BK und die quer zur Radebene gerichtete Seitenkraft SK. Die Längskraft und die Bremskraft werden bei einer der Fahrtrichtung 24 entgegengerichteten Richtung als positiv angenommen. Die Radlast wird bei aufwärtswirkender Richtung als positiv angenommen und die Seitenkraft wird, wenn sie zur Fahrzeugmitte hin wirkt, als positiv gewertet. Ein kartesisches, konzentrisch zur Radachse und parallel zur Radebene ausgerichtetes Koordinatensystem ist ebenfalls in der Übersichtsdarstellung angedeutet.

In den Fig. 2 und 3 ist das Mehrkomponenten-Messscheibenrad 2 im einzelnen dargestellt. Es weist einen den Fahrzeugreifen 3 tragenden Felgenreif 4 auf, der in seinem Querschnitt einem üblichen Fahrzeugrad entspricht. Allerdings enthält das Mehrkomponenten-Messscheibenrad keine übliche Radscheibe; vielmehr ist an deren Stelle ein Winkelring 7 mit einem Hilfsflansch 8 befestigt, der axial etwa auf der Position des fahrzeugabgewandten Felgenhornes 5, also dem innenliegenden Felgenhorn 6 gegenüberliegend, zu liegen kommt. Die Befestigung des Winkelringes 7 am Felgenreif 4 ist beim dargestellten Ausführungsbeispiel als Schweißung ausgebildet; es kann auch eine Verschraubung mit einer Vielzahl kleiner Schrauben vorgesehen werden, insbesondere dann, wenn die Werkstoffe von Winkelring und Felgenreif nicht miteinander oder schlecht schweisbar sind. Der Innenrand des Hilfsflansches ist wesentlich grösser als der Durchmesser eines um die Radbefesti-

gungsschrauben 9 umschriebenen Hilfskreises. Der eigentliche Sensorteil des Mehrkomponenten-Messscheibenrades besteht aus einem Kranz von mehreren achsparallelen Stehbolzen 10 und einer Messscheibe 11. Und zwar ist die Messscheibe über die im Querschnitt kreisrunden Stehbolzen im Abstand zum Hilfsflansch auf der fahrzeugabgewandten Seite des Mehrkomponenten-Messscheibenrades gehalten. Der Innenrand der ringförmigen Messscheibe 11 weist einen kleineren Durchmesser als der Innenrand des Hilfsflansches 8 aber einen ebenfalls grösseren Durchmesser als der erwähnte Hüllkreis um die Randbefestigungsschrauben 9 auf. Die Stehbolzen sind, abgesehen von fertigungsbedingten Toleranzen, untereinander mit hoher Präzision gleich ausgebildet und von guter Oberflächengüte. Die Stehbolzen 10 dienen als axiale Messquerschnitte und sind mit Dehnmessstreifen bestückt, worauf weiter unten noch näher eingegangen wird. Abgesehen von ihrer untereinander übereinstimmenden Ausbildung sind die Stehbolzen gleichmässig auf einem gemeinsamen Teilkreis angeordnet und sowohl in der Messscheibe 11 als auch in dem Hilfsflansch 8 verwindungssteif festgeschraubt und zusätzlich formschlüssig gegen Verdrehen in der Messscheibe 11 gesichert. Um die Stehbolzen verwindungssteif festschrauben zu können, weisen sie nicht nur einen Steckzapfen 15 für den Hilfsflansch 8 und einen Steckzapfen 16 für die Messscheibe 11, sondern jeweils auch noch einen entsprechenden grossflächigen Bund 14 auf. Die Steckzapfen 15 bzw. 16 sind eng mit entsprechenden Durchbrüchen in den Hilfsflansch bzw. in der Messscheibe zusammengepasst. Ausserdem tragen die Steckzapfen Feingewindezapfen, mittels derer die Stehbolzen beidseitig verwindungssteif festgeschraubt werden können. Um die Stehbolzen verdrehsicher in einer definierten Umfangsstellung auch unter Last festhalten zu können, ist der Steckzapfen 16 und die entsprechende Aussparung innerhalb der Messscheibe 11 unrund, beispielsweise sternartig mit einer Sinuskontur des Querschnittes ausgebildet. Zwar zeigt das dargestellte Ausführungsbeispiel acht Stehbolzen 10, die zudem mit den noch zu erörternden Messstegen der Messscheibe 11 umfangsgleich angeordnet sind, jedoch kommt es weder auf diese gradzahlige oder durch vier teilbare Anzahl von Stehbolzen noch auf deren umfangsgleiche Anordnung mit den erwähnten Messstegen an. Beispielsweise könnten ohne weiteres auch sieben oder neun oder fünf Stehbolzen zu einem brauchbaren Ergebnis führen.

Die Messscheibe 11 ist als Präzisionsteil mit hoher geometrischer Massgenauigkeit und Oberflächengüte ausgebildet. Sie besteht im wesentlichen aus einem Aussenkranz 12, der mit den Stehbolzen 10 verschraubt ist und aus einem Innenkranz 13, der mit dem noch zu erörternden Radadapter 18 axial verschraubt ist. Zwischen Aussenkranz 12 und Innenkranz 13 erstrecken sich mehrere radial verlaufende, speichenartige Messstege 17, die ebenfalls mit Dehnmessstreifen bestückt sind. Aus später noch zu erörternden Gründen kommt es hier allerdings auf eine restlos durch vier teilbare Anzahl von Messstegen 17 an. Um die einzelnen Messste-

ge 17 später ihrer Lage nach unterscheiden bzw. durch Bezugswerte ansprechen zu können, sind den einzelnen Bezugswerten noch unterschiedliche Indizes von 1 bis 8 entsprechend den acht Messstegen zugeordnet.

Baulich wird das Mehrkomponenten-Messscheibenrad 2 noch durch den bereits erwähnten, topfförmigen Radadapter 18 vervollständigt, der axial mit dem Innenkranz 13 der Messscheibe 11 verschraubt ist. Der Radadapter hat zum einen die Aufgabe, den Axialabstand zwischen Messscheibe 11 und axialer Normalposition des Anschraubflansches eines üblichen Fahrzeugrades auszugleichen. Ausserdem soll der Radadapter 18 das sehr teure Mehrkomponenten-Messscheibenrad für unterschiedliche Achskonstruktionen verwendbar machen, so dass je nach Ausbildung des Anschraubbereiches des Fahrzeugrades der Radadapter fahrzeugindividuell ausgebildet ist, aber im Bereich der Verschraubung mit dem Innenkranz 13 der Messscheibe dieser entsprechend ausgebildet ist. Was also den Anschraubflansch 19 des Radapters 18 anlangt, so ist er hier übereinstimmend mit der Radscheibe eines für das betreffende Fahrzeug üblichen Fahrzeugrades ausgebildet.

Im Innern des topfförmigen Radapters 18 ist eine Signalübermittlungseinrichtung 20 angebracht, die die von dem drehenden Rad kommenden Messsignale zu einem feststehenden, mit dem Fahrzeug mitbewegten Ort übertragen. Die Signalübermittlungseinrichtung 20 ist also in Umlaufrichtung feststehend und muss demgemäss gegenüber dem drehenden Rad drehbar gelagert sein. Um ausserdem eine messtechnische Information über die jeweilige Umfangsstellung des Mehrkomponenten-Messscheibenrad 2 zu erhalten, ist die Signalübermittlungseinrichtung ausserdem noch mit einem Drehlagegeber 21 kombiniert. Der feststehende Teil der Signalübermittlungseinrichtung des Drehlagegebers ist mittels eines Gestänges 22 in Drehrichtung lagedefiniert an der Fahrzeugkarosserie festgelegt, wobei das Gestänge die Einfederungs- und/oder Lenkbewegungen des Mehrkomponenten-Messscheibenrad auszugleichen vermag und dementsprechend beweglich gestaltet ist.

Die auf den axialen Stehbolzen 10 und den radialen Messstegen 17 angebrachten Dehnmessstreifen sind dort jeweils derart appliziert und in der zugehörigen elektrischen Messbrückenschaltung derart verschaltet, dass isolierte elektrische Signale bezüglich der interessierenden Kräfte, nämlich Radlast, Längskraft, Seitenkraft und Bremskraft, erhältlich sind.

Die vorliegende Erfindung befasst sich speziell mit einer zweckmässigen örtlichen Applikation und elektrischen Verschaltung der Dehnmessstreifen, um dadurch mit einem reduzierten Rechen- und Kalibrierungsaufwand rascher zu Messergebnissen zu gelangen.

Zu diesem Zweck werden die radial verlaufenden Messstege 17 der Messscheibe 11 zur Ermittlung der Bremskraft BK und der Seitenkraft SK herangezogen und in einer dafür geeigneten Weise mit zweierlei unterschiedlichen Dehnmessstreifen bestückt. Zur isolierten Erfassung der parallel zur

Radebene gerichteten Bremskraft wird die in Umfangersichtung gerichtete Biegebeanspruchung der Messstege ermittelt und demgemäss werden jeweils an den beiden in Umlaufrichtung gegenüberliegenden Flachseiten der Messstege Zug-Druck-Dehnmessstreifen appliziert, die mit ihrer Messempfindlichkeit parallel zu den Seitenkanten ausgerichtet sind. Nachdem Versuche ergeben hatten, dass für die Bremskrftermittlung nicht alle acht Messstege 17 erforderlich sind, sondern dass ein ausreichend konstantes Signal auch mit vier Messstegen erreicht werden kann, wurden nur die Messstege 17₁, 17₃, 17₅ und 17₇ mit entsprechenden Zug-Druck-Dehnmessstreifen E₁, E₃, E₅, E₇, F₁, F₃, F₅ und F₇ bestückt. Die ausgewählten Messstege sind selbstverständlich gleichmässig über den Umfang der Messscheibe 11 verteilt. Zur isolierten Erfassung der quer zur Radebene gerichteten Seitenkraft SK wird die axiale Scherbeanspruchung der Messstege 17, und zwar aller acht Messstege ermittelt. Demgemäss sind jeweils an den beiden in Umlaufrichtung gegenüberliegenden Flachseiten aller Messstege 17 Scherungs-Dehnmessstreifen appliziert, die kreuzweise angeordnet sind und mit ihrer Messempfindlichkeit unter 45° zu den Seitenlinien der Messstege verlaufen. Auf die Applikation und die Art der elektrischen Verschaltung der Dehnmessstreifen soll weiter unten noch näher eingegangen werden.

Von den in der Praxis auftretenden und hier interessierenden Kräften ist die Seitenkraft SK die einzige, die quer zur Radebene gerichtet ist; die drei anderen interessierenden Kräfte sind parallel zur Radebene gerichtet. Diese drei radparallelen Kräfte können als eine Gesamtresultierende über die axialen Stehbolzen 10 ermittelt werden, wobei hier die radiale Verbiegung der axialen Stehbolzen nach Grösse und Richtung ermittelt und als ein Mass für die Gesamtresultierende gewertet wird. Nachdem die axialen Stehbolzen über den gesamten Umfang des Mehrkomponenten-Messscheibenrades hinweg in die Deformationsmessung mit einbezogen werden, bleiben bei einer sinnreichen elektrischen Verschaltung der diesbezüglichen Dehnmessstreifen Einflüsse der Seitenkraft SK unberücksichtigt, weil diese sich in ihrem Einfluss gegenseitig aufheben. Die solcherart ermittelbare Gesamtresultierende aus den radparallel wirkenden Kräften kann auf einfache Weise zerlegt werden zum einen in die Vertikalkomponente, die der Radlast RL entspricht und zum anderen in die Horizontalkomponente, die der – skalaren – Summe aus der gesondert ermittelbaren und somit bekannten Bremskraft BK und der noch unbekannten Längskraft LK entspricht. Von der Horizontalkomponente der Gesamtresultierenden braucht also lediglich die Bremskraft abgezogen zu werden, um die interessierende Längskraft zu erhalten.

Zur Ermittlung der radparallelen Gesamtresultierenden sind alle Stehbolzen 10 in nicht-rotationssymmetrischer Weise jeweils an vier kartesisch gleichliegenden Umfangsbereichen mit Scherungs-Dehnmessstreifen der Typen a, b, c, d, e, f, g und h, also insgesamt mit acht unterschiedlichen Typen für jeweils einen der Stehbolzen bestückt. Die kar-

tesisch gleichliegenden Umfangsbereiche der Stehbolzen sind auf eine ausgesuchte Umfangersstellung 23 des Mehrkomponenten-Messscheibenrades bezogen, wie dies die Fig. 4 deutlich macht. Und zwar erfolgt die Applikation der Scherungs-Dehnmessstreifen der Typen a, b, c, d, e, f, g und h nach der folgenden Vorschrift: bezogen auf die ausgesuchte Umfangersstellung 23 des Mehrkomponenten-Messscheibenrades 2 sind alle Stehbolzen 10 jeweils sowohl auf den beiden sich rechts und links gegenüberliegenden, vertikal stehenden, als auch auf den beiden dazu um 90° versetzten, horizontal liegenden Umfangsflächenbereichen jeweils mit zwei kreuzweise angeordneten und mit ihrer Messempfindlichkeit unter 45° zu den Mantellinien der Stehbolzen verlaufenden Scherungs-Dehnmessstreifen, also insgesamt mit jeweils acht Scherungs-Dehnmessstreifen bestückt. Zwar sind die einzelnen Scherungs-Dehnmessstreifen paarweise baulich zu einem einzigen applizierbaren Messteil integriert und auch die an den vier unterschiedlich liegenden Umfangsbereichen zu applizierenden Dehnmessstreifen sind untereinander baugleich; jedoch ergibt sich die unterschiedliche Typisierung gemäss den Kennbuchstaben a, b, c, d, e, f, g und h nach der folgenden Vorschrift: bei Belastung des in der ausgesuchten Umfangersstellung 23 stehenden Mehrkomponenten-Messscheibenrades 2 durch die vertikal nach oben gerichtete Radlast RL werden sämtliche acht Stehbolzen 10 vertikal nach oben verbogen und demgemäss wird ein links angeordneter, vertikal stehender Scherungs-Dehnmessstreifen vom Typ b in dem Bekleungsplan nach Fig. 5 gestaucht und der kreuzweise dazu angeordnete Scherungs-Dehnmessstreifen a wird gedehnt. Durch die gleiche Belastung wird ein auf der rechten Seite angeordneter, ebenfalls vertikal stehender Scherungs-Dehnmessstreifen d ebenfalls gestaucht und der kreuzweise dazu liegende Scherungs-Dehnmessstreifen c wird gedehnt. Die beiden oben angeordneten, horizontalen Scherungs-Dehnmessstreifen g und h werden durch die Radlast gestaucht und die beiden unteren Scherungs-Dehnmessstreifen vom Typ e und f werden durch die Radlast gedehnt. Zur genaueren Charakterisierung der einzelnen Scherungs-Dehnmessstreifen ist noch auf die Belastung der Stehbolzen des Mehrkomponenten-Messscheibenrades 2 durch die am Rad horizontal nach hinten gerichtete Längskraft LK näher einzugehen. Durch diese Belastung wird ein am Stehbolzen oben angeordneter, horizontal liegender Scherungs-Dehnmessstreifen h gestaucht und der kreuzweise dazu angeordnete obere Scherungs-Dehnmessstreifen g wird gedehnt. In gleicher Weise wird durch die Längskraft ein unten angeordneter, horizontal stehender Scherungs-Dehnmessstreifen e ebenfalls gestaucht und der kreuzweise dazu liegende Scherungs-Dehnmessstreifen f wird gedehnt. Die beiden auf der einen Seite angeordneten, vertikal stehenden Scherungs-Dehnmessstreifen c und d werden durch die Längskraft gestaucht und die beiden gegenüberliegenden Scherungs-Dehnmessstreifen a und b werden gedehnt.

Nachdem die einzelnen Scherungs-Dehnmessstreifen der Stehbolzen 10 in ihrer Beanspru-

chungsart durch die Radlast und durch die Längskraft im einzelnen näher charakterisiert sind, kann auf deren elektrische Verschaltung näher eingegangen werden. Und zwar werden alle insgesamt 64 Scherungs-Dehnmessstreifen der Typen a, b, c, d, f, g und h in den vier Messbrücken-
 5 zweigen I, II, III und IV nach Fig. 6 verschaltet. Danach sind alle in der ausgesuchten Umfangsstellung 23 linksseitig am Stehbolzen 10 angebrachten, zugbeanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen vom Typ a im ersten Messbrücken-
 10 zweig I in Serie geschaltet. Die in der ausgesuchten Umfangsstellung 23 ebenfalls linksseitig am Stehbolzen 10 angebrachten, jedoch druckbeanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen vom Typ b werden in einem zweiten Messbrücken-
 15 zweig II in Serie geschaltet. Alle rechtsseitig am Stehbolzen 10 angebrachten, zugbeanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen vom Typ c werden im dritten Messbrücken-
 20 zweig III in Serie geschaltet und alle rechtsseitig am Stehbolzen 10 angebrachten druckbeanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen vom Typ d werden im vierten Messbrücken-
 25 zweig IV in Serie geschaltet. Hierbei ist darauf zu achten, dass die zugbeanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen vom Typ a und vom Typ c der linken bzw. der rechten Seite in der Messbrücken-
 30 schaltung einander diametral gegenüberliegend angeordnet sind. Weiterhin ist zu beachten, dass die druckbeanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen vom Typ b und vom Typ d der linken bzw. der rechten Seite in der Messbrückenschaltung eben-
 35 falls einander diametral gegenüberliegend angeordnet sind und jeweils zwischen den Messbrücken-
 40 zweigen der zugbeanspruchten Dehnmessstreifen liegen.

Bisher wurde noch nichts über die elektrische Verschaltung der in der ausgesuchten Umfangsstellung 23 horizontal stehenden, durch die Längskraft LK beanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen der Typen e, f, g und h ausgesagt. Auch diese, horizontal liegenden Scherungs-Dehnmessstreifen sind ganz ähnlich elektrisch verschaltet wie die vertikal
 45 stehenden Scherungs-Dehnmessstreifen. Und zwar sind alle unterseitig am Stehbolzen 10 angebrachten, zugbeanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen vom Typ f untereinander in Serie geschaltet und insgesamt zum ersten Messbrücken-
 50 zweig I parallel geschaltet, wobei diese Parallelschaltung in einer besonderen weiter unten näher erläuterten Weise zu verstehen ist. Im Prinzip handelt es sich um eine gesonderte Messbrückenschaltung mit den Dehnmessstreifen e bis h, wobei jedoch die von diesen Dehnmessstreifen gebildeten Messbrücken-
 55 zweige in einer definierten Relativlage untereinander und im Vergleich zu den durch die Dehnmessstreifen a bis d gebildeten Messbrücken-
 60 zweigen liegen müssen. Dieser Umstand sei hier vorläufig und knapp wenn auch nicht ganz korrekt mit «parallelgeschaltet» bezeichnet. Die anderen unterseitig an den Stehbolzen angebrachten, jedoch druckbeanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen vom Typ e sind untereinander ebenfalls in Serie geschaltet und insgesamt zum zweiten Messbrücken-
 65 zweig II in der erwähnten Weise parallel geschaltet. Weiterhin sind alle oberseitig an den Stehbolzen angebrachten,

zugbeanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen vom Typ g wiederum untereinander in Serie geschaltet und insgesamt zum dritten Messbrücken-
 5 zweig III parallel geschaltet. Und schliesslich sind auch noch die verbleibenden oberseitig an den Stehbolzen angebrachten, druckbeanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen vom Typ h untereinander seriell geschaltet und insgesamt zu dem vier-
 10 ten Messbrücken-
 15 zweig IV parallel geschaltet. Hierbei sind jedoch noch gewisse Umfangslagen der Scherungs-Dehnmessstreifen innerhalb des Messrades zum einen und innerhalb der Messbrücken-
 20 schaltung zu anderen zu beachten. Und zwar müssen zum einen die oberen und die unteren zugbeanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen der Typen f und g im ersten bzw. dritten Messbrücken-
 25 zweig I bzw. III einander diametral gegenüberliegend angeordnet sein; zum anderen müssen die oberen und die unteren druckbeanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen der Typen e und h im
 30 zweiten bzw. vierten Messbrücken-
 35 zweig II bzw. IV ebenfalls einander diametral gegenüberliegend angeordnet sein. Das oben mehrfach erwähnte Parallelschalten von Dehnmessstreifen-Reihen in den
 40 Messbrücken-
 45 zweigen ist – wie gesagt – hier nicht im strengen Wortsinne als eine Parallelschaltung sondern nur als eine teilweise Parallelschaltung zu verstehen. Und zwar ist das Parallelschalten der Dehnmessstreifen-Reihen so gemeint, dass die parallel zu schaltenden Dehnmessstreifen-Reihen a und f oder b und e usw. lediglich hinsichtlich der
 50 Primärspannungsversorgung der einzelnen Messbrücken-
 55 zweige parallel liegen, dass hingegen die Messsignale an den anderen Enden der Dehnmessstreifen-Reihen jeweils gesondert in zwei unterschiedlichen Kanälen abgenommen und weiter
 60 verarbeitet sind. Und zwar enthält das eine Messsignal die auf die ausgesuchte Umfangsstellung 23 des Mehrkomponenten-Messscheibenrades 2 bezogene Sinuskomponente, wogegen das andere
 65 Messsignal deren Kosinuskomponente darstellt. In Verbindung mit dem Drehlagegeber 21 des Mehrkomponenten-Messscheibenrades kann aus diesen beiden Komponenten laufend Betrag und Richtung der Gesamtergebnisse ermittelt und aus diesen Grössen wiederum laufend und ohne grossen apparativen und rechnerischen Aufwand die Horizontal-
 70 komponente und die Vertikalkomponente ermittelt werden.

Zur gesonderten Ermittlung der Bremskraft werden von den radial verlaufenden Messstegen 17 vier gleichmässig über den Umfang der Messscheibe 11 verteilt angeordnete Messstege 17₁, 17₃, 17₅ und 17₇ sowohl auf der in Umlaufrichtung vorauslaufenden, in Fig. 7b dargestellten als auch auf der in Umlaufrichtung nachlaufenden Flachseite gemäss Fig. 7a Zug/Druck-Dehnmessstreifen appliziert, die mit ihrer Messempfindlichkeit parallel zu den Seitenlinien der Messstege ausgerichtet sind. Und zwar werden diese Dehnmessstreifen an der radialen Position der höchsten Biegebeanspruchung, die nicht in der Stegmitte liegt, angebracht. Bei der in den Figuren dargestellten Anordnung der Dehnmessstreifen E_i und F_i sind diese radial ausserhalb von der Stegmitte angebracht, so dass die auf der

vorauslaufenden Flachseite angebrachten Dehnmessstreifen F_i gedehnt und die auf der nachlaufenden Flachseite angebrachten Dehnmessstreifen E_i gestaucht werden. Zwar werden die Messstege 17 nicht nur durch die Bremskraft, sondern auch durch die Radialkraft und durch die Längskraft auf Biegung beansprucht, jedoch können bei sinnreicher elektrischer Verschaltung der Dehnmessstreifen E_i und F_i die Einflüsse der Längskraft und der Radlast eliminiert werden. Und zwar sind bei der elektrischen Verschaltung der seitenparallel applizierten Dehnmessstreifen E_i und F_i alle unter der Wirkung der Bremskraft BK zugbeanspruchten Dehnmessstreifen E_i ihrer Anzahl nach gleichmässig aus zwei diametral gegenüberliegenden Messbrücken Zweige XXI, XXIII, im folgenden Zug-Messbrücken Zweige genannt, verteilt; ferner sind alle bei Auftreten einer Bremskraft druckbeanspruchten Dehnmessstreifen F_i ihrer Anzahl nach gleichmässig auf die beiden übrigen, zwischen den Zug-Messbrücken Zweigen liegenden Druck-Messbrücken Zweigen XXII und XXIV verteilt. Bei der Verteilung der Dehnmessstreifen auf die beiden Zug-Messbrücken Zweige bzw. auf die beiden Druck-Messbrücken Zweige ist jedoch zu beachten, dass jeweils zwei in der Messscheibe 11 benachbart liegende Dehnmessstreifen E_1 und E_3 bzw. F_1 und F_3 bzw. E_5 und E_7 bzw. F_5 und F_7 jeweils im gleichen Messbrücken Zweig angeordnet sind. Ferner ist bei der Verteilung der Dehnmessstreifen auf die einzelnen Messbrücken Zweige zu beachten, dass jeweils die Dehnmessstreifen E_1 , E_3 , F_1 und F_3 des einen Halbbogens der Messscheibe 11 in zwei benachbarten Messbrücken Zweigen XXI und XXII zu liegen kommen und dass die Dehnmessstreifen E_5 , E_7 , F_5 und F_7 des anderen Halbbogens der Messscheibe 11 in den beiden gegenüberliegenden benachbarten Messbrücken Zweigen XXIII und XXIV zu liegen kommen. Durch eine solche elektrische Verschaltung können die nicht interessierenden Kraftanteile bei der Messung der Bremskraft eliminiert und es kann nur diese angezeigt werden.

In Anspruch 5 ist noch eine andere Möglichkeit zur elektrischen Verschaltung der seitenparallel applizierten Dehnmessstreifen für die Ermittlung der Bremskraft angegeben, auf die hier jedoch nicht näher eingegangen werden soll.

Eine Scherbeanspruchung der Messstege 17 auf ihren achsparallel ausgerichteten Flachseiten, die in den Fig. 7a und 7b dargestellt sind, tritt in reiner Form nur durch die Seitenkraft SK auf, jedoch werden die dort applizierten Scherungs-Dehnmessstreifen A, B, C und D auch durch radparallel wirksame Kräfte wie Radlast, Bremskraft und Längskraft verformt. Um diese Kräfte messtechnisch bei der Seitenkraftmessung eliminieren zu können, müssen relativ viele Scherungs-Dehnmessstreifen appliziert und diese ebenfalls in sinnreicher Weise in einer Messbrückenschaltung elektrisch verschaltet werden. Zunächst soll auf die örtliche Applikation der Scherungs-Dehnmessstreifen A, B, C und D und deren Beanspruchungsart durch die Seitenkraft näher eingegangen werden. Alle Messstege 17 sind sowohl auf der in Umlaufrichtung vorauslaufenden Flachseite gemäss Fig. 7b als auch auf der in Um-

laufrichtung nachlaufenden Flachseite – Fig. 7a – jeweils mit zwei, insgesamt also mit jeweils vier Scherungs-Dehnmessstreifen vom Typ A, B, C und D bestückt. Bei Belastung des Mehrkomponenten-Messscheibenrades 2 durch eine zur Fahrzeugmitte hin gerichtete Seitenkraft SK wird von diesen Dehnmessstreifen einer auf jeder vorauslaufenden Flachseite gestaucht, und zwar der Scherungs-Dehnmessstreifen B, und der jeweils andere der gleichen Flachseite wird gedehnt, nämlich der Scherungs-Dehnmessstreifen D. In gleicher Weise wird auch jeweils der Scherungs-Dehnmessstreifen vom Typ A einer jeden nachlaufenden Flachseite gestaucht und der andere Scherungs-Dehnmessstreifen C der gleichen Flachseite wird gedehnt. Bei der elektrischen Verschaltung dieser vier unterschiedlichen Typen von Scherungs-Dehnmessstreifen ist jeweils ein Typ in je einem anderen Messbrücken Zweig der in Fig. 8 dargestellten Messbrückenschaltung angeordnet. Und zwar sind alle vorauslaufenden, zugbeanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen D in einem ersten Messbrücken Zweig XI in Serie geschaltet, alle vorauslaufenden, druckbeanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen B in einem zweiten Messbrücken Zweig XII in Serie geschaltet, alle nachlaufenden, zugbeanspruchten Streifen vom Typ C in einem dritten Messbrücken Zweig und alle nachlaufenden, druckbeanspruchten Streifen A in einem vierten Messbrücken Zweig XIV in Serie geschaltet. Bei der Anordnung dieser vier unterschiedlichen Messbrücken Zweige innerhalb einer vollständigen Messbrückenschaltung ist noch zu beachten, dass die bei der angegebenen Belastung zugbeanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen der vorauslaufenden Flachseiten, nämlich die Dehnmessstreifen D des Messbrücken Zweiges XI dem Messbrücken Zweig XIII diametral gegenüberliegend angeordnet sind, der die ebenfalls zugbeanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen C der nachlaufenden Flachseiten enthält. Ferner ist bei der elektrischen Verschaltung auch noch darauf zu achten, dass die druckbeanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen vom Typ B der vorauslaufenden bzw. in die Streifen des Typs A der nachlaufenden Flachseite des zweiten bzw. vierten Messbrücken Zweiges XII bzw. XIV ebenfalls in der Messbrückenschaltung einander diametral gegenüberliegend angeordnet sind. Bei dieser Anordnung der insgesamt 32 Scherungs-Dehnmessstreifen in einer Messbrückenschaltung heben sich die Einflüsse der radparallelen Kräfte jeweils gerade messtechnisch auf, so dass nur noch die Einflüsse der Seitenkraft messtechnisch erfasst werden können.

Praktische Erfahrung der Anmelderin mit dem erfindungsgemäss ausgebildeten Mehrkomponenten-Messscheibenrad haben gezeigt, dass gute Messungen mit einem sehr geringen Rechen- und Kalibrierungsaufwand möglich sind. Die Resonanz in der Fachwelt über dieses Mehrkomponenten-Messscheibenrad ist sehr günstig.

Patentansprüche

1. Mehrkomponenten-Messscheibenrad für Fahrzeuge, mit einem den Fahrzeugreifen tragenden Fel-

genring und einem darin anstelle einer üblichen Radscheibe befestigten Winkelring mit einem achsenkrechten Hilfsflansch, der axial etwa auf der Position des fahrzeugabgewandten Felgenhornes des Felgenringes liegt und dessen Innenrand einen grösseren Durchmesser als ein Hüllkreis um die Radbefestigungsschrauben aufweist, mit einer über mehrere achsparallele, im Querschnitt kreisrunde Stehbolzen im Abstand zum Hilfsflansch auf der fahrzeugabgewandten Seite des Mehrkomponenten-Messscheibenrades gehaltenen ringförmigen Messscheibe, deren Innenrand einen kleineren Durchmesser als der Innenrand des Hilfsflansches aber ebenfalls einen grösseren Durchmesser als der Hüllkreis um die Radbefestigungsschrauben aufweist, wobei die Stehbolzen – abgesehen von fertigungsbedingten Toleranzen – untereinander gleich ausgebildet und sowohl in der Messscheibe als auch in dem Hilfsflansch verwindungssteif befestigt und zusätzlich formschlüssig gegen Verdrehen gesichert, ferner axial ausgerichtet und gleichmässig auf einem gemeinsamen Teilkreis angeordnet sind und als Messquerschnitte dienen und hierzu mit Dehnmessstreifen bestückt sind, wobei ferner die Messscheibe eine restlos durch vier teilbare Anzahl von radial verlaufenden, speichenartigen Messstegen aufweist, die sich zwischen einem in Umfangsrichtung geschlossenen Aussenkranz und einem geschlossenen Innenkranz erstrecken, die ferner – abgesehen von fertigungsbedingten Toleranzen – untereinander gleich ausgebildet und ebenfalls mit Dehnmessstreifen bestückt sind, in welchem Mehrkomponenten-Messscheibenrad ferner ein axial mit dem Innenrand der Messscheibe verschraubter, topfförmiger Radadapter vorgesehen ist, der den Axialabstand zwischen Messscheibe und axialer Normalposition des Anschraubflansches der Radscheibe eines dem normalen Fahrbetrieb des Fahrzeuges dienenden, d.h. üblichen Fahrzeugrades ausgleicht und im Anschraubbereich mit dem Anschraubflansch einer üblichen Fahrzeugrad-Radscheibe übereinstimmt, in welchem Mehrkomponenten-Messscheibenrad ferner eine Signalübermittlungseinrichtung zur Übermittlung der Messsignale von drehend auf feststehend sowie ein Drehlagegeber für das Mehrkomponenten-Messscheibenrad vorgesehen ist, welche Signalübermittlungseinrichtung zumindest teilweise im Innern des topfförmigen Radadapters oder an ihm angeordnet und im oder am Radadapter drehbar gelagert ist, wobei der feststehende Teil der Signalübermittlungseinrichtung und des Drehlagegebers mittels eines die Einfederungs- und/oder Lenkbewegungen des Mehrkomponenten-Messscheibenrades ausgleichenden Gestänges in Drehrichtung des Mehrkomponenten-Messscheibenrades lagedefiniert an der Fahrzeugkarosserie festgelegt ist, in welchem Mehrkomponenten-Messscheibenrad schliesslich die auf den axialen Stehbolzen und den radialen Messstegen angebrachten Dehnmessstreifen darauf jeweils örtlich sowie hinsichtlich ihrer Ausrichtung derart appliziert und in zugehörigen elektrischen Messbrückenschaltungen derart verschaltet sind, dass isolierte elektrische Signale bezüglich der folgenden Komponenten erhältlich sind, nämlich bezüglich der vertikal gerichteten und radial durch die Radmitte

verlaufenden Radlast, der horizontal gerichteten und ebenfalls radial durch die Radmitte verlaufenden Längskraft, der quer zur Radebene gerichteten, exzentrisch, an der Radaufstandsfläche angreifenden Seitenkraft und der parallel zur Abrollrichtung des Fahrzeugrades gerichteten, exzentrisch, d.h. tangential an der Radaufstandsfläche angreifenden Bremskraft, gekennzeichnet durch die Gemeinsamkeit der folgenden Merkmale: die radial verlaufenden Messstege (17) der Messscheibe (11) sind zur Ermittlung der exzentrisch an der Radaufstandsfläche des Mehrkomponenten-Messscheibenrades (2) angreifenden Bremskraft (BK) und der Seitenkraft (SK) herangezogen und zu diesem Zweck und zur jeweils isolierten messtechnischen Erfassung dieser Grössen auf zweierlei unterschiedliche Weise mit Dehnmessstreifen (Typen A, B, C, D auf jedem der Messstege und E₁, E₃, E₅, E₇, F₁, F₃, F₅, F₇) bestückt wobei zur isolierten Erfassung der parallel zur Radebene gerichteten Bremskraft (BK) die in Umfangsrichtung der Messscheibe (11) gerichtete Biegebeanspruchung der Messstege (17₁, 17₃, 17₅, 17₇) ermittelt wird und demgemäss jeweils an beiden in Umlaufrichtung gegenüberliegenden Flachseiten wenigstens eines Teiles der Messstege (17₁, 17₃, 17₅, 17₇) an der radialen Position grösster Biegebeanspruchung Dehnmessstreifen (E₁, E₃, E₅, E₇, F₁, F₃, F₅, F₇) appliziert sind, die mit ihrer Messempfindlichkeit parallel zu den Seitenkanten ausgerichtet sind, wobei die hierzu ausgewählten Messstege (17₁, 17₃, 17₅, 17₇) gleichmässig über den Umfang der Messscheibe (11) verteilt sind und wobei zur isolierten Erfassung der quer zur Radebene gerichteten Seitenkraft (SK) die axiale Scherbeanspruchung der Messstege (17) ermittelt wird und demgemäss jeweils an den beiden in Umlaufrichtung gegenüberliegenden Flachseiten aller Messstege (17) Scherungs-Dehnmessstreifen (Typen A, B, C, D) appliziert sind, die kreuzweise angeordnet sind und mit ihrer Messempfindlichkeit unter 45° zu den Seitenlinien verlaufen, die axialen Stehbolzen (10) sind zur Ermittlung einer Gesamtergebnisierenden aus den parallel zur Radebene gerichteten Komponenten, nämlich der vertikalen Radlast (RL), der horizontalen Längskraft (LK) und der Bremskraft (BK) herangezogen, wobei die Gesamtergebnisierende in ihre vertikale, der Radlast (RL) entsprechende Komponente und in ihre horizontale, betragsmässig der Summe aus Längskraft (LK) und – bekannter – Bremskraft (BK) entsprechende Komponente zerlegbar ist und somit die Radlast (RL) und die Längskraft (LK) ermittelbar sind und wobei zur messtechnischen Elimination des Einflusses der Seitenkraft (SK) und des Drehmomenteneinflusses der Bremskraft (BK) alle Stehbolzen (10) in nicht-rotationssymmetrischer Weise jeweils an vier – bezogen auf eine ausgesuchte und über den Drehlagegeber (21) laufend detektierbare Umfangsstellung (23) des Mehrkomponenten-Messscheibenrades (2) – kartesisch gleichliegenden Umfangsbereichen mit Scherungs-Dehnmessstreifen (Typen A bis H für alle Stehbolzen) bestückt sind, über die die genannte Gesamtergebnisierende nach Grösse und – bezogen auf die ausgesuchte Umfangsstellung (23) – der Radialrichtung nach ermittelbar ist.

2. Mehrkomponenten-Messscheibenrad nach An-

2. Mehrkomponenten-Messscheibenrad nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Applikation von Scherungs-Dehnmessstreifen (Typen a bis h) auf den Stehbolzen (10) gemäss Merkmal a und durch eine elektrische Verschaltung dieser Dehnmessstreifen gemäss Merkmalsgruppe b₁ und b₂:

a: bezogen auf die ausgesuchte Umfangsstellung (23) des Mehrkomponenten-Messscheibenrades (2) sind alle Stehbolzen (10) jeweils sowohl auf den beiden sich gegenüberliegenden, vertikal stehenden als auch auf den beiden dazu um 90° versetzten, horizontal liegenden Umfangsflächenbereichen der Stehbolzen (10) jeweils mit zwei kreuzweise angeordneten und mit ihrer Messempfindlichkeit unter 45° zu den Mantellinien verlaufenden, insgesamt also mit jeweils acht Scherungs-Dehnmessstreifen (Typen a bis h) bestückt, wovon bei Belastung des in der ausgesuchten Umfangsstellung (23) stehenden Mehrkomponenten-Messscheibenrades (2) durch die vertikal nach oben gerichtete Radlast (RL) an jedem Stehbolzen (10) jeweils ein links angeordneter, vertikal stehender Scherungs-Dehnmessstreifen (b) gestaucht und einer (a) gedehnt wird, ein rechts angeordneter, vertikal stehender Scherungs-Dehnmessstreifen (d) gestaucht und einer (c) gedehnt wird, die beiden oben angeordneten horizontalen Scherungs-Dehnmessstreifen (g und h) gestaucht und die beiden unteren (e und f) gedehnt werden und wovon bei Belastung des in der ausgesuchten Umfangsstellung (23) stehenden Mehrkomponenten-Messscheibenrades (2) durch eine horizontal nach hinten gerichtete Längskraft (LK) an jedem Stehbolzen (10) ein oben angeordneter, horizontal stehender Scherungs-Dehnmessstreifen (h) gestaucht und einer (g) gedehnt wird, ein unten angeordneter, horizontal stehender Scherungs-Dehnmessstreifen (e) gestaucht und einer (f) gedehnt wird und die beiden auf der einen Seite angeordneten, vertikal stehenden Scherungs-Dehnmessstreifen (c und d) gestaucht und die beiden gegenüberliegenden (a und b) gedehnt werden,

b₁: von den in der ausgesuchten Umfangsstellung (23) vertikal stehenden, durch die genannte Radlast (RL) beanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen (Typen a, b, c und d) sind alle linksseitig am Stehbolzen (10) angebrachten, zugbeanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen (Typ a) der Stehbolzen (10) in einem ersten Messbrücken-zweig (I) in Serie geschaltet, alle linksseitig am Stehbolzen (10) angebrachten, druckbeanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen (Typ b) der Stehbolzen (10) in einem zweiten Messbrücken-zweig (II) in Serie geschaltet, alle rechtsseitig am Stehbolzen (10) angebrachten, zugbeanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen (Typ c) der Stehbolzen (10) in einem dritten Messbrücken-zweig (III) in Serie geschaltet, alle rechtsseitig am Stehbolzen (10) angebrachten, druckbeanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen (Typ d) der Stehbolzen (10) in einem vierten Messbrücken-zweig (IV) in Serie geschaltet, wobei zum einen die zugbeanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen (Typen a und c) der linken bzw. der rechten Seite in der Messbrückenschaltung einander diametral gegenüberliegend in einem ersten und einem dritten Messbrücken-zweig (I und III) angeordnet sind

und wobei zum anderen die druckbeanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen (Typen b und d) der linken bzw. der rechten Seite in der Messbrückenschaltung einander ebenfalls diametral gegenüberliegend in einem zweiten und einem vierten Messbrücken-zweig (II und IV) angeordnet sind und

b₂: von den in der ausgesuchten Umfangsstellung (23) horizontal stehenden, durch die genannte Längskraft (LK) beanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen (Typen e, f, g und h) sind alle unterseitig am Stehbolzen (10) angebrachten, zugbeanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen (Typ f) der Stehbolzen (10) untereinander in Serie geschaltet und insgesamt zum ersten Messbrücken-zweig (I) parallelgeschaltet, alle unterseitig am Stehbolzen (10) angebrachten, druckbeanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen (Typ e) der Stehbolzen (10) untereinander in Serie geschaltet und insgesamt zum zweiten Messbrücken-zweig (II) parallelgeschaltet, alle oberseitig am Stehbolzen (10) angebrachten, zugbeanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen (Typ g) der Stehbolzen (10) untereinander in Serie geschaltet und insgesamt zum dritten Messbrücken-zweig (III) parallelgeschaltet, alle oberseitig am Stehbolzen (10) angebrachten, druckbeanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen (Typ h) der Stehbolzen (10) untereinander in Serie geschaltet und insgesamt zum vierten Messbrücken-zweig (IV) parallelgeschaltet, wobei zum einen die oberen und die unteren zugbeanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen (Typen f und g) im ersten bzw. dritten Messbrücken-zweig (I bzw. III) der Messbrückenschaltung einander diametral gegenüberliegend angeordnet sind und hierbei zum anderen die oberen und die unteren druckbeanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen (Typen e und h) im zweiten bzw. vierten Messbrücken-zweig (II bzw. IV) der Messbrückenschaltung einander ebenfalls diametral gegenüberliegend angeordnet sind und wobei ferner das erwähnte Parallelschalten von DMS-Reihen in den Messbrücken-zweigen (I, II, III, IV) hier so zu verstehen ist, dass die parallelzuschaltenden DMS-Reihen (a und f; b und e; c und g; d und h) lediglich hinsichtlich der Primärspannungsversorgung der einzelnen Messbrücken-zweige (I und IV bzw. II und III) parallel liegen, dass hingegen die Messsignale an den anderen Enden der DMS-Reihen jeweils für die in der ausgesuchten Umfangsstellung vertikal stehenden Scherungs-Dehnmessstreifen (Typen a, b, c und d) zum einen bzw. für die horizontal liegenden Scherungs-Dehnmessstreifen (Typen e, f, g und h) zum anderen gesondert abgenommenen und in zwei separaten Kanälen weiterverarbeitet sind, wovon das eine Messsignal die auf die ausgesuchte Umfangsstellung (23) des Mehrkomponenten-Messscheibenrades (2) bezogene Sinuskomponente der radparallelen Gesamtergebnisierenden und das andere Messsignal deren Cosinuskomponente darstellt.

3. Mehrkomponenten-Messscheibenrad nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass alle radial verlaufenden Messstege (17₁ bis 17₇) sowohl auf der in Umlaufrichtung vorauslaufenden als auch auf der in Umlaufrichtung nachlaufenden Flachseite jeweils mit zwei, insgesamt also jeweils mit vier

Scherungs-Dehnmessstreifen (A, B, C, D) bestückt sind, wovon bei Belastung des Mehrkomponenten-Messscheibenrades (2) durch eine zur Fahrzeugmitte hin gerichtete Seitenkraft (SK) jeweils einer der Scherungs-Dehnmessstreifen (Typ B) einer jeden vorauslaufenden Flachseite (Fig. 7b) gestaucht und der andere (Typ D) gedehnt wird und einer der Scherungs-Dehnmessstreifen (Typ A) einer jeder nachlaufenden Flachseite (Fig. 7a) gestaucht und der andere (Typ C) gedehnt wird, dabei sind von den an den radialverlaufenden Messstegen (17₁ bis 17₇) applizierten Scherungs-Dehnmessstreifen (A, B, C, D) alle vorauslaufend an den Messstegen (17₁ bis 17₇) angebrachten, zugbeanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen (Typ D) in einem ersten Messbrücken-zweig (XI) in Serie geschaltet, alle vorauslaufend an den Messstegen (17₁ bis 17₇) angebrachten, druckbeanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen (Typ B) in einem zweiten Messbrücken-zweig (XII) in Serie geschaltet, alle nachlaufend an den Messstegen (17₁ bis 17₇) angebrachten, zugbeanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen (Typ C) in einem dritten Messbrücken-zweig (XIII) in Serie geschaltet, alle nachlaufend an den Messstegen (17₁ bis 17₇) angebrachten, druckbeanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen (Typ A) in einem vierten Messbrücken-zweig (XIV) in Serie geschaltet, wobei zum einen die zugbeanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen (Typ D) der vorauslaufenden bzw. die (Typ C) der nachlaufenden Flachseite der Messstege (17₁ bis 17₇) im ersten und dritten Messbrücken-zweig (XI und XIII) in der Messbrückenschaltung einander diametral gegenüberliegend angeordnet sind und wobei zum anderen die druckbeanspruchten Scherungs-Dehnmessstreifen (Typ B) der vorauslaufenden bzw. die (Typ A) der nachlaufenden Flachseite der Messstege (17₁ bis 17₇) im zweiten und vierten Messbrücken-zweig (XII und XIV) in der Messbrückenschaltung einander ebenfalls diametral gegenüberliegend angeordnet sind.

4. Mehrkomponenten-Messscheibenrad nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass von den radial verlaufenden Messstegen (17; bis 17₈) vier gleichmässig über den Umfang der Messscheibe (11) verteilt angeordnete Messstege (17₁, 17₃, 17₅, 17₇) sowohl auf der in Umlaufrichtung vorauslaufenden (Fig. 7b) als auch auf der in Umlaufrichtung nachlaufenden Flachseite (Fig. 7a) an der bei Drehmomentbeanspruchung des Innen- (13) gegenüber dem Aussenkranz (12) der Messscheibe (11) auf Biegung höchstbeanspruchten Radialposition der Messstege (17₁, 17₃, 17₅, 17₇) jeweils mit einem mit der Messempfindlichkeit parallel zu den Seitenlinien der Messstege (17₁, 17₃, 17₅, 17₇) verlaufenden Dehnmessstreifen (E₁, E₃, E₅, E₇, F₁, F₃, F₅, F₇) bestückt sind, wovon bei Belastung des Mehrkomponenten-Messscheibenrades (2) durch die Bremskraft (BK) die Dehnmessstreifen (F₁, F₃, F₅, F₇) der in die eine Umfangsstellung weisenden Flachseiten gestaucht und die (E₁, E₃, E₅, E₇) der anderen Flachseiten gedehnt werden, wobei zur elektrischen Verschaltung von den seitenparallel angeordneten Dehnmessstreifen (E₁, E₃, E₅, E₇, F₁, F₃, F₅, F₇) alle unter der Wirkung der genannten

Bremskraft (BK) zugbeanspruchten Dehnmessstreifen (E_1, E_3, E_5, E_7) ihrer Anzahl nach gleichmässig auf zwei diametral gegenüberliegende Messbrückenarme – nachfolgend Zug-Messbrückenarme (XXI und XXIII) genannt – verteilt sind und alle unter der Wirkung der genannten Bremskraft (BK) druckbeanspruchten Dehnmessstreifen (F_1, F_3, F_5, F_7) ihrer Anzahl nach gleichmässig auf die beiden übrigen, zwischen den Zug-Messbrückenarmen (XXI und XXIII) liegenden Messbrückenarme – nachfolgend Druck-Messbrückenarm (XXII und XXIV) genannt – verteilt sind, wobei die Verteilung der zugbeanspruchten Dehnmessstreifen (E_1, E_3, E_5, E_7) auf den einen oder den anderen der beiden Zug-Messbrückenarme (XXI und XXIII) und die Verteilung der druckbeanspruchten Dehnmessstreifen (F_1, F_3, F_5, F_7) auf den einen oder den anderen der beiden Druck-Messbrückenarme (XXII bzw. XXIV) zum einen derart erfolgt, dass jeweils zwei in der Messscheibe (11) benachbart liegende Dehnmessstreifen (E_1, E_3 bzw. F_1, F_3 bzw. E_5, E_7 bzw. F_5, F_7) im gleichen Messbrückenarm (XXI bzw. XXII bzw. XXIII bzw. XXIV) angeordnet sind und wobei die Verteilung aller zugbeanspruchten (E_1, E_3, E_5, E_7) und aller druckbeanspruchten Dehnmessstreifen (F_1, F_3, F_5, F_7) auf die vier Messbrückenarme (XXI bis XXIV) zum anderen derart erfolgt, dass jeweils die Dehnmessstreifen (E_1, E_3, F_1, F_3) des einen Halbbogens der Messscheibe (11) in zwei benachbarten Messbrückenarmen (XXI und XXII) und die Dehnmessstreifen (E_5, E_7, F_5, F_7) des anderen Halbbogens der Messscheibe (11) in den beiden anderen Messbrückenarmen (XXIII und XXIV) liegen.

5. Mehrkomponenten-Messscheibenrad nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Teil der radial verlaufenden Messsstege, nämlich eine durch vier teilbare Anzahl von ihnen – wobei die ausgesuchten Messstege gleichmässig über den Umfang der Messscheibe verteilt angeordnet sind – sowohl auf der in Umlaufrichtung vorauslaufenden als auch auf der in Umlaufrichtung nachlaufenden Flachseite an der bei Drehmomentbeanspruchung des Innen- gegenüber dem Aussenkranzes der Messscheibe auf Biegung höchstbeanspruchten Radialposition der Messstege jeweils mit einem mit der Messempfindlichkeit parallel zu den Seitenlinien der Messstege verlaufenden Dehnmessstreifen bestückt ist, wovon bei Belastung des Mehrkomponenten-Messscheibenrades durch eine Bremskraft jeweils der Dehnmessstreifen einer jeden vorauslaufenden Flachseite gestaucht und der andere gedehnt wird, wobei zur elektrischen Verschaltung von den seitenparallel applizierten Dehnmessstreifen alle unter der Wirkung der genannten Bremskraft zugbeanspruchten Dehnmessstreifen ihrer Anzahl nach gleichmässig auf zwei diametral gegenüberliegende Messbrückenarme – nachfolgend Zug-Messbrückenarme genannt – verteilt sind und alle unter der Wirkung der genannten Bremskraft druckbeanspruchten Dehnmessstreifen ihrer Anzahl nach gleichmässig auf die beiden übrigen, zwischen den Zug-Messbrückenarmen liegenden Messbrückenarme – nachfolgend Druck-Messbrückenarm genannt – verteilt sind, wobei

die Verteilung der zugbeanspruchten Dehnmessstreifen auf den einen oder den anderen der beiden Zug-Messbrückenarme derart erfolgt, dass zwar stets zwei in der Messscheibe diametral gegenüberliegende Dehnmessstreifen im gleichen Messbrückenarm angeordnet sind, dass aber zugleich die zugbeanspruchten Dehnmessstreifen eines jeden Zug-Messbrückenarmes gleichmässig am Umfang der Messscheibe verteilt sind und wobei die Verteilung der druckbeanspruchten Dehnmessstreifen auf den einen oder den anderen der beiden Druck-Messbrückenarme in gleicher Weise derart erfolgt, dass zwar stets zwei in der Messscheibe diametral gegenüberliegende Dehnmessstreifen im gleichen Messbrückenarm angeordnet sind, dass aber zugleich die druckbeanspruchten Dehnmessstreifen eines jeden Druck-Messbrückenarmes gleichmässig am Umfang der Messscheibe verteilt sind.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

11

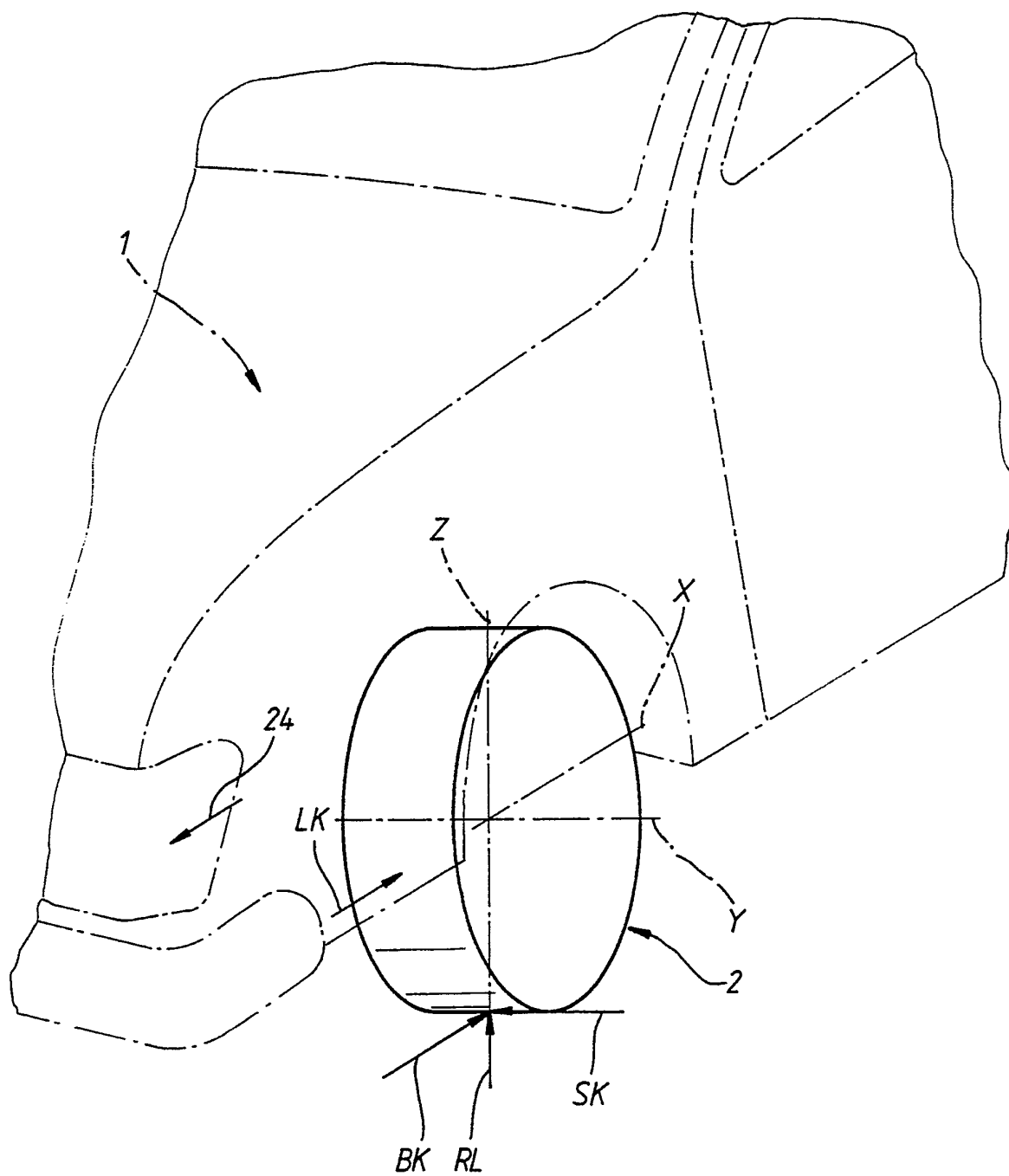
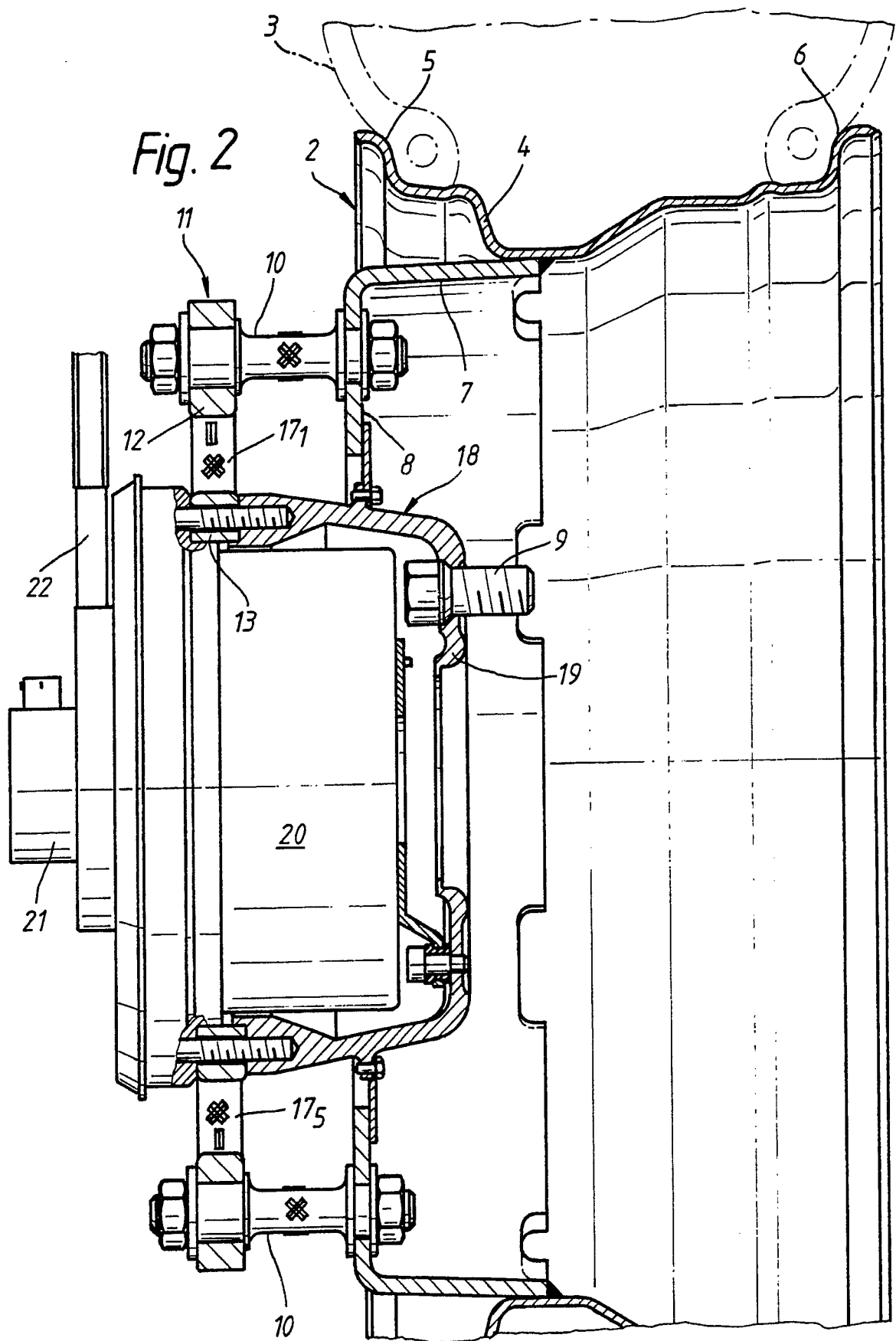


Fig.1



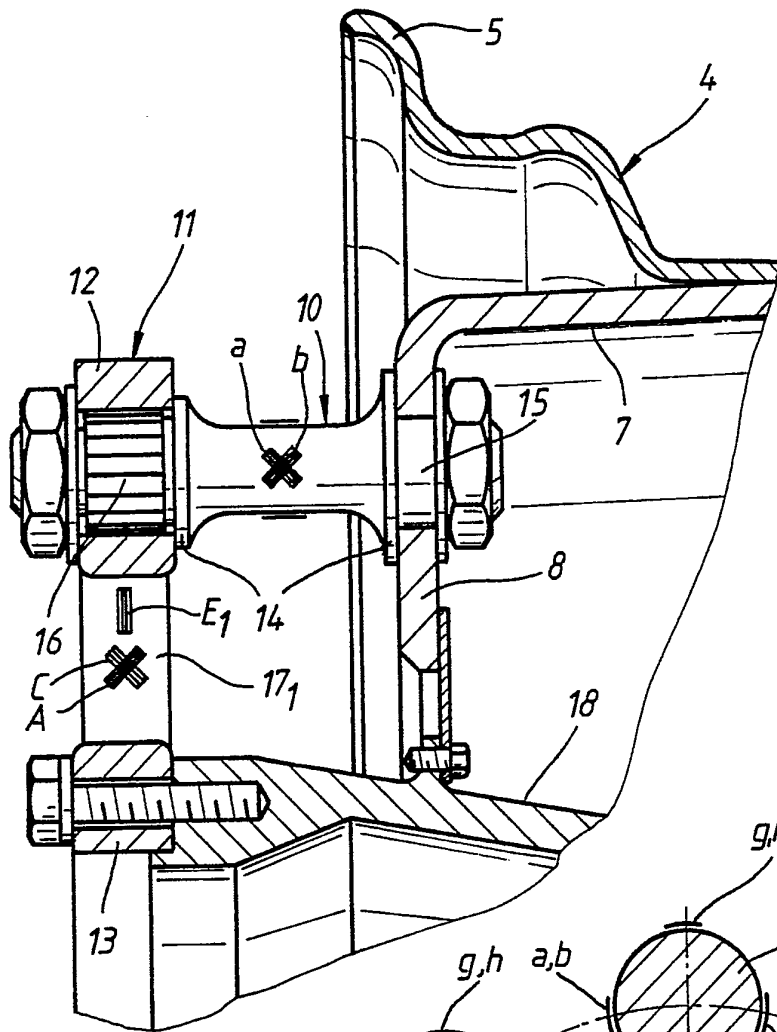


Fig. 3

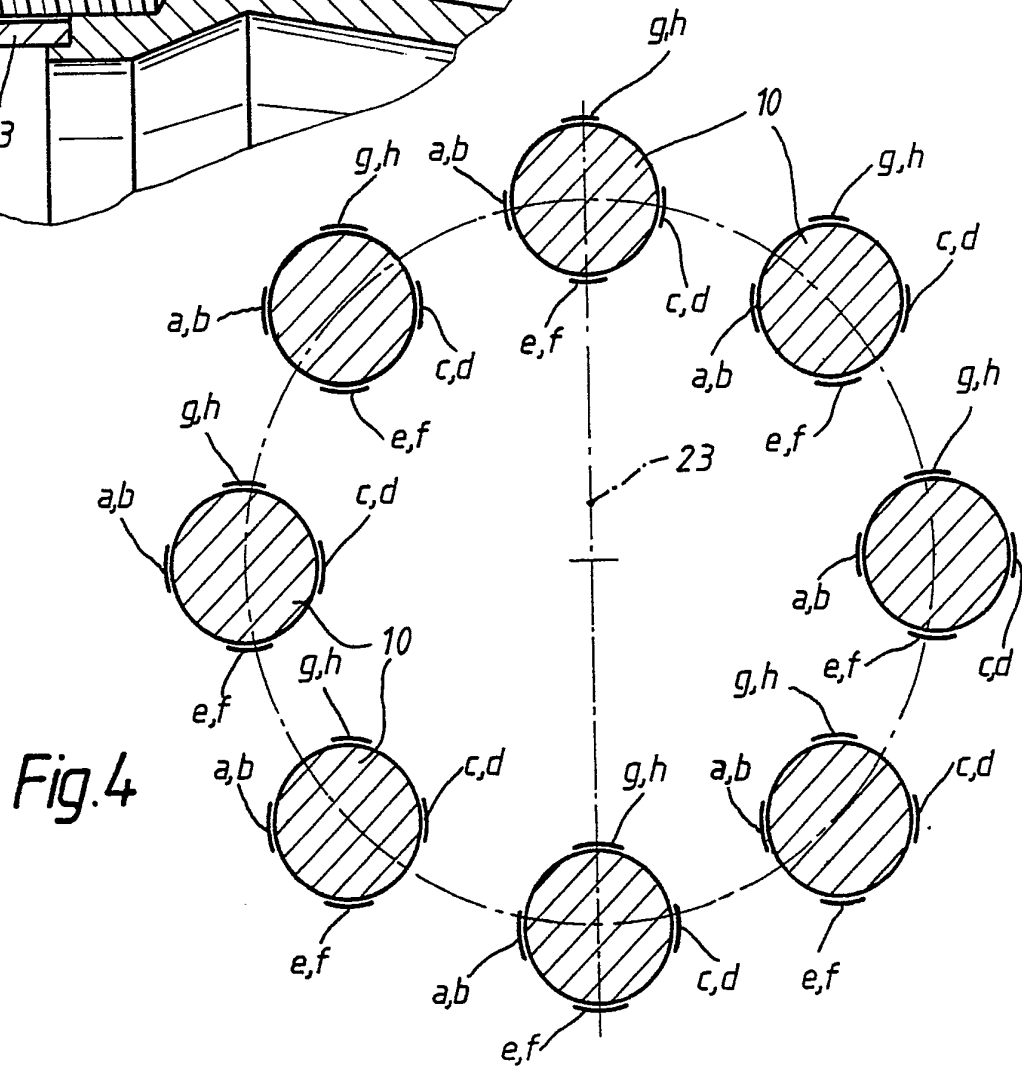


Fig. 4

Fig. 5

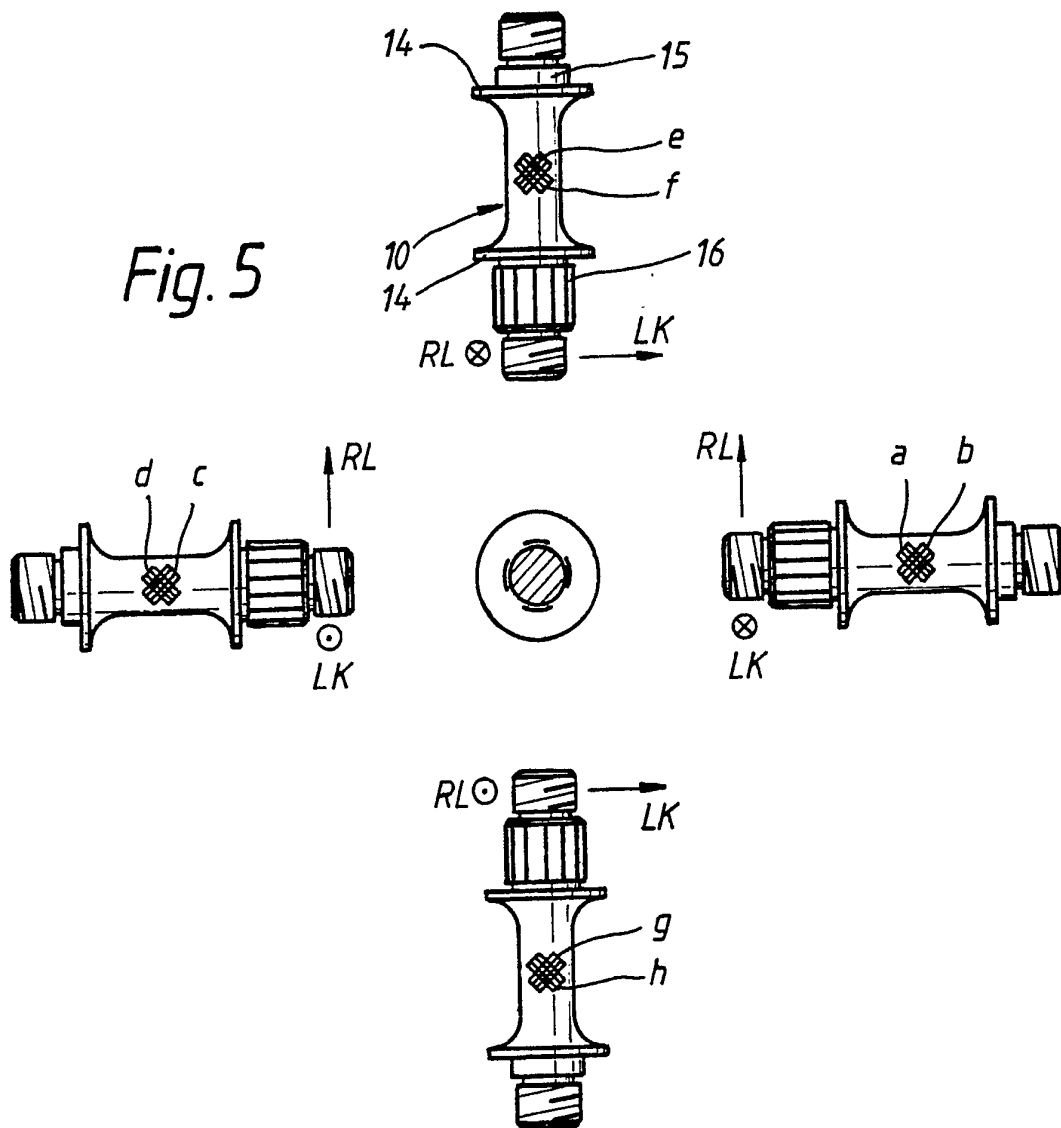
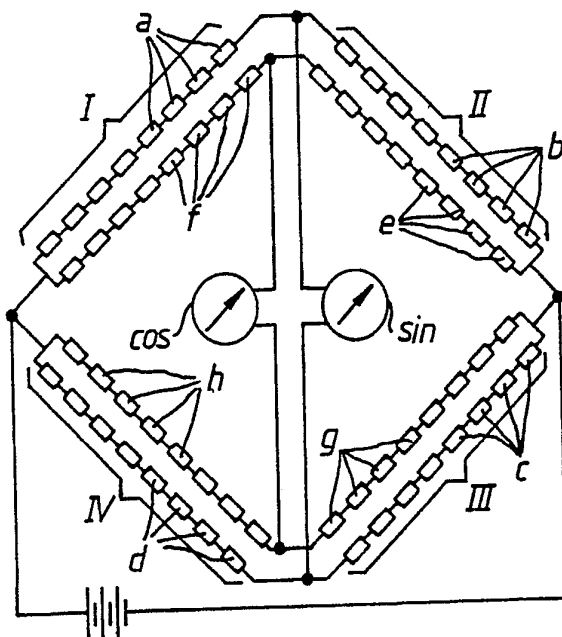


Fig. 6



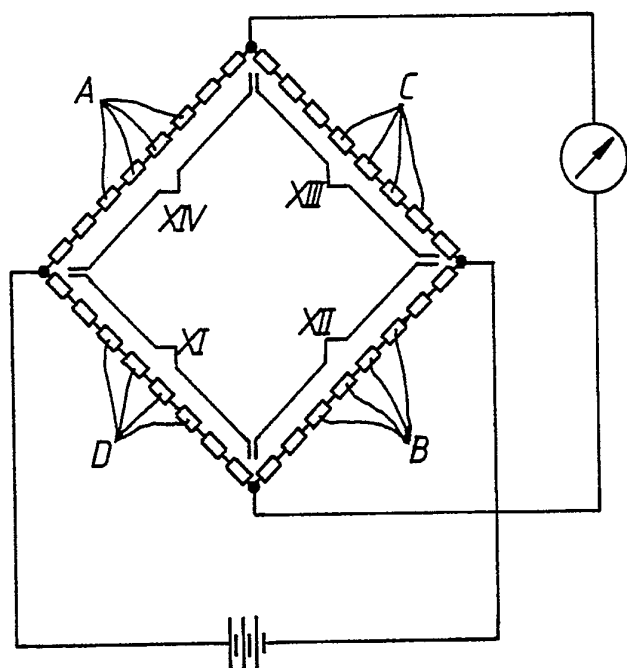
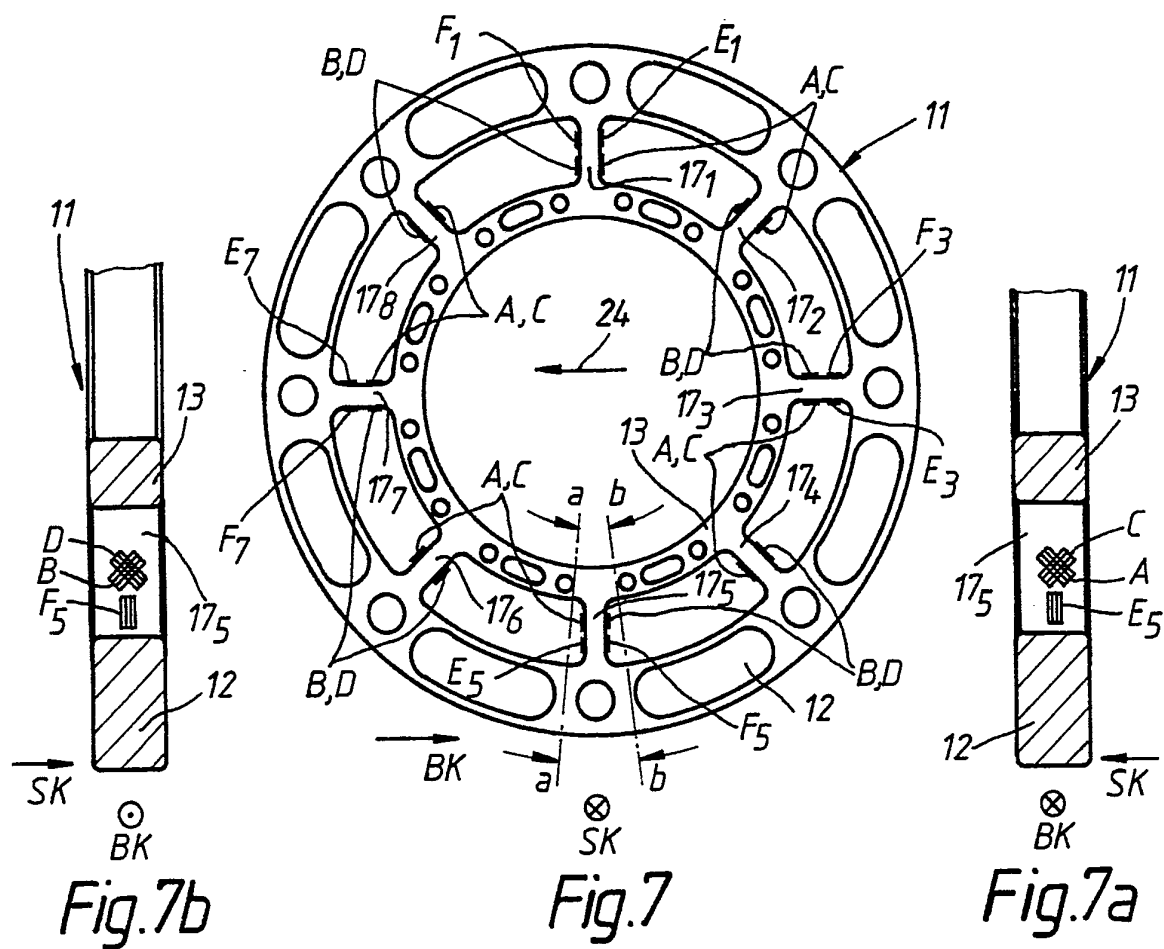


Fig. 8

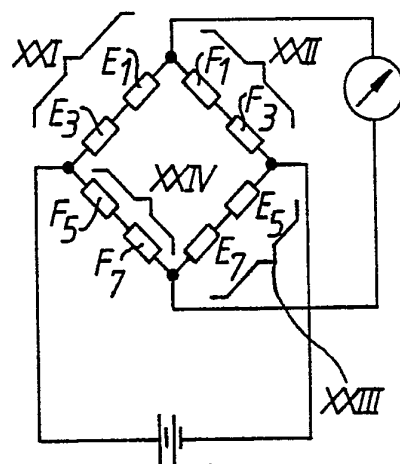


Fig. 9